

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FÁBIO MORAIS BORGES**

**CONFIABILIDADE HUMANA E O FUNCIONAMENTO NORMAL DE UMA  
REFINARIA DE PETRÓLEO**

**SÃO CARLOS**

**2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FÁBIO MORAIS BORGES**

**CONFIABILIDADE HUMANA E O FUNCIONAMENTO NORMAL DE UMA  
REFINARIA DE PETRÓLEO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Sub-área: Trabalho, Tecnologia e Organização

Orientador: Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon

Agência financiadora: CAPES

**SÃO CARLOS**

**2012**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

B732ch      Borges, Fábio Morais.  
                Confiabilidade humana e o funcionamento normal de uma  
                refinaria de petróleo / Fábio Morais Borges. -- São Carlos :  
                UFSCar, 2012.  
                203 f.

                Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,  
                2012.

                1. Ergonomia. 2. Confiabilidade humana. 3. Projeto. 4.  
                Petróleo - refinarias. I. Título.

CDD: 658.542 (20<sup>a</sup>)



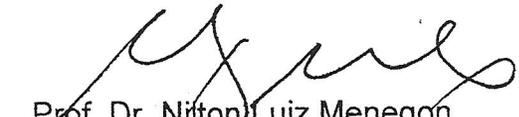
PPGEP/UFSC

Fls. 03

FOLHA DE APROVAÇÃO

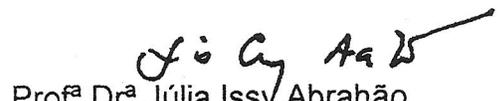
Aluno(a): Fábio Moraes Borges

TESE DE DOUTORADO DEFENDIDA E APROVADA EM 22/06/2012 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:

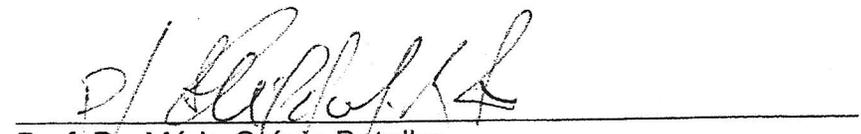
  
Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon  
Orientador(a) PPGEP/UFSCar

  
Prof. Dr. João Alberto Camarotto  
PPGEP/UFSCar

  
Prof. Dr. Leila Amaral Gontijo  
Engenharia de Produção e Sistemas/UFSC

  
Profª Drª Júlia Issy Abrahão  
PG-PSTO/UNB

  
Prof. Dr. José Orlando Gomes  
DEI/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

  
Prof. Dr. Mário Otávio Batalha  
Coordenador do PPGEP

Dedico o trabalho e o esforço do tempo de doutorado e este resultado final a todos, inomináveis por zelo do esquecimento, que ajudaram de qualquer forma ou intensidade. Seja com palavras que me deram alento no sofrimento; com a presença que me deu fortaleza na fraqueza ou com conhecimentos que transformaram minha ignorância em sabedoria.

## AGRADECIMENTOS

O agradecimento aos amigos conterrâneos e de coração – amigos na etimologia da palavra – que, mesmo estando distantes, influenciaram minhas decisões e minha persistência rumo a esse objetivo máximo local em minha vida. Estendendo aos Sancarlenses – de fato ou tornados – que foram amigos, mesmo não lhe cabendo tal função e souberam cuidar de mim, mesmo que, por vezes, eu não tenha conseguido retribuir tal atenção. Incluo aqui os co-habitantes de República;

Especial àqueles que estiveram em longos espaços temporais junto a mim, parceiros de trabalho e de estudo, confidentes e, acima de tudo, amigos: Daniela Rodrigues, Elizabeth Garcia, Fabrício Menegon e Michel Silvério. Além da esfera de convivência semanal, fica meu inacabável agradecimento pela permissão da utilização das análises por eles realizadas na Refinaria e citadas nesta pesquisa;

Ao corpo docente do DEP/UFSCar, em escalas diferentes, proporcionais ao nível de atenção que cada um dedicou a mim, nas aulas, nos papos informais e até nos aconselhamentos. Em especial, Professores Nilton Menegon e João Camarotto, com os quais tive maior contato nessa estada paulista e com os quais construí boa parte de meus conhecimentos sobre Ergonomia e Projeto. Parte deles publicados neste material;

Sem esquecer, jamais, de todos os demais professores que em uma lembrança atemporal contribuíram com informações que se tornariam, a seu momento, conhecimento para minha vida. 1º e 2º graus, Escola Técnica e UFPB. Professores Maria de Lourdes e Luiz Bueno, meu sincero agradecimento pela simples, mas extremamente representativa, visita no hospital;

Às professoras Julia Abrahão e Leila Amaral e aos Professores Camarotto e Paulo Adissi que, em momentos distintos, contribuíram na construção e lapidação desse material, oferecendo gratuita e livremente parte do conhecimento incomensurável que possuem, pelo simples fato de serem, literalmente, professores e educadores;

Não de hoje, nem do período do doutorado, meu agradecimento à minha família remonta aos 32 últimos anos passados. Formação, educação, respeito a todos, disciplina, simplicidade, crença, são alguns dos conceitos que fazem parte da minha ideologia. Todos semeados pelo meu pai Antonio Borges e pela minha Mãe Avani Morais e regados, em conjunto, com meus irmãos Jader Morais e Cíntia Morais. Quero, com o final desse ciclo, fazê-los sentirem-se recompensados pelo “investimento” de vida que fizeram em mim.

Por tudo o que foi citado e pelo que foi esquecido, mas que tem em sua origem, o grande amor que tens por mim, agradeço, Senhor Deus, principalmente, pela possibilidade de continuar vivo que me destes. Pelos amigos, pelo doutorado, pelos professores, pela cidade que conheci, pelas grandes alegrias que tive, pela grande dificuldade que passei, agradeço, pois se não quisesses, eu não estaria aqui. Palavras não demonstrarão, nunca, o tamanho da minha gratidão e amor por ti. Mas demonstrarei, em minha vida, em minha profissão, sempre, que sou grato por tudo isso e tenho uma dívida infindável de ajudar a todos com o saber que me foi passado.

## RESUMO

A distância que existe entre um projeto como concebido e como ele, efetivamente, é desenvolvido, varia de acordo com as restrições envolvidas no processo de projeção e a precisão das informações sobre a atividade de trabalho. Diversos projetos são concebidos sem levar em conta as reais necessidades de seus usuários. O que acaba por dificultar ou mesmo impossibilitar que as tarefas sejam desenvolvidas. No intuito de melhorar esse cenário, a ergonomia busca compreender a atividade para incorporar a perspectiva dos trabalhadores na concepção e operação dos sistemas sociotécnicos. Faz isso utilizando a abordagem da Análise da Atividade. É na atividade situada que se manifestam as competências e características próprias do ser humano, no intuito de garantir a estabilidade do sistema, sendo, desta forma, fator de confiabilidade operacional. Ao que se dá o nome de Confiabilidade Humana. Parte-se, nesta pesquisa, do pressuposto que a Análise da Atividade é o método mais apropriado a fornecer subsídios para um projeto voltado às necessidades da tarefa, aumentando os suportes que contribuem para assegurar a confiabilidade operacional do sistema. Utilizaram-se análises realizadas em uma Refinaria de petróleo, durante 3 anos e meio de estudos e propiciaram a elaboração de projetos que levassem em conta o papel dos operadores como maiores conhecedores de seu trabalho. As análises utilizaram registros fotográficos e de vídeo para compreender mais profundamente a atividade dos operadores. Destas análises, foram extraídas estratégias e ações que os operadores utilizam, a partir da representação que têm do sistema, para corrigir instabilidades que se apresentam a todo o momento. Podendo gerar incidentes que, caso não percebidos a tempo, levam à perda de controle do sistema como um todo. As ações foram classificadas em cinco categorias, segundo os elementos mobilizados para a recuperação do estado normal de funcionamento. Propõe-se, ao final, um Modelo de Projeto Resiliente que incorpora essas ações e visa garantir que novas estratégias, construídas a partir de novos constrangimentos, sejam constantemente avaliadas e, se possível, também incorporadas no projeto. Ressalta-se que, mesmo com a construção do Modelo, pôde-se perceber que os conflitos que os operadores enfrentam na rotina diária da Refinaria são dinâmicos e não conseguem ser transpostos, por completo, para um Modelo. Sempre haverá um resquício. Sempre haverá histerese. Assim, continuará a ser na atividade que os operadores respondem a esses conflitos. Atestando que, por mais adequado às necessidades da tarefa que seja um Modelo, os operadores continuarão tendo que resolver os conflitos na ação situada.

*Palavras-chave: Ergonomia; confiabilidade humana; projeto, refinaria.*

## ABSTRACT

There is a distance between a design as planned and one developed effectively. It varies according to both the constraints involved in the design process and accuracy of design conception. Many projects are designed without taking into account the user's real needs. It makes difficult or impossible the developing of the tasks. To improve this scenario, the Ergonomics seeks to understand the activity to incorporate the workers perspective in the design and operation of sociotechnical systems. To reach this goal, it uses the Activity Analysis approach. It is on the situated activity that emerge the own skills and characteristics of human, in order to ensure the system stability. Thus, the human is the reliability factor of the system. It is called Human Reliability. It follows in this research, the assumption that the Activity Analysis is the most appropriate method to provide subsidies for a design focused on the needs of the task, increasing the supports that help ensure the operational reliability of the system. It were used analyzes carried out in a Petroleum Refinery for 3 years and a half of study. They enabled the development of designs that take into account the role of refinery workers as the most experts of his work. The analyzes used photographs and videos to understand more deeply the activity of the refinery workers. From these analyzes were extracted actions and strategies used to refinery workers to correct instabilities that are present at all times. It can generate incidents which lead to lose of control of the system as a whole, if not noticed at time. The workers do it using the representation of the system. The actions were classified into five categories, according to the elements mobilized for the recovery of the normal state of the system. It is proposed a Design Resilient Model that incorporates these actions and aims to ensure that new strategies, built from new constraints, are constantly evaluated and incorporated on the project, if possible. It emphasizes that even with the construction of the Model, it been possible realize that the conflicts that operators face in the daily routine of the Refinery are dynamic and cannot be translated for a Model. There will always be a remnant. There will always be hysteresis. Thus, the activity will continue to be the place where operators respond to these conflicts. Showing that, for the most appropriate to the needs of the task that is a model, the refinery workers will continue having to resolve conflicts in situated action.

*Keywords: Ergonomics, human reabiability, design, refinery.*



|  |     |
|--|-----|
| Figura 35 – Operador borrifando hidróxido de amônia na Bomba de HF .....               | 119 |
| Figura 36 – Verificação da existência de coque no costado do reator .....              | 120 |
| Figura 37 – Verificação da existência de vazamento no recebedor de PIG .....           | 122 |
| Figura 38 – Detalhe da haste móvel da válvula .....                                    | 123 |
| Figura 39 – Operador aplicando força à válvula para abrir .....                        | 123 |
| Figura 40 – Tendência do corpo para aumentar a força .....                             | 123 |
| Figura 41 – Painel de visualização em subestação elétrica .....                        | 127 |
| Figura 42 – Janela de visualização do forno .....                                      | 128 |
| Figura 43 – Abertura das duas janelas de visualização do forno .....                   | 128 |
| Figura 44 – Restrição de espaço físico no Indicador de Nível de Ácido .....            | 129 |
| Figura 45 – Tampa em ralo na Unidade C de Destilação Atmosférica (UC) .....            | 130 |
| Figura 46 - Bico de amostragem da água ácida .....                                     | 131 |
| Figura 47 – Demonstração do tamanho que era o bico, antes da melhoria .....            | 131 |
| Figura 48 – Acesso inadequado à válvula de W-13 .....                                  | 132 |
| Figura 49 – Aumento do subdique .....  | 133 |
| Figura 50 – Detalhe (Berma e subdique) .....   | 134 |
| Figura 51 – Dique impedindo a abertura de válvula de W8 .....                          | 135 |
| Figura 52 – Operador representa o tamanho da chave de válvula .....                    | 135 |
| Figura 53 – Viga no painel frontal da Cabine de descoqueamento .....                   | 136 |
| Figura 54 – Abertura da janela frontal da cabine de descoqueamento .....               | 137 |
| Figura 55 – Fechamento da janela frontal com o pé .....                                | 137 |
| Figura 56 – Da análise da atividade aos requisitos de projeto .....                    | 139 |
| Figura 57– Aspectos determinantes na construção dos Fatores de Desempenho Humano ..... | 142 |
| Figura 58 – Medidor do nível do vaso de pressão .....                                  | 145 |
| Figura 59 – Operador fazendo a leitura do Medidor .....                                | 145 |
| Figura 60 – Modelo de Regulação com ênfase na Resiliência .....                        | 147 |
| Figura 61 – Curva de Histerese .....   | 148 |
| Figura 62 – Possibilidade de intervenção ergonômica em projetos na Refinaria .....     | 154 |
| Figura 63 – Modelo de Projeto Resiliente .....   | 159 |
| <br>   |     |
| Quadro 1 – Comparativo de exigências e direitos na Companhia estudada .....            | 71  |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                  |  |
|------------------|--|
| ACH              | Análise da Confiabilidade Humana                             |
| AET              | Análise Ergonômica do Trabalho                               |
| AMC              | Anotação de Modificação de Campo                             |
| APR              | Análise Preliminar de Risco                                  |
| ARLE             | Área Leste da Refinaria                                      |
| ARNO             | Área Norte da Refinaria                                      |
| AROE             | Área Oeste da Refinaria                                      |
| ARSUL            | Área Sul da Refinaria  |
| bbI              | Barris   |
| CCI              | Casa de Controle Integrado                                   |
| CCL              | Casa de Controle Local                                       |
| CNCT             | <i>Centro Nacional de Condiciones de Trabajo</i>             |
| Ergo&Ação        | Grupo de Pesquisa da UFSCar                                  |
| ETDI             | Estação de Tratamento de Dejetos Industriais                 |
| ETA              | Estação de Tratamento de Afluentes                           |
| EVTE             | Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica                    |
| EWA              | <i>Ergonomic Workplace Analysis</i>                          |
| FDH              | Fatores de Desempenho Humano                                 |
| FEL              | Método <i>Front-End-Loading</i>                              |
| GAV              | Gasolina de Aviação  |
| GLP              | Gás Liquefeito de Petróleo                                   |
| HDT              | Unidade de Hidrotratamento                                   |
| HF               | Ácido Fluorídrico  |
| HRA              | <i>Human Reliability Analysis</i>                            |
| H <sub>2</sub> S | Sulfeto de Hidrogênio (Ácido sulfídrico)                     |
| IERB             | Setor de Implantação e Empreendimentos da Refinaria estudada |
| NTP              | Norma Técnica de Prevenção                                   |
| NRC              | <i>Nuclear Regulatory Commission</i>                         |
| PCH              | Probabilidade de Confiabilidade Humana                       |
| PIG              | Elemento rígido para limpeza de dutos                        |
| PMI              | <i>Project Management Institute</i>                          |
| REDUC            | Refinaria de Duque de Caxias                                 |

|       |   |
|-------|---|
| ROA   | Relatórios de Ocorrências Anormais  |
| SAC   | Situações de Ação Característica  |
| SEP   | Solicitação de Estudo e Projeto   |
| SGM   | Sistema de Gestão de Mudanças   |
| SMS   | Segurança, Meio Ambiente e Saúde  |
| TECUB | Terminal de Cubatão   |
| UC    | Unidade C de Destilação Atmosférica   |
| UCP   | Unidade de Coque de Petróleo  |
| UGAV  | Unidade de Gasolina de Aviação  |
| UGH   | Unidade de Geração de Hidrogênio  |
| UGN   | Unidade de Gás Natural  |
| W-8   | Sistema de tubulações com água de refrigeração de mancais de bombas e motores |
| W-13  | Sistema de tubulações com água para processo de produção                      |
| W-14  | Sistema de tubulações com esgoto químico                                      |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA</b> .....                     | <b>15</b> |
| 1.1. INTRODUÇÃO.....   | 15        |
| 1.2. JUSTIFICATIVA .....   | 17        |
| 1.3. QUESTÕES DA PESQUISA.....   | 22        |
| 1.4. OBJETIVOS DA PESQUISA.....  | 24        |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....                                  | <b>25</b> |
| 2.1. CONFIABILIDADE HUMANA.....  | 25        |
| 2.1.1. <u>Definições e Princípios</u> .....                                      | 27        |
| 2.1.2. <u>Confiabilidade Humana e os Modelos de análise de acidentes</u> .....   | 33        |
| 2.1.3. <u>Evolução histórica da Análise da Confiabilidade Humana (ACH)</u> ..... | 38        |
| 2.2. CONFIABILIDADE HUMANA E ERGONOMIA.....                                      | 54        |
| 2.3. ANÁLISE DA ATIVIDADE.....   | 58        |
| 2.4. PROJETO.....  | 64        |
| 2.4.1. <u>Projeto em Refinarias</u> .....  | 68        |
| 2.5. PROJETO EM ERGONOMIA.....   | 74        |
| 2.5.1. <u>Características</u> .....  | 74        |
| 2.5.2. <u>A atividade dos projetistas</u> .....                                  | 78        |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3 – ASPECTOS METODOLÓGICOS</b> .....                                 | <b>82</b> |
| 3.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....  | 85        |
| 3.2. AMBIENTE ESTUDADO.....  | 90        |
| 3.3. INSTRUMENTOS.....   | 93        |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                                | <b>97</b> |
| 4.1. ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE TRABALHO.....                                     | 97        |
| 4.1.1. <u>Competência</u> .....  | 98        |
| i. CANETA ESFEROGRÁFICA: VIBRAÇÃO DE MOTOR.....                                  | 98        |
| ii. CONHECENDO CADA RUÍDO.....   | 99        |
| iii. “PEGANDO” A TEMPERATURA.....  | 100       |
| iv. POUCA INFORMAÇÃO; MUITO EMPIRISMO.....                                       | 101       |

|  |            |
|--|------------|
| v. CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR .....                              | 103        |
| vi. AFERIR SEM EQUIPAMENTOS .....                              | 104        |
| vii. DESCOQUEAR PELOS SENTIDOS .....                           | 106        |
| viii. VAZAMENTO NECESSÁRIO.....                                | 109        |
| 4.1.2. <u>Criação de artefatos</u> .....                       | 111        |
| ix. PALITO DE MADEIRA.....                                     | 112        |
| x. CANO DE AÇO .....   | 115        |
| 4.1.3. <u>Otimização</u> .....                                 | 116        |
| xi. O AUTOMÁTICO INEFICAZ.....                                 | 116        |
| xii. BISNAGA DE HIDRÓXIDO DE AMÔNIA.....                       | 118        |
| xiii. TRANSBORDO DA ETDI .....                                 | 119        |
| xiv. CONFERÊNCIA VISUAL .....                                  | 120        |
| 4.1.4. <u>Antecipação e Previsão</u> .....                     | 121        |
| xv. EVITAR AS MESMAS FALHAS .....                              | 121        |
| xvi. CONHECIMENTO DO CORPO .....                               | 122        |
| 4.1.5. <u>Correção de falhas nos equipamentos</u> .....        | 123        |
| xvii. SAÍDA DO FORNO DA UGH .....                              | 124        |
| xviii. SE NÃO VAI NO AUTOMÁTICO, VAI NO MANUAL .....           | 124        |
| xix. O OPERADOR E UM ARAMINHO.....                             | 125        |
| 4.1.6. <u>Fatores que afetam a Confiabilidade Humana</u> ..... | 126        |
| xx. NÃO BASTA EXISTIR.....                                     | 127        |
| xxi. TRANSGREDIR PROCEDIMENTO: NECESSIDADE! .....              | 127        |
| xxii. TOMADA DE DECISÃO DIFICULTADA .....                      | 128        |
| xxiii. FAZEM SEM PERGUNTAR .....                               | 129        |
| xxiv. O PROJETO DO IMPOSSÍVEL .....                            | 131        |
| xxv. E SE PRECISAR? .....                                      | 132        |
| xxvi. SUBDIQUES.....   | 133        |
| xxvii. MELHOROU! PARA QUEM? .....                              | 134        |
| xxviii. SÓ UMA NOVA .....                                      | 135        |
| 4.2. ALÉM DAS SITUAÇÕES .....                                  | 138        |
| <b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES</b> .....                           | <b>141</b> |
| 5.1. CONCEITOS DE CONFIABILIDADE HUMANA.....                   | 141        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2. ERGONOMISTAS VERSUS PROJETISTA .....   | 149        |
| 5.3. ENTRADA NO PROJETO .....   | 153        |
| 5.4. PROJETOS RESILIENTES .....   | 155        |
| 5.5. A LIMITAÇÃO DO PROJETO .....   | 163        |
| <b>CAPÍTULO 6 – LIMITAÇÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA .....</b>                   | <b>168</b> |
| 6.1. LIMITAÇÕES .....   | 168        |
| 5.5. CONTINUIDADE .....   | 169        |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>171</b> |
| <b>APÊNDICE A – Comparação dos Métodos/Modelos de Análise da Confiabilidade</b>   |            |
| Humana .....  | 197        |
| <b>APÊNDICE B – Elementos de Gestão de Projetos conforme o investimento .....</b> | <b>201</b> |
| <b>APÊNDICE C – Relacionamento entre processo de projeto da Refinaria e o</b>     |            |
| Método FEL .....  | 202        |
| <b>ANEXO A – Ficha de Caracterização Geral da Área .....</b>                      | <b>203</b> |
| <b>ANEXO B – Ficha de Descrição da tarefa .....</b>                               | <b>204</b> |
| <b>ANEXO C – Ficha EWA .....</b>  | <b>205</b> |
| <b>ANEXO D – Análise Preliminar de Risco (APR) .....</b>                          | <b>206</b> |

## CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA

Neste capítulo faz-se a apresentação da pesquisa, contextualizando os assuntos que serão abordados, em uma breve introdução, seguida pelos argumentos que justificam a pesquisa. Não apenas os fatores de interesse pessoal quanto ao campo de estudo, mas dados quantitativos que demonstram a importância de tal assunto, dentro de uma área estratégica – refino de petróleo – e aqueles de cunho teórico, que necessitam ser aprofundados.

Também são apresentados os elementos que balizam a pesquisa quanto a seus objetivos e as questões e pressupostos a serem, respectivamente, respondidas e confirmados, a partir dos resultados encontrados.

### 1.1. INTRODUÇÃO

Desde que existe projeto, a criação de algo, o desenvolvimentos de novos produtos e situações de trabalho, existem as críticas aos projetos e, por extensão, aos projetistas. Dentre as críticas que recaem sobre os projetistas, algumas são: não levar em conta as características e condicionantes de uma situação de trabalho, as características pessoais dos trabalhadores, suas variabilidades intra e inter-pessoais; não avaliar as mudanças sofridas pela organização nem os impactos que isso tem no ambiente de trabalho. Questões bastante conhecidas e difundidas, principalmente por pesquisadores ligados à Ergonomia, à Psicologia e à Sociologia do Trabalho. Além disso, um ponto de suma importância não tem recebido a devida atenção: as estratégias que os operadores podem implementar para antecipar incidentes, mantendo ou recuperando o estado normal do sistema não são observadas pelos engenheiros e demais envolvidos na concepção.

Surge, então, um campo de estudo com crescente importância dentro das Organizações, a Confiabilidade Humana. O ser humano com todas as suas características e particularidades, garantindo a Confiabilidade Operacional. Amplia-se, dessa forma, a idéia de que a normalidade do sistema deve-se, exclusivamente, aos dispositivos, máquinas, computadores, sensores, enfim, à Confiabilidade Técnica. O fator humano ganha notoriedade e deixa de ser visto como elo fraco do sistema. Como afirmam Pomian, Pradère e Gaillard (1997 *apud* Duarte, 2002): “a confiabilidade operacional do sistema fica comprometida quando se desconsidera o *savoir-faire* e o potencial de inovação que as pessoas da produção adquiriram com o tempo de serviço”. Desconsidera-se, assim, a Confiabilidade Humana. Manter um sistema em funcionamento normal guarda relação com o desempenho dos

componentes técnicos e dos humanos no tratamento das anormalidades do sistema. A possibilidade de recuperação dessas anormalidades é o que dita o grau de Confiabilidade Operacional. Segundo Leplat e Terssac (1990): “a confiabilidade operacional de um sistema é diminuída não somente pela ocorrência de falhas técnicas ou erros humanos, mas também pela impossibilidade de recuperá-los”.

A evolução tecnológica dos sistemas de produção, perceptível no aumento da quantidade de automatismos, apresenta outra faceta, além dessa ligada à possibilidade de aumento de produtividade. Aumenta-se a importância das ações dos trabalhadores nesses sistemas que tendem a chamar-se automatizados. Todo sistema é composto de sistemas técnicos, mas também de sistema humanos ou sociais, que representam os dois componentes do que se chamam sistemas sociotécnicos. E devem ser tratados de forma conjunta; jamais separados. Decisões na tecnologia, nas ferramentas e no layout interferem diretamente na estrutura social do trabalho. Da mesma forma, mudanças nas equipes de trabalho, abertura de terceiro turno e treinamentos têm reflexos nos aspectos técnicos da empresa.

É necessário que se elimine o conceito estrito de erro humano. E assim, compreender um eixo conceitual, apresentado por Schwartz (2004), que defende as inconstâncias do fator humano como consequência da rigidez do sistema de antecipação. “Atribuir a outra pessoa ou ao não respeito de uma regra a causa do acidente é um mecanismo psíquico de proteção” (BRUN, 1992 *apud* GARRIGOU *et al*, 1999). “Mecanismo que não considera a complexidade da situação, as inter-relações entre as condições e as ações que permitem o surgimento de ocorrências não desejadas e que podem se transformar em acidentes” (PERROW, 1999). Norman (2006) traz em seu livro *O design do dia-a-dia* uma forte crítica, em especial às indústrias química, petrolífera e naval, quanto à omissão dos problemas de projeto, que levam a acidentes. Afirma que elas são negligentes ao responsabilizarem o treinamento ou a incompetência dos operadores pelos acidentes, quando, na realidade, advêm do projeto do sistema.

Nesse cenário, os operadores assumem estratégias e ações que asseguram ao sistema uma característica, tal qual na física, conhecida como Resiliência<sup>1</sup>. Manter o funcionamento eficiente do sistema passa, obrigatoriamente, pela eficácia dessas ações. Em sistemas complexos, verificou-se que a variabilidade do desempenho humano é condição essencial para o funcionamento desses sistemas e é ela que possibilita aos operadores a sua conduta, construindo um modo de operação que garanta a segurança do sistema (DUARTE,

---

<sup>1</sup>“Capacidade de um corpo ou material absorver energia, após ser tensionado, sem sofrer deformações permanentes” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2002).

2002a; DEJOURS, 2004; HOLLNAGEL, 2004; SANTOS, ZAMBERLAN e PAVARD, 2009)

Mas dois pontos ainda permanecem sem respostas sólidas a respeito de como devem ser realizados. Em primeiro lugar, a forma de apreender essas estratégias e ações de resiliência. Os Métodos de Análise da Confiabilidade Humana, que evoluíram desde a primeira geração até os mais atuais, com ênfase em aspectos cognitivos das ações humanas durante a realização das tarefas, não conseguem assimilar toda a variabilidade e as nuances da situação real de trabalho. Limitações que se expressam, também, nos Modelos de Análise de Acidentes, como no do Queijo Suíço, de Reason ou no de Zonas, de Rasmussen. O segundo ponto se encontra na outra ponta desse processo de incorporação das ações de resiliência: o projeto. Procura-se criar um processo de projeto que assuma as premissas da escola sociotécnica e que, além disso, possibilite que o sistema como um todo seja mais resiliente, mais confiável. Fadier (1996) define um sistema confiável como aquele capaz de recuperação, portanto capaz de gerir suas disfunções, o que implica conhecê-las. No entanto, dada a alta variabilidade do processo de produção na Refinaria, um Modelo de Projeto acaba se tornando inadequado à atividade muito rapidamente. A histerese proveniente das ações de Resiliência dificulta a construção de um Modelo ideal, tal qual a lógica *The One best way*<sup>2</sup>.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O espaço que a Confiabilidade Humana vem ganhando nas discussões e estudos em sistemas complexos de alto risco é uma tendência cada vez mais crescente, dadas as novas características do trabalho humano, entre elas: novas solicitações devido ao processo de informatização (Abrahão e Pinho, 2002), redução do proletariado industrial, fabril (Antunes, 2005) e excessivo aumento de terceirização/subcontratação (Stampa, 2011). No entanto, isso aumenta a necessidade de compreender melhor o ser humano em atividade e todos os problemas que surgem e se inserem em seu trabalho. A busca por uma melhor compreensão da Confiabilidade Humana, as similaridades e diferenças entre seus diversos conceitos, relacionados a sistemas de produção é um dos eixos dessa pesquisa. O levantamento do material que lide com esse assunto, em estudos anteriores, proporcionou maior conhecimento sobre linhas de pensamento que defendem os mesmos conceitos e premissas. Acrescentando-se a isso, as situações observadas em campo servirão de exemplos para a aproximação entre a

---

<sup>2</sup> Idéia criada por Frederick Wislow Taylor que propunha um único método, uma única forma ideal de realizar uma tarefa.

teoria e a prática, reforçando a importância dessa pesquisa como elemento de contribuição à construção dos conhecimentos sobre Confiabilidade Humana.

A constante análise de situações de trabalho em uma refinaria revela que a todo o momento, os operadores respondem às variações da produção ou de sua condição por meio de estratégias e ações, no intuito de que o funcionamento do sistema seja mantido dentro de um estado normal. É aí que o ponto de vista da Ergonomia fundamenta as idéias da Confiabilidade Humana. A variabilidade intra e interpessoal é necessária e deve ser revertida em formas de adaptar a distância entre o prescrito e o realizado. “Abordar os problemas a partir do que os homens são capazes de fazer para, no seu trabalho, solucioná-los na fonte do problema, onde a pane pode ser índice de dificuldade ou oportunidade de ultrapassá-la” (HUBAULT, 2004). Essa oportunidade está relacionada à “competência, oriunda da capacidade do ser humano de refletir durante e sobre as situações que eles enfrentam no seu dia-a-dia, pressuposto da prática reflexiva de Schön” (1983).

Assim, em momentos críticos, quando o sistema sai de seu estado normal, o ser humano entra como fator decisivo de retorno à normalidade. Os dispositivos eletrônicos, elétricos e mecânicos têm função de recuperação, mas devem trabalhar em conjunto com os operadores, de forma interligada, sendo, realmente, um sistema sociotécnico. A Ergonomia tem contribuído, conforme Maline *et al.* (1999), por meio de sua análise do trabalho, para entender melhor as vulnerabilidades dos dispositivos sociotécnicos, apontando para as limitações de rápidas mudanças tecnológicas e os efeitos colaterais de sistemas modernos. O estudo da atividade humana no controle de diversos processos, como afirmam Santos, Zamberlan e Pavard (2009), é crucial para o avanço do conceito de Confiabilidade Humana e fornecem subsídios para a discussão do projeto e do planejamento de sistemas sociotécnicos robustos e seguros.

Um ponto levantado por Daniellou (2004) é que, “mesmo assumindo que os operadores devem intervir para regular os incidentes e recolocar em funcionamento os automatismos, suas intervenções, como não foram planejadas, acontecem em condições difíceis”. Lima e Silva (2002) afirmam que “as panes só podem ser evitadas se os operadores conseguem antecipar determinados eventos críticos a partir de informações disponíveis sobre a evolução do processo”. O que faz com que, normalmente, os alarmes soem tarde demais. Não basta reconhecer a importância da Confiabilidade humana. É preciso planejar as possíveis intervenções dos operadores, em situações anormais. O levantamento bibliográfico sobre a função de confiabilidade do ser humano em sistemas de produção permite uma separação entre linhas de pensamento diferentes em suas próprias abordagens e conceitos.

Dentro dos sistemas de produção contínua, as Refinarias ganham destaque, não apenas devido às movimentações financeiras envolvidas em seu processo de produção, mas também com relação às dificuldades de geri-lo. Eles sofrem pressões políticas, financeiras, comerciais e sindicais sendo, assim, referência na gestão de seus processos. No que tange ao processo de projeto, essas pressões são refletidas na atividade de projeção. Os projetistas envolvidos têm diversos fatores que influenciam suas decisões e restringem seu espaço de soluções. O que torna o ato de projetar, dentro de uma Refinaria, algo de difícil execução. O estudo da atividade dos projetistas ganha respaldo e importância pelas razões acima apresentadas e pode fornecer direcionamentos para o estudo desse tipo de atividade em outros sistemas de produção.

Tudo isso ressalta a importância de estudar um sistema como uma Refinaria. Em especial na Refinaria em estudo – doravante chamada Refinaria – a existência de grandes projetos de concepção e a possibilidade de representantes da Ergonomia fazerem parte deles, é outro ponto a favor do estudo. Principalmente na observação da atividade dos projetistas, esses projetos podem suscitar pontos relevantes que poderiam, possivelmente, não ser observados ou mesmo não existir em projetos menores. Como fator facilitador da pesquisa, tem-se a disponibilidade de acesso às situações cotidianas de trabalho dos operadores e dos projetistas, resultado de uma confiança entre o grupo de pesquisa Ergo&Ação e a Refinaria, construída ao longo de quase três anos e meio de interação prática em análises e intervenção ergonômicas.

A pesquisa pode oferecer frutos à construção e enriquecimento dos conhecimentos científicos em Ergonomia e Confiabilidade Humana e aprimorar o projeto de situações de trabalho na Refinaria, agregando de forma eficiente os conhecimentos empíricos dos operadores ao processo de concepção no qual os projetistas são os responsáveis diretos, porém não os únicos.

Outro ponto de justificativa da pesquisa está no aprofundamento teórico para suprir lacunas de determinado corpo de conhecimento (PERRY, 1998). Apresenta-se na literatura sobre o assunto, uma miscelânea de métodos – por vezes, não tão claros – que não têm foco nas condições reais de realização das tarefas. São métodos que não são eficazes na absorção e compreensão das ações de resposta a eventos emergentes ou mesmo inesperados – tão presentes nas atividades de trabalho – e, por conseguinte, acrescentam pouco aos projetos de objetos e situações de trabalho. Ratificando esse fato, Santos, Zamberlan e Pavard (2009) afirmam que gerenciar processos emergentes é hoje uma questão aberta para a qual há somente experiências empíricas e que ainda não estão bem fundamentadas teoricamente. A

utilização dos conceitos, do método e das ferramentas que fazem parte da Análise Ergonômica do Trabalho (AET), é uma condição *sine qua non* para compreender as organizações, identificando Resiliência e fragilidades que interferem no funcionamento dos sistemas produtivos complexos (GOMES *et al.*, 2009).

Ampliar o conhecimento a respeito da atividade dos operadores em sistemas de produção complexos, dinâmicos e que tenham alto grau de periculosidade, como as Refinarias, é, certamente, o principal ponto que justifica esse estudo. Uma refinaria, em diversos campos, pode ser utilizada como parâmetro. Não apenas nos processos (químicos, mecânicos, biológicos), nos projetos – como citado anteriormente – na organização do trabalho ou nas dimensões e volumes envolvidos, mas também nas atividades dos operadores. As estratégias operatórias que eles seguem e os modos operatórios que criam para lidar com a variabilidade do sistema servem de exemplos importantes para que se entendam os mecanismos de mobilização dos conhecimentos de um trabalhador quando confrontado com situações de saída do estado normal do sistema. Não sendo possível, no entanto, a replicação completa. Toda situação é singular e guarda determinantes muito particulares, por mais semelhante que possa parecer.

A conjuntura que os cerca, o ambiente, as condições de trabalho, as questões de segurança e saúde, dada a natureza dos perigos presentes, a relação com os demais operadores, enfim, tudo o que se insere ou tangencia sua esfera de trabalho, torna-os exemplos, particularmente nesse estudo, de Resiliência do sistema. Servindo, desta forma, de exemplo para que se entendam os mecanismos de mobilização dos conhecimentos de um trabalhador quando confrontado com situações de saída do estado normal do sistema. Souza (2000) afirma que: “o trabalho dos operadores, em sua função de manter a continuidade e a segurança dos processos, representa o cerne deste tipo de atividade industrial”, fazendo desses o alvo preferencial dos estudos relacionados à prevenção e análise de acidentes.

Um ponto positivo para as Refinarias e para a área de Exploração e Produção de Petróleo é o grau de investimentos que estão previstos para os próximos anos, além do montante aplicado nos últimos anos pelas empresas que compõem esse setor. Estima-se que entre 2001 e 2030, seja investido algo em torno de US\$ 3,04 trilhões, sendo US\$ 2,18 trilhões – ou 72% do total – em Exploração e Produção (IEA, 2009). Mais pontualmente, segundo Nogueira (2002), para cobrir o déficit previsto na capacidade de produção de derivados em 2010, da ordem de 35 milhões m<sup>3</sup>/ano, deverão ser necessários investimentos da ordem de US\$ 13,5 a US\$ 15,0 bilhões no parque de refino brasileiro. Aumentando ainda mais o foco nesse investimento, “estima-se que 40% deverá ser direcionado para o atendimento das

especificações de qualidade cada vez mais restritivas, bem como para garantir a segurança operacional e do meio ambiente” (NOGUEIRA, 2002). Com isso, amplifica-se a importância de estudos e pesquisas na área de Segurança Operacional e, mais ainda, em plantas petroquímicas como as Refinarias.

Ainda com enfoque em investimentos, o direcionamento normalmente é o de fortalecimento dos dispositivos técnicos, esquecendo-se da importância dos sistemas humanos e da relação inextinguível entre os dois sistemas. Junte-se à escassez de métodos apropriados de apreender as ações realizadas pelos operadores a crença equivocada de que os sistemas técnicos trabalham de forma isolada, sendo os responsáveis pela garantia da confiabilidade operacional do sistema. Forma-se um quadro que privilegia os investimentos em tecnologia, levando em conta apenas os benefícios técnicos, sem avaliar os impactos aos trabalhadores, muitas vezes, criando um cenário propício para o acontecimento de incidentes e acidentes. E quando se efetivam os acidentes, o operador é rotulado das mais diversas formas: preguiçoso, displicente, incompetente ou mesmo criminoso. Contudo, a má acoplagem entre operador e tarefa, fruto do mau planejamento da gestão da tecnologia, é um dos motivos mais presentes em históricos de degradação de sistemas de produção, e consequente perda de controle. Corroboram essa idéia Duarte e Vidal (2000), quando afirmam que “uma característica da modernização posta em prática nas refinarias brasileiras é que ela tem ocorrido de forma seletiva, privilegiando apenas os dispositivos de controle”. Em especial, aqueles que podem ser automatizados, acionados de forma remota. Grande parcela disso acontece na troca de válvulas, das manuais para as automáticas. Isso, muitas vezes, é feito sem levar em conta atividades essenciais como as de manutenção.

Outras atividades apresentam características parecidas às dos operadores de uma Refinaria. É o caso daqueles que trabalham em siderúrgicas, controle do tráfego aéreo, algumas áreas de serviços médicos (anestesia, setores com alta probabilidade de contaminação etc.), usinas nucleares e plataformas *off-shore*. Todas essas atividades apresentam elevada exigência de processamento de informações, em curto espaço de tempo, com protocolos ou procedimentos específicos a seguir e têm, em sua essência, caráter coletivo. No entanto, o trabalho em refinarias de petróleo envolve um grande número de operações simultâneas em um espaço físico reduzido, como enfatizam Souza e Freitas (2002), propiciando a exposição dos trabalhadores aos riscos e agentes relacionados a diversas outras atividades realizadas a sua volta, além daqueles referentes à sua própria atividade. Isso potencializa a periculosidade e exige a utilização das competências pessoais de seus operadores.

Na esfera pessoal, o interesse do pesquisador pelo estudo do trabalho humano e, principalmente, das estratégias que os operadores criam para realizar sua tarefa, associado à disponibilidade de acesso às situações cotidianas de trabalho dos operadores na Refinaria, tornaram a pesquisa desafiadora. A possibilidade de aplicação da teoria sobre Confiabilidade Humana em um sistema real guiou, fortemente, a escolha do tema a ser trabalhado.

A pesquisa visa oferecer elementos à construção e enriquecimento dos conhecimentos científicos em Ergonomia e Confiabilidade Humana, por meio da discussão sobre a importância que as ações e estratégias de Resiliência que os operadores continuamente utilizam, têm no momento de concepção de novos artefatos, instalações e situações de trabalho.

### 1.3. QUESTÕES DE PESQUISA

Da revisão da literatura sobre Confiabilidade Humana, alguns conceitos não são claramente explicados, tornando o assunto fértil para questionamentos e propício a novos estudos. Muitos estudos não criam um relacionamento entre a teoria e situações reais de trabalho. A confrontação dos campos teóricos de Ergonomia e de Confiabilidade Humana dá-se por meio de uma análise dos conceitos que fundamentam essas duas áreas de conhecimento. O nível de congruência entre elas passa, obrigatoriamente, por testar a limitação de suas estruturas conceituais e teóricas (PERRY, 1998). **Como a Ergonomia pode favorecer a Confiabilidade Humana em um sistema complexo e dinâmico como uma Refinaria? Até que ponto as duas áreas apresentam, realmente, conceitos similares?**

Derivado dessas questões emerge o pressuposto assumido neste estudo. A experiência adquirida na análise e projeto de demandas de Ergonomia na Refinaria em estudo possibilita pressupor que **a Análise da Atividade é o método mais indicado para identificar estratégias e ações de Resiliência dos operadores, possibilitando sua inserção no projeto de situações de trabalho.** Um projeto que, ao final, ofereça as condições adequadas para que o operador seja capaz de manter a estabilidade do sistema, inicia-se, necessariamente, com a observação daquilo que acontece na atividade, na ação situada. Das estratégias operatórias que, segundo Abrahão *et al.* (2009), “são processos de regulação desenvolvidos pelos trabalhadores, visando organizar suas competências para responder às exigências da tarefa e aos seus limites pessoais”. Ainda segundo estes autores, modo operatório seria o conjunto de ações e operações que os sujeitos adotam em função das

exigências da tarefa e da sua competência, como resultado de um compromisso que articula objetivos exigidos, meios de trabalho, seu estado interno e os resultados produzidos.

Assim, o intuito dessa identificação está na incorporação dessas ações e estratégias dos operadores ao repertório dos projetistas e na sua atividade de projeção, visando aumento da Confiabilidade Humana em novos projetos. Reside aqui o maior desafio, segundo Folcher (2003), para o desenvolvimento da concepção antropocêntrica: “encontrar soluções operacionais na convergência e fecundação recíproca dos processos de concepção no uso – pelos usuários – e dos processos de concepção para o uso – pelos projetistas”. Os limites dos especialistas em Ergonomia, em projetos, são constantemente questionados. Bem como a competência dos projetistas em lidar com a visão da atividade, das exigências do trabalho realizado. Nessa perspectiva, seria pertinente indagar se **o Ergonomista é o profissional mais indicado a realizar a análise da atividade e, também, conceber o projeto? Um projetista, sem formação em Ergonomia, consegue incorporar a visão da atividade em seus projetos, de forma eficaz?** São questões que permeiam as discussões sobre projeto em ergonomia e que merecem ser avaliadas constantemente, a partir de experiências práticas.

A Resiliência, conforme Morel, Amalberti e Chauvin (2008), é definida como sendo “a habilidade de reconhecer, adaptar e manipular perturbações imprevistas lidando constantemente com o monitoramento das condições limites”. Ela é fruto da competência dos operadores. Um analista que tem suas bases de conhecimento e ação forjadas na Análise da Atividade torna-se capaz de perceber, eficazmente, as ações de resposta dos operadores às variabilidades e incertezas do sistema. E é capaz de, diagnosticar os mecanismos que os operadores utilizam na antecipação e previsão de eventos indesejados e na manutenção e recuperação da normalidade do sistema. E o faz avaliando a ação situada, de forma holística, que depende fortemente das circunstâncias materiais e sociais, sendo de difícil, ou mesmo impossível, replicação em laboratório. Santos, Zamberlan e Pavard (2009) endossam este pressuposto. Segundo esses autores, o que deve ser estudado é mais o modo como as circunstâncias foram utilizadas para conceber e executar uma ação do que abstrair a ação do seu contexto e representá-la como um plano racional, cartesiano.

Todas essas questões e pressupostos apresentados serão respondidos ou confirmados a partir da compreensão do funcionamento da Refinaria e, em especial, das atividades dos operadores. A parte prescrita – padrões, procedimentos, normas e protocolos seguidos na refinaria – também tem espaço na busca por essa compreensão. Elementos que direcionam fortemente a atividade de concepção dos projetistas. Atores que também serão observados, a fim de aumentar o nível de entendimento sobre o funcionamento da Refinaria. Afinal, a pesquisa busca responder, ao

final: **Quais são os aspectos da Confiabilidade Humana que garantem o funcionamento normal da Refinaria?**

O que se demonstrará é que mesmo com a incorporação das ações de recuperação da normalidade do sistema, realizadas pelos operadores, em um Modelo de Projeto Resiliente, os conflitos, na Refinaria, não são totalmente resolvidos. O local onde a Confiabilidade Humana tem seu papel primordial é na operação. E, por mais que se adeque o Projeto às necessidades que a tarefa impõe, jamais ele conseguirá resultados tão eficazes como os alcançados pelos operadores na adaptação e na antecipação às variações ou instabilidades do sistema.

#### **1.4. OBJETIVOS DA TESE**

##### Geral

- Investigar a operação de uma Refinaria a fim de revelar os aspectos, relativos à Confiabilidade Humana, que garantem seu funcionamento normal.

##### Específicos

- Realizar um levantamento das situações nas quais os operadores da Refinaria lançam mão de estratégias e ações para retornar o sistema ao seu estado normal, após uma instabilidade;
- Categorizar essas ações e estratégias a partir das solicitações que são feitas a eles e/ou dos mecanismos que utilizam;
- Propor um Modelo de Projeto Resiliente que incorpore as ações e estratégias de Resiliência dos operadores.

## **CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Apresentar as bases teóricas seguidas nesta pesquisa é o objetivo principal do Capítulo 2. Elencar as principais ideias dos maiores pesquisadores em cada uma das áreas abordadas na pesquisa possibilita compreender o eixo conceitual seguido e as definições assumidas durante todo o estudo. Alguns assuntos apresentam pouca amplitude de acervo bibliográfico, dada sua incipiência, como Engenharia de Resiliência e Confiabilidade Humana. Outros, no entanto, apresentam conjunto ideológico bastante forte e consolidado, como: Processo de Projeto, Ergonomia e Teoria da Atividade. A intenção foi de construir um diálogo entre os autores que apresentam maior relevância dentro de suas áreas.

### **2.1. CONFIABILIDADE HUMANA**

Apresentam-se, nesse item, os conceitos básicos de Confiabilidade Humana, bem como o papel do ser humano na manutenção e restabelecimento do estado normal do sistema, enfocando os estudos relacionados ao conceito de Resiliência, suas características dentro dos sistemas de produção e a relação entre ela e a Ergonomia. Faz-se uma descrição de alguns métodos de análise da Confiabilidade Humana, os objetivos de cada um deles e a divisão entre os de primeira e os de segunda geração.

A visão do papel do ser humano em um projeto tem mudado. Há uma tendência de ressaltar sua importância como fator central da confiabilidade do sistema, fruto da passagem da visão tecnocêntrica para a antropocêntrica. As abordagens tradicionais de Gestão da Segurança do Trabalho analisam as pessoas, a tecnologia e o contexto de trabalho em separado, por meio de enfoques sociológicos, tecnológicos ou organizacionais. Já a abordagem sociotécnica “considera estes enfoques de maneira conjunta com ênfase nas suas interfaces, proporcionando uma análise mais próxima da realidade complexa de interações e adaptações mútuas entre as pessoas, a tecnologia e o trabalho” (PASMORE e SHERWOOD, 1978). A abordagem sociotécnica assume que os sistemas só podem trabalhar satisfatoriamente se o social e o técnico são tratados de forma conjunta e interconectados. Como apresentam Cardoso e Cukierman (2007), ela é formada por uma rede de relações entre os atores (e não “fatores”) heterogêneos, um tecido sem costura que não considera nenhum deles mais importante ou mais determinante do que os demais. São as relações entre esses atores, tornadas estáveis, que constroem um fato científico ou um artefato tecnológico.

Observa-se não apenas os fatores necessários ao bom funcionamento do sistema técnico, mas também aqueles que possibilitam ao sistema humano relacionar-se de forma eficiente com os meios de produção, com o ambiente de trabalho, com seus materiais e com o coletivo de trabalho. O objetivo principal é manter ou recuperar o estado normal do sistema.

O estado normal é aquele isento de disfunções, sejam menores ou maiores. É tido como um estado desejável. Qualquer situação que tire o sistema de seu estado normal exigirá alguma intervenção do sistema sociotécnico. No entanto, a saída do estado normal não leva, obrigatoriamente, ao funcionamento anormal do sistema. A produção pode continuar, mesmo com a presença de anormalidades. Em processos complexos como Refinarias, parar a produção sempre que o estado normal do sistema fosse abalado, implicaria graves perdas produtivas. Mudanças e variações na tecnologia, climáticas, no pessoal, nas matérias-primas – principalmente no refino, por lidar com extração de produtos naturais – levam a adaptações no sistema sociotécnico. E elas acontecem constantemente, em maior frequência do que se imagina (SOUZA, 2000; ARAÚJO, 2001). Um estudo de Souza (2000), avaliando os Relatórios de Ocorrências Anormais (ROA) na Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), constatou que 563 destes foram classificados como anormalidades. Representa 86,70% de um total de 648. No entanto, na grande maioria desses casos registrados, o funcionamento continuou normal.

Nas situações descritas nesta pesquisa (ver resultados), apesar das anormalidades apresentadas, a produção continua a fluir. Pois o ser humano compensa essa saída do estado normal com ações que garantem o funcionamento normal do sistema. Algo que pode se tornar constante e trazer consequências indesejadas ao trabalhador e ao sistema. Um cenário que leva o trabalhador a incorporar a anormalidade ao estado normal do sistema.

Wynne (1988) expõe a forte presença de pequenas falhas no sistema e a forma como interferem em seu funcionamento normal:

As falhas, principalmente as parciais, são bem mais freqüentes, fazendo parte do funcionamento normal dos sistemas tecnológicos. Descobre-se que a implementação dos projetos ou das atividades de operações são o resultado contínuo da invenção e negociação de novas regras com o objetivo de adaptar as situações locais às ‘necessidades’ dos princípios tecnológicos gerais (Wynne, 1988).

A continuidade desse processo contribui para o que Duarte (1994) chamou de Modo Degradado de Operação. A partir daí, o que se verifica no modo real de operação dos sistemas tecnológicos, é que o modo degradado de operação vai pouco à pouco constituindo-se em modo normal de operação e a segurança vai pouco a pouco sendo minada pela

banalização de falhas consideradas menores, constituindo o que Wynne (1988) denominou Anormalidade Normal. É a cristalização do modo degradado de operação. E exige dos operadores intensas manobras para recuperar o estado normal do sistema.

### 2.1.1. Definições e Princípios

Lidar com Confiabilidade Humana não é um assunto tão novo. Diversos estudos já levantaram questões relacionadas ao fator humano, seu papel, características e perspectivas em sistemas de produção (FADIER, 1996; LELLES, PEETERS e DUARTE, 2001; BUBB, 2005; FAYE, 2007). E dada a importância do conhecimento profundo sobre os riscos presentes dentro de um sistema industrial, ganha notoriedade o papel que os trabalhadores têm, como conhecedores práticos do sistema no qual trabalham a fim de identificar e corrigir os desvios do sistema antes que ele entre em colapso. Mais do que um ponto de congruência entre fatores físicos, cognitivos, culturais, pressões hierárquicas e diversos outros, o ser humano é, em seu trabalho, uma fonte de decisões, um vetor eminente de confiabilidade, gerenciando as variabilidades, intrínsecas a qualquer sistema de produção, a fim de manter ou recuperar a estabilidade deste.

Uma das definições mais completas e utilizadas é a constante na Norma Técnica de Prevenção (NTP-360) do *Centro Nacional de Condiciones de Trabajo* (CNCT), da Espanha. Nela define-se Confiabilidade Humana como o “corpo de conhecimentos que se referem ao prognóstico, análise e redução do erro humano, focando-se sobre o papel da pessoa nas operações de projeto, de manutenção, de uso e gestão de um sistema sociotécnico” (ESPAÑA, [199-]). O termo pode ser encontrado em outras pesquisas e materiais bibliográficos e utilizado por outros autores de formas diferentes. Como probabilidade de ter sucesso em uma ação (SWAIN e GUTTMAN, 1983; PARK, 1987) ou conclusão bem sucedida de uma missão (ROOK, 1962; NICOLET e CELLIER, 1985).

Fazendo uma busca na literatura, pode-se encontrar autores que atribuem outros nomes à essa capacidade do ser humano de garantir confiabilidade ao sistema por meio de suas atitudes. Clarke (2005) atribui o termo Redundância Humana ao processo composto de detecção do erro, sua indicação, explicação e correção. Premissa dos sistemas sociotécnicos. Para ele, cada uma dessas etapas pode ser influenciada positiva ou negativamente pela diversidade cognitiva e pelos fatores organizacionais e locais. A primeira refere-se aos diferentes comportamentos cognitivos que cada pessoa pode assumir para lidar com a função requerida. Já o segundo grupo refere-se aos elementos de uma organização que podem afetar a

recuperação do erro. “As primeiras teorias sobre o erro foram produzidas, quase que imediatamente seguidas pelas primeiras teorias sobre a detecção de erro, o que prova a que ponto é – e continuará sendo – difícil estudar um conceito sem o outro” (AMALBERTI, 2007).

Adaptando a definição de confiabilidade técnica, para máquinas e equipamentos, Rook (1962) foi o primeiro a descrever a Confiabilidade Humana como habilidade de alcançar uma dada tarefa sob condições estabelecidas e em um intervalo de tempo aceitável. Bubb (2005) já trata de forma mais matemática. Ele replica a definição de Rook, mas a chama de Probabilidade de Confiabilidade Humana (PCH). E vai mais além, representando a PCH como:

$$PCH = 1 - PEH \text{ (Probabilidade de Erro Humano)}$$

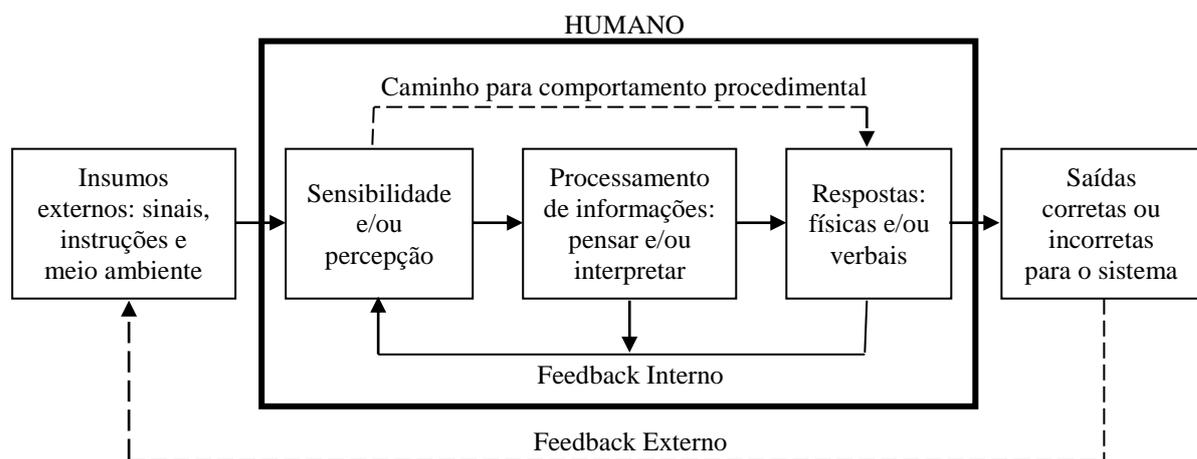
A complexidade das ações que devem ser implementadas para que um sistema de produção permaneça em operação acompanha a idéia defendida pela abordagem tecnocêntrica de ter as máquinas como elementos de garantia da confiabilidade de um sistema. O sistema técnico, muitas vezes, não consegue processar, eficientemente, variações de matéria-prima, condições climáticas, ritmos de produção e diversos outros fatores, dada a rigidez dos automatismos. Isso porque, além das informações internas – que podem ser muito bem interpretadas pelo sistema técnico – uma série de informações é transmitida pelo ambiente externo e deve ser processada de forma a servir de subsídio à tomada de decisão e posterior resposta ao sistema de produção. Algo distante para o sistema técnico que segue lógicas restritas, planejadas, rígidas e limitadas por condições que lhes foram definidas. A junção de informações internas e externas é melhor processada pelo humano do que pela máquina que não consegue avaliar e lidar bem com as externas. Lima e Silva (2002) trazem à tona a discussão de que “a tomada de decisão é um processo exclusivo dos seres humanos, já que as máquinas apenas tratam as informações e promovem ajustes dentro de um espaço predefinido de possibilidades já programadas”. Algumas das variáveis que fazem parte desse processo de tomada de decisão são percebidas e processadas exclusivamente pelo ser humano. São informações que possibilitam a ele adaptar suas ações, de acordo com a situação apresentada. Assim, “o observador de uma situação sempre a enfrenta com seus conhecimentos e experiência” (DARSES, FALZON e MUNDUTEGUY, 2007).

Além disso, a percepção que o ser humano tem das condições do sistema, auxiliada por seus próprios sentidos (audição, olfato, tato e visão), capacita-o a construir uma

representação eficaz do estado real do sistema, algo indisponível nos sistemas técnicos. E que tem relação diretamente proporcional à experiência que ele adquire com a prática do trabalho, o que a ergonomia chama de *savoir-faire* (FALZON, 1994; REUZEAU, 2000; BELLIÈS, 2002). Pode-se assim, parafraseando Norman (2006), dizer que o comportamento é determinado pela combinação da informação que está na cabeça com aquela que está no mundo.

O processamento dessas informações utiliza um conjunto de modelos mentais que o ser humano possui. A tomada de decisão pode ser imediata, mas, nesse ínfimo espaço de tempo, as informações foram recebidas, processadas e subsidiaram os atos assumidos, sejam respostas verbais ou físicas, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Modelo de análise e resposta do ser humano



Fonte: Adaptado de Swain e Guttman (1983)

A etapa inicial, de percepção, conta fortemente com a utilização dos elementos perceptivos, como os sentidos. Que podem, à medida que a experiência aumenta, evoluir, permitindo uma percepção mais eficaz das informações externas. Como um trabalhador que consegue perceber o ruído de um determinado motor, em uma área de produção, onde operam outros motores. E mais do que isso, discernir se o ruído está dentro dos parâmetros aceitáveis. A memória é um elemento essencial nesse caminho. Na etapa de processamento, toda a capacidade de síntese do ser humano é ativada. A memória, a representação do sistema, sua competência, tudo trabalha em prol de fornecer a decisão considerada mais acertada, de acordo com os parâmetros internos e com a situação. Por vezes, passa-se de um comportamento interpretativo, que se utiliza de conhecimentos declarativos, para um comportamento procedimental, com pouca necessidade de processamento de informações.

Nesse estágio, o ser humano já incorporou rotinas em sua memória, ou atalhos. Facilita o processamento cognitivo das informações, exigindo menos dos mecanismos de memória e de atenção, para a realização de uma atividade rotineira.

Avaliar se os resultados tiveram o efeito esperado é fundamental não apenas no processo de avaliação, mas também, no processo de iteração. O próprio ser humano percebe, por meio de seus elementos sensoriais, se o resultado de uma ação sua foi efetivo e em que nível. Da mesma forma, o sistema devolve informações sobre o resultado dessa ação sobre o sistema. Quanto mais eficazes essas informações, melhor avaliação o ser humano pode fazer. O feedback também é um ponto essencial na tomada de decisão, principalmente em atividades comparativas. Quando se gira uma válvula, espera-se por um resultado, para se tomar a decisão de continuar girando ou parar, de acordo com o objetivo que se queira (aumentar pressão, reduzir vazão etc.). O feedback, nesse caso, pode vir de dispositivos específicos para tal, como um visor próximo à válvula, obtendo-se uma leitura direta. Ou pode vir de forma indireta: conferência com outro operador na Casa de Controle sobre o parâmetro ou por meio dos sentidos (aumento ou diminuição do ruído dentro do duto, da temperatura externa do duto etc.)

Mudanças no ambiente externo podem fazer os sistemas técnicos atuarem de forma não planejada por terem sido concebidos com pouca possibilidade de variação. Já o sistema humano consegue afastar-se daquilo que é prescrito formalmente. “Esse afastamento representa com frequência o ápice das competências humanas, ilustrando o alto grau de adaptabilidade do operador ante uma situação de trabalho, da qual ele se apropria a ponto de antecipar as reações desta” (NEBOIT *et al*, 1990a). Chegando até mesmo a se preconizar que a violação do procedimento indica uma adaptação inteligente do operador às exigências de sua situação de trabalho. Idéia advinda da linha francofônica da ergonomia e citada por Amalberti (2007). Os operadores estão operando ativamente, ou seja, modificando situações de trabalho através da significação que atribuem a elas. Metaforizando essa afirmação, Montmollin (1992) diz que “o concerto não tem que ser recitado, tem que ser interpretado, e às vezes improvisado”.

Também faz parte do conjunto de características do sistema humano a capacidade de antecipação. O cruzamento de informações, as mais diversas, pode favorecer uma eficaz representação mental do estado do sistema. Algo que o sistema técnico não seria capaz de assumir por lidar com essas informações de forma fragmentada, sem promover relacionamentos entre elas. E, constantemente, os operadores buscam informações que

alimentem essa representação mental. Atuando, assim, como “verdadeiras células inteligentes implantadas na tecnologia” (SANTOS, ZAMBERLAN E PAVARD, 2009).

Além do mais, a predição não é algo tão comum em máquinas. Já para o sistema humano, antecipação e predição caminham juntas, tornando-o capaz de atuar antes que um evento indesejado ocorra, interrompendo o desenvolvimento de um roteiro de incidentes, antes que ele se transforme em acidente pela consumação do dano, o que Amalberti (2007) chamou de Recuperação. Neboit (2003), fazendo referência aos estudos de Mazeau sobre a condução de sistemas arriscados, aponta que o modo de funcionamento no qual o operador humano tem mais facilidade é antecipativo: para evitar surpresas, verifica constantemente as hipóteses, controla as esperas.

E, mesmo em sistemas altamente informatizados, o homem pode promover a Otimização – característica da abordagem antropocêntrica – que consiste em atribuir valores e princípios de avaliação ou de eficácia ao funcionamento do sistema técnico: “decidir se o sistema está funcionando corretamente e, sobretudo, se poderia funcionar melhor” (LIMA e SILVA, 2002). O contato permanente do operador com o sistema de produção permite a ele um gerenciamento constante desse sistema, podendo, até mesmo, como citam Assunção e Lima (2003), “antecipar eventos catastróficos que se anunciam já no modo normal de funcionamento dos sistemas de produção e intervir, se necessário”. Já o sistema técnico, geralmente, atuará quando algo foge aos limites toleráveis – informados a ele pelo homem – ou às sequências rotinizadas. Porém, existe um problema: quando as intervenções dos operadores não são previstas, elas acontecem em condições difíceis ou perigosas.

Outra característica própria do ser humano é sua capacidade de aprendizagem. Segundo Leplat e Terssac (1990), frente a uma situação nova, ele é capaz de construir de várias maneiras uma estratégia de resolução e de adaptá-la para o futuro, quando as circunstâncias exigirem. As dificuldades e problemas impostos aos trabalhadores, durante a rotina de trabalho, fazem com que eles, à medida que gerenciam a situação, também aprendam com ela e incorporem isso à sua experiência. Duarte e Santos (2002) demonstraram que os operadores acabavam tendo de conhecer o sistema não por uma abstração fornecida nos cursos e treinamentos, mas sim por tentativa e erro. Esse aprendizado é fundamental na construção da representação mental do sistema.

Contudo, exigir que o ser humano seja fonte de confiabilidade do sistema sem prover-lhe as condições necessárias para tal, pode expor tanto o trabalhador como o sistema a estados potencialmente perigosos. Nesse caso, o ser humano passa a ser um elemento incompleto do sistema, pois não conseguirá perceber as variabilidades que acontecem

constantemente e, mesmo que o consiga, poderá não dispor dos meios para estabilizar esse sistema. Ele não conseguirá ser intérprete dos acontecimentos, centro de decisão (HUBAULT, 2004). Não será capaz de, como afirma Salerno (2000) “construir uma boa representação do estado do processo para que possa atuar em consonância com os objetivos de produção”. Condições que podem ser expressas em três grupos:

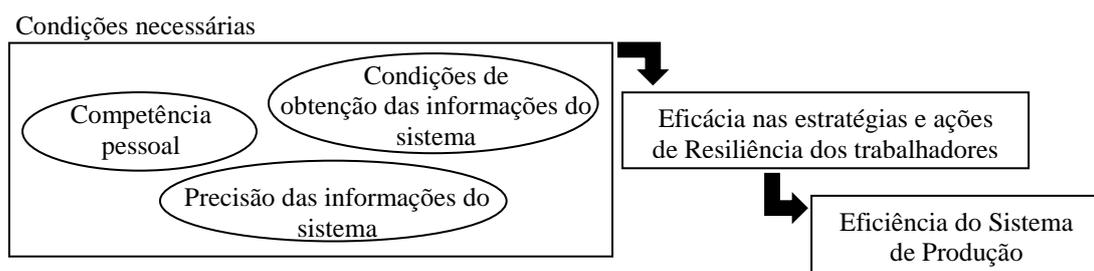
O primeiro lida com as competências pessoais, ou seja, o grupo de conhecimentos, habilidades e a própria experiência que cada um possui, Destaca-se, relacionado à experiência, as qualificações tácitas, ou seja, “os saberes que os trabalhadores adquirem implicitamente no decorrer de suas experiências profissionais” (FARTES, 2002).

Outro grupo diz respeito às informações necessárias e precisas do sistema. Quando do projeto de pontos ou equipamentos de coleta de informações, deve-se conhecer tudo o que o operador precisa para construir uma representação eficaz do sistema. Qualquer informação vinda do processo deve refletir aquilo que efetivamente ocorre nele. Isso se torna mais crítico quando se pensa em processos nos quais os operadores não têm acesso direto ao produto, como em Refinarias. O estado, as condições, a forma desse produto só podem ser atribuídas por meio de equipamentos (manômetros, termômetros, indicadores de nível etc.).

Um terceiro grupo é aquele que envolve os meios e condições necessárias para a obtenção de dados. A forma como elas são transmitidas também tem importância. Não apenas à presença de *displays*, indicadores e telas, mas às suas condições de visualização (contrastes adequados, possíveis ofuscamentos e reflexos), de acesso e possibilidade de leitura a qualquer momento do dia e sob quaisquer condições, em especial quando existe uma emergência ou pane no sistema técnico.

Borges e Menegon (2009) ilustram a relação que essas condições têm com a eficácia das ações dos trabalhadores e sua consequente influência na eficiência do sistema de produção (Figura 2).

Figura 2 – Condições para a Confiabilidade Humana



Fonte: Próprio autor

A insuficiência dessas condições pode afetar consideravelmente o funcionamento esperado do sistema sociotécnico, colocando-o em instabilidade. Nesses momentos, o ser humano possui uma poderosa arma na busca de restabelecer a normalidade ao sistema, sua capacidade de adaptação. “A percepção, inexistente no sistema técnico, faculta ao ser humano a capacidade adaptativa, possibilitando-o antecipar a ocorrência de fatos e tratar pequenos desvios utilizando-se da priorização de ações” (BORGES e MENEGON, 2009).

Resumindo, pode-se dizer que a disponibilidade e a confiabilidade da informação são duas de suas propriedades essenciais, como afirma Rogalski (2007). Ainda segundo o autor, o fluxo da informação operacional deve garantir a informação necessária, a quem é necessária e quando é necessária.

Ferramentas e equipamentos de proteção apropriados às tarefas e adequados aos operadores, passagens desobstruídas a todo o momento, são alguns dos itens que devem ser disponibilizados. O que deve ser planejado, principalmente, para situações de emergência ou pane. Nestes casos, “a tomada de decisão deve ser realizada em um curto espaço de tempo e não deve haver dificuldade de acesso às informações necessárias para estabelecer um diagnóstico e para retomar o controle em manual” (LIMA e SILVA, 2002). O suporte cognitivo deve ser planejado e bem estruturado. Santos, Zamberlan e Pavard (2009) reforçam as necessidades que os operadores têm quanto a informações que possibilitem a eles uma tomada de decisão apropriada.

Com isso, pode-se perceber a grande importância que o fator humano tem, muito mais do que simples coadjuvante da produção ou apenas força de trabalho, mas como a fortaleza do sistema de produção, sendo barreira contra as variabilidades intrínsecas do processo de produção. “A atividade dos operadores não se traduz, portanto, em mera vigilância das instalações: incessantemente eles antecipam disfuncionamentos e se valem de estratégias para a recuperação da estabilidade do processo” (DUARTE, 2002).

### 2.1.2. Confiabilidade Humana e os Modelos de análise de acidentes

Assim como acontece com a confiabilidade técnica de equipamentos que possui métodos que auxiliam na gestão da manutenção, alguns métodos de Análise da Confiabilidade Humana foram criados para auxiliar na gestão de riscos. Métodos de análise da confiabilidade técnica buscam prever o tempo de vida de componentes, quando eles poderão falhar e planejar momentos mais apropriados para manutenção e substituição. A intenção daqueles

relacionados à Confiabilidade humana é, basicamente, identificar elementos e situações de risco, suas origens e quais consequências podem ter.

A grande maioria dos modelos de Confiabilidade Humana lida com eventos probabilísticos e dados quantitativos. Eles compõem uma área conhecida como *Human Reliability Analysis* (HRA) que, em geral, estuda a probabilidade de falha humana a partir da lógica de árvores de falha ou causa, dando especial atenção aos tipos de erro e eventos geradores de acidentes em potencial. Embora possa parecer algo contemporâneo, por lidar com a utilização de alguns programas computacionais e utilizar teorias modernas de modelagem do comportamento humano, os métodos de análise da Confiabilidade Humana remontam de muito tempo atrás. Miller e Swain (1987 *apud* Pew, 2008) relatam que, por volta de 1952, estudos foram desenvolvidos nos Laboratórios Sandia para analisar, quantitativamente, a contribuição da Confiabilidade Humana na confiabilidade geral no contexto de uma análise de sistemas de armas nucleares. Desde aquela época, o estudo sofrera de um problema ainda presente nas análises de Confiabilidade Humana, a falta de dados confiáveis e robustos. As definições de Confiabilidade Humana e os Modelos que foram criados tentando analisá-la trazem consigo uma relação aceita por muito tempo como inequívoca e que, ainda atualmente, é muito evidenciada, a de acidentes e erro humano. Os Modelos que tentavam – e ainda tentam – explicar o acidente apresentam elementos que, muitas vezes, ignoram a possibilidade do ser humano ser fator de confiabilidade do sistema e tendem a enquadrar quaisquer ações que fujam da prescrição como erro humano.

No início dos estudos que tentavam explicar os acidentes, suas causas, fatores contribuintes e sua relação com características do ambiente ou das pessoas envolvidas, afirmava-se, pelo Modelo de predisposição ao acidente, que haveria pessoas mais propensas a se envolver em acidentes do que outras, devido a características genéticas (Michel, 2001). Ainda segundo este autor, Environ Hirschfeld e Behon, especialistas em segurança do trabalho, entre os anos de 1900 e 1950, estudaram uma série de 500 casos de acidentes e lesões onde incluíram somente pacientes que foram entrevistados por psiquiatras por um tempo que variou de 2 a 20 horas. Buscavam, justamente, isolar fatores que determinariam a característica de predisposição acidentária. O mesmo que fizeram Hagbergh e Olyksfall, em 1960, comparando situações similares, mas com consequências opostas. No entanto, em nenhum dos dois estudos foram identificados traços individuais de predisposição ao acidente.

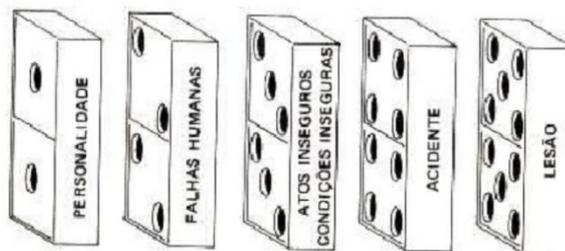
Outra corrente defendia a idéia da Teoria da Culpa, assumindo o acidente como um ato criminoso, no qual se deveria encontrar um culpado, seja uma condição ambiental de insegurança (materiais, equipamentos, instalações etc.) ou um ato inseguro, de

responsabilidade exclusiva do trabalhador. A abordagem por trás dessas teorias foi transportada para os estudos do ser humano como elemento gerador de falha, o erro humano.

Herbert Willian Heinrich, a partir de seus estudos, criou e publicou em seu livro *Industrial Accident Prevention*, de 1931, a Teoria do Dominó. Segundo ela, a ocorrência de uma lesão é a culminação natural de uma série de circunstâncias ou eventos, que invariavelmente ocorrem em uma ordem fixa e lógica (Heinrich, 1931). Um evento é dependente do outro, constituindo-se assim uma corrente que pode ser comparada com dominós enfileirados (Figura 3). As cinco pedras eram definidas da seguinte forma:

- Personalidade: ao iniciar o trabalho em uma empresa, o trabalhador traz consigo um conjunto de características positivas e negativas, de qualidades e defeitos, que constituem a sua personalidade (irresponsabilidade, irascibilidade, temeridade, teimosia etc.);
- Falhas humanas: devido aos traços negativos de sua personalidade, o homem seja qual for a sua posição hierárquica, pode cometer falhas no exercício do trabalho;
- Causas de acidentes: englobam as condições inseguras e os atos inseguros;
- Acidente: sempre que existirem condições inseguras ou forem praticados atos inseguros, pode-se esperar as suas conseqüências, ou seja, a ocorrência de um acidente;
- Lesões: toda vez que ocorre um acidente, corre-se o risco de que o trabalhador venha a sofrer lesões, embora nem sempre os acidentes provoquem lesões.

Figura 3 – Teoria do Dominó (Heinrich)



Fonte: Próprio autor

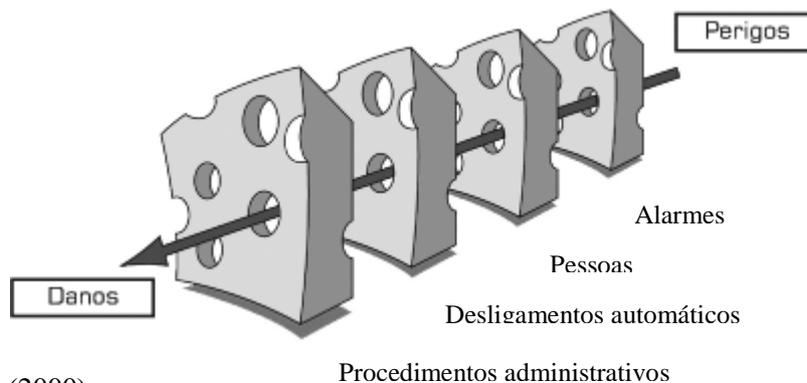
Raouf (1998) cita que “a Teoria do Dominó previa que 88% dos acidentes ocorriam devido a ato inseguro, 10% devido a condições inseguras e 2% por ‘vontade de Deus”.

Outra teoria para os acidentes foi idealizada por James Reason (2000). Sistemas de produção têm muitas camadas defensivas, como: alarmes, barreiras físicas, desligamentos automáticos, supervisores, controladores, procedimentos, regras, normas e controles

administrativos. Na maioria das vezes, todas funcionam bem, mas sempre existem fraquezas (buracos), que as tornam como fatias de queijo suíço, só que eles são dinâmicas e estão abrindo e fechando em diferentes momentos. Motivo que levou a Teoria a receber o nome de Teoria de Queijo Suíço (Figura 4).

O perigo está em quando esses buracos se alinham – similar ao fenômeno físico de ressonância – e permitem que todas as barreiras sejam transpostas, chegando-se aos danos sejam patrimoniais, ambientais ou pessoais.

Figura 4 – Teoria do Queijo Suíço de Reason



Fonte: Reason (2000)

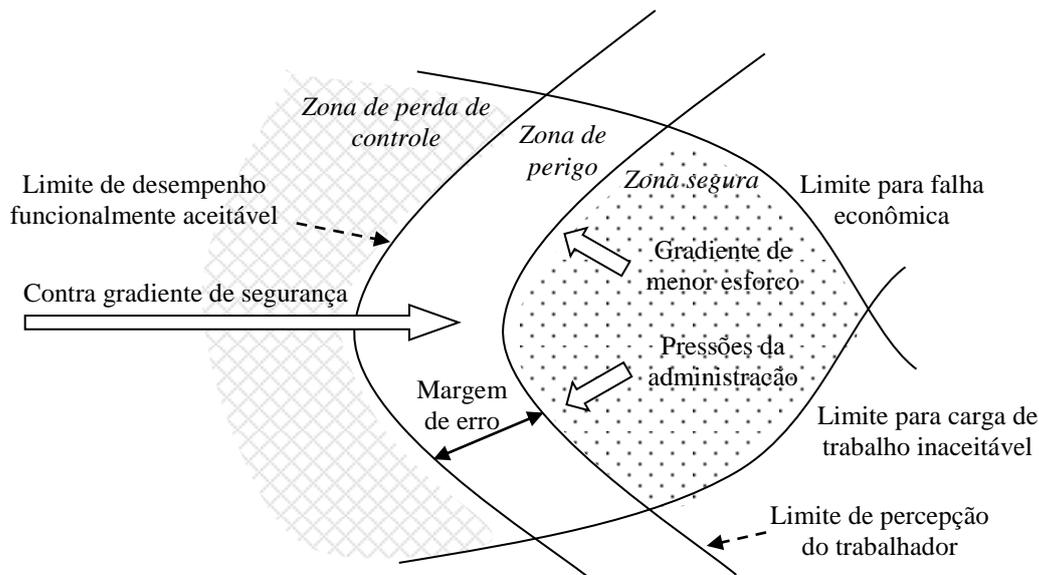
Até então, o acidente era tratado com base no Modelo Epidemiológico, que descrevia os acidentes por meio de uma analogia com a saúde do sistema, no qual os acidentes são gerados da mesma forma que as doenças.

Já o Modelo Sistêmico, como descrevem Ballardin *et al.* (2008), enfatiza que a identificação de relações de causa-efeito não é bem definida. Adota o pressuposto de que uma determinada seqüência de eventos que gerou um acidente é bastante improvável de ser repetida exatamente da mesma forma. De outro lado, a ênfase está na gestão da variabilidade, incluindo a identificação de sua origem e o seu monitoramento.

No ponto de transição entre este Modelo e o Sistêmico está a Teoria de Zonas de Trabalho, proposta por Rasmussen (1997), apresentada na Figura 5. Na primeira delas, a zona segura, as atividades são exercidas sob as condições previstas nos procedimentos de segurança. A migração de desempenho ao longo das zonas ocorre em razão da busca pelo menor esforço e por pressões da administração por maior produtividade. Por isso, a zona segura é circundada por outra de perigo, na qual ocorreram desvios previstos ou não previstos em relação aos procedimentos. Se as decisões adotadas na zona de perigo não forem corretas, o trabalhador entrará na zona de perda de controle, na qual os acidentes realmente ocorrem

(Abdelhamid *et al.*, 2003). O conhecimento que o trabalhador tem de sua atividade, permite que ele tenha a percepção do momento em que sai da zona segura. É o que faz, por exemplo, com que um caminhoneiro saiba, com grande precisão, qual velocidade máxima segura que pode entrar em uma curva, dependendo de sua angulação – mais ou menos fechada – das condições da pista e do caminhão que dirige.

Figura 5 – Teoria de Zonas de Rasmussen



Fonte: Adaptado de Rasmussen (1997)

Sucederam-se a essas, a Teoria do Risco profissional e a do Risco Social. Na primeira, encara-se o acidente não como um crime, mas como fruto de uma determinada atividade. Seu grande expoente foi o sociólogo Charles Perrow. Ele preconizava que Acidentes são inevitáveis em sistemas tecnologicamente complexos e fortemente interligados, por exemplo, em plantas nucleares, plantas petroquímicas e na aviação. O termo Acidente Normal significa que, dadas às características dos sistemas possuem interações múltiplas e não previstas, as falhas são inevitáveis (PERROW, 1999). Mas alerta:

[Acidente Normal] é uma expressão de uma característica integral de um sistema, e não uma declaração de frequência. Morrer é normal para nós, mas só morremos uma vez. Acidentes de sistemas são incomuns, até mesmo raros; mas, se eles podem produzir catástrofes, isso não é assim tão tranquilizador.

Já a Teoria do Risco Social é a base da Estrutura Prevencionista Brasileira. Introduziu uma mudança sutil: os acidentes do trabalho passaram a ser encarados como decorrências de processos produtivos necessários à reprodução/bem-estar de toda a coletividade, e não apenas de interesse de algum grupo empresarial. Isso fez com que as

indenizações continuaram a ser independentes de ações judiciais, mas o pagamento destas indenizações passou a ser encargo de um sistema previdenciário que reúne três grupos contribuintes compulsórios: os empregadores, os empregados e o Estado.

Os modelos de análise de acidentes, em sua grande maioria, não se preocupam com a percepção das ações do ser humano como benéficas ao funcionamento normal do sistema. Os estudos que tentaram modelar o comportamento humano, em todas as suas instâncias – física, cognitiva, organizacional – no intuito de compreender como ele poderia contribuir à confiabilidade operacional, fizeram surgir os Modelos de Análise da Confiabilidade Humana<sup>3</sup>. Estes Modelos diferenciavam-se dos que buscavam compreender os acidentes em seus objetivos. Nos Modelos de Rasmussen, do queijo suíço, do dominó e suas variações, encontrar as causas dos acidentes era o alvo, independente de serem fatores humanos, técnicos ou organizacionais. Já os Modelos de Confiabilidade Humana surgiram com foco nos fatores de modelagem do desempenho do ser humano e evoluíram sempre dando atenção aos fatores humanos. E a observação era para além dos erros e de sua construção causal. Busca-se, nestes Modelos de Confiabilidade Humana, avaliar qual o papel do ser humano na operação do sistema e sua relação com os demais elementos do sistema.

### 2.1.3. Evolução histórica da Análise da Confiabilidade Humana (ACH)

O conjunto de idéias, estudos e métodos de análise que permeiam a Confiabilidade Humana, apresentou uma evolução muito grande durante as últimas cinco décadas. Até mesmo um pouco antes disso, se se assume a Confiabilidade Humana como descendente da Confiabilidade Técnica. A representação dessa evolução pode ser vista na Figura 6. Paralelamente, são apresentadas, também, as evoluções dos Métodos de Análise Cognitivos da Confiabilidade Humana e dos princípios de Resiliência. Busca-se mostrar, graficamente, os relacionamentos existentes entre esses três eixos e em quais momentos, na história, eles se encontram. Ressalte-se que a intenção não é apresentar todos os métodos que foram criados, mas sim, os mais importantes que representem as características dos momentos nos quais foram criados.

---

<sup>3</sup> Kim e Jung (2003) apresentam uma análise taxonômica dos modelos de análise de Confiabilidade Humana.

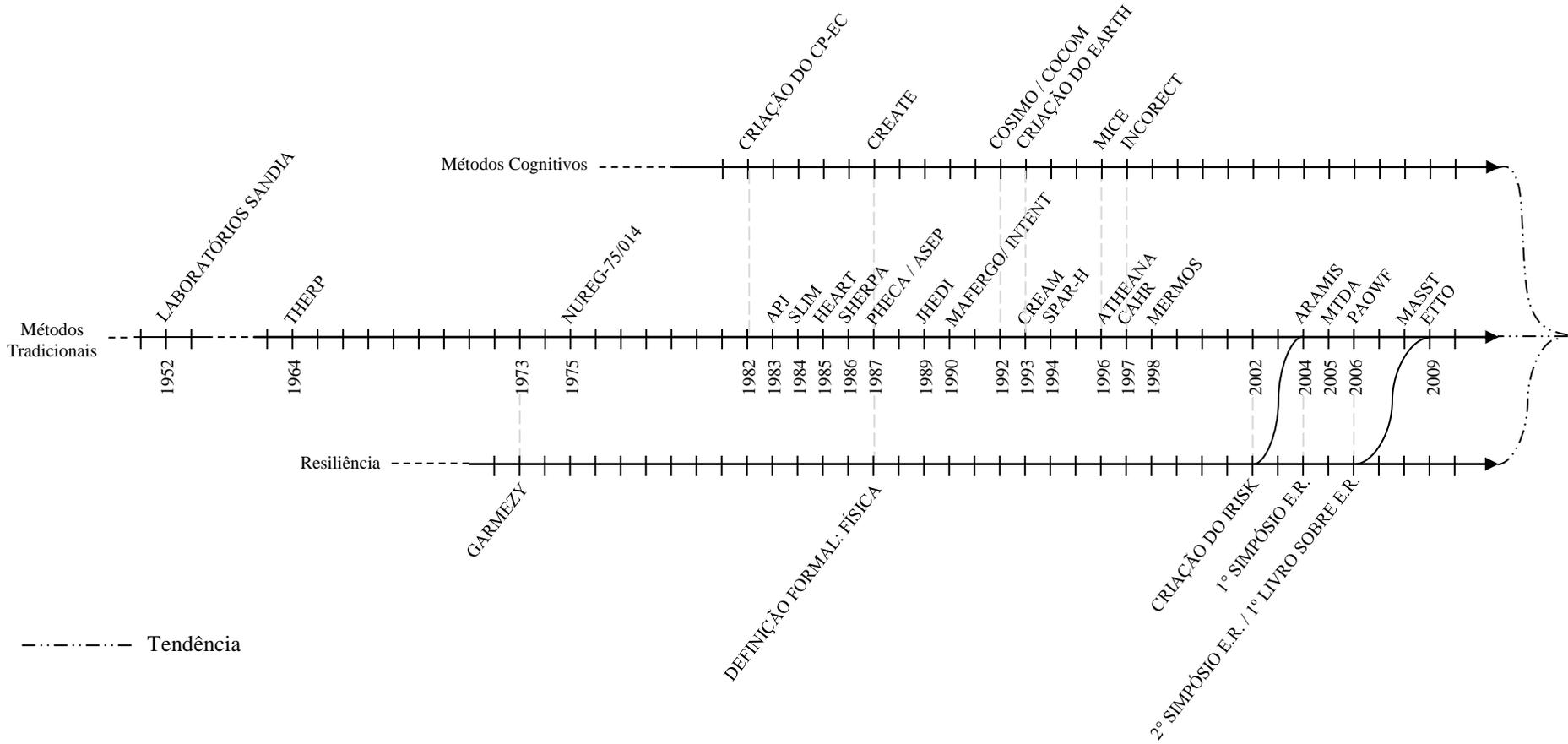


Figura 6 – Evolução histórica dos métodos de análise da Confiabilidade Humana

No eixo principal, estão dispostos os Métodos Tradicionais de Análise da Confiabilidade Humana e a escala temporal. No primeiro eixo secundário, apresentam-se os Métodos cognitivos, que têm características bem distintas dos Tradicionais, porém em menor quantidade. E, no segundo eixo secundário, a evolução do conceito de Resiliência, até a criação no início dos anos 2000 da Engenharia de Resiliência

Até os anos 1960, avanços na tecnologia, em especial, em materiais de engenharia e eletrônicos, estimulados pela guerra fria (corrida armamentista e corrida espacial), levaram a um grande salto na confiabilidade de componentes e sistemas. Na aeronáutica, nos anos que se seguiram à II Guerra Mundial, houve um grande incremento na complexidade dos limites humanos dos pilotos e nas funções a serem operadas nos aviões, que evoluíam rapidamente, aproveitando o desenvolvimento da indústria bélica. Nesse cenário, a Ergonomia surge com o intuito de melhorar as condições em que os pilotos dos aviões de guerra os operavam. A perda do material bélico era importante, vultosa e por si só justificaria esforços. No entanto, “dado que o treinamento de um piloto levava dois a quatro anos, a perda de um piloto treinado se constituía em perda irreversível na duração da guerra” (MENEZES e MENEZES, 2008). E, mesmo após o final da guerra, os estudos em ergonomia se faziam presentes, pois havia a necessidade de reconstruir os países, em especial, europeus, destruídos pelos ataques. A indústria que renascia, enfrentava problemas de adaptação de ferramentas e maquinários, muito deles trazidos dos Estados Unidos mesmo, após o Plano Marshal, como remonta Laville (2001). Os conhecimentos desenvolvidos e aplicados, durante a II Guerra Mundial, foram utilizados nessa fase de desenvolvimento industrial.

Nessa mesma época, mais precisamente, no ano de 1952, os primeiros estudos sobre Confiabilidade Humana são realizados no Laboratório Nacional Sandia, nos Estados Unidos. Esses estudos, até o ano de 1960, permitiram criar um banco de dados de Confiabilidade Humana. O próprio Laboratório deu início, em 1962, aos estudos que levariam à criação do Método de Análise da Confiabilidade Humana denominado, posteriormente, THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*). Desenvolvida, originalmente, para aplicações em contexto militar, a THERP passa a ser utilizada no meio industrial no ano de 1964, na área nuclear. Dentro dos Modelos tidos como de Primeira Geração

O erro humano passou a ganhar notoriedade, pois sistemas tornaram-se mais complexos e a dificuldade do ser humano gerenciar novas tecnologias aumentou. Isso permitiu que a Confiabilidade Humana crescesse proporcionalmente. A ergonomia seguia seus preceitos, com forte ênfase na interface homem-máquina. O projeto poderia levar mais em conta as capacidades e limitações humanas. O que diminuiria a quantidade de erros

humanos. Por volta de 1960, a Ergonomia começa, também, a entrar em projetos de salas de controle. Uma área de estudo ainda hoje bastante explorada por pesquisadores da área e Ergonomistas. Já os estudos sobre Confiabilidade Humana buscaram – e ainda buscam – incansavelmente, caracterizar o binômio confiabilidade humana e erro humano como inversamente proporcional. Com isso, começaram a surgir inúmeros métodos e técnicas de analisar e medir a Confiabilidade Humana.

A técnica mais difundida dessa primeira geração foi, efetivamente, a THERP e a primeira a ser utilizada em campo. Teve sua aplicação industrial inicial em Usinas Nucleares, mas tem sido utilizada em plataformas *offshore* de extração de petróleo e na área médica. Sendo, inclusive, a base para o Guia de Desempenho Humano, criado pelo Instituto Americano de Petróleo (do inglês, *American Petroleum Institute* – API). Ela é construída a partir de dois fatores. Primeiro, o uso de árvores de probabilidade e o segundo, a consideração de Fatores de Modelagem do Desempenho (PSF, do inglês). Um banco de dados servia de base na utilização desses PSF e os elencava como causas e fatores de contribuição à insegurança. Somado a isso, havia um julgamento feito pelos criadores da técnica. O erro, até então, era visto por estudiosos e pesquisadores como categorizável e contável. E, conforme relatam Woods e Hollnagel (2006), nesse paradigma da contagem de erros, buscava-se proteger o sistema da incerteza e limitação dos componentes humanos. A grande crítica a THERP foi a de que o homem era visto, simplesmente, como fator de insegurança.

Segundo Reason (1990) a modelização da estrutura geral da Análise Probabilística de Segurança (APS) foi estabelecida em 1975 com a criação da NUREG-75/014, nos Estados Unidos. Ocorreu um aumento exponencial da escala de avaliação de plantas industriais. As empresas, especialmente as usinas nucleares, passaram a se preocupar mais com as questões de segurança. O ponto de partida para essa estruturação da APS foi a publicação de um estudo de segurança de reatores, nos EUA, denominado WASH-1400, com título *An assessment of accident risk in U.S. commercial nuclear power plants*.

Dentro da primeira geração de métodos, a década de 1980 foi rica em criações. Em 1983 surge a *Absolute Probability Judgements* (APJ), a mais simples de todas as técnicas. Baseada apenas em julgamento, por parte de especialistas, da probabilidade de um evento ou de um erro humano. Outro método que surgiu à época foi o SLIM – *Success Likelihood Index Method* (Embrey, 1984), voltado para a aplicação na indústria nuclear. Foi criado a pedido da Comissão de Regulação Nuclear dos Estados Unidos (NRC, do inglês), por David Embrey. Tinha como elemento básico o julgamento de especialistas. Eles atribuiriam valores numéricos para cada PSF em determinada situação. Com isso, tentava-se resolver o problema

da subjetividade dos PSF. Seguindo a escala temporal, Jerry Williams cria a *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART), em 1985 (Williams, 1985). Método desenvolvido, a princípio, para o setor de geração de energia elétrica mas, posteriormente, utilizado em setores nos quais a Confiabilidade Humana é muito importante, como: aviação, produção química e unidade de saúde. No ano seguinte, novamente Embrey, desenvolve a SHERPA (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*). Utilizando-se da estrutura base da Teoria Habilidades-conhecimentos-experiência (Rasmussen, 1983), a SHERPA classifica informações da tarefa de acordo com diferentes características do comportamento humano (VANDERHAEGEN, 2001). Assim como o SLIM e diversos outros métodos, a SHERPA teve suas primeiras aplicações na Indústria nuclear, embora tenha sido extrapolada para outras esferas.

Em 1987, é criada a *Potential Human Error Causes Analysis* (PHECA), por Whalley (1987). Aplicado em plantas de processo químico, o método procurava identificar fatores deficientes de projeto que causavam erros humanos específicos. Nesse mesmo ano, volta à cena a THERP. Alain Swain, criador do método é solicitado pela NRC a adaptá-la à Indústria Nuclear, com menor exigência de treinamentos para seu uso e tempo menor para análise. Nasce, então, o ASEP (*Accident Sequence Evaluation Program*). Ainda dentro dos modelos com forte base probabilística e quantitativa, surge em 1989 o *Justification of Human Error Data Information* (JHEDI). Desenvolvido paralelamente, por Kirwan e James (1989), ao *Human Reliability Management System* (HRMS). Ainda é utilizado na avaliação de riscos em plantas de reprocessamento térmico.

Algumas críticas surgiram com relação a esses modelos da primeira geração. A deficiência na caracterização das ações dos trabalhadores, possibilitando enquadrá-las apenas como sucesso ou falha. Fato destacado por Menezes e Droguett (2007), que dentre as principais deficiências encontradas nesses modelos destacam a tentativa de modelar ações humanas via árvores binárias. Outro ponto que pesou negativamente foi a falta de robustez na classificação dos PSF, bem como a tendência de serem métodos atomistas por natureza, conforme explicam Bell e Holroyd (2009). Segundo os autores, esses métodos estimulavam os pesquisadores a desmembrar a tarefa em partes e, então, considerar o potencial impacto de fatores de modificação, como pressão temporal, projeto de equipamentos e tensão hierárquica.

Quando pesquisadores, no início dos anos 80 começam a estudar mais a fundo os ditos erros humanos e obter dados de como sistemas complexos têm falhado (ROUHIAINEN, 1982; LEPLAT e RASMUSSEN, 1984; SINGLETON, 1984), cria-se a necessidade de desviar o foco dos estudos em confiabilidade para as interações dinâmicas entre os sistemas

técnicos e sociais (humanos). Além disso, torna-se urgente aceitar que o desempenho do ser humano é variável, não sendo facilmente modelado, conforme estabeleciam os PSF. Nessa linha, Hollnagel (1993) aponta a necessidade de uma Teoria da Ação em substituição à Teoria do Erro.

Dessa conjuntura, mais adiante, surge a Segunda Geração dos Modelos de Análise da Confiabilidade Humana. Uma das evoluções estava na habilidade dos novos métodos em lidar não apenas com dados qualitativos, mas também com os quantitativos. Outra dizia respeito, segundo Silva (2011), ao deslocamento do ponto de vista estático, orientado ao hardware, para um modelo dinâmico, com implicações na modelagem dos métodos. Em outras palavras, a análise da Confiabilidade Humana expandiu o escopo da descrição das ações humanas, inspirada em outros campos como a psicologia e as ciências cognitivas (HOLLNAGEL, 1998). Embora haja, nessa época, um crescimento elevado no número de modelos, alguns merecem destaque:

O primeiro método desenvolvido na segunda geração foi o INTENT, por David Gertman, em 1990 (Gertman *et al.*, 1990). O CREAM (*Cognitive Reliability Error Analysis Method*), criado em 1993, foi o método mais difundido da segunda geração. Teve como idealizador, Erik Hollnagel, um dos maiores estudiosos sobre o assunto. O grande diferencial está na atenção que se dá ao aspecto cognitivo. A primeira premissa é de que toda atividade tem uma parcela física (fazer) e uma cognitiva (pensar). Quanto mais se aumenta em uma, mais se diminui da outra. Assim determinava o modelo. Eram propostas nove Condições de Desempenho Comuns (CPC, do inglês). Algumas tinham relação com os aspectos cognitivos ou influenciava-os, como: número de objetivos simultâneos, tempo do dia (ritmo circadiano) e adequação da interface homem-máquina. Descritores linguísticos qualificavam cada um dos CPC's, como: deficiente, incompatível, apropriado, noite (desajustado), tolerável etc. A partir da identificação da condição para cada CPC, tem-se, então, o efeito, que pode ser: reduzido, não significativo ou melhorado. Em suma, o método é capaz de: Identificar tarefas que exijam cognição humana e dependam de confiabilidade cognitiva; determinar as condições nas quais a confiabilidade cognitiva pode ser reduzida, constituindo fonte de risco; prover uma avaliação das consequências do desempenho humano na segurança do sistema.

Em 1994, a NRC em conjunto com o *Idaho National Laboratory*, dos Estados Unidos, criaram o *Simplified Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment* (SPAR-H). Um método bastante simples com tempo de aplicação baixo, como relatam Gertman *et al.* (2005).

Em 1996 um dos principais métodos de análise da Confiabilidade Humana surge. Um consórcio de especialistas o desenvolveu a pedido da NRC. A ATHEANA (*A Technique for Human Error Analysis*) contou, em sua construção, com a participação de especialistas do laboratório Sandia, projetistas da NRC, além de ícones em confiabilidade e segurança, como John Wheathall. Também bastante difundida, é baseada em uma estrutura multidisciplinar que considera tanto os Fatores Centrados no Homem como as Condições da Planta (Unidade). Os primeiros guardam relação com: projeto da interface homem-máquina conteúdo e formas de procedimentos, treinamentos. Já as condições da Planta são aquelas que podem levar a interações sistema-homem, tais como: indicações enganosas, indisponibilidade dos equipamentos, configurações incomuns etc. A novidade estava no preceito de que essas duas categorias não eram independentes. O efeito combinado delas poderia criar uma situação na qual o erro humano era propenso a acontecer (Konstandinidou *et al.*, 2006). Assumia-se, assim, que o contexto forçava o erro.

Já em 1997, saindo um pouco dos EUA, o método CAHR (*Connectionism Assessment of Human Reliability*) foi desenvolvido em conjunto entre a Universidade Técnica de Múnic e uma Empresa alemã que lida com pesquisa técnica e científica nas áreas de energia nuclear. Ainda na Europa, no ano seguinte, o MERMOS (*Méthode d'Evaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté*) foi concebido para utilização na EdF - *Electricité de France*, que é a Companhia de Eletricidade daquele país. Criado para suprir uma limitação da técnica THERP, até então utilizada para avaliar a confiabilidade em reatores nucleares na Empresa. A gestão de incidentes e acidentes, em procedimentos computadorizados, pela técnica da primeira geração era difícil. MERMOS baseia-se em dois princípios. O primeiro, a criação de missão do fator humano, que determina missões ou ações que devem ser realizadas para mitigar ou eliminar o sinistro, de acordo com a análise funcional do evento iniciador. O segundo define as Características Importantes da Operação de Emergência. Cada conjunto está relacionado com um Sistema de Operação de Emergência, estabelecido de acordo com o tipo de situação (Bieder *et al.*, 1998). Em 2000, com a criação da NUREG-1624, a NRC reformula a ATHEANA e facilita sua aplicação em outros tipos de indústria, além da nuclear.

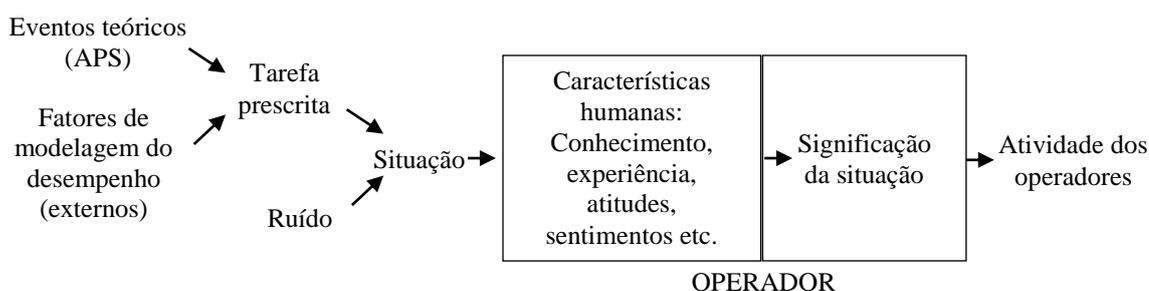
Os anos de 2004 e 2005 marcam o surgimento de métodos com a utilização de conceitos advindos dos estudos em Resiliência, desenvolvidos até então. Duijm *et al.* (2004) publicam, neste ano, o Método ARAMIS (*Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of Seveso II directive*). Na verdade, essa publicação é o resultado final de um projeto maior, que teve origem em 2002, com a criação do IRISK (*Integrated*

*Risk*) Project, que contou com a participação de pesquisadores de Universidades, empresas e consultores de países como: Holanda, Grécia, Alemanha, EUA, Inglaterra, França e Dinamarca. Hale, Guldenmund e Goossens (2006) apontam, inclusive, oito critérios de Resiliência que são tratados pelo Método e em quais etapas eles são trabalhados.

O *Korean Atomic Energy Research Institute* criou, em 2005, o Método MTDA (*Misdiagnosis Tree Analysis*) que procura avaliar as falhas de diagnóstico e seus efeitos nas ações humanas e na segurança da planta. Utiliza-se de três etapas, a saber: avaliação do potencial de falhas de diagnóstico, identificação dos eventos de falha humana (EFH) que podem ser induzidos por falhas de diagnóstico; quantificação dos EFH (Kim, Jung e Park, 2005).

Os modelos desenvolvidos nessa chamada segunda geração tendem a assumir uma premissa na qual o ser humano possui importante papel na confiabilidade do sistema. Característica negligenciada nos da primeira geração. O esquema criado por Mosneron-Dupin *et al.* (1997) – mostrado na Figura 7 – representa aquilo que já vinha sendo observado e aplicado, desde os modelos de análise da Confiabilidade Humana por David Gertman com o INTENT e que ainda seria aplicado nos modelos que estavam por vir, com características da segunda geração.

Figura 7 – Modelo de análise da confiabilidade centrada no ser humano



Fonte: Mosneron-Dupin *et al.*, 1997

O esquema demonstra, basicamente, que a tarefa prescrita é diferente daquela que o operador, efetivamente, realiza. Os autores trazem uma crítica à Análise Probabilística da Segurança (APS), afirmando que esse tipo de análise observa apenas os eventos teóricos, sem analisar sequer – em muitos casos – a tarefa prescrita. Eventos como: *delays*, pequenos vazamentos, fluxos maiores ou menores que os nominais, falha nos indicadores de posição ou *displays* e alarmes falsos são denominados como ruído. Para os autores, o que realmente direciona a ação do operador é o que eles chamam de significação da situação.

Um grupo de Modelos que seguiu uma lógica diferente dos anteriormente apresentados, de primeira e segunda gerações – ditos tradicionais – tem sua evolução apresentada no eixo secundário superior da Figura 6. São os Modelos de Análise da Confiabilidade Humana que têm foco nas características cognitivas do ser humano em atividade.

O mundo vivia, no final dos anos 70 e durante os anos 80, um cenário preocupante. Vários acidentes de grandes proporções haviam ocorrido, deflagrando a vulnerabilidade que as plantas nucleares e químicas apresentavam em seus processos de produção. E pior, revelavam a alta capacidade mortífera que armazenavam em seus processos. Flixborough (Inglaterra, 1974), Seveso (Itália, 1976), Three Mile Island (Estados Unidos, 1979), Bhopal (Índia, 1984), Chernobyl (Ucrânia, 1986) e Piper Alpha (Escócia, 1988) são exemplos desses desastres. Após a constatação de que em quase todos havia, na evolução dos fatores causadores do acidente, algum item relacionado ao processamento cognitivo (diferença entre indicador de processo ou falha na comunicação), o foco dos estudiosos passou a ser a melhoria dos aspectos cognitivos da atividade em plantas de processamento perigoso, como químicas e nucleares. Segundo Cacciabue (1992), esses modelos tentavam combinar requisitos de engenharia para projetos com itens da natureza psicológica do comportamento humano.

Em 1982, criou-se, como descreve Hoc (1998) uma Comunidade de Pesquisa em Ergonomia Cognitiva (CP-EC). A essa época, o paradigma referia-se apenas a um homem isolado, interagindo com uma máquina isolada. Por volta do final dos anos 80, as pesquisas em EC ampliaram seu escopo, passando a estudar, não apenas os aspectos individuais, mas também o trabalho coletivo, mas mantendo o foco no indivíduo.

Após alguns anos de estudo, aprendendo com os relatórios dos acidentes já ocorridos e utilizando-se de simulações das reais necessidades cognitivas que os operadores tinham no funcionamento real das plantas, a Comissão de Regulação Nuclear dos Estados Unidos criou o *Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*, em parceria com (Swain e Guttman, 1983). Esse material aplicou parte do conhecimento, existente até então, sobre aspectos cognitivos. O que não vinha sendo feito pelos modelos de análise de Confiabilidade Humana tradicionais – eixo principal da Figura 6. Havia nele, por exemplo, tópicos específicos sobre: fatores humanos, confiabilidade, sistema homem-máquina, desempenho e até mesmo um capítulo específico sobre os Operadores dos reatores.

A comunidade Européia, mesmo com o aumento da preocupação das entidades representantes dos trabalhadores de plantas químicas e nucleares e da cobrança da sociedade por processos de produção mais seguros, contabilizava os acidentes ampliados que não paravam de acontecer. A Diretiva 82/501/CEE, mais conhecida como Diretiva de Seveso, instituída em 1982, não tinha sua aplicação completamente consolidada entre esses países e padecia de muitas falhas e lacunas. Isso fazia com que os modelos cognitivos de análise da Confiabilidade Humana continuassem a surgir, como forma de tentar diminuir os acidentes. A década de 80 ainda viu surgir a CREATE (*Cognitive Reliability Assessment Technique*), mais exatamente em 1987, desenvolvida por David Woods e Emilie Roth, a pedido da NRC. Seu objetivo era melhorar a medição da contribuição humana para o risco. Ela acabou sendo batizada como NUREG/CR-4862 (NRC, 1987). A base da técnica era compreender como os operadores constroem intenções para agir em operações de emergência em Plantas Nucleares. Para tanto, lançou mão da Simulação do Ambiente Cognitivo (do inglês, CES), uma ferramenta de simulação computacional, utilizada para explorar a formação da intenção humana.

Já nos anos 90, junto com o aumento da importância dos fatores cognitivos em plantas industriais e em sistemas complexos, cresce também o número de modelos cognitivos. Em 1992, Cacciabue *et al.* (1992) criam o *Cognitive Simulation Model* (COSIMO). O modelo simula o comportamento de um operador controlando um sistema complexo durante a gestão de um acidente. Sua finalidade é construir uma estrutura com vários tipos de funções que são desempenhadas por ele, como: busca de informações, reconhecimento de padrões, monitoramento e diagnóstico. Nesse mesmo ano, Hollnagel criou o COCOM (*Contextual Control Model*), com foco em entender como o ser humano escolhia suas ações. Entre os fatores utilizados pelo modelo estão: estimativa do operador sobre o resultado de sua ação (sucesso ou falha), tempo restante para realizar a ação e o número de objetivos simultâneos do operador, no tempo. O COCOM serviu de base para o desenvolvimento do CREAM, citado anteriormente.

Em 1996, nasce o *Method to Identify Cognitive Errors* (MICE), um método padronizado de analisar eventos, com ajuda de software. Ele força o analista (projetista) a pensar, sob o ponto de vista do operador, como um determinado problema seria resolvido. Utiliza a linha que assume o erro humano como consequência de um Fator de Modelagem do Desempenho. O método foi um dos resultados da criação do EARTH (*European Association on Reliability Techniques for Humans*). Um grupo criado em 1993 que tinha como objetivo avaliar melhor os erros de intenção – aqueles nos quais o operador tenta realizar alguma ação

incorreta, mas que ele acredita ser correta. Faziam parte as Companhias *Electricité de France*, *Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbh* (Alemanha), N.V. KEMA, (Holanda) e *Forschungszentrum Jilich* (Alemanha). Conforme Mosneron-Dupin (1994), o grupo acreditava que esse tipo de erro, dificilmente era tratado em *Probabilistic Safety Analysis - PSA*. No entanto, sua importância tendia a crescerem novos sistemas, cada vez mais automatizados. O papel do operador passava a ser o de supervisor, que envolvia processos cognitivos complexos. O risco era, agora, o de ações equivocadas decididas pelo operador para lidar com a complexidade da situação real, com novas imposições dos sistemas automatizados.

O INCORECT (*Investigating Cognitive and Recovery Tasks*), criado por Tom Kontogiannis, em 1997, propôs uma análise cognitiva em interações em sistemas complexos, utilizando uma estrutura que avaliava como o contexto do trabalho (informações do painel de controle, estado do sistema, pressões sob o operador etc.) modifica o cenário, facilitando ou dificultando a compreensão do estado real do sistema.

Os modelos da segunda geração trouxeram, no tocante aos aspectos cognitivos, uma evolução com relação aos de primeira geração. Some-se a isso a mudança conceitual que os Métodos baseados nas características cognitivas do ser humano – chamados Métodos Cognitivos – apresentaram. Contudo, um método, em especial, contribuiu para a integração da confiabilidade operacional de um sistema aos requisitos de prevenção de riscos. Ele foge um pouco dos princípios apresentados nos métodos tanto da primeira como da segunda geração. A MAFERGO (*Méthodologie d'analyse de fiabilité et d'ergonomie opérationnelle*) foi criada por (Neboit, Guillermain e Fadier, 1990), e permitia o estudo e análise de confiabilidade operacional para propor eventuais ajustes necessários para uma eficaz re-concepção do sistema. Ainda conforme ele, sua principal característica é a de combinar, para cada etapa, todos os aspectos de ergonomia e de confiabilidade técnica. A metodologia demonstra, entre outras coisas, como certas atividades de risco são essenciais para assegurar a continuidade do funcionamento do sistema técnico durante a operação em funcionando normal ou durante a operação em funcionamento deteriorado durante uma seqüência incidental (DIDELLOT, 2002). É composta de duas macro etapas, conforme descrevem Fadier e Neboit (1998) e Didelot (2002):

– Análise estruturo-funcional: destina-se a descrever o funcionamento normal ou habitual, pós-implantação, do sistema analisado e situar esse funcionamento em relação à missão geral. Nesta fase, procura-se descrever o sistema (fronteira e a natureza das trocas, os elementos, as suas funções e interações, o fluxo de entrada e saída) e o processo de produção

(variáveis e suas interações). Utilizam-se diagramas de bloco, gráficos de relacionamento, análise de procedimentos-padrão, para descrever as tarefas previstas.

– Análise operacional - Para além da análise do funcionamento real do sistema, este passo pode dar uma visão sobre o grau de disponibilidade dos componentes técnicos e uma comparação destes com o planejamento espaço-temporal das tarefas dos operadores (exigências, constrangimentos etc.).

Dessas duas etapas, constrói-se um quadro de referência que ajuda os operadores a realizar uma análise mais profunda. Para isso, utilizam-se duas etapas:

– Identificação de falhas - Esta etapa permite, através da Análise do Efeito e Modo de Falhas (FMEA) e da Árvore de Eventos, elaborar uma lista de prioridades das falhas técnicas cujo impacto sobre as atividades dos operadores serão destacadas por meio da análise dos aspectos ergonômicos da atividade, em geral, ligada à recuperação.

– Análise das causas das falhas - Visa criar cenários de falhas, utilizando análise ergonômica, na junção dos eventos técnicos, humanos e organizacionais. A simulação *in loco* de determinadas falhas, permite, em alguns casos, aprofundar a análise das atividades de recuperação utilizadas pelos operadores. Destacar-se-ão as atividades de recuperação que permitem a eles limitar as consequências de uma seqüência incidental ou mesmo evitar que aconteça. Neboit *et al* (1993) citam um exemplo que, através da aplicação da metodologia em uma célula mecanizada, conseguiu evidenciar a importância da intervenção humana. Segundo eles, cerca de 80% das configurações de funcionamento da célula necessitam de intervenção humana durante o ciclo.

Foi desenvolvida, a princípio, para aplicação em sistemas que já estavam em operação. No entanto, Didelot (2002), mostrou que a Metodologia poderia ajudar a identificar atividades-limite toleradas para uso (ou trabalho). De tal sorte que poderia ser aplicada nas fases de projetos. Mostrou sua versatilidade quando aplicada em Indústrias químicas de base, metalúrgicas, siderúrgicas e automobilísticas. No entanto, apresentava limitações por ter sido construída para sistemas complexos automatizados. Outra fraqueza do Modelo estava na percepção das reais exigências que a atividade apresenta ao trabalhador. A utilização de uma abordagem quantitativa no registro de informações sobre a atividade imobiliza a análise. Os dados a serem obtidos são, previamente, selecionados. Os instrumentos propostos no MAFERGO, como a FMEA e a Árvore de Eventos, seguem essa abordagem. O que se opõe à abordagem qualitativa, necessária para a compreensão não apenas das exigências e os motivos das falhas, mas também dos mecanismos que levam ao acerto ou à recuperação. Nesse tipo de

estudo, o foco deve estar no modo como alguém produz e torna pertinentes seus planos, ao invés de desenvolver uma teoria de ação baseada numa teoria do planejamento (DECORTIS e PAVARD, 1994). Dadas suas características muito particulares e a impossibilidade de enquadrá-la em uma das duas gerações de métodos de análise de Confiabilidade Humana, a MAFERGO foi desvinculada de qualquer rótulo temporal.

Esse foi um dos motivos que levaram à contestação dessa separação em gerações. Boring (2007) afronta essa distinção entre as duas gerações. Para ele, levar em conta apenas a cronologia dos métodos ou a utilização de fatores cognitivos, não respalda claramente a classificação. E vai mais além, apresentando uma nova tendência em Análise da Confiabilidade Humana. São modelos dinâmicos que se utilizam de modelagem e simulação de dados para contribuir no julgamento de especialistas e na caracterização do desempenho humano. Os Métodos de primeira geração falharam na caracterização do contexto no qual os erros acontecem. Embora trabalhem com variáveis como interações homem-máquina, cognição humana e condições ambientais, esses métodos apresentam limitações no que tange à representatividade de situações reais. Já os de segunda geração, como afirma Kim (2001), não conseguiram incorporar um método explícito para lidar com o contexto dinâmico, nem consideraram as interações entre os fatores de modelagem do desempenho humano.

As influências organizacionais e humanas são esquecidas por esses métodos, como afirma Wreathall (2006). Ainda segundo este autor, os modelos criados por esses métodos são construídos de forma isolada, sem ser conectados com nenhuma atividade de gestão. Isso é reforçado pela afirmação de que:

Análise de acidentes com dados históricos representa conseqüências de decisões tomadas, geralmente, há muito tempo. A interpretação desse tipo de dados é, frequentemente, direcionada por pressões para encontrar explicações politicamente corretas e identificar uma ou duas causas-raiz, negligenciando a complexidade das pressões no local de trabalho (WREATHALL, 2006).

Ela acaba por ser estanque e dissociada das condições situacionais, presentes no momento do acidente e, quase que em sua totalidade, impossível de ser reconstruída.

As condições existentes no momento, a necessidade de tomada de decisão em curto espaço de tempo, a escassez de informações para tal, as condições ambientais no momento do acidente, são fatores que condicionavam a representação do trabalhador. Analisar somente fatos retrospectivos limita a percepção do que, efetivamente, pode ter ocorrido. A análise de acidentes é, por si só, insuficiente, como afirma Llory (1999) e suas dimensões, em geral, são pouco desenvolvidas. Negligencia-se o trabalho cotidiano dos

operadores responsáveis pelos sistemas, sujeitos a riscos muito anteriores ao acidente. O problema principal desses métodos de gestão e avaliação de riscos, para Wilson *et al.* (2009), é que eles são, em sua maioria, de 20 a 30 anos atrás. Enquanto eles podem ser adequados para sistemas que existiam à época, eles são inadequados para os sistemas atuais. Mosneron-Dupin (1994) já questionava a eficácia da análise quantitativa da Confiabilidade Humana. Provavelmente significando que poderia ser uma dúvida insolucionável.

A garantia de confiabilidade de qualquer sistema passa, necessariamente, pela gestão dos sistemas técnico e humano, mas não de forma separada. Da visão sociotécnica, traz-se a idéia da interdependência entre esses dois sistemas e da influência contínua que um tem sobre o outro. O ser humano não deve ser visto como um elemento mecanizado e isolado do sistema técnico. Essa é mais uma crítica aos métodos de mensuração probabilística da Confiabilidade Humana. “Negligencia-se a complexidade do comportamento humano, tratando o homem como se ele fosse uma máquina” (WREATHALL, 2006). Essa visão de rigidez atribuída ao ser humano não é compactuada pela Teoria da Atividade. Nela, a atividade não é descrita como um roteiro invariável, pois, “quando as condições mudam, os constituintes da ação se reorganizam e as atividades estão sempre se transformando e se desenvolvendo” (LURIA, 1981). Na ação situada as interações e variações não são determinísticas. Não podendo assim, ser quantificadas mesmo que de forma probabilística.

Em oposição a essa visão e em busca de eliminar essas limitações, apresenta-se uma abordagem para tratar o fator humano que procura suprir essa distância entre os modelos e a realidade das atividades de trabalho, a da Resiliência. “Ela se enquadra nos estudos que procuram compreender a dimensão humana da confiabilidade pela explicação dos mecanismos de produção das ações humanas” (DUARTE, 1994). E que, segundo este autor, é a abordagem mais adequada para explicar os mecanismos que interferem na confiabilidade dos sistemas, dada a sua complexidade, a variabilidade de ações nele realizadas e o risco inerente a seus processos e assim compreender o papel do trabalhador e do coletivo de trabalho.

No eixo secundário, abaixo do principal (Figura 6), apresenta-se a evolução dos métodos e conceitos relacionados à Resiliência, abrangendo a evolução etimológica e a incorporação em outros campos como a Engenharia de Resiliência.

Resiliência é uma palavra vinda do latim *resilio*, que significa voltar ao normal. O termo é bastante utilizado, atualmente, nas ciências dos materiais. Mas foi trazido da física, inicialmente, dos estudos de Thomas Young. Ele chegou a tal conceito após experimentos que buscavam uma relação entre tensão e deformação em barras metálicas. E em 1987 concluiu

que a Resiliência é a capacidade de um material voltar ao seu estado normal depois de ter sofrido tensão. E segue sendo estudada e aplicada em curvas de tensão-deformação de materiais.

A psicologia passou a utilizar o conceito de Resiliência para definir um “processo dinâmico no qual indivíduos exibem uma adaptação positiva do comportamento, quando se deparam com situações, significativamente, adversas, traumáticas, trágicas ou que significam fonte de stress” (LUTHAR, CICCHETTI e BECKER, 2000). O primeiro a utilizar esse termo, dentro da psicologia foi Norman Garmezy, em seus estudos sobre pacientes com esquizofrenia (Garmezy, 1973). Na Ecologia, diz respeito à “taxa com a qual um sistema retorna a um estado estável ou cíclico seguindo uma perturbação ou um transiente” (HOLLING, 1996). Na esfera econômica e comercial, está associado à “habilidade de uma economia local manter sua capacidade de empregos e prosperidade, em face da perda de um tipo particular de indústria local” (GOBLE, FIELDS e COCCHIARA, 2002). Diamond (2005) traz a definição de Resiliência socio-ecológica. Para ele, trata-se como a capacidade de investimentos em capitais naturais, humanos, sociais e físicos. E a Resiliência industrial, definida por Malek (1999), como a habilidade de uma indústria fortalecer a criação de processos robustos e flexíveis de forma pró-ativa.

Alguns pilares epistemológicos da Ergonomia ajudam a sustentar, também, a ideologia da Resiliência. São conceitos que não tratam, diretamente de Resiliência, na acepção da palavra, mas fortaleçam a Resiliência como uma abordagem em crescente aceitação e utilização, em sistemas de produção, em especial os complexos. São exemplos desses pilares: ser humano como agente de confiabilidade (FAVERGE, 1970); processo ou modelo de regulação (WEILL-FASSINA, 1972); avaliação da acoplagem operador-tarefa (NEBOIT *et al.*, 1990).

No início dos anos 1990, uma grande comunidade de pesquisadores passou a trabalhar em torno de três linhas principais de estudo:

- Interesse em sistemas dinâmicos e complexos (aeronáutica, transporte ferroviário, plantas químicas e nucleares);
- Decisões de segurança tomadas pelos operadores, por meio de estudos de campo;
- Problemas e dificuldades que poderiam surgir a partir de automação mal projetada.

Assim, como afirmam Morel, Amalberti e Chauvin (2008), a Resiliência é uma descendência natural da abordagem seguida por esses pesquisadores. Seus achados e conclusões fortaleceram as definições de Resiliência e sua aplicação em sistemas de produção. A aceitação da ideologia sobre Resiliência por estudiosos de Confiabilidade Humana começou por volta de 2002, com a criação do IRISK.

Um conjunto de pesquisadores passa, no início dos anos 2000, a buscar uma forma de operacionalizar os conceitos de Resiliência. Dentre eles, estão Erik Hollnagel, David Woods e Nancy Leveson, que publicam em 2006 o livro *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, que foi desenvolvido a partir da necessidade de divulgação dos conceitos discutidos nos dois primeiros Simpósios de Engenharia de Resiliência – o primeiro, em 2004, em *Söderköping* (Suécia); o segundo, em Juan-les-pins (França), em 2006. Foi a primeira tentativa formal de divulgar os conceitos por eles defendidos e apresentar as bases do que eles próprios intitulam de um novo paradigma em gestão de segurança (Woods e Hollnagel, 2006). Basicamente, a Engenharia de Resiliência (ER), visa desenvolver e fornecer, como cita Wreathall (2006), ferramentas para os processos de manutenção ou recuperação do estado de estabilidade segura do sistema.

No entanto, não há unanimidade quanto à sua definição e seus preceitos. O conceito de ER está em fase de desenvolvimento como evidenciam recentes estudos e livros (HOLLNAGEL, 2006; HOLLNAGEL, NEMETH e DEKKER, 2008). Não existe um acordo sobre a definição utilizada no contexto de sistemas de segurança. Engenharia de Resiliência é um conceito, relativamente, novo. Madni e Jackson (2009) afirmam que há perguntas sem resposta sobre como alcançar seu objetivo proposto. McDonald e Dublin (2008) realizaram um estudo comparando a ER com outros métodos de Confiabilidade Humana. Utilizando-se de uma escala que variava de 0 a 4, o item Poder da Teoria foi avaliado em 1, para a ER. A pior avaliação entre todos os métodos.

Como consequência dessa inexatidão para a ER, a forma de operacionalizá-la ainda é incerta, com pouco sendo apresentado sobre os passos ou etapas para obtê-la. Apresenta-se na literatura sobre o assunto, uma miscelânea de métodos – por vezes, não tão claros – que não têm foco nas condições reais de realização das tarefas, como: PAOWF (EPRI, 2006), MASST (Costella, 2008) e ETTO (Hollnagel, 2009). São métodos que não são eficazes na absorção e compreensão das ações de resposta a eventos emergentes ou mesmo inesperados – tão presentes nas atividades de trabalho – e, por conseguinte, acrescentam pouco aos projetos de objetos e situações de trabalho.

O método *Proactive Assessment of Organizational and Workplace Factors* (PAOWF), citado como uma das principais ferramentas na busca por indicadores de Resiliência é utilizado na indústria nuclear (EPRI, 2006). Sua idéia principal é de que a maneira mais efetiva para descobrir onde as pessoas enfrentam obstáculos e/ou precisam adaptar seu trabalho é observando-as e realizando confrontações com elas daquilo que é percebido. Mas isso é, em parte, o que a Análise da Atividade busca. Só que esta vai mais além. Como abordagem, ela é seguida pela Análise Ergonômica do Trabalho (AET) no intuito de compreender as necessidades dos operadores, também, por meio de observações e não apenas utilizando-se de perguntas.

De estudos realizados em situações reais (HUBER *et al.*, 2008; BENCHEKROUM, CARVALHO e GOMES, 2009; COSTELLA, SAURIN e GUIMARÃES, 2009; GOMES *et al.*, 2009) percebe-se que os conceitos utilizados como sendo do arcabouço da ER, são, na verdade, fruto da base teórica da Ergonomia.

Mesmo com essa gama de Métodos, tanto tradicionais de primeira e segunda gerações, como os Cognitivos e aqueles relacionados à Resiliência, um estudo desenvolvido pelo Laboratório de Saúde e Segurança da Inglaterra apresenta dados que demonstram a grande distância entre o número de métodos criados e aqueles que, efetivamente, tem potencial de ser aplicáveis. Dos resultados gerais da pesquisa, 72 métodos de análise da Confiabilidade Humana. Destes, 35 foram avaliados como relevantes e apenas 17, segundo o estudo, têm potencial de ser utilizado em situações reais (BELL e HOLROYD, 2009).

## **2.2. CONFIABILIDADE HUMANA E ERGONOMIA**

Ter o foco no ser humano em atividade, entender sua relação com o ambiente de trabalho, os artefatos que ele utiliza, seu relacionamento em equipe, compreender as regulações que sofre, os constrangimentos de seu trabalho e tudo o que ele mobiliza para otimizar os objetivos envolvidos em uma atividade são características da Ergonomia. Tudo isso é utilizado pelo trabalhador na promoção da confiabilidade do sistema. Daí a proximidade entre as visões apresentadas. O que demonstra a inscrição dos elementos de Confiabilidade Humana dentro dos preceitos da Ergonomia.

Tem-se disseminado a idéia de trabalhadores como elementos interativos nas situações de trabalho, agindo nelas e sendo afetados por elas. Conceito defendido pela Ergonomia como pode ser constatado na clássica definição de Hubault de que “o trabalho não é somente organizado, mas também e, sobretudo, organizador” (HUBAULT, 1994 *apud*

TERSSAC e MAGGI, 2004). Os artefatos que intermediam as diversas relações em uma situação de trabalho são moldados pelos trabalhadores, mas também têm o poder de moldá-los. As situações não são estáticas, como prega o modelo tradicional de trabalho, nem unilaterais. “Mesmo os dispositivos técnicos que mais induzem comportamentos, como as máquinas que produzem em série produtos idênticos [...] é possível notar comportamentos diversos, de acordo com seu grau de aprendizagem, a hora da jornada, o estado de saúde ou o seu estado físico e mental” (WISNER, 2004). A interação dinâmica é fato e deve ser observada, estudada e entendida. Só assim, poder-se-á compreender, realmente, o trabalho e transformá-lo. Essa interação também é fator primordial na garantia da confiabilidade do sistema, por parte do ser humano. Leplat e Terssac (1990) enfatizam esse papel, afirmando que, o ser humano tem algumas vantagens sobre o sistema técnico. Como sua capacidade de adaptação frente a situações não previstas e sua flexibilidade para modificar as estratégias planejadas e alcançar o objetivo esperado. Desenvolve-se, então, a visão do homem como fator de confiabilidade dos sistemas de alto risco (WEICK, 1987; VIDAL-GOMEL e SAMURÇAY, 1998; KARIUKI e LÖWE, 2006).

As competências que trabalhadores possuem os ajudam a conciliar, a partir da representação da realidade em um contexto específico, o choque de lógicas conflitantes, como produção e segurança, produção e saúde ou mesmo, saúde e segurança e, então, redefinir sua tarefa e recriar seu trabalho por meio de estratégias operatórias que direcionarão a construção de seus modos operatórios. As competências se formam da junção de fatores pessoais que podem ter uma variação interindividual mesmo entre pessoas com formação pessoal, profissional e/ou laboral parecidas. Segundo Abrahão (2001) a competência de uma pessoa nasce da interseção entre suas habilidades, seus conhecimentos e sua experiência (Figura 8).

Figura 8 – Formação da competência



As habilidades, relacionadas a características intrínsecas, são particulares a cada pessoa e advém de sua cultura, de sua vivência e desenvolvimento, mais relacionadas às suas características pessoais. Os conhecimentos são adquiridos em sua formação profissional, seus estudos e tudo aquilo que aprendeu a partir de suas escolhas. Da mesma forma que a experiência. Porém, essa experiência, que se revela no *savoir-faire*, é construída a partir de situações vivenciadas em trabalho, formando uma memória que ajudará o trabalhador quando se deparar com situações que exijam tomada de decisão. O tamanho desse repertório e sua capacidade de gerenciá-lo (busca, escolha e ativação) é o que dita o grau de experiência de cada trabalhador. Amalberti (1991 *apud* Montmollin, 1995) sugere que “por vezes, a diferença entre *experts* e novatos encontra-se nesta gestão de recursos e não no volume de conhecimentos”. Em especial em sistemas complexos, a competência dos trabalhadores constitui uma variável determinante, como afirmam Abrahão e Pinho (2002). Segundo elas, “o relacionamento entre componentes e fatores, caracterizado por variações frequentes nesse tipo de sistema, exige competência do trabalhador, manifestada em sua capacidade de lidar com universos dinâmicos e adaptar rotinas em face da variabilidade do processo de produção”.

Cabe aqui uma relação entre competência e um termo utilizado em estudos de Confiabilidade Humana, a consciência da situação que Endsley (2006) definiu como “a percepção dos elementos do ambiente em um determinado tempo e espaço, a compreensão do seu significado e seu status em um futuro próximo”. Conceito similar é utilizado pela Ergonomia, como Representação, que se refere, conforme Garrigou *et al.* (1995), a “uma interação específica entre o os saberes memorizados, os traços de atividades anteriores (trabalho, formação e vida profissional), e uma situação particular vivenciada aqui e agora”. Ela orientará o tratamento de informações, realizado pelo operador e suas consequentes ações. De forma similar, Abrahão *et al.* (2009) definem a Representação como “uma estrutura cognitiva, que pode ser um modelo mental, uma imagem ou mesmo um esquema, cuja função é permitir que a pessoa possa compreender a situação na qual se encontra e recuperar seus conhecimentos para agir”. E passa pela troca bilateral de informações entre corpo e mente, ambos visando a realização da atividade situada. “A presença do corpo e dos esquemas incorporados de ação, em atuação, são o que configuram a Representação para o controle de processo” (BOUYER, SANTOS e MELLO, 2007).

O entendimento do operador e a representação da situação são a base para toda tomada de decisão e ação subsequente. Etapas fortemente influenciadas pela competência. O que fica mais evidente quando se tem situações com forte regulação – tempo limitado,

imprecisão ou ausência de informações, materiais de trabalho inapropriados ou restrições físicas do ambiente. Nesses casos, a competência ativa os conhecimentos, habilidades e a expertise para responder, satisfatoriamente, às situações que se apresentam. É nessas situações que se manifestam as regulações, impostas pela tarefa, e nas quais a representação mental do sistema acontece de forma iterativa. Fadier (1996) ressalta que os conhecimentos sobre o funcionamento do homem no trabalho e, particularmente, sobre suas formas de tratamento das informações têm mostrado a importância da representação mental que os operadores fazem de uma situação para elaborar sua ação.

Portanto, “longe de ser um conjunto de regras conhecidas de antemão, a atividade é um conjunto de regulações contextualizadas, no qual tomam parte tanto a variabilidade do contexto no qual se realiza o trabalho quanto a variabilidade própria ao trabalhador que o executa” (LIMA, 2001). No entanto, a explicação desse mecanismo de regulação que estrutura a atividade não é recente em Ergonomia. Faverge, em 1992, já defendia esse conceito, como afirmam Pinho, Abrahão e Ferreira (2003).

Outra premissa da corrente defensora da Confiabilidade Humana é a de aceitar as variações do desempenho normal como adaptação necessária para lidar com a complexidade do mundo real (HOLLNAGEL, 2006). Apresenta estreita ligação com um dos pilares conceituais da Ergonomia, a diferença inextinguível entre o que foi prescrito (tarefa) e o que é, efetivamente, realizado (atividade). Esse reconhecimento é um dos grandes diferenciais entre a Resiliência e as abordagens tradicionais de análise de Confiabilidade Humana que tendem a ver essa diferença como um desvio inaceitável, um erro humano passível de ser eliminado. Esse conhecimento que a Ergonomia já traz de diversos estudos (LIMA 1998a; HUBAULT, 2004; GIRIN e GROSJEAN, 1996) fortalece essa visão, pois ela assume que a violação de procedimentos indica uma adaptação do operador às exigências de sua situação de trabalho (AMALBERTI, 2007). O que também é reforçado por Dekker (2006). Para o autor, “a distância entre como a gestão entende que deveria ser uma operação e como ela realmente é, pode ser um indicador de Resiliência ao nível operacional”.

Apesar da abordagem da Resiliência ter suas bases na Gestão de Riscos, ela faz empréstimos conceituais consolidados no campo de conhecimentos da Ergonomia. Ambos defendem a importância do ser humano como o mais indicado para responder às variabilidades do sistema de produção e como mantenedor mais adequado da confiabilidade desse sistema. A isso, soma-se a importância que o ser humano tem, dentro dos princípios da Ergonomia, como elemento de ajuste das diferenças entre o que é idealizado e o que é efetivamente realizado e como ator do processo de concepção de situações de trabalho.

Resgatando os métodos de obtenção do conhecimento sobre o trabalho, utilizados pela Ergonomia, a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) encontra grande difusão teórica (LAVILLE, 1977; WISNER, 1987; GUÉRIN *et al.*, 2001). Sendo, atualmente, como qualificam Abrahão *et al* (2009), “um método suficientemente estruturado, aberto, útil e validado”. Com inúmeras aplicações práticas em diferentes campos (ADISSI e MELO, 2001; FONTES *et al.*, 2006; NAVARRO, SILVA e PAVÃO, 2008; COSTA e SILVA, 2010). Uma das etapas da AET lida com a análise da atividade, ou seja, com o registro da situação de trabalho tal qual ela acontece, com seu ambiente particular, a seu tempo, e com pessoas e condições reais. As observações feitas aqui devem ser abertas, a fim de compreender o que é, efetivamente, realizado e começar a estabelecer, como descrevem Guerin *et al* (2001) relações entre os constrangimentos da situação de trabalho, a atividade desenvolvida pelos operadores e as consequências dessas atividades para a saúde e para a produção.

### **2.3. ANÁLISE DA ATIVIDADE**

Dos primeiros estudos sobre a importância de se compreender a realidade para poder interferir nela, até os dias de hoje, mesmo com toda a evolução na tecnologia, nas formas de organização e nos processos, a ação situada continua a revelar a complexidade das atitudes cotidianas e a relação entre as pessoas e a sociedade, mediada por artefatos e inserida em um ambiente.

A Teoria da Atividade, ao contrário do que muitos pensam, teve suas origens bem antes da escola soviética de psicologia. Suas bases remontam aos estudos, na Alemanha, da Filosofia clássica, que enfatizou tanto a idéia teórica como a desenvolvimentista do papel ativo e construtivo do ser humano (Kuutti, 1996). No entanto, o grande salto da Teoria deve-se, realmente, aos estudos do Russo Lev Semenovich Vigotski, a partir do final dos anos 20 e começo dos anos 30 e de seus sucessores, como Alexei Nikolaievich Leontiev e Alexander Ramanovich Luria. A Teoria da Atividade apresenta bases conceituais que se fundamentam no papel mediador dos artefatos, na mudança e evolução constante das atividades e na importância do contexto durante a análise da atividade.

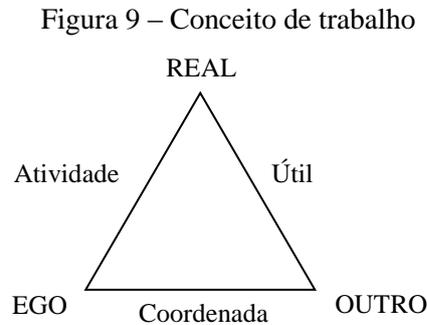
Nas palavras de Dejours (2005), “a atividade condensa, de certa forma, o sucesso do saber e o revés ocasionado pelo real, em um compromisso que contém uma dimensão de imaginação, inovação e invenção”. Leontiev – um dos iniciantes da Teoria da Atividade – não atribui à atividade um caráter estático, ao contrário, ele ressalta o caráter dinâmico da atividade, considerando-a, portanto, como um processo em constante desenvolvimento.

Parafrazeando o próprio Leontiev (1998), “a atividade é psicologicamente caracterizada por aquilo a que o processo se dirige (seu objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar esta atividade, isto é, o motivo”. E como a interação com o meio se dá, na maioria das vezes, com a utilização de artefatos, cabe ressaltar que “a natureza de qualquer artefato só pode ser entendida dentro do contexto da atividade humana, identificando o modo como as pessoas utilizam esses artefatos, as necessidades que eles atendem e a história do seu desenvolvimento” (ENGESTRÖN, 1987). Em referência à obra de Ignace Meyerson, Bruner (1996, *apud* Béguin, 2006) afirma que não se pode compreender uma ação sem fazer referência ao sistema simbólico – linguagem, religião, ciência, hierarquia social – ao qual está incorporada.

Disso, pode-se extrapolar o conceito para diversos ramos da vida humana. Inclusive os primeiros estudos desenvolvidos por Vigotski foram em psicologia do desenvolvimento humano. Ele realizou experimentos que comprovaram que a criança desenvolve seu intelecto dentro da intelectualidade daqueles que a cercam (VIGOTSKI, 2007). Também é dele a idéia de que a experiência é uma aquisição de saberes que se realiza em cada situação de vida social, em que se constroem conhecimentos e habilidades correspondentes, vinculados seja à vida cotidiana, seja à investigação científica (FARTES, 2002). Grande ênfase foi dada por ele, dentro de suas pesquisas e resultados, à atividade mediada por artefatos. A mediação seria fator central de transformação das funções psicológicas. Ele próprio destaca que o uso de ferramentas amplia da maneira ilimitada o espectro de atividades, nas quais novas funções psicológicas devem operar (VIGOTSKI, 2007).

Mas os achados de Vigotski podem ser transferidos para atividades de trabalho, como aponta Baquero (1998 *apud* Salomon e Amante, 2002). Segundo ele, Vigotski destaca o caráter central do brincar na vida da criança. O brincar está caracterizado como uma das maneiras da criança participar na cultura, é sua atividade cultural típica, como o será em seguida, quando adulto, o trabalho. Reforçando isso, Meyerson *apud* Béguin (2006), afirma que as condutas humanas estão orientadas, em primeiro lugar, pelo trabalho, que é produtor de objetos e valores julgados necessários ou desejáveis pelo grupo com o qual o indivíduo se identifica. Leontiev (1976 *apud* Fialho e Santos, 1995) afirma que o trabalho humano é uma atividade originalmente social, fundada sobre a cooperação de indivíduos, a qual supõe uma divisão técnica. Essa interação com os outros homens e, também, com a natureza, na atividade prática, possibilita o nascimento, segundo Vigotski, do conhecimento. Mauss *apud* Dejours (2005) amplia essa visão e ilustra tal conceito na Figura 9. Para ele, o trabalho sempre estará

inscrito sob o julgamento da sua utilidade social. A utilidade social do trabalho implica a necessidade de coordenação. E os sujeitos interagem dentro de uma divisão do trabalho. Disto resulta que a atividade será sempre condicionada por prescrições que a integram no conjunto de outras prescrições inter-relacionas.



Fonte: Mauss *apud* Dejours, 2005

Dentro da esfera do trabalho, a atividade representa o centro de congruência das diversas lógicas envolvidas. O trabalhador tem de gerir objetivos pessoais, coletivos e da empresa. Tudo isso dentro de um ambiente que muitas vezes não é favorável a esse gerenciamento. Embora possa contar com o coletivo de trabalho, cada pessoa percebe a situação de forma diferente, o que leva a distintas formas de atuação e soluções para problemas de mesma característica. Essa característica do ser humano é chamada por Vigotski de significação e refere-se a “o que as coisas querem dizer”. “Nada tem significância por si só e tampouco significam a mesma coisa para indivíduos diferentes; a significação é social e historicamente produzida” (ZANELLA, 2001). Atividade é, portanto, sempre “realizada e vivenciada de forma singular, personalizada e diferenciada e marca o distanciamento entre o que é prescrito e o que é efetivamente realizado” (BORGES, 2004). Assim, a atividade, conforme Leplat (2000), é um acoplamento entre tarefa e trabalhador.

Como o conceito de atividade não se restringe à Ergonomia, podendo ser extrapolado para diversas situações e áreas, sua observação e análise também não encontram fronteiras nos estudos do trabalho. “A análise da atividade é uma ferramenta de conhecimento do comportamento humano que não é exclusiva à ergonomia” (DANIELLOU, 2004). Porém, compreender como a atividade se constrói e qual a sua influência no trabalhador e vice-versa, ganha destaque devido à grande diferença – indissolúvel – entre o trabalho como pensado e como ele pode, efetivamente, ser realizado. Um dos pilares da Ergonomia: diferença entre prescrito e real. O que reforça a importância da Análise da Atividade, segundo Wisner (2004),

já que ela oferece um quadro teórico no sentido de compreender os recursos cognitivos utilizados pelos operadores que buscam fazer funcionar sistemas técnicos muitas vezes degradados.

A reprodução do trabalho em ambiente controlado, como em um laboratório é possível, porém a replicação das exigências às quais o trabalhador é submetido é limitada. Pressões temporais, relacionamento com outros trabalhadores, características do ambiente de trabalho e até mesmo o momento pessoal do trabalhador influenciam suas ações. A grandeza de uma análise se mostra nos detalhes da situação de trabalho. Utilizando-se de métodos quantitativos, como entrevistas estruturadas, o que fica comprometida é a capacidade de descrição do trabalhador. Muitas vezes, aquilo que ele realiza na situação real, está tão incorporado em seu simbolismo, que ele sequer se lembra de descrever. A Análise da Atividade impede a ocorrência desse lapso, pois é realizada no local de trabalho. Ali, o que se sobressai é a ação e a cognição situadas, com respostas constantes, dentro de constrangimentos e limitações impostas pela situação, com interações sociais. Elimina-se a possibilidade da não descrição de determinadas ações e estratégias, já que a efetiva realização da tarefa faz emergir tudo o que é necessário ao trabalhador para realizá-la.

Essa é uma premissa que Leontiev apresentou em seus estudos. Para ele, o pensamento humano, é sempre e essencialmente social, pois se apoia em conceitos, generalizações e operações lógicas socialmente estabelecidas. Ou seja, “o pensamento dá-se a partir de determinadas operações que estão objetivadas na linguagem, nos conhecimentos humanos e nos objetos” (LEONTIEV, 1979).

A atividade deve, portanto ser pensada como elemento de mediação entre o trabalhador e seu ambiente de trabalho, direta ou indiretamente por meio de artefatos. E, neste sentido, a interação é bilateral. Ou, como afirma Ferreira (2000), essa interação é guiada por objetos que o sujeito estabelece *vis-à-vis* de seu objeto de ação. Diversas variáveis se fazem, então, presentes na ação situada. Além de objetivos os mais diversos, outras tantas variáveis transformam e são transformadas pelo trabalhador. E, mesmo que não haja elementos de mediação, a complexidade da situação já justifica uma análise apurada dos elementos que direcionam, restringem ou facilitam as ações dos trabalhadores. Elementos que muitas vezes não são previstos de antemão na tarefa; não são prescritos pela empresa. Compreender como o trabalho é realizado, observando a atividade, é um fator essencial para uma concepção mais voltada às necessidades dos trabalhadores. Coulon (1995) afirma que “mesmo sendo preexistentes, as regras só podem ser aplicadas quando ativadas na temporalidade da ação e sua descoberta só pode se dar por meio de um observador que as observe no momento da sua

realização, da sua temporalidade ativa”. Para Santos, Zamberlan e Pavard (2009), “observar o contexto de realização de uma tarefa permite perceber a representação da situação que cada operador tem”. Deve-se determinar quais são os objetivos e eventos acessíveis ao trabalhador e que sentido têm para ele.

Como dentro dos objetivos exigidos em uma tarefa estão os relacionados à manutenção do funcionamento normal do sistema, isso os torna elementos fundamentais de análise. As estratégias e ações relacionadas especificamente à Confiabilidade Humana apresentam as mesmas características das demais, sendo intermediadas por elementos e construídas sob uma lógica social. Assim, os elementos da Confiabilidade Humana manifestam-se na situação de trabalho e devem ser compreendidos da melhor forma possível a fim de serem preservados ou melhorados em projetos futuros. Daí a importância, como afirmam Jackson Filho, Garcia e Almeida (2007), de conhecer o trabalho real com ênfase em aspectos de sua variabilidade e nas estratégias usadas no cotidiano pelos operadores para resolver problemas, superar dificuldades e manter o funcionamento do sistema. Benchekroum, Carvalho e Gomes (2009) afirmam que:

As adaptações que os operadores precisam fazer para lidar com a complexidade do sistema dependem de quão precisa é a sua compreensão sobre a evolução do sistema no tempo. Portanto, a resistência dos sistemas complexos depende da forma como os operadores compreendem o seu ambiente dinâmico, e como efetivam e validam o conhecimento compartilhado da situação ao longo do tempo.

Perceber e compreender essas adaptações leva a uma imersão na Representação que eles possuem do sistema no qual trabalham. A experiência que os operadores possuem em suas atividades é um fator determinante nas ações de Resiliência. Diversos estudos relatam esse fato (GARRIGOU *et al*, 1999; LLORY, 2002a; WOODS, 2005; GOMES *et al*, 2009). No entanto, a percepção do uso da experiência é de difícil captação por meio de entrevistas ou questionários que seguem uma abordagem quantitativa, com questões pré-definidas. A regra geral, segundo Collins (1992 *apud* Lima e Silva, 2002) é que “sabemos mais do que podemos dizer”. “Essa diferença residual está justamente no *savoir-faire*, na ação situada, atividade cotidiana das pessoas agindo no ambiente” (LAVE, 1988). O conhecimento procedimental, o saber *como*, é difícil de ser ensinado e quase impossível de ser escrito, por ser subconsciente. A demonstração é mais eficaz. E a prática facilita substancialmente a aprendizagem.

Daí a importância de expandir a análise, não se restringindo apenas à tarefa, à prescrição. Ainda segundo Lave (1988), a estruturação da atividade não é algo que precede, mas que se desenvolve na ação de uma determinada situação. As análises situadas permitem

ao analista perceber pequenos detalhes que determinam a riqueza de uma análise. Como apontam Abrahão *et al.* (2009) “uma ação tem sempre um objetivo para quem a desenvolve, que nem sempre é acessível simplesmente pela observação”. Corroborando tal idéia, Guérin *et al.* (2001) afirmam que “a dimensão pessoal do trabalho se expressa concretamente nas estratégias usadas pelos operadores para realizar sua tarefa”. E as verbalizações devem ser utilizadas para buscar as razões que levam o trabalhador a agir de tal forma. E como eles constroem estratégias e modos operatórios que possibilitem conciliar objetivos tão distintos, que interagem em um mesmo local, a situação de trabalho.

A Análise Probabilística da Segurança se aproxima da atividade via normalidade. Sua relação está, na verdade, nas teorias mais tradicionais de erro. Nelas, esse evento é visto como uma saída da normalidade, uma variação que deve ser eliminada. A atividade não é o mote principal para essas teorias. O foco da atenção está nas ações que são diferentes das consideradas “normais”. A normalidade, então, está na prescrição, nas regras, nos procedimentos. Tudo o que se diferencie disso, é anormal, é erro. Na lógica da Confiabilidade Humana, dentro do arcabouço da Ergonomia, a normalidade também é importante, mas sob outro prisma. Aquilo que o operador utiliza para manter ou recuperar um sistema, após qualquer instabilidade, também é visto como normal. E, mais do que isso, deve ser ressaltado como capacidade de adaptação do ser humano, qualidade intrínseca aos sistemas resilientes. Daí a limitação que esses métodos encontram, incluindo a ER. A normalidade só pode ser percebida na situação real. Ela não pode ser modelada e está em consonância com o conceito de estabilidade dinâmica, defendido por Hollnagel (2006). As variações devem ser aceitas como ajustes do sistemas, amortecedores naturais, imprescindíveis em ambientes tão dinâmicos como sistemas de produção contínua. Ampliando o escopo, Saurin *et al.* (2008) afirmam que uma melhor compreensão dos mecanismos e frequências relativas de diferentes tipos de ações bem-sucedidas é a chave para o desenvolvimento de estratégias inovadoras de gestão de segurança.

Incorporar essas ações e estratégias no projeto é um dos grandes desafios daqueles que vivenciam a análise ergonômica. Aplicar as recomendações é essencial para que se feche o ciclo de análise-diagnóstico-projeto. Essa é a lógica da aplicação da Teoria da Atividade nas Ciências do Projeto. Área de estudos que visa, segundo Kuutti (1996), promover a melhoria da interface entre homem e computador. Deseja-se, ao final, adaptar o trabalho à atividade, reduzindo consequências negativas e garantindo saúde e segurança aos trabalhadores, não se esquecendo do efeito benéfico para a empresa, no tocante ao aumento de sua eficiência. Trazer o conceito de Resiliência para dentro do projeto implica em criar soluções que levem

em conta tudo o que os operadores utilizam para ser fator de confiabilidade do sistema, mantê-lo funcionando normalmente ou recuperá-lo, frente a alguma anormalidade.

## 2.4. PROJETO

Apresentam-se, nesse capítulo, alguns conceitos relacionados a projetos, ao ato de projetar como um conjunto de atividades inter-relacionadas em prol de um objetivo final pré-estabelecido. Além de uma descrição do processo de projeto seguido em Refinarias.

Gerenciar pessoas, recursos, equipamentos, tempo e outros fatores que influenciam o resultado de um projeto não é simples. Exige daqueles que lidam com o projeto, disciplina e ao mesmo tempo maleabilidade. Os conhecimentos adquiridos na prática, com a vivência dos diferentes casos, muitas vezes, sobressaem-se às regras. Porém, conforme Bomfim (1995), “uma metodologia é necessária devido à complexidade crescente das variáveis envolvidas em um projeto”. À medida que um projeto é iniciado e desenvolvido, desdobra-se uma sequência de eventos em uma ordem cronológica, formando um modelo, que é comum a todos os projetos, direcionando objetivos, metas, recursos, prazos, atribuições e responsabilidades. Para organizar isso, segue-se um processo de projeto, com etapas definidas, prazos estipulados, conceitos e premissas a serem observadas, enfim, um caminho pré-estabelecido para se alcançar o objetivo final do projeto. Mesmo sabendo que cada caso é único e exige uma abordagem que adéque a concepção ao seu contexto material, institucional e de uso, Granath (2001) afirma que “os métodos são generalizáveis no sentido de que podem ser adicionados a um repertório de conhecimentos e valores”.

Desde a escola alemã do projeto de engenharia de onde vieram autores como Rodenacker, Roth, Koller, Hubka e seus maiores expoentes Gerard Pahl e Wolfgang Beitz, inserida na escola semântica de filosofia de projeto, na qual qualquer sistema técnico pode ser visto como um sistema que transforma grandezas de entrada em grandezas de saída, do tipo material, energia e informação, passando por outros autores como Wheelwright, Clark, Asimow, Ullmann mais tradicionais, que assumem o projeto como uma sequência de etapas discretas na qual uma etapa só tem início quando a anterior se finda, até os autores que sugerem ao projeto um caráter desestruturado, no qual o processo de projeto envolve pessoas com diferentes visões ou diferentes mundos-objeto que devem construir a solução de forma coletiva a participativa, como pregam Pugh e Bucciarelli, diversas foram as modificações na forma de se desenvolver um projeto. No entanto, pensar apenas no produto final do projeto, ou seja, no objeto ou situação de trabalho a ser concebida, é uma visão restrita que não

incorpora a dinâmica real que um projeto carrega consigo. Entra aí um termo que, mesmo não tão difundido e pouco conceituado representa de forma eficaz a atividade de projetar, a projeção.

“A projeção deve contemplar não só o artefato de projeto, o objeto, mas também o processo, o esforço organizacional e o seu gerenciamento, além das relações e interfaces que determinam o mundo desse objeto” (OLIVEIRA e NAVEIRO, 1997). Lidar com todas essas nuances dentro do espaço de projeto torna o ato de projetar quase que um gerenciamento de lógicas, restrito tanto por fatores de domínio do projetista como por aqueles que lhe escapam o domínio. São esses fatores, acrescidos de diversos outros externos à projeção, que conferem a um projeto a distância inextinguível entre o projeto como concebido originalmente, e sua concretização na prática. Podem-se minimizar os impactos negativos dessa diferença, fazendo com que os envolvidos na concepção, operação, manutenção e gestão do sistema assumam seu papel na manutenção da estabilidade do sistema.

A distância entre o trabalho como projetado e como ele é, realmente, realizado, implica em uma dificuldade, por parte da gerência, em lidar com os riscos em situações reais. Algo que é mais propício aos trabalhadores. Na maioria dos eventos, os trabalhadores são os primeiros a perceber as instabilidades que se apresentam ao sistema e devem, de imediato, realizar um processo decisório que definirá as ações a serem tomadas a partir de então. O sistema técnico trabalha, muitas vezes, com limites de tolerância e a resposta do sistema só será dada caso algo saia dessa zona de operação normal. No entanto, a passagem do estado normal para um de perda de controle pode ser extremamente rápida e o tempo de resposta a um evento imprevisto pode não ser suficiente. Daí a importância do ser humano no acompanhamento e monitoramento do sistema, agindo, caso necessário, antes da resposta do sistema. Estudos de Cook e O'Connor em um serviço médico demonstraram que a Resiliência do sistema reside nas pessoas e não na sua tecnologia (Woods e Cook, 2006).

A esfera gerencial, muitas vezes, não tem sequer ciência da quantidade de anormalidades que acometem um sistema de produção a todo o momento. No entanto, cabe àqueles que gerenciam o sistema, tornar as ações que os trabalhadores realizam, nestes momentos, e transformá-las em lições aprendidas. O nível gerencial tem grande influência na gestão dos riscos. Isso fica evidente, quando Garrigou e Carballeda *apud* Llory (2002a) afirmam que, em sistemas complexos, os incidentes menores são frequentes e devidos, em sua maioria, à grande variabilidade dos sistemas técnicos e daqueles que os gerem. Da mesma forma, Swuste (2008) destaca o papel das ferramentas de gestão na prevenção de acidentes ampliados, como os de Three Mile Island (Estados Unidos), Bhopal (Índia), Chernobyl

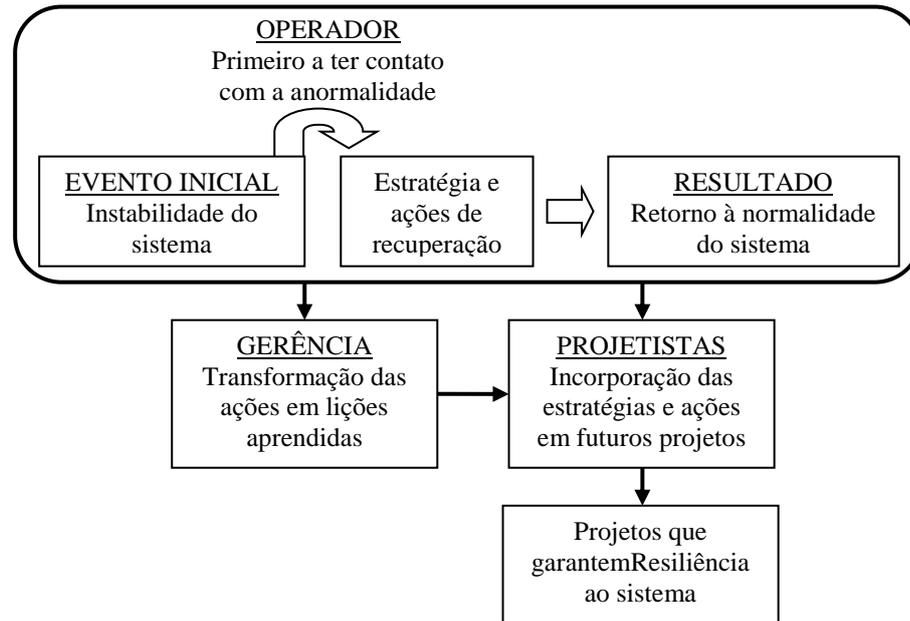
(Ucrânia – à época, parte da União Soviética) e o radioativo de Goiânia, com contaminação por Césio-137. Grandes catástrofes que, como deixa claro Chanlat (1995), não são unicamente o produto do acaso, do destino ou do erro técnico, mas também e, sobretudo, fruto de determinadas práticas de gestão. Flin (2006) aponta ainda o papel dos chamados gerentes de nível médio – estão entre o corpo operacional e a alta gerência – na garantia da Resiliência do sistema. Para ela, três tipos de habilidades são importantes para estes gestores, em momentos distintos:

- Diagnóstico: capacidade de detectar os sinais de um desvio em direção a um limite operacional de segurança;
- Tomada de Decisão: capacidade de escolher a ação apropriada para reduzir o nível de ameaça diagnosticado para pessoas, equipamentos ou instalações;
- Persuasão: capacidade de persuadir os níveis operacional e gerencial – em especial este último – de que a produção tem de ser interrompida ou o custo sacrificado.

Papel semelhante têm os projetistas. Sendo eles os responsáveis pela concepção de novos sistemas, essas ações devem ser incorporadas em seu processo de projeção. Dessa forma, garante-se a eficácia da Resiliência. O processo tem de ser completo, dos níveis operacionais aos estratégicos.

O processo global, desde o evento que provoque a instabilidade do sistema, a ação do operador (resposta imediata) para restabelecer a normalidade do sistema e a transformação dessas ações em lições aprendidas, por parte dos gestores, pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Papéis dos atores no Projeto Resiliente



Fonte: Próprio autor

Além disso, grande atenção deve ser dada à incorporação, pelos projetistas, das estratégias que os operadores assumem diante dessas instabilidades. E mais, todo projeto de dispositivos, equipamentos e quaisquer outros meios de produção, tem de levar em consideração não somente as lições aprendidas como as causas que levaram às instabilidades iniciais.

As inconsistências entre projetado e realizado diminuem à medida que os trabalhadores são inseridos no processo de projeto. A Comunidade Européia do Carvão e do Aço (CECA), desde meados dos anos 60, já adotava a idéia de que a produção e a segurança devem ser concebidas a partir dos trabalhadores, de seu funcionamento e da sua atividade no trabalho, e não inversamente (LAVILLE, 2007). Isso se aplica também às questões relacionadas à Resiliência. Como o trabalhador é o primeiro a ter contato com as instabilidades, como apresentado anteriormente, torna-se peça chave no projeto de sistemas mais resilientes. Observar o ser humano em sua atividade de trabalho pode suscitar questões importantes para esses projetos.

Desafios se apresentam a todo o momento. Um deles seria como explicitar e representar os conhecimentos intrínsecos ao projetista na estruturação de um problema ou em sua resolução? Deve-se utilizar o conhecimento acumulado pelo projetista de forma equacionada com os demais envolvidos no projeto, coletar as informações externas importantes, perceber as mudanças que ocorrem durante o projeto, observar os demais

envolvidos dentro de suas representações sobre o projeto. Enfim, é necessário tornar-se parte para poder compor o todo. Criar espaços de balanceamento dos conhecimentos ajuda na construção mais sólida do projeto. Isso não significa acatar tudo o que é exposto. A equalização das lógicas tem de ser bem feita, impedindo a visão enviesada assim como o enfraquecimento de quaisquer das partes envolvidas.

Até agora, a evolução das abordagens de Processo de Projeto, da abordagem sequencial para a engenharia concorrente ou simultânea, permite uma colaboração entre as diferentes competências (Engenheiros, Arquitetos, Ergonomistas etc.). No entanto, os métodos utilizados, principalmente com base na lógica funcional (*top down*), representam um grave problema no levantamento dos dados operacionais (*bottom up*) e os dados sobre a atividade real observada em referência local (FADIER e NEBOIT, 1998).

Mudanças no ponto de vista podem ser necessárias. Passar a refletir em até que ponto as pessoas que têm relação com o objeto devem participar da construção do projeto? Afinal, como cita Simon (1996), “a Projeção é um processo participativo em que o projetista faz parceria com os donos do problema a resolver (consumidor, cliente, usuário etc.)”. Considerar, a partir do momento da concepção, as exigências de prevenção (saúde e segurança no trabalho) e não apenas os constrangimentos – formas de difícil integração na lógica funcional (RASMUSSEN, 1997). A imposição dá lugar à negociação. Todo o esforço de projeto deve ser concentrado no atendimento das necessidades dos clientes. E inseri-los dentro dessa negociação é uma facilidade para a projeção.

#### 2.4.1. Projeto em refinarias

Na medida em que os sistemas tornam-se cada vez mais complexos e dinâmicos e os efeitos de acidentes em plantas industriais tornam-se, exponencialmente maiores, faz-se urgente o projeto de sistemas mais confiáveis e resilientes. Além dos desafios próprios da construção de um projeto, algumas situações injetam no processo de projeto alguns fatores que o dificultam ainda mais. Algumas dessas situações podem advir do local onde o projeto é executado. O projeto em sistemas complexos, dadas as características desses ambientes, apresenta variáveis muito particulares. O aumento da população no entorno dessas plantas, devido à redução de locais afastados e mais seguros para construção, leva à ocupação de áreas consideradas de risco, no entorno de Usinas, Minas, Refinarias, Aeroportos, Depósitos de Inflamáveis e Explosivos etc. A antecipação e a prevenção devem ser priorizadas em

detrimento da correção. Afinal, acidentes em plantas como essas têm consequências sociais e ambientais irreversíveis.

Um exemplo desse tipo de sistemas é uma Refinaria de Petróleo. As quatro características desses sistemas, apresentadas por Ferreira e Iguti (2003), são: complexa, contínua, coletiva e perigosa, juntam-se a outras duas, a saber: dinamicidade e imprevisibilidade intrínsecas a esse tipo de sistema de produção. São seis características que condicionam fortemente o projeto em um sistema de produção como as Refinarias. E, conforme alertam Ferreira e Iguti (2003), “cada característica entra em ressonância com as demais, de forma que alterações em qualquer parte do sistema se refletem em todas as demais”. Nem mesmo sistemas que trabalhem com produção contínua, tal qual as refinarias, podem ser equiparados a elas. Com estudos realizados em acidentes ocorridos em plantas nucleares, petroquímicas, na aviação e na navegação, Perrow (1999) aponta o grande potencial de catástrofes existentes nas plantas nucleares e petroquímicas, em especial, capazes de afetar todo o sistema ambiental e social no entorno de onde se localiza, os chamados acidentes ampliados. Trazendo dados que refletem a alta periculosidade dessas plantas, Coco (1998 *apud* Lorenzo, 2001), durante os últimos trinta anos, os 100 maiores acidentes em instalações de processamento químico e de hidrocarbonetos feriram gravemente ou mataram centenas de pessoas, contaminaram o meio ambiente, e causaram prejuízos de mais de oito bilhões de dólares a propriedades. Sem levar em conta os custos indiretos, como tempo de parada da produção, sequelas psicológicas aos trabalhadores, limpeza do local, renegociação de acordos financeiros etc.

As refinarias apresentam particularidades características. O envolvimento de pessoas das mais diversas áreas em um projeto é uma delas. Como a estrutura organizacional é sólida e as responsabilidades bem delimitadas, os projetos seguem essa lógica e trazem em seus grupos representantes de cada área envolvida ou disciplina, como conhecido nas Refinarias. Essa visão traz benefícios e malefícios. A divisão propicia que os especialistas foquem seus esforços na área de conhecimento que lhes é de domínio. Assim, a experiência e a formação de cada pessoa são ressaltadas e os projetos de cada disciplina são mais consistentes.

No entanto, essa divisão, muitas vezes, impede que se tenha uma visão do todo, diminuindo a possibilidade de perceber os relacionamentos entre os projetos de cada disciplina. Isso fica evidente nas reuniões dos grupos de projeto, quando os representantes de todas as disciplinas estão juntos. São visões diferentes, cada uma com suas limitações, restrições e objetivos a alcançar, embora todos tenham de seguir as premissas estipuladas no início do projeto. Isso torna o equilíbrio entre as lógicas algo difícil de ser alcançado, ainda mais nesse momento no qual cada um já estruturou sua proposta, fez os devidos

dimensionamentos, fundamentou suas soluções, enfim, adotou um conceito e o defenderá a todo o custo. Torna-se um cabo de guerra entre lógicas – mundos-objeto – que não dialogam facilmente, pois não possuem o que Bucciarelli (2003a) convencionou chamar de objetos intermediários. “Eles constituem os vetores mais pertinentes da atividade de comunicação onipresente dentro do processo de concepção” (JEANTET, 1998). Ainda segundo Bucciarelli (2003a), “a unidade de comunicação não é, como geralmente tem sido proposto, o símbolo, a palavra ou a sentença, mas a sua produção ou emissão”. Assim, dentro de um projeto socialmente construído, a linguagem de projeto, proposta por Schön (1983) assume que as dimensões verbais e não verbais estão intimamente conectadas. Não basta criar um espaço de negociação e discussão. É preciso que os envolvidos consigam permear os mundos-objeto envolvidos e entendam suas proposições. Desta feita, podem partilhar com os demais, as suas idéias de forma clara e compreensível, lançando mão daquilo que lhes seja mais conveniente dentro de seu campo de conhecimento, sejam esquemas, gráficos, verbalizações, maquetes ou quaisquer outros objetos intermediários.

Quando se une a característica de continuidade do sistema de produção de uma Refinaria com a periculosidade intrínseca ao processo de refino, cria-se uma característica que deve ser observada em projetos nesse tipo de ambiente, a tarefa coletiva. Ferreira (2002) definiu muito bem que, em Refinarias, existe mais do que um trabalho coletivo – comum a todo trabalho – existe uma tarefa coletiva, ou seja, um objetivo comum que, para ser alcançado, necessita da ação simultânea e coordenada de diversas pessoas. Fato reforçado por Duarte (2002) quando afirma que na Indústria de processo contínuo predominam, em trabalhos de operação, as dimensões cognitivas e coletivas. A informação deve acompanhar o processo de produção e não as pessoas. Com a troca de turnos de trabalho, as informações colhidas em um turno devem ser repassados aos trabalhadores do turno que entra. Segue-se a idéia da cognição social distribuída que considera que “indivíduos que trabalham num modo cooperativo, são suscetíveis de ter conhecimentos diferentes, devendo estabelecer um diálogo para reunir suas fontes e negociar suas diferenças” (DARSES, FALZON e MUNDUTEGUY, 2007). Ainda segundo eles, essa corrente postula que a cooperação é necessária, pois nenhum dos atores dispõe sozinho das informações suficientes para satisfazer a tarefa. Definindo, assim, as Refinarias como um sistema funcional, definido por Luria (1981) como um “conjunto dinâmico no qual o objetivo permanece constante, mas que é realizado por um conjunto variável de ações mutuamente relacionadas”.

Isso impacta em diversos fatores de um projeto, como na quantidade e clareza das informações de campo, no tempo de resposta quando de uma emergência, na relação entre

operadores de campo e de Casas de Controle, na concepção de artefatos e dispositivos. Contudo, a tarefa coletiva não é facilmente exercida. Segundo Llory (2002b), isso acontece porque “existem pesadas exigências técnicas e organizacionais que mantêm a concepção de trabalho baseada na individualidade”.

Não apenas a quantidade de Refinarias no Brasil as torna sistemas incomuns, mas tudo que envolve o seu processo de produção, suas características, suas dimensões, a quantidade de pessoas que nelas trabalha, os recursos investidos e seu papel estratégico para o país, tanto energética como financeiramente. E isso pode ser transposto para os projetos criados dentro da Refinaria. Soluções nascidas nesse tipo de ambiente são modelos para outros sistemas de produção, particularmente aquelas que permeiam, de alguma forma, o trabalho realizado pelos operadores de processo, cuja atividade é protótipo da atividade de operadores em processo contínuo em geral (FERREIRA, 2002).

Cabe destacar uma característica presente em vários sistemas de produção e que é uma tendência atual: a terceirização. Dentro das Refinarias existe uma elevada proporção de terceirizados se comparados com os petroleiros – empregados da Companhia, em sua maioria, concursados. O relacionamento entre essas duas classes de trabalhadores é complexa e, em alguns casos, conflitante. Várias diferenças podem ser apresentadas e ser melhor discutidas, como: diferença na remuneração, uniformes e locais de refeição diferentes, entre outros. Cada ponto desses traz consigo uma representatividade toda especial que resulta, ao fim, em uma divisão social com consequências danosas, em sua maioria, aos terceirizados. O Quadro 1 compara as exigências e os direitos dos funcionários próprios e dos terceirizados da Companhia estudada.

Quadro 1 – Comparativo de exigências e direitos na Companhia estudada

| <b>Exigências e direitos</b> | <b>Petroleiros</b>                         | <b>Terceirizados</b>      |
|------------------------------|--|---------------------------|
| Formação acadêmica           | Superior completo                          | Superior completo         |
| Exigências da função         | Prestou concurso para nível médio          | Nível médio               |
| Salário médio (R\$)          | 2.800,00                                   | 1.300,00                  |
| Auxílio-refeição (R\$)       | 600,00                                     | 291,00                    |
| PLR (R\$)                    | 17.000,00                                  | Não recebe                |
| Horas-extras                 | 100-150%                                   | Segue a Lei (50-100%)     |
| Transporte funcionário       | Recebe 6% antecipado                       | Paga 6% (Recebe atrasado) |
| Auxílio-educação             | Dependentes e após 28 anos se for solteiro | Não tem                   |

Fonte: CUT, 2011

Mas uma característica chama especial atenção. É notório e amplamente aceito por todos, que as piores tarefas, as mais sujas, mais perigosas, arriscadas, as mais desgastantes e sem conteúdo, estão a cargo de terceirizados. Alguns exemplos:

– Limpeza de filtros: cada elemento filtrante chega a pesar 40 quilogramas e é manuseado pelos terceirizados. Eles fazem a remoção do elemento de dentro do filtro para fora, onde é feita a limpeza com hidrojato. Um componente acrescenta mais um constrangimento à situação. O operador (petroleiro) fica fiscalizando a tarefa, cobrando, sempre, mais rapidez dos terceirizados;

– Limpeza do fundo do tanque: o material que decanta nos tanques e se sedimenta, deve ser retirado, pois reduz o volume útil do tanque. O operador terceirizado entra com um mini-tractor e sai, literalmente, preto, coberto de fuligem. Ele utiliza máscara de proteção facial inteira. E, ao sair, do tanque, a única parte limpa em seu corpo é exatamente a coberta pela máscara. O restante do corpo fica preto, demonstrando a nocividade da tarefa;

– Recebimento do aditivo do Diesel: Na Área Norte, sub-área Diesel, há uma operação que consiste na transferência de aditivo de um caminhão para uma tubulação de diesel. O problema está na urgência que ela requer. Quando há a necessidade da inserção do aditivo na tubulação, isso tem de ser realizado imediatamente. O que leva inclusive, a ser realizada sob chuva. Dois momentos são críticos. Um quando o trabalhador terceirizado tem de subir no caminhão, mesmo sob essas condições climáticas, para manipular válvulas que liberam o fluxo de aditivo (Figuras 11 e 12). O outro, no momento da acoplagem ao duto de diesel. Com chuva, isso tem de ser feito por duas pessoas, pois uma tem de segurar um guarda-chuva para impedir que o engate seja molhado (Figura 13). Isso acaba reduzindo o espaço de trabalho daquele que conecta o engate.

Figura 11 – Trabalhador subindo no caminhão de aditivo para diesel



Fonte: próprio autor

Figura 12 – Manipulação de válvulas na parte de cima do caminhão



Fonte: próprio autor

Figura 13 – Acoplagem do caminhão à tubulação de diesel



Fonte: próprio autor

Dados da Federação Única dos Petroleiros da CUT indicam que de 1995 até 2010 foram registradas 283 mortes por acidentes de trabalho no sistema Petrobrás, das quais 228 ocorreram com trabalhadores terceirizados. Somente em agosto de 2011 oito trabalhadores morreram vítimas de acidentes de trabalho na estatal. Todos os acidentes envolvendo trabalhadores terceirizados (CUT, 2011).

Isso se reflete na priorização da Companhia na execução dos projetos. Além das variáveis tradicionalmente envolvidas na priorização dos projetos, como custo, urgência, facilidade de execução, etc., a presença de petroleiros nas atividades pesa na escolha. Na verdade o que se leva em conta é a relação entre o número de petroleiros e o número de terceirizados envolvidos.

Porém, nem todos os projetos criados dentro da Companhia, nas suas mais diversas Unidades são semelhantes, mesmo que sigam o mesmo processo de concepção. Projetos não viajam. Essa é a essência da Antropotecnologia (Wisner, 1994). O domínio de uma tecnologia transferida só é possível, quando os dispositivos técnicos, a organização do

trabalho e a formação dos trabalhadores sofrem um processo global de reconcepção, que leva em consideração as dificuldades locais e os recursos naturais e industriais disponíveis para manter a variabilidade sob controle. Isso já foi exemplificado por Jeantet (1998) em estudos de caso em duas empresas que possuíam as mesmas etapas de concepção, mas com resultados bem distintos. Ferreira e Iguti (2003) atribuem isso a diferenças em alguns fatores entre as Refinarias: situação geográfica, idade, tamanho, tecnologia de processo, produtos e quantidades, entre outros. Existem, entre as Unidades, diferenças importantes no que tange à formação das equipes de projeto, seu porte, encaminhamentos, responsabilidades, tecnologia utilizada e demais características relacionadas à projeção.

## **2.5. PROJETO EM ERGONOMIA**

A diversidade de situações que se apresentam no projeto e aos projetistas, conforme descrito no capítulo anterior, e a variabilidade que essas situações trazem consigo, exigem adaptações e adequações que, mesmo eficazes do ponto de vista da ação como resposta, não conseguem eliminar a distância entre como é pensado a operação do projeto e como ele, efetivamente, opera. As reais necessidades não são atendidas. Os projetos na área de Ergonomia assumem essa distância como premissa de projeto. A incorporação dos usuários finais na concepção aparece como um paradigma direcionador desses projetos. Neste capítulo tratar-se-á especificamente de projetos de situações de trabalho, foco central da Ergonomia, suas características e da tendência de se ter o Ergonomista como um projetista, sujeito mais capacitado a permear todo o ciclo de projeto em ergonomia, desde a análise da situação de trabalho, passando pela construção conjunta com os trabalhadores de soluções de projeto e chegando à concepção por meio de construção social com os demais envolvidos no projeto, sendo ele o representante da visão da atividade.

### **2.5.1. Características**

Como a ergonomia parte da situação de trabalho para poder transformá-la, o princípio do projeto em ergonomia deve ser o cerne do trabalho, ou seja, a atividade. E nesse sentido, seguir o paradigma da descontinuidade, proposto por Hubault (2004) é essencial. Por este paradigma, a diferença entre o prescrito e o real é uma diferença a ser reconhecida, uma descontinuidade de princípio, irreduzível. Aliado a isso, o paradigma ainda aborda as situações de trabalho como contextos de atividade, não sofridos mas vividos e toma o homem com

centro de decisão, intérprete dos acontecimentos. Tudo isso enaltece a importância que o trabalhador deve ter para um projeto. Não apenas como aquele que verifica o resultado final da concepção, mas como mais um participante efetivo do seu processo de construção. Afinal, assumindo os trabalhadores como usuários finais de um projeto de situação de trabalho, eles deveriam ser incluídos desde as fases iniciais do processo de projeto (DUARTE *et al*, 2008; DANIELLOU, 2004; CLEGG, 2000; BEGUÍN e DARSESES, 1998; FALZON, DARSESES e SAUVAGNAC, 1998).

O Ergonomista, inserido no processo de projeto tem o papel de representante técnico da visão do trabalhador ou, como cita Menegon (2003) “deve ver pelos olhos dos trabalhadores e introduzir este olhar nos processos de projeto, explicitando e incorporando as lógicas desses trabalhadores”. E, juntamente com os demais representantes das disciplinas envolvidas, é responsável por equalizar as diversas visões em prol de um projeto mais eficaz.

Isso não é fácil, afinal, ainda se lida com projeto de uma forma fragmentada em todas as suas etapas, com especialistas trabalhando separadamente, com objetivos distintos, em espaços temporais distantes e seguindo lógicas que, muitas vezes, não são concatenadas, confrontadas adequadamente, além de não se comunicarem entre si. “Cada especialista tem um mundo-objeto restrito, com premissas, regras e metas particulares e vê o objeto de concepção de maneira diferente, de acordo com o núcleo pragmático de sua disciplina” (BUCCIARELLI, 2003b).

A crítica surge não dessa divisão, que é necessária, dada muitas vezes a complexidade do projeto. Mas sim da ausência de momentos de confrontação dessas lógicas e conhecimentos na busca de enriquecer o resultado final por meio de negociações para uma construção social e técnica (Garrigou *et al*, 1995). Bucciarelli (2003a) cita que “os mundos-objeto dividem a tarefa de projeto em diferentes, mas não independentes, tipos de esforços”. O que implica que qualquer que seja o objeto a ser concebido, ele não pode ser pensado com uma simples justaposição de sistemas técnicos: é necessário integrar as diferentes partes e para isso os atores do processo devem se coordenar buscando um ajuste de representações e a construção de um contexto compartilhado de lógicas (DUARTE *et al*, 2008; CAHOUR e SALEMBIER 1996; SPERBER e WILSON 1989). Criar um espaço de confrontação – reuniões – dessas lógicas é a forma mais eficiente de promover a interação entre as partes envolvidas no projeto. Falzon, Darses e Sauvagnac (1998) afirmam que “essas reuniões são o lugar privilegiado de troca de saberes onde cada participante deve justificar suas proposições”. Sem esquecer que nessa socialização, deve-se fazer presente também um mundo-objeto relacionado diretamente à prática do trabalho, à experiência, à vivência diária

com o ambiente de produção. E isso é possível quando se inserem os próprios trabalhadores no processo de projeto.

Não é, simplesmente, torná-los ouvintes do processo de construção do projeto, participantes passivos, ou mesmo expropriar seu conhecimento. A idéia é promover um processo de projeto coletivo – não apenas participativo – como proposto por Granath, Lindahl e Rehal (1996). Nele, o papel dos trabalhadores é maior do que o de especialista em sua área de atuação. Como eles também são usuários, podem criticar e questionar as sugestões e soluções dos demais especialistas. Essa é a essência da visão ascendente de projeto (*bottom-up*), que parte do princípio de que “a consideração das condições de realização das atividades de trabalho, desde as etapas iniciais de um projeto, pode ajudar a esclarecer as escolhas a serem feitas em relação à concepção dos sistemas técnicos” (DUARTE, 2002). Isso leva a uma visão antropocêntrica da concepção. O trabalho é assumido como objeto central (Wisner, 1992). A finalidade deixa de ser eliminar o homem, por ser visto como elo fraco do processo na visão tecnocêntrica e passa a ser assumi-lo como o elemento de garantia e manutenção da confiabilidade do sistema e maior conhecedor de sua atividade e do ambiente que a cerca. Algo que a Ergonomia de origem francesa assimila muito bem quando reconhece a inventividade dos operadores como a marca essencial da inteligência do trabalho (MONTMOLLIN, 1992).

O trabalhador pode trazer ao processo de projeto, informações primordiais de funcionamento do sistema, de problemas específicos e formas de solucioná-los e de fraquezas e qualidades dos componentes. Isso é fundamental quando se pensa em prevenção de fatores contributivos a um acidente ou falhas latentes<sup>4</sup> (REASON, 1990). Fica clara a importância dessa questão na afirmação de Gandra, Ramalho e Gonçalves (2004) de que estudos de grandes acidentes mostram que muitas vezes o conhecimento dos fatores contributivos para os acidentes estavam ao nível dos operadores e foram negligenciados.

O maior interesse está no conhecimento que o trabalhador possui e não apenas na sua atribuição ligada à sua função dentro da Empresa. O maior desafio, colocado por Folcher e Rabardel (2007), para se assumir essa visão antropocêntrica é o de encontrar soluções operacionais na convergência dos processos de concepção no uso – pelos usuários – e para o uso – pelos projetistas.

---

<sup>4</sup> As falhas latentes são decisões ou ações de conseqüências danosas que podem ficar adormecidas por longos períodos, só tornando-se evidentes, quando se combinam com outros fatores (falhas ativas, falhas técnicas, desenhos inadequados, condições atípicas, etc.) atravessando todos os sistemas de defesas organizacionais (REASON, 1990)

Faz-se necessária a incorporação das necessidades da atividade, porém de um ponto de vista externo, mais analítico. Uma visão captada a partir da análise do trabalhador em atividade. Emerge aqui a função da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) como método mais adequado a compreender o trabalho de uma forma científica (conhecimento). A AET vem colocando em evidência importantes dificuldades provocadas pela concepção dos meios de trabalho que não levam em consideração a variabilidade das situações (SANTOS *et al.*, 1997) ou que “pouco associam os usuários no projeto, deixando à margem os operadores que deverão fazer funcionar o sistema” (DANIELLOU, 2007). O caminho que o Ergonomista deve seguir para atuar no projeto como representante da visão da atividade, tem início nessa Análise, chegando às “recomendações de projeto que são a materialização das necessidades reais dos trabalhadores” (Wisner, 1994), sejam elas físicas, organizacionais ou cognitivas. Com isso, têm-se os dois pilares, propostos por Cazamian (1974), para Ergonomia: conhecimento e ação. A Ergonomia não se contenta com produzir um conhecimento sobre o trabalho humano. Ela o tem como objeto de conhecimento que aponta para a ação (TEIGER, 1993; GUÉRIN *et al.*, 2001; DANIELLOU e BÉGUIN, 2007).

Bucciarelli (1994) resume o benefício de construir um projeto de forma partilhada entre os atores envolvidos. Ele afirma que:

O projeto construído sobre a abordagem mais tradicional na qual toda a responsabilidade é assumida pelo projetista sozinho leva, inevitavelmente, a projetos mais pobres do que aqueles construídos sobre a abordagem de construção social que defende a participação de todos, durante toda a atividade de projeto.

Corroborando com essa lógica e acentuando o problema, Duarte (2002) afirma que “normalmente, os projetistas supõem que sua representação do ambiente é idêntica à daqueles que vão operar o sistema de produção”. A não consideração da lógica de utilização reforça as dificuldades de adaptação e aumenta o risco de acidentes e de incidentes técnicos. Em geral, o que ocorre é que os engenheiros e os especialistas ignoram a riqueza contida na experiência dos operadores. “O que caracteriza essa experiência é que, em geral, ela não é organizada e articulada sob a forma de conhecimentos práticos sistematizados sobre o trabalho” (ARAÚJO, 2001).

Nas novas formas de concepção, o projetista começa a trabalhar de forma muito mais volátil, que pode ser descrito como um período de aprendizagem. Esta fase consiste em manter a incerteza tanto tempo quanto possível, e não tomar decisões sem ter avaliado seu impacto potencial. Tal abordagem não leva a aumentar a duração total do projeto. Muito pelo contrário, o tempo gasto no período de incerteza é amplamente recuperado em etapas

posteriores: estudo detalhado e implementação (PERRIN, 1997). Esta integração é estratégica para ergonomia, pois permite realizar, antecipadamente, uma análise da coerência das propostas dos projetistas com base na concepção antropocêntrica (BEGUÍN, 1997).

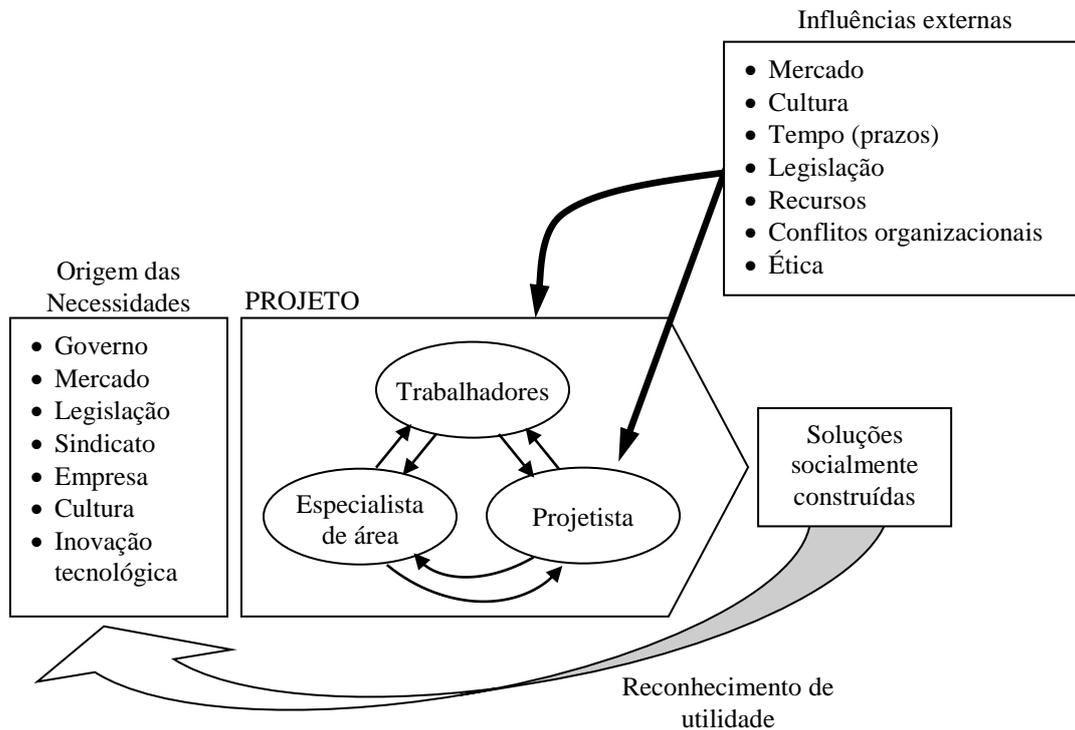
### 2.5.2. A atividade dos projetistas

Muito se tem escrito sobre a diferença entre o prescrito e o realizado, entre o ato de projetar e a materialização desse projeto em um ambiente real. E tende-se a ver o projeto – a concepção – como algo distante da realidade, e o projetista como o vilão dessa diferença. Vale salientar que o projetista ou equipe de projeto também possui diversos constrangimentos que o limitam. Restrições de tempo, de espaço, de recursos, conflitos internos, organizacionais, mudanças repentinas de mercado, questões de normatização, de cultura, enfim, uma gama enorme de fatores que restringem seu espaço de idéias. Dever-se-ia compreender a atividade do projetista como qualquer outra atividade de trabalho, analisando-a segundo os conceitos defendidos pela Ergonomia – constrangimentos, modos operatórios, espaço de regulação, variações intra e interpessoal – e passível de ser também estudada pelos Ergonomistas, como se pode observar em alguns estudos (GARRIGOU *et al*, 1995; BÉGUIN e DARSES, 1998; DUARTE *et al*, 2008; DARSES, 2009).

Os projetistas são considerados operadores especiais que têm de fazer um acordo quando se deparam com uma série de restrições impostas pelo processo de projeto e têm de produzir objetos de naturezas diferentes: materiais ou dispositivos simbólicos (GARRIGOU *et al*, 1995; BEGUÍN e DARSES, 1998). Não é correto posicionar o projetista em um patamar acima dos demais envolvidos no processo de projeto, isolando-o de todas as interferências que o próprio projeto sofre. Cada impacto, positivo ou negativo, na projeção tem conseqüências nas decisões a serem tomadas.

Além dos fatores que vem do externo para dentro do projeto e influenciam o projetista de forma indireta, existem fatores externos que o influenciam diretamente. Alguns desses fatores são comuns a quase todos os projetos e áreas de atuação, como as exigências dos mercados (certificação para importar, níveis de qualidade, utilização de determinados materiais etc.), os prazos e recursos estipulados que, geralmente, não levam em conta as incertezas que podem surgir durante o projeto. A legislação que rege cada setor, atividade, região ou tipo de produto/produção influencia não apenas no produto final da projeção, mas também nas fases de desenvolvimento de idéias e conceitos, de detalhamento e até mesmo na sua fabricação. Isso pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 – Processo de projeto do trabalho



Fonte: Próprio autor

Alguns outros fatores são decisivos, porém nem sempre abordados de forma eficiente. A influência cultural sofrida por um projeto já vem sendo bastante discutida no que tange à construção conjunta e social dos artefatos, na qual cada participante traz conceitos arraigados em sua formação cultural (PERRY e SANDERSON, 1998; LOVE, 2003; FONTES *et al*, 2006; BÉGUIN, 2008) “Os artefatos técnicos, sejam produtos de consumo ou dispositivos técnicos de produção, são socialmente construídos e reproduzem em seu conceito valores e normas sociais vigentes, dentro de uma perspectiva de construção social da tecnologia” (MENEGON, 2003). Outro fator que pode ser observado é o que se relaciona aos conflitos organizacionais. A lógica hierárquica seguida pela empresa, as relações de poder, as premissas corporativas podem influenciar as decisões de projeto ou mesmo afetar o projetista e a equipe envolvida. Isso fica mais evidente quando se trata o processo de projeto, tal qual assumido aqui, como uma equalização de lógicas distintas na busca de um mesmo objetivo final. Quando existe, por exemplo, uma relação de poder aristocrática, a socialização na concepção de um projeto fica prejudicada, impedindo que os atores envolvidos participem de forma efetiva.

Da mesma forma, princípios de organização do trabalho incorporados pelas empresas, são restrições aos conceitos projetuais que podem ser criados, pois escolhas

técnicas, como afirma Lima (2000), incorporam certas definições organizacionais. Interessa ao projetista entender como se dão as relações de trabalho, os níveis da estrutura organizacional, suas atribuições e competências, além de conhecer características próprias da empresa, como: organização das equipes em grupos, células ou individuais; horários flexíveis, por turno ou em plantões; administrativo e operacional juntos ou separados. Pode-se perceber que são fatores que têm influencia também sobre o projetista como mais um, imerso nessa estrutura organizacional e de trabalho.

Na Figura 14 representa-se a construção de um projeto. Ele parte das necessidades apresentadas pelos mais diversos demandantes. Quando ligadas a situações de trabalho, podem vir de trabalhadores, representações de classe ou sindicatos; podem estar ligadas à busca por maior produtividade, se advindas de gestores de empresas; podem surgir de exigências legais, de adequações culturais ou mesmo de inovações tecnológicas ou políticas de governo. A transformação dessas necessidades em soluções passa por um processo socialmente construído entre os diversos atores envolvidos no projeto onde informações e sugestões são trocadas por meio de objetos intermediários, na busca de obter um campo de soluções o mais adequado possível, dados os fatores que influenciam a projeção.

Por fim, tem-se um julgamento da utilidade do trabalho da equipe de projeto – já incorporando a lógica de usuários como co-projetistas – pelos próprios demandantes. Parte-se da idéia apresentada por Mauss *apud* Dejours (2005) para representar o trabalho do projetista como uma atividade coordenada entre os diversos atores participantes do processo de concepção, avaliado ao final, pelos demandantes do projeto quanto à sua utilidade.

Frente a esses constrangimentos impostos pelas influências externas, seja de forma direta ou refletidos nas decisões de projeto, o projetista pode contrabalancear essas particularidades que se apresentam durante a projeção por meio de duas características pessoais: seu conhecimento técnico e sua experiência. Delas surgem os mecanismos de planejamento e tomada de decisão que ele se utiliza. A relação entre essas características dita a capacidade de intervenção que cada projetista possui e que pode lhe auxiliar na gestão, de uma forma mais adequada, das variações e imprevisibilidades que podem surgir no processo de projeto. Afinal, na prática, verifica-se que inúmeros aspectos do projeto são realmente definidos e muitas vezes detalhados durante a obra (DUARTE *et al*, 2008) quando há uma evolução na quantidade de informações e decisões (BACK, 1983; BAXTER, 1998; SALGADO, 2004; PAHL *et al*, 2005).

Concluindo, percebe-se que não apenas o projeto em Ergonomia tem características incomuns aos demais projetos, mais tradicionais, mas também os projetistas,

vistos sob o olhar da Ergonomia, têm atenção diferenciada. Eles são também analisados sob a ótica da Análise da Atividade, sofrendo restrições, vivendo constrangimentos, pressões e tendo ainda que, gerenciar diversas lógicas, cada uma com objetivos diferentes, como as: de produção, de segurança e saúde pessoais, da sociedade, de sua cultura e de acordos coletivos informais.

A revisão da literatura apresentada, com foco nos aspectos de projeto, de análise da atividade, de Ergonomia e de Confiabilidade Humana, apresenta pontos importantes na busca por responder a questão de pesquisa dessa tese. A compreensão de como são desenvolvidos e gerenciados os projetos em refinarias, a partir de estudos em outras Unidades possibilita uma melhor associação com os projetos na Refinaria estudada. Além do mais, a busca, na base conceitual sobre Ergonomia, de como a Análise da Atividade se faz presente em qualquer ação ergonômica, facilita a percepção dos aspectos de Confiabilidade Humana que estão presentes a todo o momento nas ações dos operadores da Refinaria. No próximo capítulo, tratar-se-á da metodologia utilizada para obter os dados utilizados na investigação dessa pesquisa: os procedimentos metodológicos, o local e os objetos de estudo e o tratamento realizado nos dados colhidos, durante a pesquisa.

### CAPÍTULO 3 – ASPECTOS METODOLÓGICOS

Serão apresentadas, neste Capítulo, as características metodológicas da pesquisa. São elementos importantes que servem para reconstruir a evolução da pesquisa e os passos seguidos na busca de alcançar os objetivos traçados no seu início. Desde os aspectos relacionados ao posicionamento do pesquisador e da pesquisa, como abordagem de pesquisa adotada, até os procedimentais, como o método de pesquisa empregado, os instrumentos utilizados e o objeto da pesquisa. Além disso, a cronologia da pesquisa também é apresentada, a fim de facilitar a compreensão dos motivos que levaram a utilizar cada instrumento, ferramenta ou método, em cada momento do estudo.

Definir corretamente a abordagem da pesquisa seguida, assim como as correntes de pensamento mais adequadas à ela, o objeto a ser estudado, classificar as variáveis e descrever de forma clara o método empregado é essencial para que se compreenda a importância da pesquisa e se atribua o seu devido valor dentro do campo de conhecimento ao qual está inserida. O sucesso de uma pesquisa depende largamente da robustez da estratégia de pesquisa.

O enfoque da Ergonomia de origem Francesa está na observação do ser humano em atividade sem interferir naquilo que ele realiza e sem direcionar o que será observado. Característica, também, da Abordagem de Pesquisa Qualitativa. Isso impõe uma flexibilidade nas observações a serem realizadas, algo distante para a Abordagem Quantitativa. O mais importante é entender a interpretação dos indivíduos sobre o ambiente e o relacionamento entre eles. Desse relacionamento surgem mudanças na situação e nas condicionantes iniciais. Alinhado com o que Amaratunga *et al.* (2002) apontam como uma característica do Paradigma qualitativo, a habilidade para observar os processos de mudança ao longo do tempo.

A própria epistemologia da Ergonomia – algumas bases foram apresentadas em capítulos anteriores – fornece subsídios para direcionar os pressupostos metodológicos assumidos. O foco que é atribuído à atividade, ou seja, àquilo que o trabalhador efetivamente realiza no seu trabalho e as representações que ele faz, a cada momento, do estado do sistema, assemelha-se ao que a Abordagem Qualitativa chama de visão realística ou fenomenológica, na qual se tenta entender o que está acontecendo, com foco nos significados das ações – os porquês, os meios – e não nos atos – o resultado final. Afinal, cada pessoa reage às circunstâncias de formas distintas, e age de acordo com um conjunto de representações que possui. Easterby-Smith (1991) afirma que “as diferenças entre as pessoas devem ser levadas

em conta em uma pesquisa”. A Ergonomia trata isso como variabilidade intra e interpessoal que atribui a cada indivíduo uma competência em função de suas habilidades, conhecimentos e sua experiência.

“Isolar o objeto de estudo das influências externas é proposição da abordagem quantitativa”, como cita Amaratunga *et al* (2002). Característica que vai contra os princípios da Ergonomia e da Confiabilidade Humana, bem como da Abordagem Qualitativa. O trabalho, objeto de estudo da ergonomia, não pode ser isolado, como uma fortaleza de muros intransponíveis. Tem de ser encarado como ponto de congruência de fatores sociais, culturais, organizacionais. E isso fica claro no enfoque da Análise da Atividade. A observação dos operadores em atividade de trabalho tem a função de coletar dados sobre as ações que esses operadores utilizam para garantir a continuidade da produção. E é na situação de trabalho que são manifestadas as influências desses fatores. “A presença do Ergonomista na situação de trabalho e durante sua realização é fator determinante dentro da Análise da Atividade” (ABRAHÃO *et al.*, 2009). E continuam, afirmando que essa presença “constitui uma das diferenças fundamentais entre a ergonomia e as outras abordagens do trabalho”.

Um dos problemas apontados por Bryman (1989) em pesquisas qualitativas é o acesso a dados e dificuldade de realizar observações. Nessa pesquisa, esse problema não é representativo, já que existe uma disponibilidade, dada pela Empresa onde se realiza o estudo, de acesso ao objeto de estudo, os operadores em situação de trabalho.

Os dados utilizados na pesquisa são indiretos e diretos, dependendo da demanda analisada. São indiretos quando a análise ergonômica e o projeto foram realizados por outros pesquisadores, em outras análises e projetos. O que aconteceu para as análises realizadas no período anterior ao início dessa pesquisa. Algumas análises foram realizadas pelo próprio pesquisador, caracterizando uma coleta de dados diretos.

Faz-se necessária uma divisão da pesquisa em dois momentos distintos para caracterizar o método de pesquisa empregado. Em um primeiro momento, no estudo das situações de trabalho na Refinaria, utilizou-se a Análise Ergonômica do Trabalho em todas as suas etapas, chegando-se, inclusive, à proposição de um projeto de ergonomia. Nessa fase, a Abordagem seguida é Qualitativa e entende-se que a AET está inserida em um conjunto maior de métodos, tidos como pesquisa-ação. A escolha deve-se às características dos objetos de estudo, de suas interações e relacionamentos e visa facilitar a validação da pesquisa, ou seja, indicar quão bem está respondida a questão proposta na pesquisa (THEN, 1996 *apud* AMARATUNGA *et al.*, 2002). Na observação das ações de garantia da confiabilidade do sistema, o foco está nos operadores e em suas estratégias.

Duas características definem o enquadramento do método como pesquisa-ação. Primeiramente, o pesquisador deverá ter alto relacionamento e interação com o objeto de estudo (COUGHLAN e COGHLAN, 2002; VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002). A construção de uma observação eficaz das atividades dos operadores passa, obrigatoriamente, por essa interação que influencia na confiança atribuída pelos trabalhadores ao pesquisador e no grau de fidedignidade com o qual realizam suas atividades, mantendo-se o mais próximo possível da situação real de trabalho. Essa interação também reflete na imagem que os trabalhadores têm do pesquisador. Que deve ser totalmente idônea, sem vieses, imparcial e expressar o real interesse da pesquisa, sem remetê-la a interesses organizacionais, normativos ou mesmo punitivos. Em segundo lugar, a construção de uma pesquisa paralelamente à ação. O objetivo é criar uma ação efetiva, ou resolver um problema, enquanto se aumenta o conhecimento científico (COUGHLAN e COGHLAN, 2002; THIOLENT, 1997). O projeto entre Ergo&Ação e a Refinaria garantia a resolução de problemas enfrentados pelos operadores na Refinaria, expressos nas demandas que eram apresentadas, enquanto se aumentava o conhecimento do Grupo sobre os processos dentro de uma Unidade de processamento petroquímico.

No que se refere à ciência, a contribuição dá-se no campo da Confiabilidade Humana, unindo princípios de Ergonomia aos de Resiliência. Exemplos de ações que representem o papel central que o ser humano tem na garantia da produção conforme especificado e esperado, ajudam na validação dos conhecimentos teóricos por meio de aplicações reais. Os benefícios aos operadores, trabalhadores e, conseqüentemente, à Empresa, podem ser expressos na incorporação de conhecimentos práticos, que acompanham os operadores, em projetos que facilitem as ações de recuperação do sistema. Assim, a pesquisa-ação, segundo Thiollent (1997) “deve acoplar pesquisa e ação em um processo no qual os atores implicados elucidam a realidade em que estão inseridos, junto com os pesquisadores, identificando problemas coletivos e buscando soluções em situação real”.

O segundo momento da pesquisa, no qual se passou a observar os registros das tarefas (documentos, filmagens e fotografias), a pesquisa passa a ser mais de análise. Observar todas as análises e reconhecer ações de Resiliência realizadas pelos operadores era o foco. Sendo, agora, um trabalho mais solitário, do próprio pesquisador. O que caracteriza a pesquisa, nesta etapa, como *ex-post-facto* (do latim, após o fato passado), na qual a análise se realiza depois dos fatos. É um tipo de pesquisa experimental, mas difere da experimental propriamente dita pelo fato de o fenômeno ocorrer naturalmente sem que o investigador tenha controle sobre ele, ou seja, nesse caso, o pesquisador passa a ser um mero observador do

acontecimento. Segundo Gil (2008), “não é possível fazer a manipulação de variáveis independentes, que chegam ao pesquisador já prontas”. Além disso, os processos que as originaram já aconteceram. Assim como as ações que os operadores realizaram. Não podem ser manipuladas e já ocorreram. São assumidas a partir de uma série de condicionantes impostos pela tarefa. Procuram-se as relações de causa e efeito, em eventos já ocorridos. Particularizando, nesta pesquisa, essas relações são buscadas entre as ações de Resiliência e a estabilidade do sistema.

### 3.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Definida a abordagem a ser seguida e os objetos de estudo, resta descrever os procedimentos metodológicos, as etapas seguidas no estudo. E, como definem Lakatos e Marconi (2007), essa etapa tem o papel de auxiliar quem deseje confirmar a veracidade dos resultados em uma pesquisa, a partir da possibilidade de sua reprodução. Duas das características do saber científico: ser verificável e replicável. Para que isso seja possível, não basta seguir os direcionamentos metodológicos assumidos pelo pesquisador, é preciso que os mesmos procedimentos sejam seguidos. Daí a grande importância de explicá-los e detalhá-los da melhor forma possível. É preciso que se pesquise dentro de parâmetros aceitos na comunidade de pesquisa da área à qual pertença o estudo e validado por ela, conforme descreve Dejours (2004a):

Trata-se de determinar se os resultados obtidos o foram com as regras de ofício adotadas pela comunidade dos ergonomistas, de maneira a descartar o risco de uma prática demasiadamente singularizada, demasiadamente original, e até marginal, tendo ficado muito à deriva com relação às exigências do ofício. Esta confrontação, que passa pela conformidade com as regras de ofício é, na verdade, uma prova metodológica.

Partindo de uma revisão da literatura, não apenas relativa ao quadro teórico da Ergonomia, a pesquisa passa pelo entendimento de conceitos ainda pouco difundidos e que guardam certa imprecisão, como Resiliência e Confiabilidade Humana. Daí a necessidade de uma ampla coleta bibliográfica e de definição dos *constructos* que serão utilizados no que se refere aos modelos de Análise da Confiabilidade Humana e, mais especificamente, à Resiliência.

A pesquisa teve como início a proposta de compreender o processo de projeto da Refinaria, fazendo parte de uma Cooperação em pesquisa e desenvolvimento no campo da ergonomia aplicada à Indústria de Refino de Petróleo. À medida que a pesquisa do processo

de projeto da Refinaria foi avançando, percebeu-se que diversos projetos eram implantados em área e, somente após sua implantação, inconsistências e inadequações eram percebidas. Era notório que havia ineficiências no processo de projeto. Os problemas que, inicialmente, existiam, permaneciam e pior, outros problemas surgiam a partir das soluções de projeto encontradas. Isso promoveu uma adequação no foco da pesquisa. Constatou-se que a maioria dos problemas observados era fruto de soluções que não levavam em conta as reais necessidades dos trabalhadores, bem como suas ações e estratégias para garantir a normalidade do sistema. Havia a necessidade de levantar essas ações e estratégias e incorporá-las na projeção. O problema não era, simplesmente, gerencial. Estava presente, também, na construção do projeto. Mudou-se o foco. Saiu-se da compreensão do processo de projeto para a atividade de projeção, com uma relação mais próxima com as equipes de projeto da Refinaria

A partir daí, essas ações começaram a ser elencadas, servindo de referência para novos projetos, utilizando o conceito defendido por Daniellou (1992) de Situações de Ação Característica (SAC), que constituem um conjunto de determinantes da situação de trabalho, que fazem parte da estrutura da atividade dos operadores. Nessa fase, a Ergonomia de Concepção passou a fazer parte das atividades do grupo, com a entrada em projetos de médio e grande porte, como novas carteiras (Unidades de processamento) e projetos de cabines de controle.

O Grupo de Trabalho era constituído por uma equipe de campo e uma de laboratório, além do professor orientador. A Equipe de Campo, a princípio era composta por 3 pessoas. Na segunda fase do projeto, foi integrada por 4 pessoas, que tinham a função de realizar a análise das situações de trabalho, tidas como as demandas do projeto. Já a Equipe de Laboratório era composta por alunos da graduação, responsáveis pelas simulações e modelagens das situações reais, como forma de facilitar o diálogo com os operadores e demais envolvidos nos projetos de ergonomia. O objetivo comum das equipes era o de compreender tudo o que envolvia cada situação, por meio de Análise Ergonômica do Trabalho e construir projetos que adequassem as situações de trabalho às exigências que a tarefa impunha aos operadores. Na interface entre o Grupo e a Refinaria, havia um petroleiro, designado a responder junto à Refinaria sobre as ações, as metas (indicadores), os resultados e o acompanhamento das atividades do Grupo quanto às demandas de Ergonomia. Com algumas mudanças que ocorreram na estrutura gerencial da Refinaria, a pesquisa mudou, novamente, seu foco. Saindo do estudo de um grande projeto – nova carteira de gasolina – para se aprofundar nas situações mais operacionais que são realizadas dentro da Refinaria. O

objeto de estudo deixou de ser os projetistas e passou a ser os operadores e suas ações situadas.

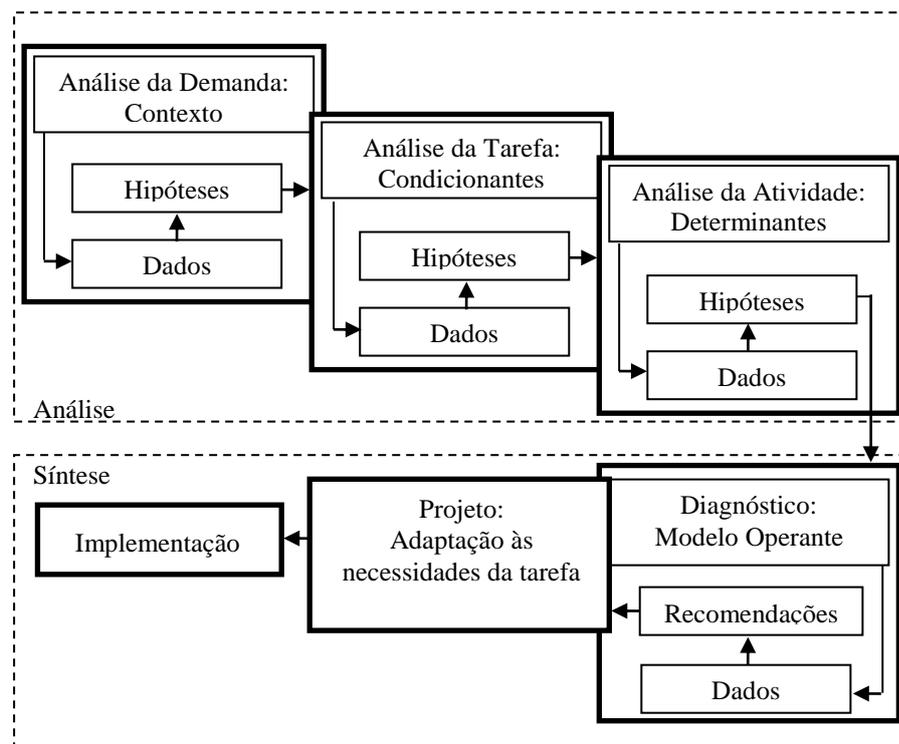
Os operadores que compuseram a amostra foram aqueles que participaram da análise da atividade em cada demanda, ou seja, aqueles que eram observados em atividade e, posterior confrontação. Em algumas situações mais de um operador foi analisado. Observou-se, na amostra, bastante heterogeneidade. Operadores com pouca experiência, outros com mais de 25 anos, na mesma função. Alguns terceirizados, outros funcionários da empresa. Alocados nos mais diversos setores: Transferência e Estocagem, Desenvolvimento de Produto (Laboratório de Análises), Operação, Manutenção entre outros. Este procedimento evitou a pontualização das estratégias e ações de Resiliência, demonstrando que, de uma forma geral, quaisquer operadores em quaisquer áreas ou funções podem influenciar a confiabilidade operacional. Seguindo a abordagem qualitativa desta pesquisa, não se determinou, a priori, quais seriam as áreas estudadas, as funções ou quais operadores fariam parte do estudo.

Na primeira frente, que teve como objeto de estudo os operadores em atividade, buscou-se apreender as ações e estratégias que eles utilizam para garantir o funcionamento do sistema de produção da Refinaria. Os dados utilizados na discussão da tese foram obtidos por meio da observação dos operadores em atividade de trabalho, na busca de identificar ações e estratégias que eles utilizam para manter a estabilidade do sistema ou para recuperá-la, caso alguma variação tenha ocorrido. O Grupo Ergo&Ação já desenvolvia pesquisas na própria Refinaria, dois anos antes do início dessa tese (FONTES *et al.*, 2008; MENEGON *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2008), quando manteve um Projeto de cooperação em pesquisa e desenvolvimento no campo da ergonomia. Algumas dessas análises, anteriores ao início da pesquisa, foram utilizadas para ilustrar a capacidade que os operadores têm de garantir ao sistema de produção a Resiliência, embasada em princípios de Confiabilidade Humana. A descrição dessas ações e estratégias observadas é enriquecida com a utilização de registros fotográficos e verbalizações. Assim, tem-se uma forte análise do discurso dos operadores, na busca de revelar fatos que justifiquem a tese defendida na pesquisa.

Cada demanda foi estudada, durante o período de projeto, por meio da Análise Ergonômica do Trabalho (Figura 15), cujo objetivo principal, de acordo com Menegon, Camarotto e Matusita (1998), é “estabelecer, sob o ponto de vista dos trabalhadores, o diagnóstico das condições materiais e imateriais que determinam a situação de trabalho e as recomendações pertinentes ao campo da ergonomia”. “O resultado de uma ação ergonômica desemboca, em primeira instância, na proposição de mudanças na situação em estudo. Em segunda instância, novos conhecimentos acerca de homem no trabalho” (GRUPO

ERGO&AÇÃO, 2003). Ainda dentro da abordagem de ação ergonômica, ganha destaque a fase de confrontação com os operadores. É aqui que as observações feitas pelo analista passam a ter significado. A confrontação possibilita que os operadores expliquem as estratégias assumidas e ações realizadas, além dos motivos que levam a isso. As observações não fazem sentido se não forem completamente compreendidas. Só assim, poder-se-á extrair as necessidades impostas pela tarefa para manter o sistema em funcionamento e transformá-las em requisitos de projeto.

Figura 15 – Modelo de Análise Ergonômica do Trabalho



Fonte: Adaptado de Grupo Ergo&Ação (2003)

O estudo completo de cada demanda, durante o período do projeto, compõe-se dessas etapas, culminando com a apresentação de um projeto de melhoria da situação de trabalho avaliada e sua implementação. Esta última etapa não dependia, exclusivamente, do Grupo. A Refinaria fazia uma avaliação de quais projetos deveriam ser implementados e determinava qual era a prioridade.

Uma classificação utilizada pela Refinaria para tarefas dos operadores está relacionada à periodicidade e à urgência com que acontecem. As tarefas são divididas em: rotina e manobra. A rotina diz respeito às ações constantes e que seguem uma periodicidade (duas vezes por dia, semanalmente etc.), independente do estado em que se encontra a

Unidade. É nessa rotina que se percebe a grande diferença entre operadores mais e menos experientes. Como grande parte das rotinas é de vistoria do estado do sistema, a representação que os operadores têm é fundamental. A segunda classe é a manobra. Tarefas eventuais, inconstantes e, algumas vezes, emergenciais que os operadores têm de realizar quando solicitados. Normalmente, essa solicitação parte das Casas de Controle. Podem ser de várias naturezas: correção de parâmetros de funcionamento de equipamentos, partidas e paradas de equipamentos que não possuem acesso remoto, testes, medições etc. Em todas as Unidades, procurou-se, primeiramente, compreender a rotina, analisando as etapas que envolvem essa classe de tarefas. Posteriormente, algumas manobras foram analisadas, de acordo com as demandas que se apresentavam.

Cada situação, além de suas características, expõe condicionantes ao analista. Algumas áreas, como UGAV e Área Sul (ARSUL) exigem, para que se tenha acesso, a participação em um curso específico sobre cada área, dadas suas especificidades, como presença de H<sub>2</sub>S (Sulfeto de Hidrogênio ou Ácido Sulfídrico<sup>5</sup>), na ARSUL e de HF (Ácido Fluorídrico<sup>6</sup>) na UGAV. Outra condicionante reside na altura de alguns equipamentos, que chegam a ter mais de 50 metros de altura. Pessoas com problemas de labirintite ou mesmo medo de altura, não são indicadas a realizar análises nessas condições. Essas e outras condições orientam o ferramental necessário à análise de cada uma das atividades. A periodicidade e o tempo de realização de uma atividade podem ditar estratégias de análise específica, como utilização de mais analistas ou de ferramentas de registro mais rápidas. É o caso de demandas que acontecem em locais que estão em situação de parada<sup>7</sup>. Nesse caso, elas passam a ser prioridade, independente de quaisquer outros fatores. Afinal, a parada ocorre em espaços de tempo, relativamente curtos, e o intervalo entre elas é bastante grande.

Fez-se um estudo prévio, tomando por base os documentos que apresentavam elementos de Análise da Demanda, de Análise da Tarefa e de Confrontação. Em um segundo momento, promoveu-se uma triagem das situações onde, possivelmente, poder-se-ia encontrar ações de Resiliência. O conhecimento prévio do pesquisador sobre as áreas e as tarefas que cada setor solicita ajudou nessa triagem. Outro fator que contribuiu nessa busca de situações foi o auxílio dos demais componentes do Grupo de Pesquisa, que detinham experiência com

---

<sup>5</sup> Em seu estado gasoso, é conhecido como gás de ovo podre ou gás da morte.

<sup>6</sup> Devido ao tamanho extremamente pequeno de sua molécula, percorre os tecidos vivos, penetrando a pele e demais tecidos até atacar o tecido ósseo.

<sup>7</sup> As paradas são momentos de manutenção intensiva, nos quais todos os equipamentos de determinada Unidade são desligados. Quando terminados os serviços programados, a Unidade entra em uma fase crítica, o retorno ao funcionamento, conhecido como partida.

outras situações e indicaram possíveis funções e tarefas onde o operador seria fator de confiabilidade do sistema.

Áreas com maior grau de risco foram analisadas primeiramente:

- Unidade de Gasolina de Aviação (UGAV) e Estação de Tratamento de Dejetos Industriais (ETDI) por utilizarem ou gerarem, em seu processo, elementos químicos altamente corrosivos e prejudiciais ao ser humano, com alto risco tanto químico como de acidente;
- Unidade de Coque de Petróleo (UCP) pelas condições ambientais adversas, como elevados ruído e temperatura, gerando riscos físicos;
- Tarefas com um histórico de acidentes (recebimento dos PIG's de limpeza da linha de gás natural) ou que lidassem diretamente com o maquinário (aferição das condições de funcionamento das máquinas: temperatura, rotação, isolamento etc.).

Dessas análises, algumas situações foram apresentadas como exemplos de Confiabilidade Humana. Foram classificadas e agrupadas, conforme os recursos mobilizados pelos operadores, para cada situação. As categorias foram criadas a partir do elemento utilizado pelos operadores em cada ação ou a partir dos tipos de solicitações que são feitas a eles. As variáveis de análise foram categorizadas em:

- Competência;
- Criação de artefatos;
- Otimização;
- Antecipação e previsão;
- Correção de falhas nos equipamentos;
- Fatores que afetam a Confiabilidade Humana

### **3.2. AMBIENTE ESTUDADO**

Sendo a segunda mais antiga das Refinarias do Brasil, a primeira estatal, a Refinaria em estudo foi concebida em 1952. Com a criação da Companhia responsável pela extração e comercialização de petróleo no Brasil, aos três de outubro de 1953, pelo então presidente Getúlio Vargas, a Refinaria passa a ser de propriedade da Companhia. No entanto, só foi inaugurada em 1955 e, naquela ocasião, respondia por cerca de 50% do consumo nacional de derivados. Nasceu com capacidade de processar 45.000 bbl/dia<sup>8</sup> (barris por dia),

---

<sup>8</sup> O que corresponde a cerca de 7.154.100 litros, já que um barril é igual a 158,98 litros.

que equivaliam a cerca de 80% do consumo nacional (BARBOSA, 2010). Sua localização, segundo Refinaria (2011), foi escolhida por questões de segurança nacional, pois Cubatão era um local difícil de ser acessado por navios ou aviões, em caso de uma guerra. Possui, atualmente, uma área de cerca de 6,7 Km<sup>2</sup> e é responsável por 11% da produção de derivados no Brasil, segundo dados da Companhia (PETROBRAS, 2011). Segundo Salerno e Aulicino (2008), é a Refinaria de Petróleo mais complexa do Brasil, ou seja, a que possui a maior diversidade de unidades de processamento para refino de petróleo, gerando também uma grande diversidade de fluxos de produtos intermediários que vão compor uma grande gama de produtos finais.

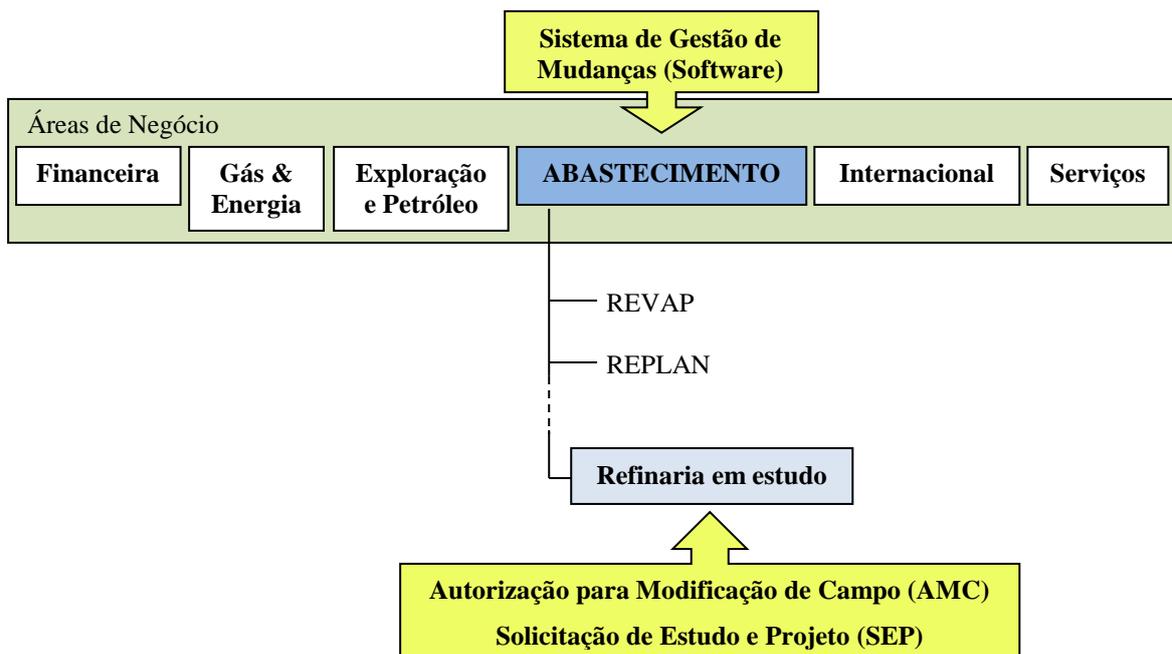
Apresenta características que a difere das demais. A começar pela gama de produtos ali produzidos, a maior e mais diversificada. Sendo, inclusive, a única a produzir Gasolina de Aviação (GAV) em nosso país. A planta de produção da GAV é altamente perigosa dada a presença, nesse processo, de Ácido Fluorídrico (HF), elemento tóxico e extremamente agressivo ao ser humano. Ademais, possui equipamentos demasiado antigos – da década de 1950 – com problemas de toda monta, desde os relacionados à depreciação àqueles de inadequação aos operadores (comandos em outros idiomas e diferenças antropométricas), sem falar nas instalações em geral que apresentam dificuldades ou mesmo impossibilidade de acesso, de comunicação entre operadores, e tantos outros que poderiam ser elencados.

Outra singularidade está na forma de tratamento dos projetos. A Refinaria possui um sistema de gerenciamento de projetos diferente das demais refinarias. Nele, existem as Solicitações de Estudo e Projeto (SEP), com numeração própria e fluxo de tratamento específico. É um resquício do tempo em que as refinarias ainda não seguiam o Sistema de Gestão de Mudanças (SGM), um software que gerencia as ações de um projeto, auxilia na definição e comunicação das pessoas envolvidas de cada disciplina, apresenta o *status* de cada etapa do projeto com a devida definição de prazos, valores, riscos e encaminhamentos. Nela, o método de gestão de projetos utilizado está relacionado com o seu porte, conforme Apêndice B. O método SEP é aplicado em projeto de pequeno porte com custo estimado em até 5 milhões de dólares. Para projetos bem menores, com custo orçado em até 10 mil reais, a Refinaria possui uma sistemática de Anotação de Modificação de Campo (AMC), mais resumida com menos etapas do que a SEP. Quando se passa para projetos acima de US\$ 5 milhões, é seguido o método FEL, bastante conhecido e utilizado em outros setores. O método FEL (*Front-End-Loading*) desenvolvido pelo *Project Management Institute* (PMI) é composto de fases bem definidas com atividades e documentos específicos para cada uma

delas. O objetivo do método é criar uma disciplina de investimento aliada à uma estrutura linear de passos a serem seguidos no gerenciamento de um projeto. O Apêndice C apresenta uma comparação entre as etapas do processo de projeto para o Corporativo da Companhia e para o Abastecimento com o método FEL do PMI.

Já a responsabilidade de gerir cada projeto está atrelada ao seu porte, mas de forma unívoca, como ilustra o Apêndice B. O setor de Engenharia gerencia projetos de pequeno porte; os de médio porte são geridos pelo setor de Empreendimentos da Refinaria e por fim, cabe ao setor de Empreendimentos do Corporativo (Área: Abastecimento) gerenciar os projetos de grande porte. Para melhor visualização do posicionamento da Área Abastecimento, dentro da estrutura de negócios da Empresa, a Figura 16 apresenta as seis áreas de negócio. Dentro do Abastecimento, encontram-se as Unidades de Refino ou Refinarias. Dentre elas a Refinaria em estudo.

Figura 16 – Áreas de Negócio da Companhia



Fonte: Próprio autor

Na Refinaria em estudo, um fator relacionado à organização do trabalho afeta os projetistas. Como a estrutura seguida é a matricial balanceada, os projetistas são deslocados para um determinado projeto, devendo compreender as necessidades que suscitaram a concepção, inserir-se no processo de projeto – composto por diversos outros especialistas de cada área envolvida – e buscar soluções para o(s) problema(s) apresentado(s). Para cada

projeto é designada uma equipe multidisciplinar, coordenada por um Gerente de Projeto. O fator complicador é o fato dos projetistas não se desligarem das atribuições relacionadas às suas áreas de atuação originais. Um Engenheiro Pleno da área de Melhorias de Processo pode ser designado como responsável pela parte de tubulação em um novo projeto, e permanecer desempenhando suas atribuições na área de Melhorias de Processo. Essa alocação de projetistas em mais de um projeto ao mesmo tempo já era apontada por Garrigou *et al.* (1995) como uma situação problemática. Isso os obriga a gerenciar seu tempo de forma eficaz, muitas vezes, tendo que abrir mão de alguma atividade para poder dar conta de algo mais urgente, ou seja, exige escolher uma atividade em função de outra. Comportamento que Reason (1990) chama de atenção focada ou teoria do estrangulamento de informações, na qual uma pessoa processa apenas uma ou um grupo de informações, a um dado momento e ignora informações sobre quaisquer outros assuntos. O foco, durante a sua jornada de trabalho é dividido. Quando passa de uma atividade para outra, tem de mobilizar os conhecimentos prévios sobre esta, para adentrar novamente na situação, reencontrar-se com o histórico da atividade e absorver as novidades que surgiram, fazendo assim, uma reconstrução constante de sua atividade. Reconstrução essa que varia para cada atividade.

Contudo, em alguns casos particulares, devido principalmente ao tamanho do projeto, pode-se criar um grupo de projeto. Nesse caso, as pessoas são convocadas a ficar em tempo integral dedicadas ao projeto. Elas, inclusive, deixam seu local de trabalho original e vão para um local específico onde serão desenvolvidas atividades apenas desse projeto. Isso acontece quando da concepção de projetos de médio e grande porte (investimento maior que US\$ 10 milhões) como, por exemplo, novas Unidades de Processamento, conhecidas como carteiras (diesel e gasolina). Esses projetos maiores, geralmente, são de responsabilidade de um setor chamado Implantação e Empreendimentos (IERB). Cabe a esse setor promover toda a parte de planejamento do projeto, alocação e acompanhamento de serviços de construção e montagem e gestão dos recursos utilizados na obra. É um órgão da própria refinaria que, no entanto, é contratado por ela para realizar essas atividades.

### 3.3. INSTRUMENTOS

Especial atenção foi dada ao registro da atividade. Os documentos, citados abaixo, foram avaliados, para cada demanda.

i) *Ficha de Caracterização Geral da Área* (Anexo A): descreve: ambiente de produção, produto e processo produtivo, organização do trabalho e EPI's utilizados. Além

disso, apresenta uma fotografia da área. Normalmente, na coleta das informações para o preenchimento dessa Ficha, fazia-se uma reunião com os operadores da Área dentro da Casa de Controle Local. A importância desse documento está em procurar compreender qual o relacionamento da área analisada com as demais da Refinaria e qual a sua função dentro do processo de produção.

ii) *Ficha de Descrição da Tarefa* (Anexo B): Documento utilizado para descrever as ações componentes de uma determinada tarefa, o local de realização e as máquinas e ferramentas utilizadas em cada ação. Para cada ação deve haver uma fotografia que ilustre a descrição do analista e represente, de forma mais fiel possível, aquilo que o operador realiza em cada momento. Era construída a partir de observação participante. A fidedignidade entre as ações do trabalhador em situação normal de trabalho e as que ele realizava enquanto estava sendo analisado, refletia diretamente na qualidade dos dados apreendidos. Assim, antes do início da observação, o operador era informado sobre as condições e finalidades da pesquisa e sobre a importância de sua contribuição ao processo de análise da atividade. Há, no final de cada linha (atividade), um campo no qual o analista pode descrever observações que julgue importantes à análise. Todo esse material é restituído ao operador na confrontação, posterior à análise.

iii) *Ficha EWA* (Anexo C): Utilizada para pontuar e classificar riscos e constrangimentos presentes na situação de trabalho, observados pelo analista e, em seguida, confirmados na confrontação com os operadores, de acordo com ferramenta *Ergonomic Workplace Analysis*, desenvolvido pelo Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (*Finnish Institute of Occupational Health*). A situação é avaliada pelo analista e atribuída uma pontuação, chamada de Fator de Risco, de acordo com a classificação de cada variável – apresentadas no Manual de utilização do EWA<sup>9</sup>. As variáveis são

- Espaço de trabalho;
- Atividade física geral, levantamento, carregamento e aplicação de força;
- Posturas de trabalho e movimentos;
- Ferramentas manuais e outros equipamentos;
- Cargas cognitivas;
- Cargas organizacionais e repetitividade;
- Risco de acidente.

---

<sup>9</sup> Material presente na biblioteca digital do Software Intervir, junto com a fundamentação sobre o EWA, desenvolvidos pelo Grupo Ergo&Ação.

A observação das atividades em campo, de todas as demandas, foi registrada por meio de fotografias e filmagens. Todas as situações foram registradas em vídeo. As filmagens possuem riqueza analítica e registram verbalizações que explicam, detalhadamente, as estratégias e modos operatórios utilizados pelos operadores. Abrahão *et al.* (2009) cita a importância de uma boa observação, que vá além do que é descrito, quando afirma que a AET não deve se restringir a uma série de descrições dos gestos, das posturas e das ações. Devem-se considerar os aspectos da ação das pessoas como sendo significativos para os resultados das atividades. Devido a características da tarefa, algumas tiveram que ser simuladas pelos operadores para registro, pois não puderam ser acompanhadas pelo analista. Em especial, as de alta sazonalidade, como as realizadas apenas nas Paradas de Unidade. O recurso fotográfico foi utilizado quando se buscava maior nitidez no registro: percepção da pega, direção do olhar, comparações espaciais etc. Esse material era utilizado na composição da Ficha de Caracterização da Tarefa. Quando não havia necessidade de maior precisão na informação visual, as imagens que ilustravam cada etapa da tarefa eram retiradas diretamente dos vídeos. Foram analisadas em torno de 25 horas e 30 minutos de filmagens e mais de 2000 fotografias, além de grande quantidade de documentos de registro das situações de trabalho.

Utilizaram-se Observações Sistemáticas Participativas que, segundo Abrahão *et al.* (2009), consistem em “observar o sujeito realizando a tarefa, enquanto lhe são feitas perguntas para esclarecimento de tudo o que ele mobiliza nessa realização”. Esse material foi revisto, para cada situação, procurando identificar momentos nos quais o operador responde às instabilidades e variabilidades do sistema de produção. E o que ele mobiliza, cria ou faz para responder a essa instabilidade e recuperar o estado normal do sistema. Essa etapa foi facilitada pela abordagem seguida pelos integrantes do Grupo de Ergonomia, que têm, em sua formação, a preocupação com os detalhes da realização da atividade, sempre com uma visão multidisciplinar e holística. Isso se refletia nos documentos criados a partir das análises e na própria interação com os operadores.

A etapa de confrontação, constante no Método AET, também foi utilizada nesta pesquisa, na busca por situações nas quais o operador utiliza ações e estratégias de Resiliência. Já que, nesta etapa, a lógica de construção da Resiliência por parte dos operadores pode ser compreendida. É um momento propício para entender os fatores que levam o operador a agir tal qual observado, os constrangimentos que ele enfrenta e o que facilita sua ação.

Deve-se deixar claro que os projetos realizados pelo Grupo junto à Refinaria não acabam com a confrontação. Continuavam com o diagnóstico da situação e a criação de

recomendações e especificações que norteavam o projeto que incorporava a lógica ascendente (*bottom-up*) e as necessidades reais dos trabalhadores frente às instabilidades do sistema.

## **CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Colhidos os dados, necessita-se apresentar seus resultados, seguindo a orientação dos objetivos e questões da pesquisa. O objetivo deste capítulo é descrever esses resultados, criando discussões que se façam necessárias à compreensão da cada resultado alcançado. As situações que apresentaram estratégias e ações de Resiliência foram descritas e categorizadas, de acordo com o elemento mobilizado pelos operadores e exigido para a manutenção ou recuperação do sistema.

### **4.1. ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE TRABALHO**

Parte-se para a comprovação do pressuposto assumido na tese e apresentação de exemplos que ilustram a tese da pesquisa. Auxiliado por registros fotográficos e por entrevistas de confrontação com os operadores (verbalizações), são apresentadas situações, previamente analisadas, que demonstram a capacidade que a Análise da Atividade tem de ser utilizada como método de levantamento das ações e estratégias dos operadores na garantia da Confiabilidade Humana. Mesmo as análises sendo realizadas dentro de um processo de ação ergonômica, diversos pontos refletem ações de Resiliência realizadas pelos operadores.

Apresentar-se-ão, a partir de agora, fatos que justificam essa tese e servem de exemplos nos quais as ações de Resiliência foram percebidas e extraídas pelo analista, por meio da Análise da Atividade e, posteriormente, confirmadas pelos próprios operadores, em entrevistas de confrontação. Todos os relatos e verbalizações aqui apresentados foram obtidos por meio da abordagem metodológica da Análise Ergonômica do Trabalho. Isso reforça o pressuposto desse estudo, de que a Análise da Atividade é o método mais apropriado a obter ações e estratégias que devem ser levadas em conta nas especificações de projeto. E que garantam maior Confiabilidade Humana ao sistema.

Na busca por classificar cada situação, elas foram agrupadas de acordo com algum elemento que facilitasse a caracterização das ações e possibilite aplicá-las em projeto. A importância desse agrupamento encontra respaldo nas palavras de Falzon (2004). Segundo ele, “é desejável que as práticas de intervenção sejam acompanhadas de uma reflexão estruturada, visando explicitar os processos de decisão e a categorizar as situações encontradas”.

#### 4.1.1. Competência

Em sistemas de produção contínua, o acompanhamento da evolução dos processos é realizado de forma indireta, baseado em instrumentos como manômetros, indicadores de nível e termômetros. No entanto, eles são insuficientes para diagnosticar, eficientemente, o estado das transformações do processo de produção. Por isso, conforme relata (GAROTTI, 2006), “os operadores também utilizam indicadores informais, aspectos subjetivos ou não mensuráveis, como odores e ruídos não usuais, aspectos de determinado instrumento, posição de válvulas, comportamento de motores como vibração e temperatura, cor de amostras e determinados sinais de colegas de trabalho”.

##### i. CANETA ESFEROGRÁFICA: VIBRAÇÃO DE MOTOR

Um dos casos que exemplifica a utilização dessa experiência adquirida no processo é emblemático. Durante uma rotina na área de motores da tocha, devem-se verificar os contatos de eixo e mancais quanto à vibração e à temperatura, tanto nos motores como nas caixas de lubrificação. Ainda quanto às tarefas exigidas, consta a permuta dos motores – todas as terças-feiras – para que se evite a queda do isolamento de um motor, por ficar parado por muito tempo. O operador observado possui mais de 20 anos de experiência na Empresa e trabalha em conjunto com outro, da manutenção, bem menos experiente. O operador explica que a rotina leva, quando tudo acontece normalmente, cerca de 40 minutos. O problema é que ele tem de fazer conferências constantes com a Casa de Controle Local (CCL). E os operadores da CCL têm outras tarefas a realizar, o que, muitas vezes, impede a realização da rotina de forma ininterrupta. Por vezes, eles interrompem a rotina e retornam à CCL, para continuá-la posteriormente. Isso acaba por impor uma adequação do tempo da rotina ao tempo de turno de cada operador. Assim, alguns mecanismos de captura de informações do sistema, por demandarem certo tempo, são substituídos por outros mais práticos e rápidos, como a análise sensorial.

Percebe-se que o menos experiente utiliza-se, sempre, de equipamentos eletrônicos que aferem temperatura e vibração. Já o mais experiente, utiliza-se de recursos não previstos na prescrição, como tocar com a mão o local onde se encontra o mancal dos motores ou utilizar uma caneta esferográfica, para aferir vibração (Figura 17). Algo que, muito provavelmente, não será relatado, caso se faça uma entrevista estruturada com ele. O que ressalta a diferença nos modos operatórios entre trabalhadores mais e menos experientes,

abordada em diversos estudos (CAROLY e WEILL-FASSINA, 2004; SHEREHIY e KARWOWSKI, 2006; FARRINGTON-DARBY e WILSON, 2006) ou entre os que passaram pela parte operacional e, atualmente, operam sistemas de controle remoto e aqueles que entram diretamente no sistema de controle (BOUYER, SANTOS e MELLO, 2007).

É algo que se consegue capturar com eficiência por meio da Análise da Atividade, em campo, onde a ação ocorre. O operador cita que existem outras referências, além dos equipamentos, para atestar a normalidade de um motor ou bomba:

“Nós, na prática, quer seja no tato ou no auscultar, por exemplo. Com uma caneta [encostando-a no local onde se encontra um dos mancais do motor e colocando a outra extremidade no ouvido], faz-se uma pré-análise [da vibração]. Qualquer dúvida, solicita-se uma análise mais apurada”.

Figura 17 – Operador utilizando caneta esferográfica para atestar a vibração do motor



Fonte: Próprio autor

## ii. CONHECENDO CADA RUÍDO

Outro operador, também se utilizando da experiência que tem, afirma, sobre a verificação *in loco* de bombas e motores:

“O barulho dela [bomba] é importante. O funcionamento do motor. Se ela não está cavitando por falta de produto. Se o motor não está fazendo algum ruído anormal. Já no motor, a agente percebe ruídos anormais que podem ser causados por falta de lubrificação, por uma deficiência de mancal, do rolamento, também pelo ouvido”

Na Unidade de Hidrotratamento (HDT), uma situação reforça a utilização da estratégia anteriormente citada. Mesmo em um local com alto ruído e existência de vários equipamentos, o operador consegue discernir o som emitido por cada um deles, conforme relata: “Tu vai ver a diferença da bomba. Tu conhecendo o funcionamento normal dela, vai saber que tem um ruído anormal. [...] A gente vê o tamanho da bomba; vê que o fabricante é diferente. Pela experiência você já vê o ruído normalmente”.

Seguindo nessa linha, outro exemplo da utilização da experiência pode ser apresentado, na Unidade C de Destilação Atmosférica (UC). É o local onde se extraem resíduos atmosféricos, diesel pesado, diesel leve, querosene e nafta. Durante a rotina – vistoria à Unidade – são checados os parâmetros operacionais (pressão do óleo, temperatura, vazão de petróleo para os fornos etc.). O conhecimento que os operadores têm de cada equipamento, seus ruídos, temperatura, histórico de problemas e outros fatores, capacita-os a perceber anormalidades, apenas com os órgãos sensoriais.

### iii. “PEGANDO” A TEMPERATURA

Um dos operadores utiliza o conhecimento que tem das características de cada produto, para aferir anormalidades quanto à temperatura, por meio do tato. Ele coloca a mão no mancal de uma bomba e consegue determinar se ela está normal ou se possui alguma anomalia.

“o produto passa e o mancal se aquece. Então a gente sabe a temperatura do produto. Tem noção do que esperar no mancal. Esse aquecimento é normal [colocando a mão na bomba – Figura 18] por conta do produto que ela bombeia. Essa tá bombeando querosene, que tem uma temperatura maior, então [o mancal] vai tá mais quente. Diesel, mais quente ainda. Aquela lá, então [apontando para outra bomba], quase 300 graus. O produto que ela bombeia, vai tá mais quente. Se você não conseguir pôr a mão, aí sim, estamos com um problema [...] É porque o sistema de refrigeração está com um problema.”

Figura 18 – Operador sente a temperatura do equipamento com o tato



Fonte: Próprio autor

A situação demonstra que Resiliência não significa, necessariamente, segurança. Tirar a luva para melhor utilizar seu conhecimento sensorial, pode ser interpretado, em especial, por aqueles ligados à Segurança Industrial da Empresa, como um desvio ou mesmo um ato inseguro. Os parâmetros observados nesse aparente simples ato asseguram a

estabilidade do sistema, por oferecerem uma representação, ao operador, do estado dos componentes e máquinas. São os modelos mentais que Darses, Falzon e Munduteguy (2007) afirmam ser úteis em situações complexas como aquelas que a ergonomia trata, pois permitem destacar os fatores considerados cruciais em cada situação. Essa é uma típica ação que revela que “a habilidade que uma pessoa tem de assegurar sua sobrevivência ou a operação normal do sistema frente à uma circunstância adversa, pode implicar, momentaneamente, em insegurança para seus membros” (PATIÈS, 2006).

#### iv. POUCA INFORMAÇÃO; MUITO EMPIRISMO

Ainda quanto à utilização da experiência, ela pode ser utilizada para suprir lacunas que o sistema deixa. A falta de informações advindas do sistema que possibilitem a tomada de decisão por parte dos operadores obriga-os a utilizar o conhecimento técnico lapidado pela experiência adquirida em seu trabalho. As variações rotineiras – matéria-prima, climáticas, organização do trabalho, ferramentas etc. – criam situações que aumentam, cada vez mais, o repertório de soluções que eles podem utilizar e todo tipo de situações, das mais comuns às mais inusitadas e inesperadas. Uma manobra na Estação de Tratamento de Afluentes serve de exemplo.

Uma válvula, operada por um volante manual, na margem da última lagoa de tratamento – antes do envio de volta ao Rio Cubatão – regula o nível de água na lagoa, impedindo que óleo ou qualquer outro líquido entre na corrente do Rio Cubatão. A tarefa consiste em manter o espelho de água no mesmo nível da estrutura que eles chamam de bolachão (Figura 19), onde se encontra uma válvula quebra-vórtice que impede a formação de redemoinho.

Figura 19 – Estrutura quebra-vórtice (bolachão)



Fonte: Próprio autor

A importância dessa tarefa se dá devido às consequências que um vazamento de óleo pode representar para a empresa. Um dos operadores afirma que “Uma manobra errada, é evento para o Jornal Nacional. É passível de uma multa ambiental”. E o operador manipula uma válvula grande e de difícil abertura, com movimentos circulares, realizando grande flexão do tronco (Figura 20). Outro operador reforça: “Aquele movimento que ele fez ali [...] é que a gente já tá acostumado. Por exemplo, a gente tem no quadro [de funcionários] operadores com lombalgias. Um cara com lombalgia fazer esse movimento é complicado”.

Figura 20 – Movimentação do volante de controle da vazão da lagoa (ETDI)



Fonte: Próprio autor

Curioso com a ausência de equipamentos que aferissem ou indicassem o nível da água, o analista pergunta: “Como você sabe a quantidade de giros que tem que dar?”. E o operador responde: “Aí vem o *feeling*. A experiência. A experiência tá aqui [apontando para a haste da válvula – Figura 21]”. E mostrando os níveis máximo e mínimo da haste, continua a explicação: “Essa aqui é a abertura máxima. Essa aqui é a mínima. Eu sei que, nas condições atuais da ETDI, a vazão deve tá flutuando em torno de 600 a 800 metros [cúbicos por hora]. Como essa vazão tá baixa, até porque não tivemos chuvas fortes nesses [últimos] dias, eu sei onde ela deve estar, por experiência”. E continua descrevendo uma estratégia operatória seguida pelos operadores: “Quando tá muito baixo o nível, a gente até faz uma marca na parede da lagoa, onde for possível pra observar a variação”.

Figura 21 – Leitura do nível da lagoa por meio da haste da válvula



Fonte: Próprio autor

A utilização de alguns dados para representação do sistema só tornou-se possível ao operador devido à experiência que tem. Assim, levantar a série histórica do índice pluviométrico, ou uma breve recordação dos dias chuvosos na região, bem como a informação do nível da lagoa, obtido na Casa de Controle Local, são informações que o ajudam na tomada de decisão.

#### v. CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR

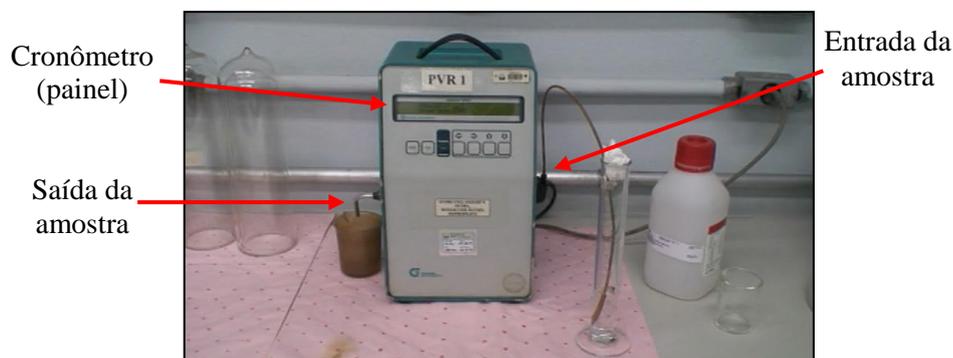
Outros equipamentos, dentro da Refinaria, apresentam falhas que comprometem a eficácia na função para a qual são concebidos. Exemplo disso é um analisador de líquidos do Laboratório de Análises. As atividades realizadas ali são essenciais ao controle de qualidade dos processos da Refinaria. Das análises que são realizadas no Laboratório, pode-se estabelecer, por exemplo, a rejeição de um tanque completo de produto. Uma decisão que afeta significativamente a lucratividade da Empresa. Assim, manter os equipamentos de análise calibrados adequadamente aparece como questão crucial.

A atividade de calibração de um analisador – equipamento utilizado para analisar amostras de nafta, gasolina, tolueno e benzeno – exige até mesmo mais do que o manual do equipamento apresenta, segundo a própria fala do operador: “quando fomos calibrar o equipamento, olhamos no manual as mensagens de erros que davam. Tentamos até o limite da informação que a gente tinha e não conseguimos colocá-lo em operação”. Isso impossibilitou que eles utilizassem o primeiro equipamento. Devido a isso, até então, o equipamento ficava guardado, sem possibilidade de uso.

Passou-se a observação do equipamento que era utilizado à época da análise. A função é a mesma do que está parado, no entanto, ele apresenta uma falha. Basicamente, o

equipamento trabalha succionando a amostra por um dos lados, realizando a análise e expulsando-a pelo outro lado (Figura 22). Os resultados dos parâmetros analisados, bem como o tempo de análise e demais informações são apresentadas no painel frontal do analisador.

Figura 22 – Analisador de amostras



Fonte: Próprio autor

O problema percebido foi que o pistão que trabalha, resumidamente, puxando e expulsando a amostra, dentro do equipamento, começava a trabalhar antes do cronometro que indica o tempo de sucção e expulsão. Isso poderia dar uma diferença nos valores aferidos, já que o tempo que a amostra passa dentro do equipamento é um dos parâmetros avaliados. A fim de garantir a precisão na análise, o operador passou a observar o som emitido pelo pistão quando começa a trabalhar, cronometrando ele próprio o tempo. De forma intuitiva, ele relata a estratégia que assume: “pelo barulho que o pistão tá fazendo você sabe que o pistão tá subindo e descendo”. Algo que pode parecer irrelevante, mas que carrega, nesse simples ato, uma gama de conhecimentos adquiridos no trabalho e mobilizados na ação. Corroborando isso, Bouyer e Sznelwar (2005) afirmam que “na simplicidade dos gestos manuais dos operadores, esconde-se a complexidade dos gestos cognitivos que garantem a continuidade ao processo de produção”. Vale destacar que o operador analisado tem 25 anos de Empresa.

#### vi. AFERIR SEM EQUIPAMENTOS

Existem processos nos quais a aferição de sua eficiência é realizada apenas pelo operador, sem ajuda de nenhum equipamento ou instrumento de medição. Nesses casos, constata-se a função do ser humano de manter o estado normal do sistema, assimilando as variações que nele ocorrem a todo o momento, dada sua característica dinâmica. Exemplo

disso é o acompanhamento do nível da salmoura e da cor da dessalgadora<sup>10</sup>. A capacidade de percepção, neste caso, visual, desenvolvida ao longo de anos de experiência lhe permitem associações mais seguras. Assim, a construção do espaço do problema torna-se mais fácil e a ação mais eficiente.

Quando questionado pelo analista sobre o que é verificado na área da dessalgadora, responde: “Isso aqui [bico de amostragem na frente da dessalgadora – Figura 23] a gente deixa assim [aberto] e toda vez que a gente passa e vê algum problema, a gente pede [à Casa de Controle Integrado - CCI] pra aumentar um pouquinho o nível pelo painel”. A analista pergunta como ele sabe que tem problema. Ele responde: “Pela cor. Ela tem que ficar igual à outra”. Fazendo menção ao outro bico de amostragem que fica ao lado da dessalgadora (Figura 24). E continua a explicação: “A linha *tá* suja, então ela *tá* limpando. Você vai ver como a água fica bem clara. Isso significa que a salmoura que *tá* tirando não *tá* misturada com óleo. A emulsão *tá* ficando e *tá* saindo só a salmoura, só a água que é jogada dentro para lavar o petróleo. Não *tá* saindo óleo junto, para não contaminar a ETDI [Estação de Tratamento de Dejetos Industriais]”.

Figura 23 – Detalhe da água do Bico de amostragem, na frente da Dessalgadora



Fonte: Próprio autor

---

<sup>10</sup> Precipitador eletrostático que tem por objetivo a remoção de água, sais e suspensão de partículas sólidas contidas no petróleo, evitando assim o aparecimento de efeitos danosos causados por sua presença (LAZZARI, 2007).

Figura 24 - Detalhe da água do Bico de amostragem, na lateral da Dessalgadora



Fonte: Próprio autor

Fazer uma boa verificação do nível de água na dessalgadora tem influência nos processos subsequentes, já que, após sair desse tanque o petróleo segue para torres e fornos para processamento.

#### vii. DESCOQUEAR PELOS SENTIDOS

Apresenta-se aqui outro relato que reforça a importância dos elementos da Competência dos operadores – habilidade, conhecimentos e experiência – na realização de suas tarefas e, conseqüentemente, a manutenção da normalidade dinâmica do sistema. A Unidade de Coque de Petróleo I (UCP-I) processa resíduos de vácuo provenientes das Unidades de Vácuo C e V. Existe, nessa área, um reator que é responsável por filtrar o resíduo de vácuo e separar os produtos leves dos pesados. Os leves (vapores) são enviados de volta para a torre de fracionamento de onde são retirados gasolina (nafta), gasóleo leve e GLP. O que sobra no fundo do reator recebe o nome de coque. É retirado quando se atinge a capacidade máxima e encaminhado para comercialização. É o que se chama de descoqueamento. Um funcionário terceirizado realiza o controle do guincho (perfuratriz) que promove a quebra do coque no tambor – fundo do reator – por meio de um jato de água a uma pressão de 200 Kgf/cm<sup>2</sup>. Todo o controle é realizado em um painel que fica dentro da cabine de descoqueamento. O granulado de coque cai, então, em uma rampa, na base da torre de descoqueamento. A tarefa do funcionário é controlar o guincho com a perfuratriz hidráulica e a saída do material na rampa. Ele conta com o apoio de um operador na realização de algumas atividades.

Na realização dessa tarefa, dois pontos devem ser elencados. Primeiro, a existência de um painel que reproduz o sistema do guincho e dá as informações necessárias ao

funcionário sobre pressão da perfuratriz, altura e velocidade de corte etc. A segunda diz respeito a uma modificação que foi feita na cabine onde se encontra esse painel. Existia, há algum tempo, uma abertura no piso da cabine por onde o funcionário conseguia observar a saída da rampa. Isso facilitava a ele discernir se a operação estava sendo realizada satisfatoriamente. No entanto, essa abertura foi fechada. Atualmente, ele tem de ir até uma das janelas da cabine para poder averiguar o tamanho e a quantidade das pedras de coque que estão saindo na rampa. No processo decisório que tem de realizar, utiliza o conhecimento tácito adquirido nos 11 anos de experiência nessa mesma função, realizando o mesmo tipo de atividade.

Ao ser questionado sobre o momento certo de parar a máquina perfuratriz na atividade de descoqueamento, responde: “Você trabalha com a audição. Seus ouvidos são seus olhos. Como você não pode olhar dentro do reator você tem que ouvir onde é coque, onde é chapa [não há coque], onde a água bate no coque”. O analista questiona se isso tudo é pela audição. O operador reforça: “Tudo auditivo. Você tá aqui operando o painel, sobe, desce, sobe, desce, a cada três metros, um minuto, você posiciona o coque. Pra saber onde tem coque ou não tem mais, é através do *áudio* [...], a água bate no coque ou na chapa. E também olhando pra aqui”. Nesse momento ele vai até uma janela na cabine, de onde se observa a saída do reator (Figura 25), também chamada por eles de rampa. Tudo o que é perfurado ou cortado dentro do reator vai para essa rampa, na base da torre de descoqueamento.

Figura 25 – Visão da saída do reator (rampa) a partir da cabine de descoqueamento



Fonte: Próprio autor

O analista pergunta como ele sabe que está bom. “Pelo tamanho da pedra [...] Pra gente saber se já furou o reator, ou não, a gente vê a quantidade de vapor e de água que sai [na rampa]”, responde ele. Um outro operador reforça a relação da experiência com a realização

dessa atividade. Segundo ele, enquanto opera o guincho, o operador tem de conferir, constantemente, o resultado de suas ações: “O operador vem aqui [indo até a mesma janela da Figura 25], olha o que *tá* caindo lá em baixo. Dá pra ver que algumas pedras estão caindo. Não tem muito vapor, ou seja, não furou o reator ainda. Quando ele fura, aumenta a vaporização. Aí vai muito da experiência do operador”. Percebe-se que a análise sensorial é fundamental na verificação de suas ações, mas não apenas a audição. O discernimento de quando a atividade de perfuração e de corte deve cessar ou mesmo quando alternar entre elas, só é possível devido ao conhecimento visual que ele tem. Não basta apenas ver as pedras; é preciso atribuir valores de eficiência do processo, realizar otimização.

Até mesmo as variações climáticas exigem que o operador adapte suas estratégias operatórias e passe a utilizar algum sentido com maior frequência que outro, como ele relata: “Hoje *tá* mais quente, você tem uma visão melhor aqui de cima. No tempo mais frio, você não tem tanto visão assim. Você trabalha através de audição [...] Porque no tempo frio, aqui, como a temperatura de fora é mais fria do que a de dentro, a tendência é mais vapor, a visibilidade aqui de cima é quase zero”.

Todos esses relatos que levam em conta o diagnóstico feito pelos operadores, a partir de estímulos sensoriais, são fortemente baseados em sua experiência. São construídos padrões aceitáveis ou parâmetros de tato, olfato, audição dentro dos quais a situação é tida como aceitável. São estratégias elaboradas a fim de antecipar o aparecimento de incidentes ou acidentes, que mobilizam várias modalidades sensoriais, permitindo, como afirmam Garrigou *et al* (1999), “a formação de conhecimentos incorporados, dificilmente verbalizados”. Estratégias que, ainda segundo eles, têm um papel fundamental na confiabilidade do funcionamento das organizações ou dos sistemas industriais. “A reflexão sensorial não pode ser reduzida à relação direta entre entes físicos”, como afirmam Silva e Lima (2002). Continuam, dizendo que a percepção é uma relação com as coisas, mediada pela consciência. Concluem, assim, que a percepção sensorial exige uma forma de consciência altamente desenvolvida, característica do ser humano. E, como descreve um operador da Refinaria, “Você sente a Unidade” (FERREIRA e IGUTI, 2003).

Ressalta-se a organização do trabalho existente nessa Unidade e que segue a mesma lógica em quase todas as demais Unidades da Refinaria. Poucos operadores para lidar com grandes áreas, inúmeros equipamentos e grandes responsabilidades, além de uma carga burocrática que, muitas vezes, poderia ser transferida para setores mais administrativos.

A cada turno, a equipe da UC é composta por, no mínimo, 7 pessoas. Duas delas ficam na Casa de Controle Integrado (CCI), fora da Unidade. Dos 5 restantes, um fica na Casa

de Controle Local (CCL), dois em outra Unidade, a UVC, e apenas dois realizam, efetivamente, a rotina e as manobras da UC. O problema está na extensão desta Unidade. Assim sendo, estes dois últimos operadores dividem a área em torres e em pátio de bombas e planta alta. Isso os impõe realizar a rotina em um ritmo acelerado. Daí a grande importância de utilizar a parte sensorial, também descrito nos relatos anteriores. A análise sensorial os poupa de ficar, constantemente, parando em cada equipamento. É uma estratégia operatória que busca responder os objetivos de produção, mesmo sob forte constrangimento temporal.

Um relato de um operador da Transferência e Estocagem ilustra essa incompatibilidade entre a estrutura das equipes de trabalho e as tarefas que devem ser realizadas. Some-se a isso a grande extensão das áreas. Esse cenário, muitas vezes, torna impossível o cumprimento de tudo o que lhes é solicitado. O operador que faz o relato é lotado na Área Norte da Refinaria, Sub-área de Diesel, que é composta por diversos 13 tanques de, em média, 40 metros de diâmetro, cada. A área toda tem cerca de 1.500 metros quadrados. Duas modalidades de atividades ocupam os operadores: a rotina e as manobras. A primeira tem relação com a verificação da normalidade do sistema, dos equipamentos, elementos do processo etc. e deve ser realizada duas vezes para cada turno de 8 horas, consumindo, segundo o operador, cerca de 1 hora e meia em cada ciclo de rotina. Já as manobras são atividades que fogem à rotina. Variam de acordo com o que o processo de produção exige, a cada momento. São liberações de equipamentos para manutenção, abertura de válvulas, permuta de tanques, liberação do conteúdo do tanque para expedição etc. Segundo este operador:

A gente tem, por obrigação, olhar a área duas vezes, por turno. Esse olhar duas vezes, eu faço assim, eu olho tudo que está em operação, vejo no começo e vejo no final do turno. Fora isso, a gente ainda escolhe um tanque por dia pra dar uma olhada melhor. Por que se você for fazer como eles querem, de olhar tanque por tanque, você não consegue [...]. A gente faz conforme vai tendo a demanda [manobra]. Tem dia que a demanda é tão grande que o cara não consegue fazer a rotina. Não consegue. Não tem como fazer. Então ele vai, entre uma manobra e outra, ele vai dando uma olhada. E a própria ida no tanque pra fazer a manobra, ele já tá olhando.

#### viii. VAZAMENTO NECESSÁRIO

Muitas vezes, o que parece ser anormal para os olhos destreinados de um analista, revela-se essencial ao diagnóstico construído pelos operadores da situação atual do sistema. O que se poderia, em um primeiro momento ser alvo de uma proposta de correção, acaba se

tornando elemento importante de Confiabilidade Humana. Oficializar um artifício, que parecia indesejado, pode facilitar a representação do sistema.

É o que se pôde perceber em uma situação na Unidade C de destilação atmosférica (UC). O petróleo vindo do Terminal de São Sebastião, chega aos tanques da Área Leste (ARLE). De lá, vai para a UC, onde passa por diversos processos químicos. Uma das tarefas dos operadores dessa Unidade é fazer a verificação das condições gerais de funcionamento, a Rotina. Como a Unidade é muito grande, eles dividem-na em três sub-áreas. Mesmo assim, a extensão é grande. Novamente, eles se utilizam do conhecimento sensorial para dar conta de vistoriar toda a Unidade em tempo exequível. Afinal, em cada turno, a rotina deve ser realizada duas vezes. Cada rotina dura cerca de uma hora, se tudo estiver dentro da normalidade.

Acompanhando a rotina, junto ao operador, o analista percebe um vazamento de líquido embaixo de uma bomba e questiona o operador se aquilo é um problema. Ele lhe responde:

Essa água que cai alí embaixo é usada para refrigeração da bomba. Se, por acaso, houver um rompimento do selo [de vedação] mecânico, o selo da bomba rompa, ele [querosene] vai vazar junto com a água. E aí eu pego essa situação na mão. (Figura 26). De que maneira? Querosene é oleoso; a água não é. Se eu sentir que a mão tá meio oleosa, é um indício de que pode estar com selo rompido. Se uma bomba dessas rompe o selo, ela pode por fogo na Unidade.

Figura 26 – Operador constata a viscosidade de líquido que vaza de bomba



Fonte: Próprio autor

Essa proximidade do operador com o sistema, não apenas física, mas por meio da percepção revestida e fundamentada em conhecimentos técnicos e em sua experiência, permite a ele responder de forma rápida a eventos que, a todo o momento, tendem a levar o sistema a sair da estabilidade. Daí a importância da atividade de rotina, desse acompanhamento constante do funcionamento dos elementos do sistema e de seus inter-

relacionamentos, característica de sistemas complexos. Segundo Hollnagel (2006), esse tipo de sistema possui estabilidade dinâmica e, da mesma forma, pode entrar em instabilidade dinâmica. Um pequeno problema tem poder de disparar outros eventos em uma reação em cadeia, devido ao relacionamento entre os componentes do sistema. O mesmo operador ainda expressa a importância da rotina: “A rotina nossa é importante e tem que ser feita constantemente. Para qualquer problema, tem que pegar no começo para depois não dar problema maior para a Unidade”

#### 4.1.2. Criação de artefatos

Mesmo quando há informações, mas elas não são suficientes o bastante para o operador determinar o estado do sistema, ele tem de realizar sua atividade. Consegue isso, utilizando-se do Sistema de Trabalho Interpretado que, segundo Marmaras e Pavard (1999; trad. port. Zamberlan), “é um recurso que permite apreender a maneira pela qual o operador percebe, compreende, interpreta e usa os componentes do sistema de trabalho”. Está diretamente relacionado à competência do trabalhador. A dificuldade ou mesmo a impossibilidade de realizar determinadas atividades com os meios que são fornecidos ou estão disponíveis, leva os operadores a utilizar artifícios e criar artefatos que possibilitem a ação. O que pode ser chamado de Catacrese<sup>11</sup>. Para Béguin e Rabardel (2000) caracteriza-se como uma atividade na qual o sujeito constrói seus instrumentos e os meios utilizados para completar sua ação. Sugerem ainda, considerá-la como um indicador da contribuição do usuário para o desenvolvimento e a utilização de um instrumento.

Mas o simples fato de criar um artefato ou utilizar um já existente, não explica, por completo, o sentido que o trabalhador dá a ele. Enriquecendo essa lógica, Rabardel (1995, *apud* Cuvelier e Caroly, 2009) afirma que “o instrumento é uma unidade mista constituída por um artefato (material ou artefato de natureza simbólica) e um componente relacionado à ação, chamado de esquema de utilização, ou constantes organizadoras da atividade do sujeito”.

Os artefatos são utilizados em diversas situações dentro da Refinaria. E acabam por ser incorporados à vivência dos operadores. São elementos que já ganharam o reconhecimento dos pares como essenciais ao desempenho de suas atividades. Tais artefatos carregam consigo, muito mais do que um artifício de auxílio na realização de suas atividades.

---

<sup>11</sup> O termo Catacrese é emprestado da linguística e de retórica. Para essas áreas, refere-se ao uso de uma palavra no lugar de outra, ou de uma forma que vai além do seu significado normal.

Eles são, por vezes, indispensáveis à realização de uma ação. Sem eles, a tarefa prescrita aos operadores não seria possível.

#### ix. PALITO DE MADEIRA

Apresentava-se uma demanda de acesso, dentro da Unidade de Gasolina de Aviação (UGAV). A unidade é composta de torres, vasos e outros equipamentos que desempenham diferentes funções a fim de elaborar os compostos das gasolinas destinadas a usos específicos (aviação, automobilismo, *Podium* etc.). Por utilizar no processo um elemento de alto poder de corrosão – ácido fluorídrico (HF) – essa Unidade apresenta características particulares. Existe um curso específico de preparação para quem vai desempenhar atividades na UGAV. Assim como a vestimenta que é diferenciada do restante da Refinaria, por ser composta por um material anticorrosivo. Segundo o Manual de Operação da UGAV (Petrobras, 2007), trabalhos nessa área devem ser realizados com vestimenta de Classe C<sup>12</sup>.

A demanda se referia à dificuldade de acesso à leitura do nível de hidrocarboneto no vaso decantador de ácido. Quando da Análise da Atividade, acompanhando um operador na realização dessa leitura, houve a necessidade de adequar a demanda. Constatou-se que o problema não era apenas dificuldade de leitura devido ao espaço físico inadequado – o que é notório – mas, também, de inexistência de equipamento adequado à leitura. O que há, na área, é um indicador de nível local, sem nenhuma informação quantitativa, que reflete o nível de ácido e hidrocarbonetos dentro da torre (Figura 27).

A tarefa consiste em verificar o nível de ácido na tubulação do vaso. Isso é, atualmente, realizado por meio de uma coluna externa ao vaso, com algumas válvulas. À medida que o operador abre cada válvula, ele tem de avaliar se está saindo, na parte inferior da coluna, ácido. Quando isso acontece, sabe-se que àquela altura se encontra o nível do ácido.

---

<sup>12</sup> Compõem a Classe C: Capacete de segurança acoplado com protetor facial semi esférico acoplado; Óculos de segurança com proteção lateral sob o protetor facial semi-esférico; Luvas impermeáveis de PVC de cano longo; Japona impermeável de trevira (sobre camisa de brim ou camiseta); Calça ou jardineira impermeável de trevira (sobre calça normal de brim); Botas de neoprene ou PVC (OBS: no caso do uso de jardineira, esta já vem acoplada com botas de PVC) (PETROBRAS, 2007).

Foto 27 – Indicador do nível local na UGAV (Externo ao vaso)



Fonte: Próprio autor

Como não há indicador numérico, o operador, primeiramente, baseia-se na informação histórica. Ele busca a leitura anterior e, a partir dela, elabora uma representação mental do sistema e de como ele pode estar no momento da verificação. Isso possibilita que ele manipule apenas as válvulas à altura esperada, sem a necessidade de testar todas elas.

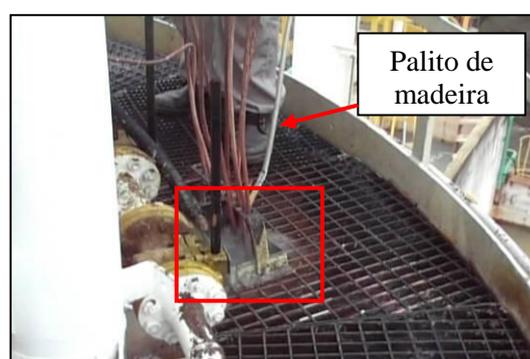
O analista perguntou ao operador como faria a averiguação do nível de ácido na torre. Ao que ele respondeu: “Tenho a indicação do nível pela CCI (Casa de Controle Integrado). A indicação de nível tá a 50%. Calculo mais ou menos cinquenta por cento. O nível tá aqui [apontando para o meio da coluna]. Eu venho aqui e acho ele”. Questionado sobre como saber se, realmente, o ácido está naquela altura, continuou: “Introduzo um palito [de madeira] aqui [parte inferior da coluna] para queimar o HF. Ele queima a madeira. A madeira fica preta. Por aqui eu vejo o nível de HF ou não. Se queimar o palito é ácido; se gelar, é só hidrocarboneto” (Figuras 28 e 29). Outro operador ainda complementa: “Tem uma relação da altura com que o palito queima”. Não basta disponibilizar equipamento de verificação do estado do sistema; é preciso que ele reflita eficazmente esse estado e que o operador consiga utilizá-lo, ou seja, extrair dele a informação esperada.

Figura 28 – Operador com palito de madeira para aferir a presença de HF



Fonte: Próprio autor

Figura 29 – Detalhe da madeira sendo queimada na parte inferior da coluna de hidrocarboneto



Fonte: Próprio autor

A utilização do palito de madeira não guarda relação com a experiência do operador. Todos eles utilizam esse artifício. É uma estratégia que tem reconhecimento de todos do setor e aceita por eles. Até porque não existe outra forma de realizar a tarefa.

Algo que difere entre eles, é a percepção do nível da coluna. Além do valor da última leitura, os mais experientes observam também os eventos que ocorreram na Unidade. Assim, elevações excessivas de ácido, desregulagens em equipamentos e outras anormalidades podem elevar ou baixar o nível do ácido. Algo que eles avaliam no momento de fazer a construção mental do estado do sistema.

Some-se a isso um agravante de ordem física. Diversas interferências de dutos e restrição de espaço para movimentação por parte dos operadores advêm de modificações feitas na Unidade, nos últimos anos, para responder às demandas da unidade. São modificações de processos e operações, adequação de instrumentos, instalação de novos equipamentos etc. No entanto, esses ajustes, em sua maioria, desconsideraram o papel fundamental da participação humana nos processos, uma vez que agregaram novas interferências ao espaço de trabalho, diminuindo as margens de regulação do operador.

## x. CANO DE AÇO

Como descrito anteriormente, o palito de madeira é um artefato que auxilia o operador. Porém, o artefato só tem sentido na atividade situada. Tal qual o palito de madeira que tem sua utilidade como elemento de averiguação, apenas quando em contato com o Ácido Fluorídrico, outra situação apresenta um novo artefato.

Na área de Transferência e Estocagem, uma das válvulas de segregação da produção – alinhamento das cargas – está em uma altura que não favorece sua operação, como visto na Figura 30. O operador confirma a dificuldade: “Não tem como resolver isso aqui [...] E tem uma coisa, essa válvula é dura. É pra quebrar a coluna mesmo”. Como forma de resolver esse problema, os operadores utilizam um cano de aço que fica ao lado da válvula e que eles introduzem no cabo da válvula (Figura 31). São artefatos que, como prega a teoria da atividade mediada, citada por Folcher e Rabardel (2007), são utilizados como forma de promover transformações das tarefas e das atividades e desenvolver recursos para a ação – que eles chamaram de apropriação.

Figura 30 – Válvula em altura desfavorável à sua operação



Fonte: Próprio autor

Figura 31 – Cano de aço para movimentação da válvula



Fonte: Próprio autor

#### 4.1.3. Otimização

Quando a informação apresentada por um equipamento não é confiável, os operadores lançam mão da Otimização. Fazem isso, valendo-se da experiência que têm. O fato, anteriormente citado, sobre a idade de alguns equipamentos da local de estudo é um fator que motiva tais ações. Eles preferem confiar em si mesmos do que em determinados equipamentos, seja por já haver um histórico de falhas ou mesmo pelo conhecimento tácito que possuem. Fadier (1996) afirma que as informações disponíveis em uma situação pesam pouco se elas são contraditórias à representação mental que o operador faz do estado do sistema ou do objetivo perseguido. “Os operadores têm uma considerável experiência quanto ao que eles podem controlar em termos de desvio e por isso toleram que sua decisão tenha pouca validade desde que ela não os conduza a uma situação de impasse em relação à sua experiência” (AMALBERTI, 2007).

Vale destacar que tanto o palito de madeira como o cano de ação são elementos não disponibilizados pela Empresa. São objetos que passam a ter uma importância na realização da atividade, tornando-se artefatos.

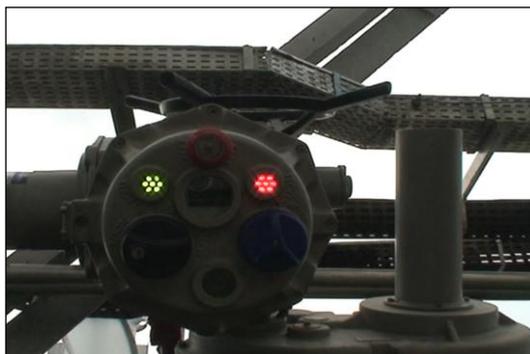
#### xi. O AUTOMÁTICO INEFICAZ

Percebe-se isso, por exemplo, na Unidade de Coque de Petróleo I (UCP-I). Antes do início da tarefa de descoqueamento, descrito anteriormente, o operador deve abrir as válvulas que liberam o fluxo de água para a ferramenta perfuratriz. São válvulas de acionamento remoto. Ele o faz no painel que fica dentro da cabine de descoqueamento. Contudo, o painel pode indicar um estado diferente do que as válvulas, efetivamente, encontram-se. A partir de uma informação do pressostato que fica na linha (duto), o operador vai aferir o status da válvula. O pressostato marca 36 Kgf/cm<sup>2</sup>. Quando perguntado qual valor seria alto para essa válvula, ele responde:

“A gente trabalha com valores médios. Então, em média, quando a gente tem essa válvula fechada, a gente tem esse valor. Por que a gente sabe disso? Porque da válvula pra frente essa linha toda *tá* cheia d’água. Então essa coluna d’água vai exercer uma pressão que dá, em média, esse valor aí [36 Kgf/cm<sup>2</sup>]. Agora, se tiver muito acima, qual o sintoma? Essa válvula de 4 polegadas, apesar dela *tá* acionada como fechada, ela *tá* dando passagem. Aí eu sei que a pressão vai subir.”

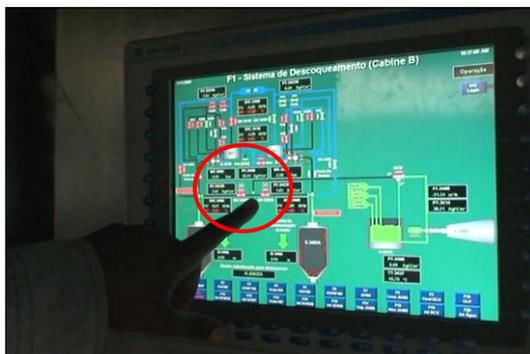
Este exemplo ilustra como o operador associa sua experiência aos determinantes técnicos, contribuindo para que o sistema opere de forma eficiente. Ao adotar este procedimento, ele compara diferentes fontes de informação, seja na própria válvula (Figura 32) ou na tela de controle da Unidade (Figura 33), antes de tomar sua decisão.

Figura 32 – Indicação de válvula em fechamento (no campo)



Fonte: Próprio autor

Figura 33 – Indicação de válvula fechada (Painel da Unidade)



Fonte: Próprio autor

Apesar de ser uma tarefa relativamente simples, ela é de suma importância, pois toda a perfuração do coque utiliza água como fluido de perfuração. Uma indicação no painel que seja diferente daquela em que a válvula, de fato, encontra-se pode ocasionar problemas na perfuração do coque. Por isso que o operador continua realizando a tomada de decisão, mesmo em ambientes com forte nível de automação. O que é discutido por Lima e Silva (2002). Segundo eles, “não é consenso que máquinas possam tratar informações e decidir”. Continuam, questionando se elas não fariam apenas ajustes num espaço predefinido de possibilidades já programadas.

## xii. BISNAGA DE HIDRÓXIDO DE AMÔNIA

Outra ação de otimização pode ser percebida na Unidade de Gasolina de Aviação (UGAV). É uma Unidade bastante perigosa dados os elementos utilizados na fabricação desse produto. Um deles é o Ácido Fluorídrico (HF). Sua principal ameaça ao ser humano está justamente em sua composição. Por ter moléculas extremamente pequenas – além de ser incolor – ele percorre os tecidos vivos, penetrando a pele e demais tecidos até atacar o tecido ósseo. As bombas de HF utilizam o próprio ácido como fluido selante, injetado a uma pressão um pouco acima da de sucção.

Durante uma Análise da Atividade do operador dessa área, ele recebe um chamado no rádio, solicitando que confira a pressão em uma determinada bomba ácida. Desloca-se até o local, verifica o manômetro (Figura 34).

Figura 34 – Verificação do manômetro da bomba de HF



Fonte: Próprio autor

O operador segue até um pilar que fica ao lado da bomba e pega uma bisnaga. Ao borrifar o líquido da bisnaga no local onde fica o selo de vedação da bomba (Figura 35), uma fumaça se forma. A esse processo, vem sua explicação: “Isso é hidróxido de amônia [conteúdo da bisnaga]. Ele reage com o HF. Onde tem HF e você joga, sobe aquela fumaça. [...] Tinha HF. Ele vaza pouco e faz aquele estrondo, fumaceiro. Se você colocar hidróxido de amônia em uma gota de HF, vai ficar aí umas duas horas evaporando. Ele entra em carbonização. É o que a gente usa para identificar vazamento ou não”.

Figura 35 – Operador borrifando hidróxido de amônia na Bomba de HF



Fonte: Próprio autor

Assim, o controle da pressão deve ser eficaz para que o líquido de selo não vazze. A leitura do manômetro, por si só, já poderia atestar qualquer tipo de vazamento, pois a pressão estaria abaixo da mínima exigida para selagem. Mas o operador atribui um princípio de avaliação da situação. Neste caso, ele observa visualmente se forma fumaça, quando ele joga o hidróxido de amônia no local do selo da bomba. Uma típica ação de otimização. Reforçando a afirmação de Fujita (2006) de que “a Resiliência de um sistema reside nas pessoas ao invés de na tecnologia”.

### xiii. TRANSBORDO DA ETDI

Da mesma forma, utiliza-se de validação de informações obtidas do sistema, em uma atividade na ETDI. Existe, nesta área, o que é conhecido na Refinaria como piscinão. Sua função é receber o excesso de esgoto químico de W-14 da Transferência e Estocagem, vinda do Tanque P-3929. A piscina serve como separador, retendo o óleo e enviando somente água para o Rio Cubatão. A tarefa do operador é de vistoria, conferir se está havendo transbordo da água para o Rio e se, por algum motivo, óleo está passando, o que não deve acontecer. A piscina possui um radar que indica o seu nível. Um operador explica: “Alí é um radar. É de 0 a 100. 80% é transbordo”, referindo-se à informação recebida na Casa de Controle Integrado. No entanto, outro operador descreve a função otimização que eles realizam. Segundo ele: “Já se sabe, foi aferido que 80% é transbordo. Por que o operador tem que vir aqui? Temos vários casos do radar não tá batendo com o que tá no real. É imprescindível que, mesmo que esteja

marcando lá [CCI] 80% ou 75%, o cara venha ver se tá batendo mesmo. Se houver uma falha no radar, é impacto ambiental”

#### xiv. CONFERÊNCIA VISUAL

A validação de uma informação recebida do sistema também pode ser percebida na Atividade de fechamento do topo do reator da UCP I. A CCI tem informações sobre a temperatura do reator mas, mesmo assim, os operadores fazem uma conferência visual para averiguar se a informação da CCI está correta ou não (Figura 34). Um dos operadores da área descreve a situação da seguinte forma:

Existem diversos termopares que medem a temperatura do costado do reator. Enquanto tiver coque, essa temperatura tá alta [...] Pela CCI não tem mais coque nenhum. Só que, às vezes, entre o termopar e outro, pode ficar preso um anel de coque. É justamente isso que a gente tem que verificar [...] Pra isso, a gente para o giro da lança, abre a placa-guia, deixa sair um pouco de vapor, coloca a lâmpada dentro do reator e dá uma olhadinha no costado (Figura 36). Se não tiver nada, acabou.

Figura 36 – Verificação da existência de coque no costado do reator



Fonte: Próprio autor

Caracteriza-se como uma ação de Resiliência pelo fato de ela impedir que essa permanência do coque no costado do reator, ocasiona o efeito inverso ao que é esperado pelo reator – aquecimento – como relata o operador: “Para você aquecer o reator, você precisa ter fluxo. A gente interliga o topo de um reator com o topo do outro. Se você não tem fluxo, esse efluente que tá entrando no reator, fica sem saída. Então, ao invés de aquecer o reator, ele esfria”.

#### 4.1.4. Antecipação e Previsão

Uma das características próprias do ser humano é sua capacidade de armazenagem de eventos e construção de um histórico que o auxilia na representação da situação atual do sistema. Na prevenção de ameaças prováveis, o operador utiliza-se de dois tipos de ativação, conforme Westrum (2006). A primeira, ligada à sua experiência, por meio de lições aprendidas, afinal, mesmo em incidentes, deve-se aprender com a falha. A segunda tem característica anacrônica. Utiliza-se de sinais inconsistentes ou fracos do sistema. Seriam pontos que demonstram a inconsistência do sistema de produção, mas não guardam relação com eventos anteriores. Está mais relacionada à percepção dos operadores.

#### xv. EVITAR AS MESMAS FALHAS

Uma situação na Unidade de Gás Natural (UGN) foi levantada. O gás natural recebido pela Refinaria vem da Plataforma de Merluza, em Praia Grande. Na Refinaria, ele será utilizado nos demais processos de produção, junto com o condensado, também enviado por essa Plataforma. Outra parte segue para consumidores externos. Uma das tarefas dos operadores da UGN é acompanhar e checar toda a área da planta de estabilização e sistema de gás quanto a possíveis vazamentos. Um dos alvos da demanda era a defasagem no sistema de recebimento de esferas.

Como a planta antiga apresentava alguns problemas de vazamento e ineficiência quanto ao processamento do gás natural e do condensado, fez-se, na Refinaria, o projeto de um novo Recebedor de esferas (PIG)<sup>13</sup>, instalado no final da linha de gás natural que vem do Terminal de São Sebastião – também operado pela Companhia em estudo. Os operadores, a partir de histórico de eventos no antigo recebedor, utilizam-se de estratégias que visam eliminar problemas anteriormente enfrentados por eles. Percebendo, na fase de Análise da Atividade, que o operador passava algum produto na tampa do recebedor, antes de fechá-lo, o analista pergunta o porque daquela ação. “É lubrificante! Lubrificante para facilitar a abertura, porque ele costuma grudar e a gente ter que bater muito para abrir a tampa. E o lubrificante facilita a posterior abertura”, respondeu ele. Ainda nessa situação, o detalhe da Figura 37 ilustra uma atividade de otimização. O operador passa a mão em torno da tampa do recebedor

---

<sup>13</sup> PIG é um elemento, rígido ou flexível, utilizado para a limpeza de tubulações. É inserido em um duto e viaja livremente, dirigido pela própria vazão do fluido transportado.

como forma de verificar a eficácia da informação, fornecida pelos equipamentos da área, de que não há vazamento na tampa do recebedor.

Figura 37 – Verificação da existência de vazamento no recebedor de PIG



Fonte: Próprio autor

A princípio e sem maiores avaliações, ações como essa, pode parecer desnecessária e associada a um excesso de zelo. No entanto, a antecipação aos eventos desencadeadores de acidentes pode ser feita até mesmo no estado normal do sistema. Algo mais propício ao ser humano, pois, como afirmam Assunção e Lima (2003), “o contato permanente do operador com o sistema de produção permite um gerenciamento constante deste”. Podendo-se até mesmo antecipar eventos catastróficos que se anunciam já no modo normal de funcionamento dos sistemas de produção e intervir, se necessário.

#### xvi. CONHECIMENTO DO CORPO

Ainda com relação à antecipação e levando-se em conta que os operadores gerenciam diversos objetivos na situação de trabalho, como os de produção, os sociais ou de grupo de trabalho e os de segurança pessoal, uma situação se destaca. Ela reflete o que Morel e Amalberti (2008) chamam de três horizontes temporais da Resiliência. No primeiro, o operador idealiza a catástrofe antes que ela aconteça, de acordo com indicativos da situação. O segundo lida com a adaptação a uma situação crítica e criação de soluções em tempo real. E no terceiro, busca-se gerir as consequências do acidente.

No primeiro horizonte temporal, os trabalhadores que estão mais próximos do sistema de produção tem papel fundamental, pois existe uma forte relação com a sensação de sentir-se seguro, presente na Teoria das Necessidades de Maslow (Lazarus e Monat, 1984). A previsão e a antecipação formam a base dessa etapa. O conhecimento do corpo e de suas

reações auxilia na construção de cenários futuros que podem se deteriorar, de acordo com a evolução de alguns elementos. Isso se torna perceptível na descrição de um operador da UGAV, das formas correta e incorreta de abrir uma válvula com volante:

É muito perigoso! Produto pressurizado dentro da tubulação. A haste [da válvula] é móvel (Figura 38). A válvula fechada, isso aqui [haste] tá pra dentro. Você vai abrir e, por algum acidente, solta algum fixador da haste. Você vai começar a abrir, a válvula *tá* emperrada. A tendência do corpo, já que você está fazendo força (Figura 39), é você ir pra frente da válvula. É onde acontece o acidente, você fica com a cabeça bem rente à haste (Figura 40). Se ela der uma pressurizada e o instrumento não segurar, ela vai vir com tudo pra fora e pode causar um acidente.

Figura 38 – Detalhe da haste móvel da válvula



Fonte: Próprio autor

Figura 39 – Operador aplicando força à válvula para abrir



Fonte: Próprio autor

Figura 40 – Tendência do corpo para aumentar a força



Fonte: Próprio autor

Essa ação materializa o conflito entre objetivos de produtividade e de segurança. O constante gerenciamento da situação é feito utilizando-se de conhecimentos técnicos do funcionamento da válvula; históricos, de outros acidentes e do estado do equipamento; biomecânicos, no ganho de torque através da utilização do peso do corpo. Pode não perceber, mas o operador faz isso com iterações entre ele e o equipamento. Ou seja, a partir de ruídos, amenização da força exercida, cheiro, ele vai percebendo se está conseguindo abrindo a válvula, quanto ainda precisa exercer de força e, quando começa a se arriscar demais. Ele acaba, intuitivamente, permeando as zonas de segurança (segura; de perigo; de perda de controle), previstas por Rasmussen (1997) em seu modelo (Figura 5).

#### 4.1.5. Correção de falhas nos equipamentos

Na busca pela manutenção da estabilidade do sistema de produção – função de Resiliência – os operadores muitas vezes têm de corrigir problemas relacionados às máquinas e equipamentos. Em diversos lugares, na Refinaria, existem equipamentos de acionamento remoto. São válvulas e dispositivos eletro-mecânicos, normalmente utilizados em dutos de grande bitola, devido ao grande esforço para sua movimentação, ou onde o acesso do

operador é difícil ou perigoso. No entanto, eles costumam apresentar problemas na abertura ou fechamento. Aí os operadores entram em cena para regular os incidentes e recolocar em funcionamento os automatismos. Só que, como cita Daniellou (2002), “as intervenções do ser humano, como não foram previstas, normalmente, ocorrem em condições difíceis ou perigosas”.

#### xvii. SAÍDA DO FORNO DA UGH

Na Unidade de Geração de Hidrogênio (UGH), as válvulas de TRIP – parada imediata – da Unidade são de acionamento remoto. O papel da UGH é fundamental para diversos outros processos, já que o Hidrogênio faz parte da composição de vários subprodutos da Refinaria.

Uma demanda dessa Unidade é a dificuldade de acesso às duas válvulas pneumáticas na saída do forno da UGH. Normalmente, quando o operador vai às válvulas, alguma anormalidade foi detectada pela CCI. E, quase sempre, o tempo é pouco para observação e possíveis reparos. Um operador relata um dos problemas dessas válvulas: “Quando a válvula não abre ou não fecha. Vamos supor que ela deva estar aberta. Só que ela não dá indicação lá [na CCI] de aberta. O que é solicitado? Dá uma verificada nela! Aí tu chega aqui, ela não está realmente aberta. Ela está quase aberta, tá no meio do caminho”. Para corrigir isso, o operador realiza um procedimento de operação manual da válvula. Perguntado como percebe o estado real da válvula, ele responde: “A solenóide [responsável pela movimentação da válvula] é barulhenta. Quando ela abre, dá um estouro de ar ou uma fuga de ar. A gente percebe isso. E pela própria movimentação da válvula”.

Agravando isso, além do pouco tempo para resolução do problema, o que impõe uma pressão temporal ao trabalhador, a questão inicial da demanda. O acesso às duas válvulas é perigoso, realizado com a utilização de um cinto paraquedista, ficando o operador fora da plataforma a cerca de 30 metros do solo. É um exemplo do mau planejamento da tecnologia frente às necessidades de manutenção.

#### xviii. SE NÃO VAI NO AUTOMÁTICO, VAI NO MANUAL

Situação semelhante ocorre na Unidade de Gás Natural (UGN). Outra tarefa dos operadores dessa área é a purga da linha. A purga é feita com vapor e nitrogênio para remover os gases que permanecem na linha e tornar o ambiente apropriado para a abertura do

recebedor. O vapor injetado e o condensado a ser eliminado são alinhados para a tocha (despressurização), onde são incinerados. O mesmo acontece com nitrogênio.

Após o momento de despressurização para o sistema de tocha, algumas válvulas foram abertas manualmente, mesmo tendo acionamento eletro-mecânico. Fato que foi questionado ao operador. Ele relatou: “Essas aqui são elétricas. Se bem que semana passada, eles tiveram que, em algumas delas, começar o acionamento manualmente. Elas não atenderam [o comando] de pronto”. Mesmo com o avanço tecnológico, nestes dois casos, com a inserção de válvulas de movimentação remota, o ser humano continua tendo papel preponderante na manutenção da estabilidade do sistema. Neste caso, difere-se da discussão apresentada por Lima e Silva (2002). A questão por eles levantada é sobre os momentos adequados para desligar os dispositivos automáticos e deixar que o operador assuma o controle “em manual”. Aqui, não existe momento adequado. É uma necessidade operacional. Não há escolha. Quando as válvulas não abrem, os operadores têm de intervir nelas e abri-las manualmente.

#### xix. O OPERADOR E UM ARAMINHO

A resolução de um problema no sistema técnico, muitas vezes, obriga o operador a utilizar-se de artifícios que não são prescritos nos procedimentos. Porém, são essenciais na recuperação do sistema. Fato que pode ser ilustrado por uma ação de um operador na rotina de vistoria de um dos fornos da Unidade C de Destilação Atmosférica (UC). Nesse local, as tarefas a ele incumbidas são: observar se todos os seis queimadores e pilotos estão em condições normais de funcionamento e verificar a condição da chama no visualizador específico. Ele relata uma situação na qual um dos bicos injetores de gás do forno apaga. O forno funciona tal qual um fogão doméstico. O bico injetor (Piloto) é similar às bocas do fogão e o queimador, cumpre a mesma função do fósforo, isqueiro ou do sistema de criação de centelha. O analista pergunta o que ele faz quando o forno da Unidade apaga. Ao que responde:

Em algum lugar sempre tem um araminho fininho que a gente usa pra passar alí dentro [bico injetor] pra ver se tem alguma coisa obstruindo. Que nem limpar bico de fogão. Eu limpo ele; ajusto o ar; passo um pano pra tirar a sujeira [...] e a gente pede pra CCI tentar reacender ele.

No mesmo local, a incompatibilidade entre uma ação tomada pelos operadores da CCI e os equipamentos em área, pode obrigar o operador de campo a corrigir essa falha.

Quando a CCI aciona o piloto – só pode ser feito por lá – mas o queimador não liga, ou seja, não acende a luz de indicação, o operador afirma que pode haver um problema no sensor. Afinal, chama havia; o sensor foi que não reconheceu. O operador descreve o que deve ser feito por ele:

Tento reduzir o ar do ejetor [piloto]. Porque, às vezes, com muito ar, a chama descola do bico do queimador. E, como o sensor *tá* numa posição X, se ele descolar um pouco e não ler aquela chama, ele leva para a condição de segurança, que é apagar aquele queimador e aquele piloto. Regulo esse ar pra que ela fique numa condição normal *pro* sensor ler.

Da mesma forma, o retorno ao estado normal, nessa situação, é condicionado à presença do operador na área. Quando a chama do forno para por motivos de segurança ou quaisquer outros, o procedimento a ser seguido é descrito pelo operador:

Por algum motivo, parou o PAF [piloto], tripou [parou] o forno. Todas elas, automaticamente, tanto piloto como queimador, vão atuar e essa solenoide vai mandar o comando para fechar essas válvulas. Só que eu tenho que vir para área e fechar todas elas manualmente, porque eu não sei se ela está dando alguma passagem na válvula. E, se tiver *dando* passagem, vai pra dentro do forno e aí não libera o teste de estanqueidade, para partir o forno.

#### 4.1.6. Fatores que afetam a Confiabilidade Humana

Os fatores que afetam e diminuem a possibilidade de intervenção do operador, quando de uma instabilidade no sistema, também podem ser capturados pela Análise da Atividade.

Uma representação eficaz do sistema é uma das características da competência. As atividades de processamento cognitivo, ao longo do curso da ação, que possibilitam a ele compreender o estado atual do sistema, os fatores que levaram a essa situação e as possíveis consequências disso são citadas, na ergonomia, como Representação para a ação (WEILL-FASSINA, RABARDEL e DUBOIS, 1993 *apud* WISNER, 2004). Quanto mais a representação comportar a realidade, melhor será a qualidade e a adequação aos cursos da ação. Alguns pontos podem prejudicar essa representação, como: ausência do conhecimento para reconhecer e associar sinais do sistema (GUÉRIN *et al.*, 2001); inexperiência e impossibilidade de visualizar o estado futuro (BELLIÈS, 2002); ou mesmo a existência de conflitos competitivos ou cooperativos que impedem a representação partilhada (TEIGER, 1993; HUTCHINS, 1991 *apud* SANTOS, ZAMBERLAN e PAVARD, 2009). Compreender as informações que são armazenadas em forma de representações, possibilita agregar, em projeto, suportes que auxiliem a construção de uma representação compatível com as

exigências da tarefa segundo (ABRAHÃO *et al.*, 2009). Na Refinaria em estudo, algumas situações ilustram esses fatores que podem dificultar a Confiabilidade Humana.

#### xx. NÃO BASTA EXISTIR

Em diversas subestações, os painéis de medição existem, porém suas condições de visualização não são adequadas, seja pela altura onde estão dispostos (Figura 41), pela existência de reflexo nos visores ou mesmo pela baixa iluminação no local. As questões relacionadas à iluminação são contornadas pelos operadores através de sua competência. Conhecedores dos equipamentos e da situação na área operacional, eles constroem uma representação eficaz do sistema. De tal sorte que conseguem contornar as dificuldades de visualização e agir de forma adequada para cada situação. Muitas vezes, até mesmo o erro de paralaxe, tão propício a acontecer, dada a impossibilidade de leitura perpendicular ao visor – conforme mostrado na Figura 39 – é corrigido já na leitura. Os operadores imprimem um fator de correção informal, levando em conta a sua altura, o que eles conseguem visualizar e o histórico do estado do sistema.

Figura 41 – Painel de visualização em subestação elétrica

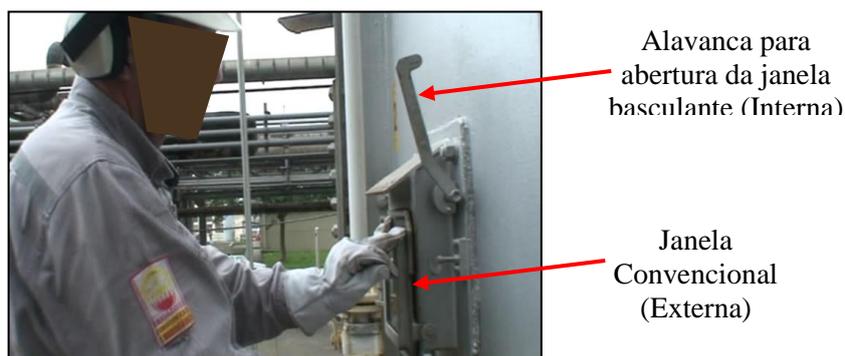


Fonte: Próprio autor

#### xxi. TRANSGREDIR PROCEDIMENTO: NECESSIDADE!

Os fornos maiores da Refinaria apresentam uma janela de visualização composto por dois anteparos de proteção: uma janela basculante de metal e uma janela de abertura convencional de vidro, conforme Figura 42.

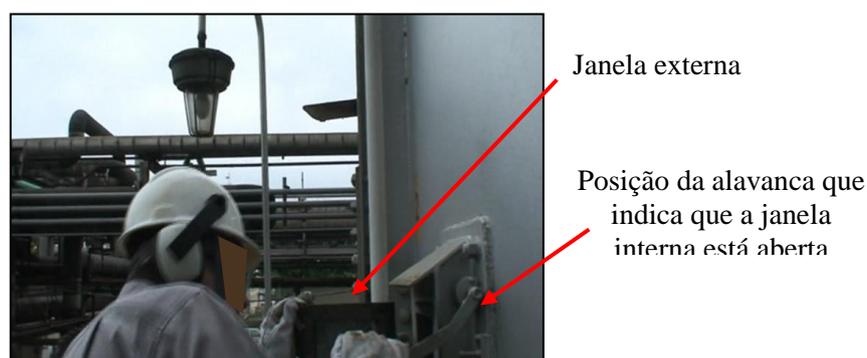
Figura 42 – Janela de visualização do forno



Fonte: Próprio autor

O procedimento de abertura da janela de visualização deve ser realizado utilizando-se apenas a janela basculante, já que a janela externa é de vidro e permite a visualização da chama, mesmo estando fechada. No entanto, o operador confirma que, por vezes, tem de abrir, também, a janela externa, conforme demonstra a Figura 43, e justifica tal ação, que pode ser considerada como uma transgressão de procedimento, pela impossibilidade de fazer uma representação eficaz da situação, como explica: “às vezes, eu abro aqui [janela externa] para ver melhor, porque tá muito embaçado. Não é aconselhável fazer isso mas, às vezes, o vidro tá tão sujo que você não consegue fazer uma visualização boa do que tá acontecendo alí dentro”.

Figura 43 – Abertura das duas janelas de visualização do forno.



Fonte: Próprio autor

## xxii. TOMADA DE DECISÃO DIFICULTADA

Na UGAV, o operador antecipa possíveis cenários, prevendo situações adversas em sinistros. A tomada de decisão em um evento anormal pode ser condicionada por essa impossibilidade de obtenção das informações necessárias. Um operador descreve um possível cenário de sinistro, onde se deve estancar um vazamento de HF na região do Equipamento

Indicador de Nível de Ácido e constata problemas relacionados ao espaço físico e sua interferência no levantamento das informações necessárias à eliminação do vazamento: “Num vazamento, a pessoa pode tá aqui (Figura 44) com roupa pressurizada. A movimentação aqui fica pior ainda [...] Se você colocar classe C ou D<sup>14</sup>, média e grande proteção, você vem com ar mandado pra cá, com cilindro nas costas pra poder estancar um vazamento”.

Figura 44 – Restrição de espaço físico no Indicador de Nível de Ácido



Fonte: Próprio autor

A representação que os operadores têm das áreas (periculosidade, histórico de problemas, equipamentos inadequados, existência de rotas de fuga etc.) já eleva seu nível de atenção e de monitoramento das condições de operação do sistema. Isso tem influência na tomada de decisão. A velocidade e eficácia nas escolhas a serem feitas, especialmente em momentos de instabilidade ou mesmo sinistro, depende das soluções construídas na mente do trabalhador, somadas às informações do sistema para que o operador construa sua representação para a ação naquele momento. Nesse sentido, não se pode desvincular as questões associadas ao processo decisório das questões de adequação dos postos de trabalho tratadas pela Ergonomia nos seus primórdios.

### xxiii. FAZEM SEM PERGUNTAR

Projetos que não levam em conta as exigências da atividade também podem dificultar ou mesmo impedir a obtenção das informações necessárias à representação do

---

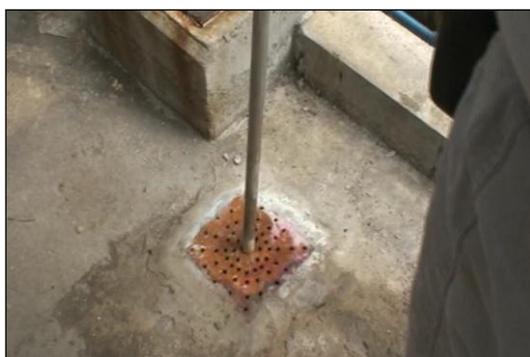
<sup>14</sup>Ver (PETROBRAS, 2007)

estado do sistema. Na Unidade C de Destilação Atmosférica (UC), o operador apresenta um problema gerado por uma melhoria promovida na Unidade.

Durante a rotina de vistoria de área, conforme já apresentado anteriormente, a parte sensorial é primordial para os operadores. Escutar os equipamentos, sentir sua temperatura no tato e visualizar dutos, drenos, característica de fumaças etc., são fatores que garantem ao ser humano um diferencial frente às máquinas, o de captar e trabalhar melhor com informações externas.

A Figura 45 mostra uma descida de tubulação, como está atualmente, fechada por um ralo fixo. Antes, segundo o operador, não havia essa tampa e eles conseguiam visualizar o fluxo de água para o andar inferior, inclusive atestando normalidade por meio da cor da água que passava.

Figura 45 – Tampa em ralo na Unidade C de Destilação Atmosférica (UC)



Fonte: Próprio autor

O operador relata o problema da seguinte forma:

Antes disso aqui [descida da tubulação] era aberto. A gente visualizava se *tava* tendo vazão, se *tava* passando água direitinho pra cá, a cor que *tava* a água. Foi inclusive por aqui que a gente conseguiu pegar que *tava* passando nafta pra água. Agora, não sei porque, colocaram esse ralo. A gente não consegue pegar mais. Não consegue nem saber se *tá* passando água lá pra baixo.

Ainda com relação à essa situação, o operador relata um caso que caracteriza o papel do ser humano na manutenção da estabilidade do sistema, um exemplo de Confiabilidade Humana. Percebe-se, em seu discurso que a condição antiga – ralo aberto – facilitava a percepção de problemas que pudessem estar ocorrendo na Unidade.

#### xxiv. O PROJETO DO IMPOSSÍVEL

Nessa mesma Unidade, outra melhoria implantada também dificulta a retirada de amostras para envio ao Laboratório de Análises. Um dos bicos de amostragem da água ácida foi prolongado, conforme a Figura 46. Com isso, devido à quantidade que o Laboratório exige para que se faça a amostragem, não se consegue mais inserir a garrafa de coleta no bico amostrador. Ele relata: “A nossa rotina de amostragem é só pra pH. Só que agora ficou muito comprido. Ele era menor. Aqui assim [conforme demonstra a Figura 47]. Então, a gente conseguia por a garrafa. Agora, já não dá mais. Ficou muito grande. Com certeza, vai precisar cortar um pedaço”.

Figura 46 - Bico de amostragem da água ácida



Fonte: Próprio autor

Figura 47 – Demonstração do tamanho que era o bico, antes da melhoria



Fonte: Próprio autor

Impossibilitar a retirada dessa amostra pode repercutir negativamente na produção. Como a amostra faz parte da rotina de meio-dia, o acompanhamento é rigoroso. Dependendo do nível de pH, conforme o próprio operador: “O setor determina o aumento ou a diminuição da injeção de produto químico [...] para manter o nível de corrosão aceitável”.

## xxv. E SE PRECISAR?

Relembrando a Teoria do Queijo Suíço de Reason (1990) que preconiza que acidentes acontecem devido ao alinhamento de falhas nas barreiras de segurança de um sistema, pode-se construir, a partir de depoimentos dos operadores cenários propícios ao acontecimento de eventos catastróficos. Novamente, a incoerência entre projeto e operação aparece como uma das causas de situações perigosas. A situação descrita ocorre na área de Transferência e Estocagem, que tem como uma de suas atribuições, o alinhamento das cargas que saem da produção e são enviadas da Refinaria para Distribuidores e para o TECUB, Terminal de Cubatão, local onde são abastecidos caminhões-tanque.

O operador descreve, utilizando-se de seu conhecimento e representação do sistema, uma possível consequência da situação que existe nessa área. O acesso físico a algumas válvulas é bem problemático, tendo o operador que passar ou caminhar por cima de dutos, exigindo, além dos conhecimentos técnicos, um grau elevado de equilíbrio. A Figura 48 ilustra o operador acessando a válvula de uma linha (duto) de W-13 (Tipo de água utilizada no processo de produção) para o vaso O-40.

Figura 48 – Acesso inadequado à válvula de W-13



Fonte: Próprio autor

Chegar à válvula já é difícil, tendo que caminhar por cima de outras linhas. Não bastasse isso, a situação na qual essa válvula pode ser solicitada a ser operada é descrita pelo operador:

Eu nunca operei ela e espero nunca operar. Mas é uma válvula de extrema segurança. Se der um vazamento no trecho de gás que vai até o Quilômetro 11 da [Rodovia] Anchieta, e eu não atuar rapidamente nessa linha ou me machucar na hora da atuação – eu trabalho sozinho todo mundo trabalha sozinho – pode acontecer uma grande catástrofe.

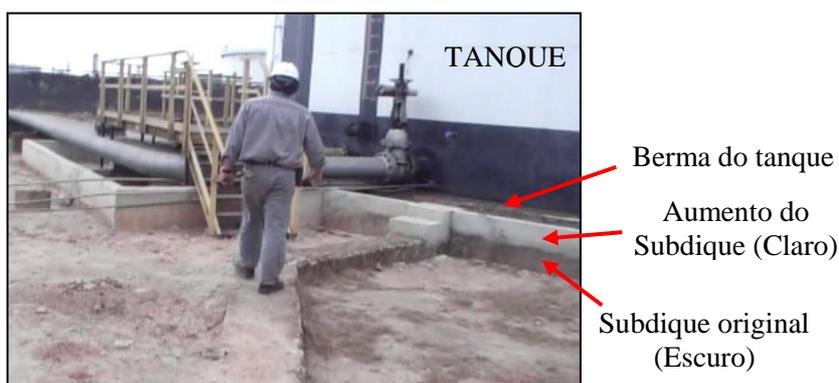
Para piorar ainda mais, a iluminação, como ele próprio citou é muito ruim, criar reflexo nas linhas porque é distante dessa área. E faz uma simples reflexão, mas de extrema importância: “É aquele negócio: em algum momento, algum dia, vai precisar”. Retoma-se aqui a discussão sobre previsão. Não prever quando vai acontecer, mas sim, que pode acontecer. Como alertam Lima e Silva (2002), quando dizem que, “mesmo que um sistema opere vários dias [ou mesmo meses, anos] sem precisar de intervenções humanas, em algum momento, elas se farão necessárias”. E quanto maior essa latência, mais urgente será a necessidade do ser humano e maiores serão as consequências, caso ele não possa ou não consiga intervir.

## xxvi. SUBDIQUES

Já projetando um cenário futuro, fazendo-se valer da capacidade de previsão que o ser humano possui, um operador da área de tanques, especificamente da sub-área de diesel, descreve uma possível situação que limita e até mesmo impede a ação rápida dos operadores. A elevação do dique de contenção dos tanques, uma medida determinada pelo SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde), pode dificultar futuras manobras dos operadores, em situações de emergência. O operador explica e relata:

Essa muretinha [Figura 49] a gente chama de subdique. O subdique ficava até aquela altura mais escura. Que era exatamente a altura da berma do tanque, aquela parte de concreto alí. Então, mesmo com essa área com um pouco de água, a gente ainda conseguia chegar na berma e andar por ela, em época de chuva. Porque quando começava a transbordar, transbordava do subdique para fora. Agora, se pegar uma época de chuva, janeiro, fevereiro, março, com o subdique assim, mais alto do que a berma, vai encher d’água alí e nós vamos andar sem ver nada. Porque tem época que a gente não consegue nem drenar, de tanta água que tem aqui”.

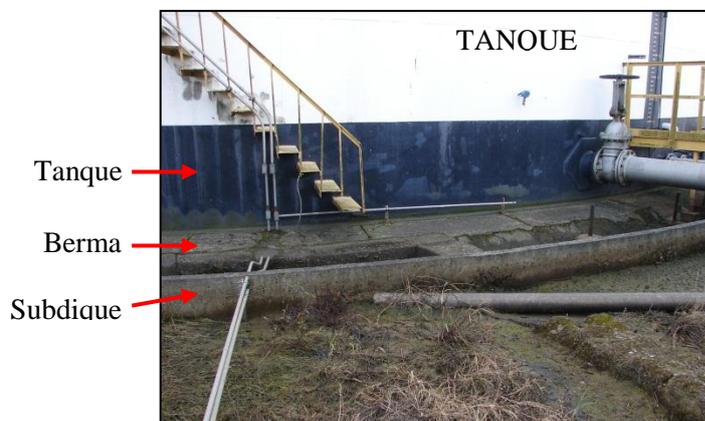
Figura 49 – Aumento do subdique



Fonte: Próprio autor

Para deixar mais clara a situação, a Figura 50 traz a berma e o subdique em detalhe.

Figura 50 – Detalhe (Berma e subdique)



Fonte: Próprio autor

O analista pergunta se quando o subdique foi aumentado, eles foram perguntados sobre os impactos. E ele responde:

Isso é uma demanda de SMS, por causa de contaminação de solo. Só que, pela demanda de SMS, pode chegar um certo momento em que eu vou andar na berma sem olhar onde eu tô pisando ou, primeiro eu vou ter que drenar, pra depois acessar o tanque [...] Deu uma emergência, um vazamento, vai correr o risco de alguém se meter ali [...] têm buracos no meio, têm valas. Se meter o pé, vai quebrar o pé.

#### xxvii. MELHOROU! PARA QUEM?

Levado ao extremo, um projeto que não leve em conta tudo o que é realizado em campo, pode impedir a realização de uma atividade. É o caso da construção de um dique de contenção em alvenaria na área dos vasos da Estação de Tratamento de Afluentes (ETA). Uma determinação da Gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS). Com a construção do muro do dique, a movimentação de uma das válvulas de bloqueio tornou-se impossível (Figura 51). Com isso, a água utilizada na refrigeração de mancais de bombas e motores na área em questão, conhecida como W-8, não poderá mais ser controlada, caso necessite ser fechada a válvula. O analista pergunta: “Se tiver que mover isso?”. O operador responde: “Não, não faz”. Analista: “Mas tem outro bloqueio?”. “Pra o [vaso] 51 já não tem mais [...] Aqui, do jeito que tá, ele tá morto”.

Figura 51 – Dique impedindo a abertura de válvula de W8



Fonte: Próprio autor

O operador relata como era realizada essa manobra, antes da construção do dique: “O que é que a gente fazia? Tinha uma chave, dessa mesma aqui, só que desse tamanho (Figura 52). Como não tinha parede, eu daqui fazia o movimento e conseguia fechar”. O operador representa por meio de gesto o tamanho da chave de abertura que existia e simula a forma como era fechada a válvula, com essa chave.

Figura 52 – Operador representa o tamanho da chave de válvula



Fonte: Próprio autor

## xxviii. SÓ UMA NOVA

Um local em especial, na Refinaria, apresenta diversos exemplos de incompatibilidade entre projeto e atividade. Na Unidade de Coque de Petróleo faz-se a movimentação do coque da rampa para o silo de secagem e, posteriormente, para a área de empilhamento final. Para isso, existe uma ponte rolante, movimentada por um operador terceirizado, de dentro de uma cabine que acompanha a trave principal. Esta cabine apresenta

inúmeros problemas e incompatibilidades, não apenas com relação às exigências da tarefa, mas também com relação à saúde e segurança dos trabalhadores. Um dos operadores analisados trabalha há 13 anos em pontes rolantes. Já o mais experiente tem 13 anos somente nessa ponte rolante e já trabalhou em quase 40 outras, segundo seu relato. Ele afirma que determinadas ações só são aprendidas com a constância na realização do trabalho: “São procedimentos que o operador faz com um certo tempo, que ele tem habilidade na ponte. Ele aprende. Ele não vai danificar a ponte”, citando a utilização também do pé para movimentar o manete.

Alguns pontos cruciais podem ser elencados. Primeiro ponto, a parte frontal da cabine possui dois vidros separados por uma estrutura metálica que os segura (Figura 53).

Figura 53 – Viga no painel frontal da Cabine de descoqueamento



Fonte: Próprio autor

Isso compromete a visibilidade do operador. Fator essencial nessa atividade, já que todos os comandos são dados a partir do posicionamento da caçamba. E, a partir, dos resultados de cada ação, novos comandos são dados. Percebendo o movimento que o operador faz, o analista comenta: “Você mesmo tem que ficar desviando dessa viga aqui, não é?”. O operador, então confirma: “É, eu tenho que ficar indo pra lá e pra cá. Porque a minha posição de trabalho é aqui” [mostrando a viga no meio do painel frontal. E continua “Isso aqui atrapalha muito. Essa viga”. Outro operador reforça exatamente o que foi colocado pelo primeiro: “Essa viga aqui, por exemplo, me atrapalha a visão. A gente precisaria de um painel frontal maior, mais livre de visão”.

Ainda no painel frontal, outra característica do projeto dificulta a perfeita visualização do local de trabalho. A inclinação do vidro é tal que provoca reflexos que acabam por atrapalhar a representação visual que o operador faz da situação à sua frente. Durante o deslocamento e posicionamento do guindaste, o operador, constantemente, abre ou

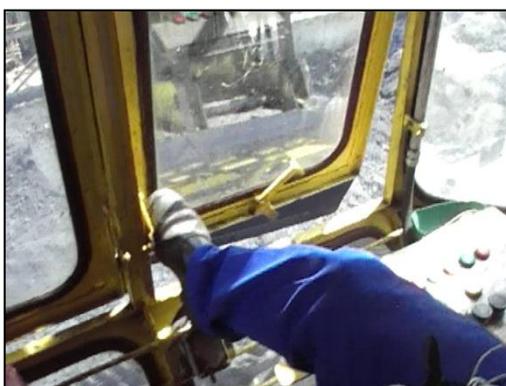
fecha uma das janelas frontais da cabine. Abre quando o guindaste vem para perto da cabine e fecha quando ele fica mais afastado. O analista questiona o porque dele abrir a janela. O operador responde: “Fica melhor, né? [...] Tô abrindo porque não tô enxergando. A gente abre o vidro para poder ver melhor. E quando ele fecha, percebe-se que ele utiliza o pé. Novamente é questionado: “por que você colocou o pé ali?” e responde: “ó, tá vendo? [apontando para o vidro frontal] (Figura 54) Aqui eu tô pegando um reflexo. Como eu tô com a mão ocupada, eu faço isso” (Figura 55).

Figura 54 – Abertura da janela frontal da cabine de descoqueamento



Fonte: Próprio autor

Figura 55 – Fechamento da janela frontal com o pé



Fonte: Próprio autor

Um relato do operador expõe uma situação que ainda piora todo esse cenário da Cabine e da atividade desenvolvida neste local. Ele cita que “No descoqueamento o que atrapalha é porque a gente não tem a visão da caçamba. A gente não enxerga. Cada reator tem uma lâmpada no meio. Através dessas lâmpadas, a gente calcula que a ponte [rolante] tá no meio do reator. Porque não enxerga mesmo”. Uma típica ação do ser humano que garante a continuidade do sistema.

Quanto ao projeto da cabine, percebe-se que existem soluções que não levam em conta as reais necessidades da atividade, nem procuram preservar as estratégias seguidas pelos operadores a fim de manter o sistema dentro da estabilidade dinâmica. O conhecimento acumulado pelos operadores, inclusive sobre os problemas existentes nos projetos atuais, fica à margem dos projetos de concepção. Não é, simplesmente, inserir os operadores no processo de projeto para aumentar, numericamente, as informações e os participantes, mas de integrar suas necessidades, como usuários finais do projeto – alguns autores definem até mesmo como clientes. Os projetos, geralmente, têm suas metas definidas em função de qualidade, custo e prazo. Há, contudo, um quarto elemento: a expectativa ou necessidade do cliente, que precisa ser considerada como parte integrante das especificações (MEREDITH e MANTEL JUNIOR, 2003; CONCEIÇÃO e DUARTE, 2007).

#### **4.2. ALÉM DAS SITUAÇÕES**

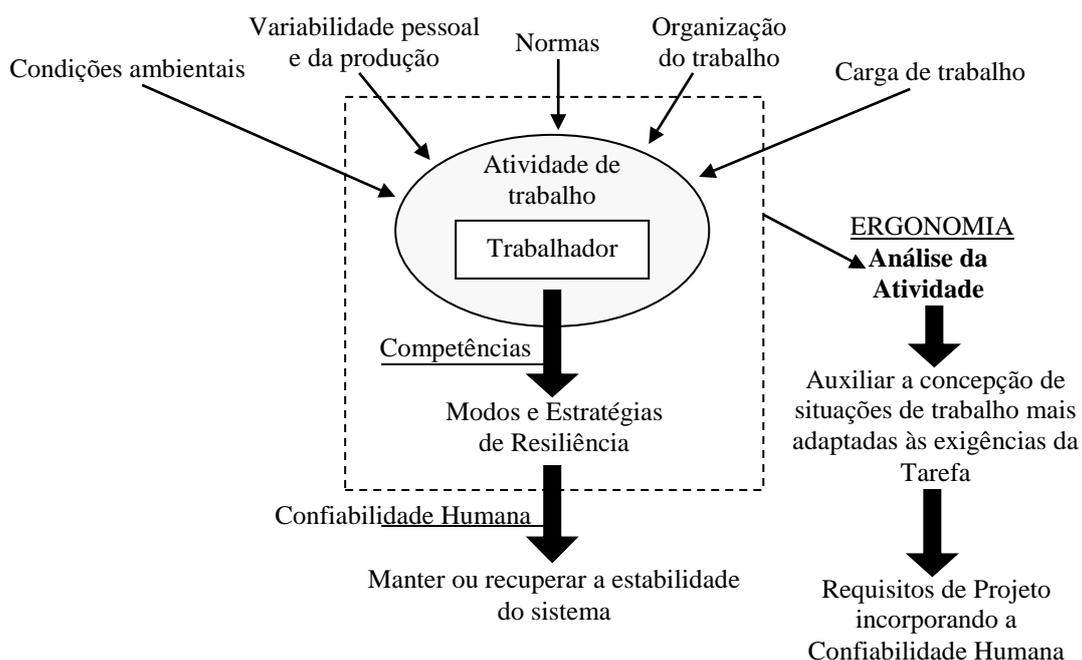
Apresentados os exemplos, obtidos a partir da Análise da Atividade, pode-se partir para a análise do pressuposto, assumido nesse estudo, de que o método mais adequado para iniciar a coleta e observação das ações de Resiliência é a Análise da Atividade. Essas ações são o início do processo que culminará com o projeto de equipamentos, ferramentas e situações de trabalho que tenham como finalidade a manutenção ou recuperação da estabilidade do sistema de produção. Compreendê-las de forma eficaz, impactará positivamente no projeto quanto ao atendimento das necessidades dos operadores, não apenas na realização da tarefa, mas também nas ações de Resiliência. A Confiabilidade, vista de forma holística, tem, frequentemente, suas raízes no projeto, no conhecimento das variáveis e nos seus possíveis acoplamentos (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Manter o foco na situação de trabalho é um dos pilares principais da Ergonomia. Afinal, é onde, efetivamente, manifestam-se os constrangimentos e as diversas lógicas convergem. É onde, também, os operadores utilizam sua competência para assimilar todas essas informações e limitações e responder de forma eficaz, dentro da representação que constroem. Guerín *et al.* (2001) apontam essa como a principal diferença entre este método e os outros modos de abordagem do trabalho. Essa busca pelo trabalho como ele é efetivamente realizado também direciona a Confiabilidade Humana, dentro da lógica da Resiliência. “Os sistemas resilientes são aqueles nos quais pessoas lidam eficientemente com a complexidade e obtêm sucesso em suas ações, mesmo sob forte pressão” (WOODS e HOLLNAGEL, 2006). E isso só pode ser observado na ação situada, onde os diversos objetivos envolvidos congruem.

São objetivos de segurança pessoal, de produtividade, econômicos, de redução de tempo e de esforço, de utilidade para o grupo de trabalho, entre outros, que têm de ser alinhados e gerenciados na situação de trabalho.

Na ergonomia, busca-se, ao final da análise, transformar as situações de trabalho de forma a adaptá-las às exigências da tarefa. Isso favorece uma melhor relação entre trabalhador e as exigências contidas nas tarefas. Assim, pode-se afirmar que o foco da Análise da Atividade para a Ergonomia está, conforme ilustra a Figura 56, na relação trabalhador *versus* situação de trabalho, a fim de auxiliar a concepção de situações de trabalho mais adaptadas às exigências da tarefa. O objetivo da Ergonomia é a transformação da situação de trabalho (GUERÍN *et al*, 2001; WISNER, 2004). E, mesmo em situações degradadas, com variabilidades e anormalidades as mais diversas, o trabalhador constrói heurísticas que otimizam os objetivos de produção e seus objetivos pessoais. A percepção de tudo o que é mobilizado nesse processo não é facilmente detectado por técnicas que estão distantes da situação de trabalho. As técnicas de HRA trabalham com abordagem quantitativa, com pouca ou nenhuma variabilidade no conjunto de dados a serem obtidos. A situação de trabalho apresenta alta variabilidade, as pessoas também variam seu comportamento e suas ações, de acordo com o que se apresenta no curso da ação. Assim, a compreensão das reais necessidades dos operadores deve ser buscada por meio de uma abordagem qualitativa, que varie em consonância com as variações do trabalho.

Figura 56 – Da análise da atividade aos requisitos de projeto



Fonte: Próprio autor

A Análise da Atividade, além de seu papel fundamental na Ergonomia, é o método mais adequado ao levantamento das ações e estratégias de Resiliência. O que pôde ser fundamentado pelos exemplos apresentados anteriormente. O foco inicial da análise era o da ação ergonômica, no entanto, em diversos momentos, o que se fazia mais evidente na mobilização dos operadores era a finalidade de Resiliência de seus atos.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

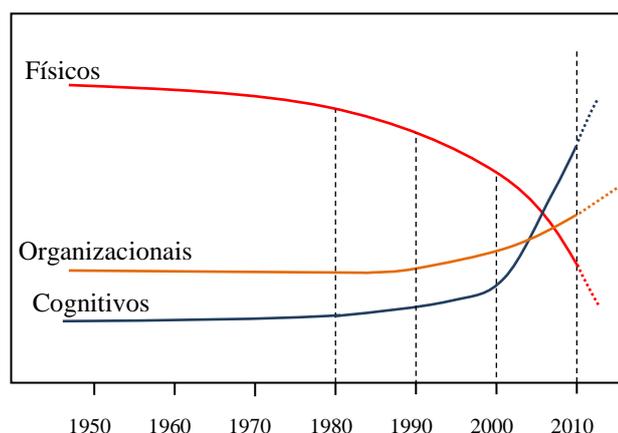
A discussão a seguir, visa responder as questões propostas nessa pesquisa, aferir o grau de cumprimento dos objetivos iniciais e concluir sobre a verificação da tese, proposta na pesquisa. Todos elementos constantes do Capítulo 1. A constatação da tese, defendida neste estudo, baseou-se na Análise da Atividade de situações de trabalho de uma Refinaria de Petróleo Brasileira e fundamentou-se em material bibliográfico sobre os assuntos que permeiam o tema. Retornar aos capítulos iniciais faz-se importante. Completar o diálogo com os autores e suas idéias, desenvolvidas no Capítulo 2, permite comprovar ou refutar as premissas teóricas defendidas por cada um deles. O conjunto de conclusões obtidas na pesquisa encontra forte ligação com os Resultados apresentados no Capítulo 4. Assim, os Capítulos 4 e 5 desse estudo são indissociados e guardam estreita relação. Para melhor desenvolvimento das conclusões da pesquisa, eles foram separados de acordo com o conjunto de idéias desenvolvidas em três conjuntos: conceitos de confiabilidade humana, projetos resilientes e ergonômista *versus* projetista.

### 5.1. CONCEITOS DE CONFIABILIDADE HUMANA

Mesmo com tanto tempo desde os primeiros estudos, a Análise da Confiabilidade Humana (ACH) continua sem um protocolo estabelecido, vagando entre métodos que são eficazes em determinadas situações e em outras não. No entanto há de se considerar a evolução nos elementos observados e analisados por cada método. A incorporação de aspectos cognitivos nas análises trouxe mais robustez e credibilidade aos métodos. Assim como a aceitação dos conceitos relativos à Resiliência nos Métodos de análise da Confiabilidade Humana.

A evolução do trabalho humano e suas formas de interação com a tecnologia evoluem na mesma velocidade que novos artifícios são concebidos e as pesquisas aplicadas ganham notoriedade. O processamento cognitivo vem sendo “treinado” a partir das exigências, cada vez maiores, que os sistemas apresentam ao ser humano. Os Fatores de Desempenho Humano (FDH), amplamente estudados desde os métodos da primeira geração da ACH, são moldados cada vez mais por questões relacionadas aos aspectos cognitivos e menos pelos aspectos físicos. A Figura 57 ilustra a tendência da influência de cada aspecto nos métodos de ACH desde o início dos anos 50 .

Figura 57– Aspectos determinantes na construção dos Fatores de Desempenho Humano



Fonte: Próprio autor

Um aspecto pouco observado, até então, e tido como de baixa influência no desempenho do ser humano, ganha espaço: o organizacional. Surge o conceito de Acidente Organizacional (REASON, 1988; LLORY, 1999). Llory (2002a) aponta a mudança na atenção dos especialistas e gestores, que deixaram de ter no fator humano o elo mais fraco dos acidentes e passaram a dar maior atenção aos fatores organizacionais. Fato ressaltado por Hollnagel (2004) que apresentou, a partir do resultado de análise de acidentes, em um período de 40 a 50 anos, a tendência com relação às causas de acidentes. Os acidentes com causas relacionadas a fatores humanos e tecnologia têm decrescido abruptamente entre os anos de 1985 e 2000. Já aqueles causados pela Organização têm aumentado desde os anos 60, mas com grande elevação a partir de 1990 (REASON, 1997; AMBROS, 2005; PEW, 2008).

A partir de meados dos anos 80 outra mudança começa a acontecer. Cresce a influência do aspecto cognitivo no desempenho humano (HOLLNAGEL, 1996; MOSNERON-DUPIN *et al.*, 1997; MORAES e MONT'ALVÃO, 2000; AMALBERTI, 2001). Principalmente, como aponta Hoc (1998), com a proliferação de estudos da comunidade de pesquisadores europeus de Ergonomia Cognitiva. Na relação entre um homem e uma máquina – foco dos estudos dessa época – os programas computacionais e sua linguagem de programação e interface de utilização tornam-se determinantes nos FDH. E, acompanhando o crescimento da tecnologia nos ambientes de trabalho, com sensores cada vez mais precisos, maior utilização de computadores e máquinas mais complexas<sup>15</sup>, essa interface homem-máquina tende a manter-se em crescente importância no desempenho do ser humano em seu trabalho.

<sup>15</sup> Inclusive com as questões de transferência de tecnologia entre países com línguas diferentes que permeiam o que Wisner (1992) chamou de Antropotecnologia.

Nos sistemas complexos reais, a relação homem-máquina passa a ter outra configuração. Não apenas uma relação entre pares: um homem, uma máquina. A interação é muito mais ampla. Hoc (1998) aponta que a Ergonomia Cognitiva passou a tratar não somente os problemas do trabalho individual, mas também do trabalho coletivo, com forte atenção ao ser humano.

Acrescente a essa conjuntura o aumento do número de empresas que incorporam em sua ideologia o princípio de que o ser humano é elemento de confiabilidade do sistema, trabalhando em conjunto com o sistema técnico. Isso tem exigido que as empresas planejem, constantemente, as condições para que o ser humano mantenha a confiabilidade operacional, mesmo quando o sistema sai do seu estado normal. A busca não é mais por quantificar a probabilidade de erro humano, inicialmente, uma constante nos Métodos de ACH. A tendência é que haja uma conversão dos três eixos, apresentados anteriormente (Figura 6), em Métodos mais moldados ao trabalho contemporâneo. Métodos tradicionais, Métodos cognitivos e fatores de Resiliência passam a constituir a base para os novos estudos de Confiabilidade Humana.

Essa aproximação também pode ser percebida nos conceitos das duas áreas abordadas nesse estudo: Ergonomia e a Confiabilidade Humana. A primeira, desde seus primeiros estudos traz em suas bases a garantia da confiabilidade do sistema por intermédio do ser humano. Isso pode ser percebido na atenção que é – e sempre foi – dada à variabilidade do ser humano, como fator primordial no ajuste das diferenças entre tarefa e atividade. Assim como na negação dos pesquisadores desta área em aceitar o erro humano como fator isolado da ocorrência de acidentes. Encarando o evento indesejado, muito mais como uma má acoplagem operador-tarefa. Ou, como defende Rasmussen (1983), considerar o erro humano como consequência do desajuste homem-máquina. O erro, na verdade, estaria em não considerar a variabilidade humana dentro do espaço aceitável para o desempenho da tarefa bem sucedida.

Mas dois conceitos merecem destaque. A representação para a ação e a competência. Estão estreitamente ligados e são diretamente proporcionais. Quanto maior for a competência de um trabalhador para determinado trabalho, melhor poderá construir a representação para a ação. E essa possibilidade de agir de forma adequada, é o que fundamenta a Confiabilidade Humana em um sistema. Não se excluem aqui os diversos outros fatores que podem influenciar na representação, como as informações do sistema, a

possibilidade de obtê-las<sup>16</sup>, as condições ambientais etc. Mas os conhecimentos, as habilidades e a experiência dos operadores influenciam diretamente no modelo mental que constroem do sistema no momento da ação.

Voltando à pergunta, feita no início da tese, sobre a similaridade entre os conceitos de Ergonomia e Confiabilidade Humana: **Até que ponto Ergonomia e Confiabilidade Humana apresentam, realmente, conceitos similares?** Pode-se dizer, então, que as duas áreas apresentam similaridades e, mais do que isso, chegam a apresentar conceitos iguais. Outro ponto questionado foi a respeito da forma que a **Ergonomia poderia favorecer a Confiabilidade Humana em um sistema complexo e dinâmico como uma Refinaria. Isso é possível?** As possibilidades da Ergonomia favorecer a Confiabilidade Humana em uma Refinaria são plenas. O desempenho do ser humano, em um sistema de produção, está relacionado às possibilidades de realizar sua tarefa com o mínimo de constrangimentos possível e aproveitando ao máximo a sua competência. Manter um amplo espaço de regulação também facilita a ele corrigir problemas que levem a uma instabilidade operacional. Tudo isso pode ser obtido por meio de ação ergonômica. A disponibilidade dos elementos que auxiliam o operador a ser fator de confiabilidade do sistema é consequência de uma boa análise e de um projeto eficaz do ponto de vista do atendimento das necessidades da tarefa.

Aproveitando-se da similaridade, apresentada anteriormente, entre os conceitos da Ergonomia e a Confiabilidade Humana, a proposta de utilizar a Análise da Atividade como método para compreender as ações de Resiliência dos operadores encontra respaldo. Para que se projetem situações de trabalho propícias à manutenção da estabilidade do sistema, é preciso absorver, de forma eficaz, aquilo que é necessário para tal. Os exemplos apresentados anteriormente conseguem apreender a materialização da competência dos operadores em ações que não são previstas – na grande maioria dos casos – no trabalho prescrito.

A partir de análises de situações de trabalho realizadas na Refinaria, que tinham como foco a ação ergonômica, conseguiu-se, apenas variando um pouco o foco de observação, uma série de exemplos de ações de Resiliência realizadas pelos operadores, nos quais eles utilizam sua experiência e sua capacidade de antecipação e previsão. São situações que apresentam:

– Insuficiência ou mesmo ausência de informações, tendo como consequência dificuldade na representação do estado atual do sistema;

---

<sup>16</sup> Questões tratadas no item 2.1.1 desta tese e ilustradas na Figura 2.

Sendo esse um tipo de situação bastante comum na Refinaria, apresenta-se um exemplo. Um Medidor do nível de um vaso de pressão da Unidade (Figura 58) localiza-se em uma altura elevado, sem o acesso adequado a ele. Para promover a leitura do nível do vaso, o operador tem de subir em um guarda-corpo, segurando-se em dutos e equipamentos (Figura 59). E, mesmo assim, devido a essas condições, torna-se difícil realizar uma leitura eficaz. O Medidor existe, só que isso não é o bastante. A possibilidade de obter a informação, de forma correta e sem expor os operadores a riscos de acidente, deve fazer parte do pacote de condições adequadas para que a Confiabilidade Humana seja garantida.

Figura 58 – Medidor do nível do vaso de pressão



Fonte: Próprio autor

Figura 59 – Operador fazendo a leitura do Medidor



Fonte: Próprio autor

- Projetos que dificultam ou impedem as ações de Resiliência dos operadores;
- Múltiplos fatores que levam máquinas e equipamentos a operar de forma inadequada;
- Além de estratégias de otimização, utilizadas pelos operadores para confirmar e aferir a precisão das informações fornecidas pelo sistema (equipamentos, sensores, monitores etc.).

Embora seja um método já difundido e utilizado amplamente pela Ergonomia, a Análise da Atividade para fins de Resiliência, tem outro foco. A finalidade aqui é auxiliar no

projeto de situações mais resilientes, garantindo que o trabalhador terá condições de manter ou recuperar a normalidade do sistema. Um pouco diferente do foco para a Ergonomia, mais voltado para a concepção de situações de trabalho adaptadas às exigências da tarefa. No entanto, não são análises mutuamente excludentes. O que se busca é aumentar o escopo da Ergonomia, incorporando a visão da Resiliência à ação ergonômica.

Na parte de análise, a Ergonomia se baseia na compreensão do trabalho como ele é, efetivamente, realizado, premissa da abordagem ergonômica que preconizava a análise da atividade em situação real, desde Suzanne Pacaud, em 1949, e de Ombredane e Faverge, em seu livro *A Análise do Trabalho*, de 1955. Mas, somente em 1966 ela foi formalizada por Alain Wisner, como Análise Ergonômica do Trabalho (VIDAL, 2002). Para tanto, precisa observar o ser humano em atividade, sofrendo os constrangimentos da tarefa, alterando sua forma de agir a cada modificação na representação do sistema, recebendo informações do sistema, enfim, modificando e sendo modificado pela atividade. A etapa da AET responsável por essa compreensão é a Análise da Atividade.

As ações e estratégias de Resiliência apresentadas nos Resultados dessa pesquisa foram levantadas por meio da Análise da Atividade e confirmam a tese de que este é o método mais indicado para isso. Admitindo que Resiliência é a capacidade de voltar ao estado normal após sofrer uma perturbação, utiliza-se, obrigatoriamente, um processo de regulação. Segundo Corrêa (2003) existem três níveis de processo de regulação:

- Regulação de controle: fundamentada em regras estabelecidas pelo pessoal de nível gerencial. Ela se situa ao nível da tarefa prescrita e pressupõe um funcionamento explícito e formal dos indivíduos.

- Regulação de autonomia: fundamentada em regras, produzidas pelo próprio indivíduo no desenvolvimento de sua atividade de trabalho. Ela se situa ao nível da tarefa induzida e pressupõe um funcionamento implícito e informal dos indivíduos.

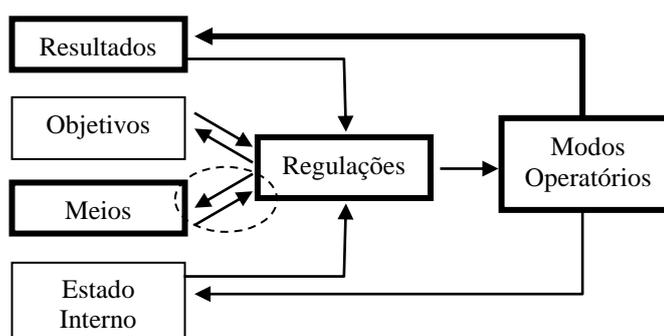
- Regulação de compromisso: fundamentada em regras estabelecidas através de negociação, mais ou menos explícitas e formais, entre o pessoal do nível gerencial e o pessoal do nível operacional em função dos imprevistos da produção. Ela se situa no nível da tarefa atualizada.

No intuito de manter a estabilidade do sistema, no entanto, outro tipo de processo de regulação é desenvolvido. A Regulação de Resiliência lida com dois processos principais: antecipação e recuperação. Pressupõe o funcionamento em estabilidade dinâmica do sistema. Aceitando variações das condições normais, dentro de um nível tolerável, no qual o sistema é

tido como fora do estado normal, mas controlável. Não se baseia em regras e acordos, mas em condições de funcionamento, que são construídas pelo nível operacional.

A partir das situações apresentadas pode-se dizer que na Regulação de Resiliência, na recuperação da normalidade do sistema, o que mais influencia são os meios, em especial nas ações e estratégias das categorias “otimação” e “criação de novos artefatos”. E boa parte das ações é para garantir o retorno ao estado normal do sistema, sendo este o resultado. Modificam ou regulam isso por meio da competência que possuem. Utilizando como base o Modelo de Regulação (Figura 60), proposto por Guérin *et al.* (2001), destaca-se a regulação que acontece quando os operadores interferem nos meios. E os modos operatórios são justamente as ações e estratégias de Resiliência.

Figura 60 – Modelo de Regulação com ênfase na Resiliência



Fonte: Adaptado de Guérin (2001)

Essas ações e estratégias de Resiliência vão além daquelas utilizadas na realização da tarefa. Vão além das ações de compensação da diferença entre prescrito e realizado. Fazem-se presentes quando algo foge à normalidade. E, no intuito de evitar a saída do sistema de sua estabilidade, o operador as põe em prática.

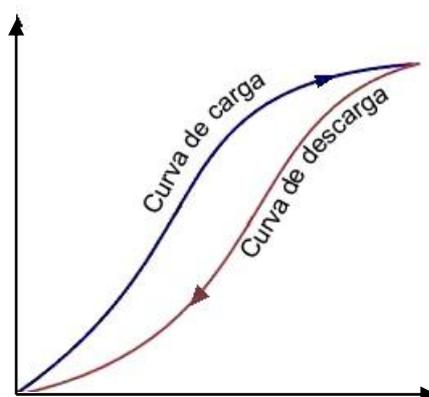
Dado o elevado grau de subjetividade desse tipo de regulação, com variáveis definidas, *a priori*, a partir de experiência de cada operador, torna-se difícil compreender os motivos que regem cada ação, por um método que não seja a Análise da Atividade. Somente observando o operador em atividade, buscando gestos e verbalizações contextualizadas é que se poderá identificar essas ações.

Os Métodos probabilísticos da Análise da Confiabilidade Humana, como discutido anteriormente, não conseguem apreender a variabilidade intrínseca às situações de trabalho e, pior, tendem a modelar o comportamento humano. Algo que vai de encontro à premissa da Confiabilidade Humana e da Ergonomia, de adaptação consciente do trabalhador

às necessidades que se apresentam na tarefa. Alguns Métodos, como o MAFERGO e o ARAMIS, que já incorporam preceitos da Resiliência e o MASST (Método de Avaliação de Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho), talvez o mais completo e mais adaptado às evoluções no trabalho dentre todos os apresentados, possuem uma boa estrutura para analisar a Confiabilidade Humana. No entanto, não apresentam uma clara descrição das etapas para a observação do trabalho real.

A Engenharia de Resiliência, que surge como uma evolução na forma de gerir a segurança ainda se mostra como um conceito em evolução, sem bases operacionais. Sua finalidade, que é fornecer ferramentas e sistemas que possibilitem e facilitem as ações de Resiliência, já é uma função da intervenção ergonômica. Não sendo, assim, uma abordagem tão inovadora, como se apresenta. A ER ainda apresenta uma limitação importante. Tomando o próprio princípio de Resiliência em materiais elásticos, o retorno ao estado inicial nunca se dará da mesma forma que a deformação, como mostra a Figura 61. A diferença entre as curvas de carregamento e descarregamento é o que se chama Histerese. É a quantidade de energia que não é restituída, sendo perdida, por exemplo, por dissipação térmica.

Figura 61 – Curva de Histerese



Fonte: Próprio autor

Essa característica da Resiliência, de não reverter por completo um sistema, também se apresenta em situações de trabalho. E, muitas vezes, a fim de recuperar o estado inicial do sistema, quem tem de promover esse “gasto energético” é operador, por meio de sobrecarga física ou cognitiva. E, mesmo que recupera o estado inicial, a situação será outra, com novos constrangimentos. O que exige um processo iterativo. Novamente, a Análise da Atividade pode responder melhor a esse processo todo. As novas características que se apresentam só serão percebidas se for observada a situação, tal qual ocorre. Os modelos

probabilísticos são deficientes nesse tipo de situação, por serem estanques, sem ciclos iterativos e sem observar o que efetivamente ocorre na realidade.

## 5.2. ERGONOMISTA *VERSUS* PROJETISTA

Além disso, destaque deve ser dado ao grupo projetista. Alguns conceitos devem ser revistos, funções redefinidas e a forma de abordar os projetos, modificada. No início deste material, questionou-se: **Seria o Ergonomista o mais indicado a realizar a análise da atividade e, também, conceber o projeto?** Na direção de ter um Ergonomista que, além de suas atribuições próprias da área, fosse, também, o responsável pela concepção. Outra dúvida, que não é tão nova entre os pesquisadores da Ergonomia era se **um projetista, sem formação em Ergonomia, conseguiria incorporar a visão da atividade em seus projetos, de forma eficaz?** Como acontece na maioria dos projetos que se realizam atualmente. Qualquer conhecimento básico dos princípios ergonômicos, por parte dos projetistas, é tido como o bastante para assumir a posição de Ergonomista dentro de um processo de projeto.

Antes de entrar nessa discussão, é preciso deixar claro que qualquer modificação ou adaptação na estrutura de projeto dentro da Refinaria passa por uma condição básica. É necessário que haja uma mudança na abordagem dos projetos, dentro da Refinaria, quanto à questão de confiabilidade, em dois pontos principais.

Primeiro, no que tange às fontes de confiabilidade do sistema. O foco maior é dado, atualmente, à confiabilidade técnica. Dispositivos são planejados e projetados como os únicos elementos capazes de garantir a normalidade do sistema. O único Padrão, dentro da Refinaria que aborda a Confiabilidade Humana é o API-770 - Um guia do gerente para redução de erros humanos: melhorando o desempenho humano nos processos industriais, um padrão do *American Petroleum Institute* (LORENZO, 2001). E, mesmo assim, sua aplicação é muito incipiente, quase nula. Do contato com os engenheiros da Refinaria estudada, durante o tempo de pesquisa, o Padrão foi apenas citado por eles como um item que deve ser incorporado nos projetos. Muitos dos engenheiros conhecem-no, mas assumem que ele não é aplicado nos projetos.

Em segundo lugar, ampliar o conceito de segurança. A Análise Preliminar de Risco (APR), praticada na Refinaria (Anexo D), não aborda questões de recuperação da normalidade quando uma instabilidade ocorre. Segurança é consequência de como um sistema se comporta e não uma propriedade estática do sistema. Isso significa que o argumento de que

a probabilidade de falha é baixa não é suficiente. O sistema precisa ser capaz de se recuperar de perturbações inesperadas e degradações do ambiente operacional.

Retomando as questões, analisar uma atividade não é, simplesmente, ver o ser humano em atividade. A lógica que rege uma observação é bem mais complexa. A atividade não se faz apenas de gestos. Os sinais do corpo (direção do olhar, sudorese, feições faciais etc), verbalizações, utilização de artefatos – instrumentos que ganham sentido na ação situada – omissões, enfim, uma infinidade de parâmetros se apresentam na atividade de trabalho. Os pressupostos da Ergonomia são materializados na situação. E não basta observar a quantidade de esforço que um operador faz para realizar a tarefa ou quanto tempo ele tem para isso e se conta com ajuda de alguém. Não é o analista que vai definir se determinada tarefa é fácil ou difícil e, muito menos, quantificar essa conclusão.

Utilizar ferramentas, métodos, padrões e tabelas para compreender o ser humano em atividade, como normalmente fazem os projetistas que não têm base na Análise da Atividade, é pouco para representar a complexidade dos constrangimentos que se materializam na situação de trabalho. Eles, simplesmente, “implementam uma modalidade de ação de conformidade com as normas ergonômicas” (LAMONDE, 2007). Os conhecimentos centrados sobre o funcionamento do ser humano são necessários, mas não suficientes. Não permitem dar conta do caráter integrado das condutas humanas nas situações reais. Identificar, por exemplo, as características da audição humana não permitirá saber que o operador do Laboratório de Análises da Refinaria utiliza o ruído do motor de teste como parâmetro do ensaio de octanagem da gasolina. É indispensável conhecer melhor a atividade, as condições e os constrangimentos existentes para alcançar os objetivos.

Há uma grande dificuldade para um projetista que tem formação mais tradicional, moldada em nossas tradicionais escolas de Engenharia e Arquitetura (MERLIN, 2004; FABRÍCIO e MELHADO, 2007; JUNG e CATEN, 2008; LIMA JÚNIOR, 2008). Sua formação é fundamentada em conceitos cartesianos ou atomistas. E o *know-how* do engenheiro não é suficiente para que as tarefas sejam adequadamente desempenhadas pelas pessoas. “É necessário conhecer o sistema de gestão, seus princípios e, especialmente, ter um pouco de experiência em ciências do comportamento e engenharia humana” (Silva, 2011). É preciso ampliar o foco com uma visão mais holística, sistêmica, de relacionamentos em todas as direções e com uma busca incessante pelo real. Visão sistêmica que surgiu, segundo Behrens (2005), no final do século XX, em contraposição ao pensamento reducionista.

Mudança essa que está incluída nas idéias de Simon (1996), apresentadas em seu livro *The Sciences of Artificial*. Para ele:

As propriedades requeridas pelo processo sobressaem-se, atualmente, às equações diferenciais, às tabelas, enfim, aos constituintes intrínsecos do sistema. As ciências do artificial abordam as questões da vida, que se parecem com o tipo de conhecimento que os engenheiros, efetivamente, utilizam para abordar a complexidade, a turbulência do mundo real.

Moldar os projetistas para que se adéquem à essa observação e compreensão da realidade da situação de trabalho não é fácil, muito menos rápido. Aprender a ver o mundo do trabalho pelos olhos dos trabalhadores, como definem Assunção e Lima (2003) não é simples. No entanto, essa compreensão tem de ser eficiente. Assim, por meio da formação que um Ergonomista tem, baseado nos princípios da Ergonomia, ele consegue utilizar todo o potencial que a Análise da Atividade disponibiliza e apresentar um diagnóstico eficaz da situação e das condições de realização de uma tarefa por parte dos operadores. Por isso tudo, defende-se a idéia de que o Ergonomista deve assumir plenamente seu papel como representante da visão da atividade, sendo o mais indicado a realizar a Análise da Atividade e utilizar seus resultados para transformar as necessidades da tarefa em requisitos de projeto.

A experiência que o Ergonomista possui em projetos cria um repertório de soluções relacionadas ao projeto ergonômico. Especialmente quando lida com o estudo de situações de referência, cria uma biblioteca de situações (Schön, 1994 *apud* Daniellou e Béguin, 2007) que pode ser acessada a qualquer momento, quando ele se depare com situações de trabalho parecidas, podendo contribuir com soluções e opiniões mais fundamentadas, a partir de outros projetos. Além disso, ele também se adapta às condições de realização da ação ergonômica, adequando métodos de análise e intervenção ergonômicas às restrições temporais, financeiras ou operacionais. Isso possibilita uma ação ergonômica mais rápida e eficaz. Burns e Vicent (1994 *apud* Broberg, 2007) chamam atenção para o fato de que “muitos projetistas, que não possuem a visão da Ergonomia, avaliam as informações ergonômicas como de pouca importância se comparada com o custo de sua obtenção”. Este fato acaba por levar os projetistas a antecipar as necessidades futuras da tarefa a partir de seu próprio entendimento sobre o comportamento dos operadores. O desvio que pode existir nessa aproximação, realizada pelos projetistas, é fator crucial para aumentar a discrepância entre tarefa e atividade. Daniellou (1987 *apud* Garrigou, 1992) destaca o fato de que os projetistas tendem a ignorar as condições reais em que os operadores utilizam as instalações técnicas. De fato, muitas vezes, a variabilidade industrial é subestimada. Portanto, as estratégias e ações de Resiliência que podem implementar os operadores para antecipar incidentes não são levadas em consideração pelos projetistas durante a concepção.

O Ergonomista, maior conhecedor dos métodos e ferramentas de ação ergonômica, como a Análise da Atividade, não pode transferir sua responsabilidade de levar ao processo de projeto, os requisitos construídos por meio da observação dos operadores em situação de trabalho. Suas bases epistemológicas permitem compreender o trabalho de um ponto de vista incomum dentro de áreas ainda pragmáticas e reducionistas, como a Engenharia e a Arquitetura. Os projetistas dificilmente terão essa visão. Seu mundo-objeto – remontando a Bucciarelli – não comporta o trabalho com tantas variáveis. Todas importantes e que devem ser levadas em conta. Não é um treinamento sobre fatores humanos que permitirá a eles, mudar seu objeto de estudo. O objeto de trabalho do Ergonomista é o próprio trabalho. E avaliar um objeto tão abrangente não é facilmente aprendido. Ressalta-se, dessa forma, a importância da relação entre o Ergonomista e os usuários finais, os operadores. Cada ação tem uma razão, mesmo que não esteja clara para os atores sociais, incluindo o trabalhador que a desenvolve. “Cabe ao grupo que está conduzindo a análise, em conjunto com as pessoas que estão trabalhando, recuperar o sentido da ação, compreender os seus determinantes e os principais constrangimentos” (ABRAHÃO *et al.*, 2009). O Ergonomista não pode se limitar a formular diagnósticos e entregá-los, em relatórios, a projetistas que não têm o comprometimento com a transformação do trabalho, por terem formações diversas, além de margens de liberdade e vontades de agir incertas.

Isso, obviamente, não o capacita a incorporar todos os demais mundos-objeto que fazem parte do projeto e solicitar para si a exclusividade do processo de projeto. A complexidade da concepção de uma situação de trabalho é muito grande para que apenas uma disciplina ou ciência disponha de uma representação de todos os problemas a resolver e, mais do que isso, tenha a competência necessária para resolver cada um deles. Essa complexidade pode ser reduzida, distribuindo-se as tarefas de acordo com as especialidades técnicas e saberes de cada ator. A parcela, nessa distribuição, que invoca as necessidades da atividade deve estar a cargo de um Ergonomista, como ator efetivo da transformação. Embora Daniellou (1988) afirme que o Ergonomista é o mais indicado para favorecer e criar o espaço de negociação e de decisão, de modo a alimentar os confrontos de lógicas, seu papel vai além de animador ou organizador da construção social do projeto. Ele deve buscar reduzir ao máximo a distância entre tarefa e atividade, que se revela no projeto finalizado. E, mesmo a Ergonomia, como afirma Hubalt (2004), não tem eficácia intrínseca, exigindo uma multidisciplinaridade em suas pesquisa e ação.

A busca pela construção social do projeto deve ser um lema para os Ergonomistas. Rejeitar, continuamente, a lógica *The One Best Way*. Assim, o Ergonomista desvia-se

completamente da abordagem *bottom-up* quando reivindica que ele, sozinho, pode conceber novos projetos levando em conta a visão da atividade. Na verdade, ele é o mais indicado para contribuir com essa visão, mas o projeto precisa ser mais democrático para que seja mais eficaz. “Nenhum trabalhador, por mais experiente ou bem formado que ele seja, diante da divisão técnica do trabalho entre distintas especialidades e da complexidade crescente dos sistemas técnicos, consegue dominar teórica e praticamente todas as habilidades e conhecimentos necessários à concepção de processos” (LIMA, 1998b). Esse nivelamento dos conhecimentos dentro de um ambiente de projeto requer a aceitação da legitimidade de múltiplas perspectivas, talvez incompatíveis, e, certamente, incomensuráveis e a organização entre elas para aumentar ou melhorar as contribuições pessoais.

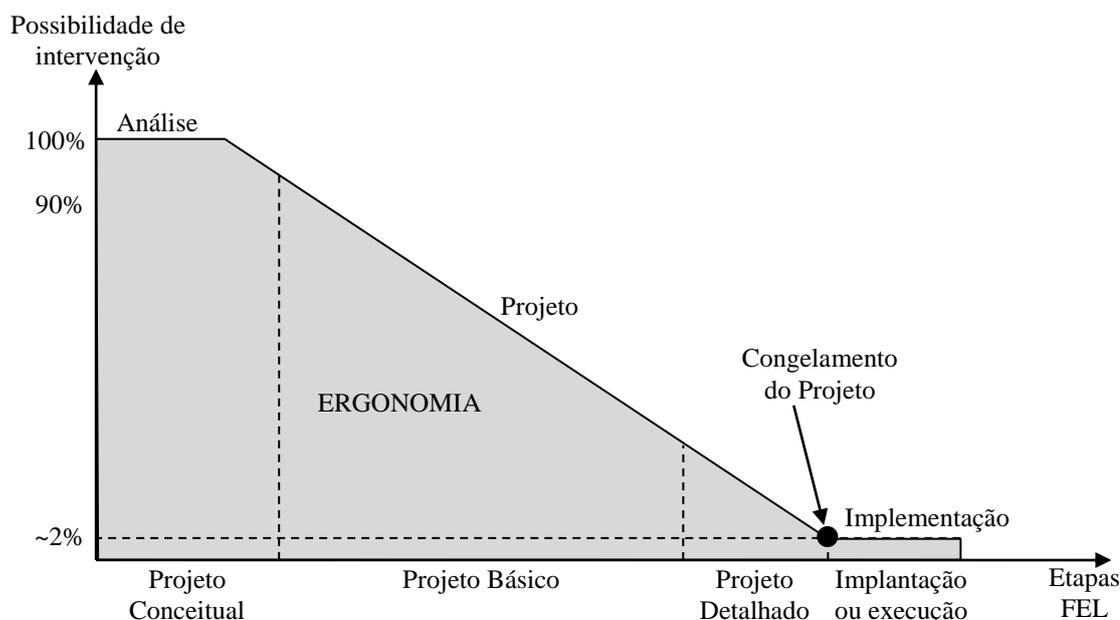
Exemplo disso é o que acontece com uma atividade essencial em qualquer sistema de produção, a manutenção, tantas vezes negligenciada como apresentado em vários estudos (GARRIGOU, CARBALLEDA e DANIELLOU, 1998; SALERNO e AULICINO, 2008; DUARTE *et al.*, 2009 ). Projetos são concebidos, modificações são realizadas, tecnologias adquiridas e, em nenhum momento, os responsáveis pela manutenção, são convocados a expor suas necessidades. A ausência de operadores e ergonomistas no processo de construção do projeto, fatidicamente, imputará em atendimento limitado das necessidades da tarefa. A manutenção é apenas um exemplo das áreas que não têm, normalmente, espaço na discussão dos requisitos de projeto. E, mais especificamente, Costella, Saurin e Guimarães (2008) afirmam que “para ações de Resiliência do sistema, os projetistas deveriam conhecer como as pessoas se comportam sob pressão e então considerar como o projeto pode ser compatível com tais comportamentos”.

### **5.3. ENTRADA NO PROJETO**

No entanto, a entrada da Ergonomia nos projetos deve se dar até a etapa de Projeto Conceitual, o que aumenta a possibilidade de incorporação das necessidades da tarefa, avaliadas por meio de Análise Ergonômica do Trabalho. Justificando essa necessidade, Maline (1994) afirma que “a participação da ergonomia nos projetos deve ocorrer o quanto antes, uma vez que, quanto mais avançado está seu desenvolvimento, menor é o espaço de manobra para alterações”. Pikaar (2007) apresenta um gráfico que demonstra a relação entre o trabalho da Ergonomia e as fases de um projeto, indicando o decréscimo na possibilidade de intervenção ergonômica à medida que o projeto avança. A Figura 62 apresenta uma adaptação para a estrutura de projetos de médio e grande porte (Apêndice B), que segue o Método *Front*

*End Loading* (FEL) para gerenciamento de projetos. Além disso, da experiência obtida na participação em projetos com essas características, como o Novo Laboratório de Análises e o Novo Centro Administrativo, algumas conclusões podem ser tiradas.

Figura 62 – Possibilidade de intervenção ergonômica em projetos na Refinaria



Fonte: Adaptado de Pikaar (2007)

Como citado anteriormente, a Análise Ergonômica necessita de um tempo considerável para ser realizada e, ainda na fase de Projeto Conceitual, a Ergonomia já começa a ter sua possibilidade de intervenção reduzida. Ter um acervo sobre as SAC's pode acelerar essa análise. Diversas situações podem servir de referência em outras plantas: manipular uma válvula apresenta, basicamente, os mesmos componentes em qualquer lugar, incluindo as dificuldades; a limpeza de filtros apresenta elementos semelhantes, desde que sejam de mesmas características, assim como estrangulamentos parecidos. O Projeto Básico é o espaço onde se permite o maior número de intervenções e modificações, não apenas relacionadas à Ergonomia, mas também às outras disciplinas – como são conhecidas na Refinaria: Civil, Elétrica, Tubulação, Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) etc. No projeto Detalhado, as possibilidades de intervenção são mínimas. Somente alguns ajustes entre as áreas são permitidos, como forma de equalizar interesses conflitantes. Mas a estrutura principal do projeto não pode mais ser alterada. Ao final do projeto detalhado, existe um momento, conhecido na Refinaria como Congelamento do Projeto. A partir daí, nada mais pode ser

modificado. Exceto quando a Companhia solicita modificações devido a fatores financeiros ou de priorização da carteira de projetos. Ou quando surgem questões relacionadas a exigências legais (Ambientais e Trabalhistas). O que também pode acontecer com a Ergonomia, principalmente, com exigências constantes na Norma Regulamentadora NR-17 (Brasil, 2011). Demonstra-se isso na Figura 54 por uma percentagem simbólica de aproximadamente 2%.

No intuito de favorecer a Ergonomia em Projetos na Refinaria e diminuir as dificuldades, anteriormente apresentadas, sugere-se que haja um constante levantamento dessas SAC's. O trabalho da Ergonomia dentro da Refinaria deve ser ininterrupto e focado neste objetivo. O tempo de projeto e o tempo para analisar as SAC's, por meio da AET, podem ser incompatíveis, como normalmente o são. Montando um acervo de SAC's, pode-se ganhar tempo quando da entrada da Ergonomia em projetos. A priorização da construção desse acervo deve passar pelo nível de utilização de cada elemento. Tarefas relacionadas a dutos e válvulas têm grande probabilidade de existirem em Unidades a serem projetadas. Isso as tornaria de maior prioridade. No caso dessa pesquisa, por exemplo, dever-se-ia priorizar a análise das situações xvi (Conhecimento do corpo), xx (Não basta existir), xxv (E se precisar?) e xxvii (Melhorou! Para quem?).

Associado a esse acervo, a simulação humana deveria ser aplicada. As três últimas categorias de situações apresentam elementos que oferecem dificuldades à realização da tarefa. Os operadores, conhecendo essas dificuldades poderiam reconstruí-las quando da realização da simulação. Em projetos de concepção, “o conhecimento da realidade do trabalho torna-se importante na medida em que possibilita a antecipação de problemas, de modo a proporcionar melhores condições de trabalho e de produção” (BRAATZ, 2009). Tal simulação, como afirma Torres (2007) “permite analisar aspectos dinâmicos da execução da tarefa, a interação entre pessoas e o local onde se desenvolve suas atividades de trabalho”.

#### **5.4. PROJETOS RESILIENTES**

Das situações analisadas e classificadas de acordo com o elemento utilizado pelos operadores ou com o tipo de solicitação feita aos operadores – apresentadas nos Resultados – muitas indicações surgem para um projeto que contemple, além das necessidades próprias da atividade, aquelas relacionadas às estratégias e ações de Resiliência.

A visão que tem de ser incorporada nos projetos dentro da Refinaria é que, no final do processo existem pessoas que garantem a confiabilidade do sistema.

Conseqüentemente, as ações e estratégias de Resiliência, criadas ou assumidas por essas pessoas, obtidas a partir da Análise da Atividade, devem ser incorporados em projeto. Fato que, inclusive, faz parte do pressuposto, assumido nessa pesquisa: **a Análise da Atividade é o método mais indicado para identificar estratégias e ações de Resiliência dos operadores, possibilitando sua inserção no projeto de situações de trabalho.**

A construção do conhecimento dentro da Refinaria deve se adaptar às mudanças que os processos de trabalho vêm enfrentando. O conhecimento informal, aquele que não é padronizado, deve ser formalizado, muito mais do que apenas um anódino do sistema e, muitas vezes, como desvio de conduta. As lições aprendidas não devem se referir apenas aos estudos de acidentes já ocorridos, mas também ser construídas a partir da normalidade. A visão da normalidade que aceita as adaptações como benéficas, quando respondem às instabilidades do sistema. E não a visão de normalidade como a utilização irrestrita e integral de normas, padrões e procedimentos.

Olhar para o meio do processo é essencial. É lá, na atividade, que se manifestam os mecanismos utilizados e criados para manter essa normalidade. Woods e Cook (2002) alertam que “manter o foco no resultado distorce a visão sobre a prática”. Para eles, simplificam-se os dilemas, as complexidades e as dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores e como eles normalmente lidam com estes fatores para obter sucesso. E pior, muitas vezes, isso é modelado, como se fosse possível rotinizar as ações que os trabalhadores utilizam para lidar com essa adversidade. A abordagem da Resiliência busca compreender os mecanismos de erro e, mais ainda, de acerto do sistema sociotécnico. Isso exige não apenas a observação do trabalho realizado, imerso em uma esfera que, a qualquer momento pode se tornar dinamicamente instável, mas também as ações utilizadas para manter o sistema operando, mesmo com a variabilidade inesgotável que se faz presente em qualquer sistema de produção.

Os resultados apresentados nesse estudo ressaltam alguns pontos que devem fazer parte do conjunto de aspectos a serem utilizados por projetistas dentro da Refinaria, sempre assumindo a Abordagem Antropocêntrica. Rouse (1991 *apud* Didelot, 2002) afirma que a filosofia utilizada por essa abordagem é a de concentrar os esforços de projeto sobre o papel dos homens em sistemas complexos e, por isso, os projetistas devem tentar ajudar os operadores na realização dos objetivos operacionais, sem degradar as condições de saúde e segurança dos operadores. Isso visa à responder a questão principal dessa pesquisa: **Quais são os aspectos da Confiabilidade Humana que garantem o funcionamento normal da Refinaria? E, posteriormente, como torna-los aplicáveis?**

Primeiramente, o favorecimento à competência dos operadores. É notória a diferença nos modos operatórios entre os mais novos e os mais experientes no sistema – sem levar em conta a idade. Como a diferença guarda forte relação com a experiência – um dos elementos da competência – não se pode obrigar que haja uma única forma de desempenhar a tarefa. Normalmente, nas rotinas, operadores mais novos são mais analíticos, utilizando-se de indicadores e procedimentos formais, como equipamentos de medição, parâmetros indicados nas Casas de Controle (Local e Integrado) e Padrões e Procedimentos da Companhia. Já os mais antigos, regulam melhor os constrangimentos, principalmente, temporais – o que é constante nas rotinas. Para tanto, utilizam-se, em grande escala, dos indicadores informais. Um deles, a análise sensorial, refinada através da vivência constante com os elementos da planta – apresentada em algumas situações dos Resultados, como na utilização de uma caneta esferográfica para aferir a vibração de um motor. A utilização dos sentidos é algo constante e natural entre estes operadores. A representação que eles constroem é fruto da junção de todos eles, que culmina com um diagnóstico da situação e uma posterior tomada de decisão. Outro parâmetro utilizado são as verbalizações, muito utilizadas quando da troca de turno. Os que estão saindo resumem como o turno transcorreu (emergências, problemas operacionais, dificuldades, normalidades etc.). Essas estratégias acabam por favorecer a realização da rotina de forma mais rápida, menos desgastante fisicamente e mentalmente e com maior independência nas tomadas de decisão.

Nas manobras, a diferença de expertise não é tão acentuada. No entanto, algumas situações, tidas como manobra, a experiência é fator eliminatório para sua realização. Somente os mais experientes ou que tenham vivência com aquela determinada manobra, podem realizá-la. É o caso da calibração do analisador do Laboratório de Análises, descrito mais a frente.– Inserir em algum lugar

Partindo do princípio de que todo sistema é sociotécnico, os projetos devem levar em conta tanto a Confiabilidade Técnica como a Humana. A evolução dos sistemas de controle automáticos é exponencial e eles devem, sim, ser utilizados em projetos dentro da refinaria. Não se podem esquecer as vantagens que o sistema técnico possui sobre o humano. Mas permitir que as vantagens do sistema humano frente ao técnico, também, sejam utilizadas deve fazer parte das diretrizes do projeto.

O primeiro passo, ainda antes da projeção, é modificar a forma de construção do conhecimento dentro da Refinaria. O treinamento tem de ser expandido, para além das informações técnicas e dos padrões – característica da Refinaria. Formalizar os conhecimentos tácitos é uma boa alternativa para favorecer o conhecimento partilhado. Isso

diminuiria a curva de aprendizagem para os operadores mais novatos, que poderiam, mais rapidamente, assimilar informações importantes das estratégias dos mais experientes e transformá-las, posteriormente, em conhecimento. No entanto, condição *sine qua non* é formalizar a utilização da análise sensorial nas ações de controle e de correção. Tirar da marginalidade e aceitá-la como mais um auxílio ao ferramental laboral dos operadores, impede que, por qualquer motivo, essas ações sejam vistas como desvios aos rígidos padrões e procedimentos. Como, por exemplo, tirar a luva de proteção para aferir, manualmente, a temperatura dos equipamentos ou a densidade de um fluido. Isso ajudaria a resolver a contradição entre o ponto de vista da automação e as ações de Resiliência dos operadores. O primeiro, apresenta forte ênfase na otimização do funcionamento das instalações em períodos estáveis. Já a Resiliência volta-se para a prevenção e recuperação do sistema em situações instáveis. Essa contradição é uma característica própria dos sistemas de produção contínua que, em conjunto com outra característica desses sistemas, a dificuldade de construir uma representação confiável do processo, causa uma subestimação dos indicadores informais e um excesso de confiança nos formais.

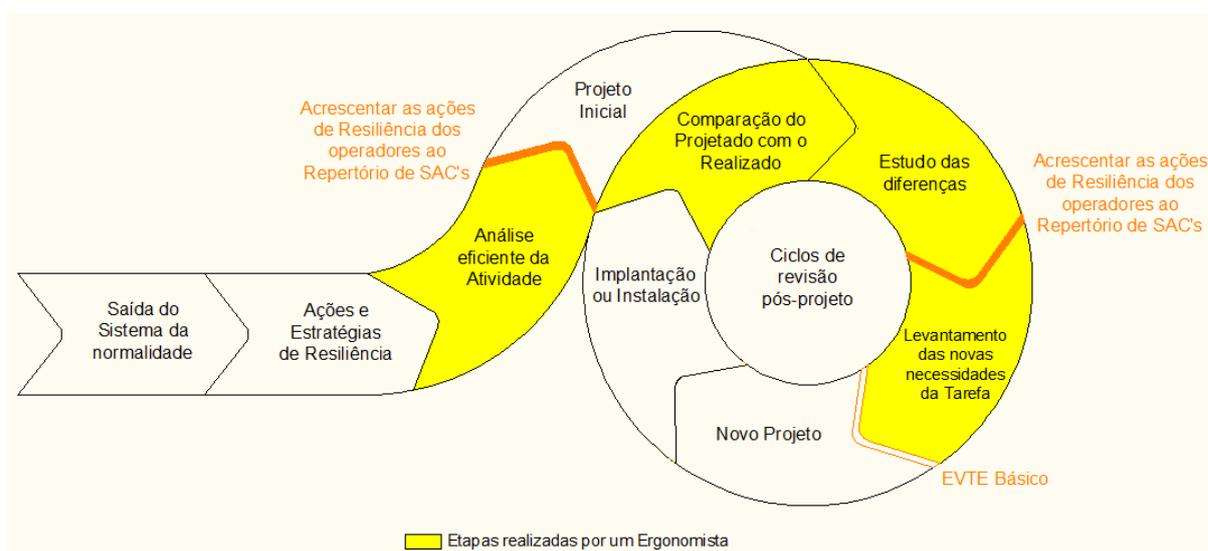
A partir dos exemplos dados sobre otimização e criação de artifícios, uma característica defendida por Daniellou e Béguin (2007) ganha destaque. A de que o projeto continua em evolução, mesmo após sua implantação. O projeto continua no uso. As incompatibilidades entre como o projetista pensou o projeto e como ele funciona – ou pode funcionar – na prática, emergem na situação de trabalho. É a exposição mais clara da diferença entre o trabalho prescrito e o trabalho realizado. No entanto, os operadores, no centro dessa inconsistência, têm de realizar a tarefa. O papel do operador é o de se preparar para o buraco no trabalho dos projetistas, explorando, interpretando, utilizando, transformando seu ambiente técnico, social e cultural (WEILL-FASSINA, RABARDEL e DUBOIS, 1993; RASMUSSEN, 1983 *apud* WOODS e HOLLNAGEL, 2006). Farão isso lançando mão de processos de otimização ou criando artefatos que os auxiliem a superar as dificuldades impostas pela inadequação do projeto original.

Um projeto não pode perdurar anos sem que seja revisto. Todo projeto cria novos constrangimentos. É o que Schön (1987) chama de Diálogo com a Situação. O projetista, voltado para uma finalidade, projeta idéias e saberes, mas a situação lhe “responde”, apresenta resistências inesperadas que levam a reformular o problema. Na Refinaria, essas inconsistências perduram por todo o tempo de funcionamento das Unidades, sem que haja revisões. O processo se degrada cada vez mais, pois outros constrangimentos e problemas vão

surgindo, exigindo novas estratégias de correção por parte dos operadores. O sistema entra em modo degradado de funcionamento e as dificuldades tendem a se amplificar.

Assim, o projeto precisa de ciclos de revisão pós implantação. Por meio de Análise da Atividade os projetos seriam, novamente, estudados a fim de constatar o que difere da proposta inicialmente concebida pelo projetista – ou equipe de projeto – daquilo que se apresenta em campo. Com os ciclos de revisão pós implantação, as adequações, implantadas pelos operadores para realizar a tarefa seriam incorporadas nessa nova etapa do projeto. Isso permite criar um Modelo de Operação Resiliente (Figura 63).

Figura 63 – Modelo de Operação Resiliente



Fonte: Próprio autor

No entanto, não basta realizar uma análise eficaz da atividade. É preciso disponibilizar seus resultados de forma aplicável em projeto. Essa é uma das grandes lacunas entre a análise e o projeto ergonômico. As Situações de Ação Característica (SAC), inicialmente propostas por Daniellou (1992), oferecem subsídio para projetos de atividades futuras. Quando elas trazem ações que são realizadas pelos operadores, quando o sistema sai da estabilidade, deve-se criar um Repertório de SAC's<sup>17</sup> voltadas para a Resiliência do Projeto. Dessa forma, consegue-se criar uma gestão do conhecimento sobre essas ações e estratégias. O que facilitará o trabalho dos projetistas e permitira uma redução no tempo do projeto. Sempre que for constatado que um operador lançou mão de alguma estratégia ou ação

<sup>17</sup> As Situações de Ação características dessa Tese foram as apresentadas nos resultados.

para retornar o sistema à normalidade, após um problema qualquer, isso deve ser analisado e registrado no Repertório de SAC's.

Nas situações apresentadas nas categorias “Antecipação e previsão”, “Correção de falhas nos equipamentos” e “fatores que afetam a Confiabilidade Humana”, todas lidam com equipamentos e instalações que são comuns a qualquer processo de refino de petróleo. Fornos, recebedores de PIG, válvulas de haste e automáticas, bicos amostradores, visores e janelas de visualização, diques de tanques, dutos paralelos e cabines de operação. Por mais modernas que sejam, novas Unidades apresentarão equipamentos semelhantes ou exatamente iguais a esses. A compreensão do trabalho realizado nessas situações deve-se dar tanto em funcionamento normal como em situações de instabilidade ou de emergência, quando os operadores realizam ações de Resiliência. Afinal, caso os problemas apresentados nas situações existentes não sejam resolvidos nos novos projetos, os operadores terão de promover o mesmo tipo de regulação.

Da necessidade de criar ciclos de revisões pós implantação e Repertórios de SAC's que contemplem ações e estratégias de resiliência, formulou-se um Modelo de Projeto Resiliente (Figura 63) que deve ter as seguintes características:

- Ser construído levando-se em conta as competências dos operadores;
- Aumentar os espaços de regulação para permitir aos operadores adaptar sua atividade de trabalho e responder melhor às anormalidades do sistema;
- Facilitar as ações de otimização que os operadores utilizam.
- Formalizar e facilitar a utilização dos mecanismos sensoriais e a transformação de instrumentos em artefatos;
- Impedir a insuficiência ou ausência de informações que dificulte a representação do sistema por parte dos operadores;
- Armazenar os resultados da Análise da Atividade no acervo de SAC's das ações de Resiliência, para respaldar requisitos de projeto que incorporem a visão da atividade;
- Sempre que possível, realizar simulações com a participação dos operadores, para que as ações de previsão e a antecipação possam ser inseridas no projeto;
- Permitir que todas as disciplinas envolvidas participem do projeto de forma socialmente construída e igualitária, com seus devidos responsáveis, desde o início do projeto. O que vale também para a Ergonomia. Isso inclui a criação de espaços de discussão do projeto, onde seja possível a utilização de objetos intermediários que aumentem a compreensão e uniformidade da informação entre todos;

- Avaliar as influências positivas e negativas do sistema técnico no sistema humano e vice-versa, premissa dos sistemas sociotécnicos;
- Eliminar fatores que levem máquinas e equipamentos a operar de forma inadequada;
- Planejar revisões pós implantação que contemplem, no mínimo: objetivos, nova análise da atividade e resultados com propostas de modificações no projeto inicial, caso seja necessário.

A proposta é, em um primeiro momento, no projeto inicial de qualquer situação de trabalho, criar um Repertório de SAC's de ações que os operadores utilizam para responder às saídas da normalidade do sistema. Isso seria possível a partir da Análise da Atividade das situações que envolvam essas ações. Especial destaque é dado às etapas que são realizadas por um Ergonomista, como apresentado anteriormente nesta pesquisa, e destacadas em amarelo no Modelo.

Dessa análise e da criação do Repertório de SAC's, o Ergonomista consegue apresentar requisitos a um Projeto que incorpore as necessidades da tarefa no que tange à manutenção e recuperação da normalidade do sistema. A etapa denominada, no Modelo, como Projeto Inicial abrange as etapas seguidas por qualquer projeto dentro da Refinaria: Projeto Conceitual, Projeto Básico, Projeto Detalhado e Implantação ou Execução.

Depois de implantado o projeto, entra-se nos Ciclos de Revisão Pós-projeto. Na primeira etapa, o projeto inicialmente concebido deve ser comparado com a situação real. As cinco categorias apresentadas nesta pesquisa são pontos de partida para essa comparação: Competência; criação de artefatos; otimização; antecipação e previsão; correção de falhas nos equipamentos.

Com relação à Competência dos operadores, deve-se observar quais artifícios são utilizados para perceber que o sistema começa a sair da normalidade ou já saiu. Isso se revela na utilização de análise sensorial (tato, olfato, visão ou audição). Percebendo isso, o projetista deve estudar as diferenças encontradas entre o projeto original e a situação real. O mesmo deve ser feito para as outras quatro categorias.

Observar se foram criados artefatos novos ou se os operadores fizeram algum tipo de bricolagem<sup>18</sup>. O que demonstra a impossibilidade de realizar a tarefa como foi projetada e com as ferramentas e equipamentos disponíveis. Pontos nos quais o operador lança mão de

---

<sup>18</sup> Lévi-Strauss definiu, em seu livro *La Pensée sauvage*, de 1962 – (Levi-Strauss, 2010) – um *bricoleur* como uma pessoa que utiliza qualquer material que esteja acessível para criar produtos que lhe sejam úteis.

otimação são indicadores importantes de que algum problema existe: a informação não é suficiente; equipamentos de medição que apresentam alguma imprecisão nos dados aferidos; ou mesmo uma limitação do sistema técnico – como o caso do item xvi dos Resultados, sobre os termopares no reator da torre de descoqueamento. A busca pela correção desses pontos é essencial. É algo explícito e declarado. Deve ser inserido em um novo projeto dentro do Ciclo de Revisão Pós-projeto.

Da mesma forma, a categoria antecipação e previsão deve ser observada pelo Ergonomista. Para isso, a Análise da Atividade e o contato direto com o operador em situação de trabalho tornam-se necessários. As ações e estratégias baseadas no histórico da Unidade (acidentes, falhas, dificuldades, condições adversas ao sistema etc.) que são externalizadas, devem ser melhor analisadas. Assim como na Otimização, elas podem fornecer fortes indícios de que problemas existem. A última categoria é de suma importância nas questões de gestão da tecnologia e de manutenção. Artifícios que os operadores utilizam para corrigir falhas em equipamentos podem ajudar na identificação de inadequações entre equipamento e tarefa, além de demonstrar a má qualidade de determinados equipamentos. Essas informações podem impedir que novos projetos incorram na utilização de equipamentos problemáticos. Afinal, as ações de correção desses problemas, por parte dos operadores, explicitam falhas em situações de utilização dos equipamentos.

As ações de Resiliência realizadas e as estratégias assumidas pelos operadores devem ser acrescidas ao Repertório de SAC's. Na sequência, devem-se apresentar as novas necessidades da tarefa, quanto às ações de resiliência. Elas são, assim, transformadas em requisitos de projeto. Essas três primeiras etapas do Ciclo de Revisão de Projeto devem ser realizadas em contato direto com os operadores e realizadas por um Ergonomista por meio da Análise da Atividade. Ao final dessas etapas, promove-se um Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica inicial (EVTE Básico). Como acontece em qualquer projeto na Refinaria. O intuito é avaliar a relação entre custo e benefícios que estes requisitos de projeto apresentam. Se atendem as necessidades da tarefa. Se, efetivamente, permitirão ao operador manter ou recuperar a estabilidade do sistema. Se são vantajosos para a Refinaria. Se são viáveis tecnicamente e a que custo. Entre outras avaliações.

Tal qual o Projeto Inicial, o Novo Projeto, apresentado como uma etapa do Ciclo de Revisão Pós-projeto, segue as mesmas etapas do primeiro. Contudo, a idéia defendida neste estudo, deve se fazer presente. O Ergonomista não deve assumir por completo o Projeto. Ele deve ser construído socialmente, com a participação de todas as disciplinas envolvidas de alguma forma na situação analisada. E, de mesma importância, envolver os operadores, como

mais um grupo de especialistas e, ao mesmo tempo, clientes do produto final do projeto. Desde o Projeto Conceitual, deve haver reuniões que envolvam todos os grupos. Seguindo o Ciclo dessa forma, o Ergonomista já teria, desde o início do projeto, um conhecimento adequado da situação a ser projetada, com análises concluídas e um Repertório de SAC's que pode ajuda-lo na exposição dos requisitos de projeto que apresentará. Não apenas aqueles relacionados às exigências da tarefa, mas também os relacionados às ações e estratégias de resiliência.

O período entre a implantação do projeto inicial e a primeira etapa do Ciclo de Revisão, pode guardar relação com as características do projeto ou da área onde ele foi concebido, como: periculosidade, quantidade de operadores envolvidos e nível de utilização. Assim, Unidades que possuam em seu processo de produção elementos perigosos como H<sub>2</sub>S e HF – citados anteriormente – teriam períodos menores entre a implantação do projeto inicial e o início do Ciclo de Revisão. O mesmo para projetos na Casa de Controle Integrado e Laboratório de Análises, onde existe uma rotatividade de operadores muito alta e interações constantes entre homem e máquina. A periodicidade entre Ciclos de Revisão também seguirá este intervalo.

O objetivo das ações e estratégias de Resiliência que os operadores utilizam é retornar o sistema ao estado inicial. Mesmo tendo êxito, o retorno jamais acontece por completo. Sempre será criada uma nova situação, diferente da inicial. Essa diferença é semelhante ao que acontece com a Histerese – apresentado anteriormente. Assim, é preciso que as modificações que foram feitas em cada rodada do Ciclo de Revisão sejam devidamente registradas. Isso possibilitará comparações futuras entre constrangimentos que surgem a partir de novos projetos e os que existiam em outros momentos do sistema. A intenção é criar um histórico de projeto que auxiliará os projetistas, respaldando suas decisões e conceitos projetuais.

## **5.5. A LIMITAÇÃO DO PROJETO**

Ainda com relação à questão principal da pesquisa, uma característica dos sistemas complexos, a variabilidade, faz com que alguns aspectos sejam difíceis ou impossíveis de ser incorporados em projetos na Refinaria. Isso limita qualquer tentativa de Modelizar a Confiabilidade Humana e ressalta os aspectos relacionados às respostas rotineiras e constantes dos operadores à essa variabilidade.

A constatação de que os operadores respondem às saídas da normalidade do sistema, com ações que garantem o funcionamento normal do sistema é essencial na busca por compreender como a Confiabilidade Humana é importante nesse tipo de sistema, complexo e dinâmico. Na Refinaria, matérias-primas variam, assim como produtos, condições de produção, equipes e organização do trabalho, procedimentos, normas etc. O conhecimento individual e coletivo está em constante mudança. As premissas da gestão modificam-se, de acordo com orientações estratégicas. E tudo isso acaba influenciando direta ou indiretamente na operação do sistema e em como os operadores gerenciam essa metamorfose produtiva.

Os Modelos de análise de acidentes possuem limitações já demonstradas anteriormente, pois são pontuais e estanques. Não reproduzem fidedignamente o que ocorreu ou pode ocorrer em um cenário degradado. As inúmeras interações a que estão sujeitos cada um dos fatores envolvidos – condições ambientais, reações químicas, proteções coletivas e individuais, intempéries climáticas – não permitem desenhar a sequência perfeita da cadeia de eventos. Até porque ela nunca será perfeita. Montmollin (1995) definiu um modelo como “uma estrutura abstrata, genérica, cuja aplicação a um contexto particular permite construir uma representação dos comportamentos de operadores numa situação de trabalho”. Mas o comportamento humano é constantemente variável. Mesmo modelos matemáticos não conseguiriam reproduzir essa variabilidade inextinguível. O que se cria são heurísticas, métodos e modelos de aproximação das soluções ideais. A heurística assume uma solução próxima da ideal baseada em uma função de avaliação do resultado. A diferença entre o resultado esperado – a não ocorrência do acidente – e a falha – a ocorrência do acidente – não está na utilização de um Modelo que esquematize como ocorrerá um acidente. Não está nos Modelos do Queijo Suíço, no Modelo de Zonas e muito menos na Teoria do Dominó. Eles não passam de Representações ilustrativas que visam modelar comportamentos<sup>19</sup> e circunstâncias. A diferença está na ação situada, que nunca poderá ser modelada. Como afirmam Veloso e Trevisan (2005), “é possível abstrair as regras de modelagem e agir de modo alinhado com os conceitos aprendidos, adaptando-se, sempre que uma nova situação de apresentar”. Dessa afirmação, retoma-se uma questão ainda não respondida e que, até hoje, especialistas procuram responder: Como evitar o erro humano sem inibir a função adaptativa das atividades humanas?

O mesmo pode ser percebido para os Modelos de Análise da Confiabilidade Humana, que já evoluíram muito, mas continuam incapazes de se moldar ao cotidiano de

---

<sup>19</sup> Alguns textos interessantes sobre o assunto e que relatam a tentativa de modelar, em especial, o comportamento humano: HARRISON (1992); DWYER (2004)

sistemas de produção, principalmente, os complexos. Nestes, as interações e os relacionamentos são em maior escala e a dinâmica cria situações novas a cada momento. Por mais adaptados que estejam, atualmente, às novas tendências do trabalho humano – aumento de aspectos cognitivos e organizacionais – esses Modelos estão sempre evoluindo a passos mais lentos do que os processos de produção. Isso porque eles descrevem e quantificam o desempenho humano, em uma tarefa dada, para avaliar e prever a Confiabilidade Humana. O que não é possível em situações reais, dinâmicas, que podem evoluir de maneira autônoma, sob a influência de grande quantidade de fatores e atores. Diferente das situações estáticas, completamente controláveis pelo sistema homem-máquina.

A proposta, apresentada nessa pesquisa, de Modelo de Projeto Resiliente procura diminuir a distância entre o projeto do trabalho e a realidade do trabalho projetado. E, conseqüentemente, entre seus respectivos atores, os projetistas e os operadores. É justamente devido a essa diferença que os operadores lançam mão de estratégias e ações que mantêm o sistema operando e, principalmente, produzindo satisfatoriamente. E isso fica evidente nas situações apresentadas como resultado da pesquisa. Diversas inconsistências e incompatibilidades entre o projetado e o efetivamente realizado são percebidas. A atividade pouco é utilizada como parâmetro para os projetistas. As exigências impostas pela tarefa e o conhecimento que o trabalhador utiliza para resolver esses conflitos não se tornam requisitos de projeto. Jamais se conseguirá converter todo o conhecimento de um trabalhador em requisitos de projeto, mas o conhecimento aprofundado da atividade deveria constituir o motor da elaboração das prescrições, como afirma Lamonde (2007).

Em sistemas complexos, o dinamismo e a complexidade natos do sistema impedem a definição de um procedimento padronizado e condena a idéia de uma única ação correta. Assim, o Modelo proposto não consegue responder a todas as variações que o ambiente de trabalho sofre e a todas as necessidades do trabalhador durante a realização da tarefa. Dois pontos justificam essa afirmação. Em primeiro lugar, existe uma defasagem entre concepção e implantação. O processo de projeto na Refinaria, dependendo do seu escopo pode durar meses, até anos. Nesse tempo, muita coisa na operação já pode ter mudado. Como o sistema é holístico, qualquer alteração em uma Unidade podem influenciar a mudança no trabalho em outras Unidades. Os trabalhadores podem não ser mais os mesmos. Já se tem aí uma grande diferença, levando-se em conta apenas a variação na experiência. Durante a pesquisa, pôde-se perceber que alguns operadores eram novos e estavam sendo treinados para operar a nova Refinaria – RNEST – que está sendo construída em Ipojuca, Pernambuco, no Complexo Portuário de Suape. Isso imputava aos operadores locais uma dinâmica diferente.

Além de todas as responsabilidades normais da operação, eles deveriam ensinar e treinar os novatos. Algo que, para alguns, era de extrema dificuldade. Eles não haviam sido preparados para transmitir conhecimentos. Ao mesmo tempo, os novatos solicitavam explicações sobre procedimentos e padrões. Mesmo para projetos menores, essa defasagem projeto-implantação faz-se presente. O que se torna mais explícito quanto se pensa em modificações no trabalho relativas à mudanças tecnológicas.

Um segundo ponto diz respeito à impossibilidade de retornar, por completo, um sistema ao seu estado normal, após uma instabilidade. Sempre haverá um resquício. Seja ele técnico, organizacional, pessoal ou mesmo de gestão. São informações que se perderam durante uma queda de energia; a perda de confiança do trabalhador após sofrer ou ver um acidente; a depreciação de um equipamento, mesmo após ser consertado entre outras. Enfim, sempre haverá uma histerese, um resquício dessa saída da normalidade do sistema. O sistema como um todo não consegue retornar, por completo, ao estado inicial anterior à instabilidade. Esse resíduo pode, como tratado anteriormente, gerar um modo degradado de operação (WYNNE, 1988). E, se não for resolvido, pode virar crônico, tornando a anormalidade um estado normal.

Modelos de concepção continuarão a ser criados e melhorados, na busca de antecipar questões relativas ao trabalho e aos trabalhadores, visando reduzir os constrangimentos e aumentar a eficiência do trabalho. No entanto, os Modelos de Projeto não conseguem resolver os conflitos. Os conflitos se resolvem na operação. Por mais completo que seja o projeto, com participação de vários especialistas, com a inserção do usuário final no processo de concepção e utilização de informações e análises que reflitam a realidade das ações de trabalho, ele não comporta a defasagem que existe o momento de concepção e o de implantação e operação. Como ilustra Clot (1995), “a tarefa prescrita já é um modelo frio das atividades do projetista”. Por mais que haja negociação entre os atores da concepção, ela gera parâmetros cristalizados. Os condicionantes que determinarão o “aquecimento” da tarefa só emergirão na ação situada, onde o projetista não interfere mais. Nesse momento, quem passa a modificar o projeto são os operadores. A problemática da atividade e tudo que envolve sua realização não é englobada, por completo, pela problemática da tarefa. Há lacunas que não foram observadas, ou seja, preexistentes, e outras novas, que se criaram após a implantação do projeto.

A partir das situações observadas e das elencadas nesta pesquisa, dos contatos com os operadores, durante o tempo de estudo, consegue-se concluir que o Modelo de Projeto Resiliente tem sua função de tentar incorporar a lógica das estratégias e ações de Resiliência

que os operadores utilizam a todo o momento a fim de retornar o sistema ao seu estado normal, após sofrer alguma perturbação. É uma proposição que segue alguns preceitos tidos como eficazes na garantia da Confiabilidade Operacional. E apresenta, ainda, etapas que visam uma iteração nas decisões de projeto, com ciclos de revisão. Mas o que fica mais evidente, em todo o estudo, é que a Confiabilidade Humana não consegue ser modelada. É algo que está imerso na realização da atividade. As variações não seguem frequências ou períodos. Elas, simplesmente, acontecem com um alto grau de aleatoriedade. E isso ficou bastante evidente com a utilização da Análise da Atividade. Observando os operadores e suas respostas às instabilidades, percebeu-se que os conflitos na Refinaria são resolvidos na ação situada.

Determinantes presentes nas ações dos operadores, como antecipação, criação de novos artefatos, otimização e a própria competência que possuem devem ser incorporados nos projetos. E as proposições devem evoluir, a medida que novas ações e estratégias são assumidas. As pesquisas e experiências práticas em Confiabilidade Humana tendem a aumentar o conhecimento sobre o papel do ser humano como mantenedor e recuperador da normalidade do sistema.

## CAPÍTULO 6 - LIMITAÇÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA

### 6.1. LIMITAÇÕES

Duas condicionantes muito importantes não foram avaliadas, durante a análise das situações, apesar de terem sido comentadas a todo momento durante as entrevistas e confrontações com os operadores: a realização da tarefa sob chuva e à noite. São dois fatores de extrema importância e que foram relatados por alguns operadores como elementos degradantes do trabalho. Sob esses constrangimentos, a probabilidade de existirem outras ações e estratégias de Resiliência é muito grande. Fatores que poderiam enriquecer o conjunto de situações elencados nesta pesquisa. Novamente, as condições da Refinaria agravam ainda mais essa constatação. Há locais, segundo os operadores, onde à noite, não há como chegar sem lanterna, ou onde, com chuva, o risco de um acidente é altíssimo. É o que acontece na Área de Utilidades da HDT. Um poço de descida de dutos, onde os operadores precisam verificar a existência de quaisquer líquidos e averiguar do que se trata. O analista questiona o operador: “Você observa alguma coisa lá embaixo?”, e o operador responde: “A gente costuma observar se de repente tá vazando alguma coisa externa da Refinaria e que possa vir pra cá. A gente tá sempre observando”. E, perguntado sobre a realização dessa atividade à noite, continua respondendo: “À noite é impossível! Só se tiver com uma lanterna. Aí, se tiver com uma lanterna, dá pra ver”.

Outra situação referente a essa necessidade de iluminação adequada acontece na cabine da ponte rolante utilizada – item xxviii dos Resultados. O operador relata que, quando o material (coque) manipulado nessa operação é colocado no silo, uma nuvem de vapor e fuligem é criada e sobe, chegando até a cabine. Ele explica: “Principalmente quando tá frio, existe aquele vapor do coque. E à noite, não conseguimos enxergar. Com essa iluminação aí, pior ainda”, referindo-se à iluminação existente na área. E continua: “Esses refletores [da área] são muito fracos para o tipo de trabalho que a gente faz ali”. Ainda na ponte rolante, o outro fator elencado como uma das limitações dessa pesquisa é citado, a chuva. Mais especificamente. O operador descreve o que faz quando precisa subir ou descer os cerca de 25 metros entre o chão e a cabine, em dias de chuva: “Quando chove a gente tem que subir correndo [...] e de guarda-chuva não dá para subir. E outra, na escada não pode descer correndo. São 99 degraus, não tem patamar”

A partir das observações realizadas durante o período da pesquisa, percebeu-se que existem diferenças importantes nos modos operatórios entre operadores novatos e mais

experientes. Em algumas atividades, dado o tempo restrito para realizar as observações e análises, apenas um operador foi observado. Fazer a comparação entre novatos e experientes, realizando a mesma atividade poderia apresentar resultados mais expressivos e concretos dessa diferença. O mesmo pode ser dito para a comparação entre Refinarias diferentes. Os condicionantes do trabalho em cada planta podem apontar ações e estratégias de Resiliência bastante diferentes, mesmo em atividades similares. Com isso, o estudo ficou restrito à Refinaria analisada, não podendo extrapolar suas conclusões para outras Refinarias.

Um maior aprofundamento sobre o processo de projeto da Refinaria e sobre a atividade de seus projetistas, alocados em projetos de médio e grande portes, poderia levar a uma melhor compreensão da forma como a Confiabilidade Humana é encarada por eles e como as questões relacionadas a esse assunto são discutidas e trabalhadas, durante as etapas de projeto. Essa questão era um dos focos iniciais da pesquisa, até como forma de compreender a atividade dos projetistas, desmistificando a idéia de que eles sempre são os maiores culpados da incompatibilidade entre projeto e realidade. Esquece-se, por vezes, que eles também estão sujeitos a uma série de constrangimentos de toda monta. Havia uma possibilidade real de participação no projeto de uma nova Carteira de Gasolina. Seria a oportunidade de inserir a Ergonomia, sob a lógica da atividade, em um projeto de grande porte, desde às fases iniciais e, mais especificamente para esta pesquisa, a chance de constatar empiricamente as idéias previamente construídas sobre a visão que os projetistas têm sobre Confiabilidade Humana.

## **6.2. CONTINUIDADE**

O conceito original de Resiliência traz como consequência um efeito chamado Histerese. Mesmo que o sistema retorne à estabilidade, sempre ficará algum resquício, um resíduo, seja no sistema, na organização do trabalho ou nos próprios operadores. Dejours (1991) faz menção a riscos que são mal compreendidos e que, por isso, são denominados residuais. E ainda constata que eles, normalmente, são assumidos, individualmente, pelos trabalhadores. O autor afirma:

Ainda que se tente cercar esses riscos com medidas e regras de segurança, o esforço preventivo nunca é completo, seja porque os investimentos em segurança são insuficientes, seja porque existem riscos que, por serem pouco conhecidos ou até ignorados, não são devidamente contemplados.

Como a aplicação dos conceitos de Resiliência tende a crescer, haverá, em um breve espaço de tempo, a necessidade de se pensar em como diminuir esse efeito em situações de trabalho. É algo intrínseco a sistemas complexos, em especial de produção contínua. Para Leplat (2004), o dinamismo desses sistemas é correlato a uma restrição de irreversibilidade. Uma ação não pode ser corrigida pela ação inversa porque o sistema voltaria ao ponto de partida, mas a recuperação de uma ação inadequada exige a elaboração, às vezes difícil, de novas ações.

Criada uma tipologia inicial de ações e estratégias de recuperação do estado normal do sistema, refinar essas categorias e, até mesmo, criar outras aumentaria a compreensão do que leva os operadores a realizarem essas ações e o que mobilizam para cada estratégia. Com isso, haveria maior possibilidade dessas ações categorizadas serem incorporadas em Projeto.

## REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, Tariq.S.; PATEL, B.; HOWELL, G.A. Signal detection theory: enabling work near the edge. *In: Annual conference on lean construction*, v.11, 2003, Blacksburg. **Anais...** Blacksburg: VirginiaTech, 2003.

ABRAHÃO, Julia Issy. **Ergonomia cognitiva: novo trabalho, tarefas complexas, outras competências.** Seminários saúde e trabalho. Brasília, 2001 (Apresentação em slides).

ABRAHÃO, Julia Issy; PINHO, Diana Lúcia Moura. As transformações e desafios teórico-metodológicos da ergonomia. **Estudos de Psicologia**, v.7, número especial, 2002.

ABRAHÃO, Julia Issy; SZNELWAR, Laerte Idal; SILVINO, Alexandre; SARMET, Maurício; PINHO, Diana. **Introdução à ergonomia: da prática à teoria.** São Paulo: Editora Blucher, 2009.

ADISSI, Paulo José; MELO, Luis Carlos de Menezes. Análise ergonômica da aplicação manual de agrotóxico na fruticultura. *In: Reunião anual SBPC*, v.53, 2001, Salvador-BA. CD-ROM - Nação e Diversidade - Patrimônio do Futuro, 2001.

AMALBERTI, René. Da gestão dos erros à gestão dos riscos. *In: FALZON, Pierre (Org.). Ergonomia.* São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

\_\_\_\_\_. La maîtrise des situations dynamiques. **Psychologie Française**, v.46, n.2, p.105-117, 2001.

AMARATUNGA, Dilanthi; BALDRY, David; SARSHAR, Marjan; NEWTON, Rita. Quantitative and qualitative research in the built environment: application of "mixed" research approach. **Work Study**, v.51, n.1, 2002.

AMBROS, Paulo Cabrera. Avaliação da metodologia ATHEANA para sua utilização na análise da confiabilidade humana em usinas nucleares. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Nuclear) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

ANTUNES, Ricardo. **Adeus ao Trabalho?: ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho.** São Paulo: Cortez, 2005.

ARAÚJO, Anísio José da Silva. Paradoxos da modernização: terceirização e segurança dos trabalhadores em uma refinaria de petróleo. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

ASSUNÇÃO, Ada Ávila; LIMA, Francisco de Paula Antunes. A nocividade no trabalho: contribuição da ergonomia. *In*: MENDES, René. **Patologia do trabalho**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

BACK, Nelson. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1983.

BALLARDIN, Lucimara; FRANZ, Luis Antonio; SAURIN, Tarcísio Abreu; MASCHIO, Adriana. Analysis on the interfaces between causal models for accidents: a case study on maintenance activities in a hospital complex. **Interface** - Comunicação, Saúde, Educação, v.12, n.27, p.835-52, out./dez, 2008.

BARBOSA, Guilherme de Aquino. Desenvolvimento de uma ferramenta analítica de dimensionamento de parques de tanques – caso refinaria premium. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 1998.

BÉGUIN, Pascal. Acerca de la evolución del concepto de actividad. **Laboreal**, v.2, n.1, p.55-61, 2006.

\_\_\_\_\_. Argumentos para uma abordagem dialógica da inovação. **Laboreal**, v.4, n.2, 2008.

BÉGUIN, Pascal; DARSES, Françoise. Les concepteurs au travail et la conception des systèmes de travail: points de vue et débats. *In*: Communication au Colloque Deuxième journées Recherche et Ergonomie, 1998.

BÉGUIN, Pascal. L'activité de travail: facteur d'intégration durant les processus de conception. *In*: BOSSARD, P; CHANCHEVRIER, C. e LECLAIR, P. (Org.). **Ingénierie concourante: de la technologie au social**. Paris: Economica, 1997.

BÉGUIN, Pascal; RABARDEL, Pierre. Designing for instrument-mediated activity. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v.12, 2000.

BEHRENS, Marilda Aparecida. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 2005.

BELL, Julie; HOLROYD, Justin. Review of human reliability assessment methods. RR679 Research Report. Derbyshire, 2009.

BELLIÈS, Laurence. La conception: processus d'élaboration et d'évaluation de représentations pour l'action. Tese (Doutorado em Ergonomie) Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, 2002.

BENCHEKROUM, Tahar Hakim; CARVALHO, Paulo Victor Rodrigues de; GOMES, Jose Orlando. Resilience and situation awareness in operators' activities during shift changeovers in nuclear power plants. *In: World Congress on Ergonomics, 17, Beijing, 2009. Anais...* IEA: Beijing, 2009.

BIEDER, C.; LE BOT, P.; DESMARES, E.; CARA, F.; BONNET, J-L, "MERMOS: EDF's new advanced HRA method. *In: International conference on probabilistic safety assessment and management. Springer Verlag London Limited, 1998.*

BORGES, Fábio Morais; MENEGON, Nilton Luiz. Fator humano: confiabilidade às instabilidades do sistema de produção. *In: Simpósio de engenharia de produção, 16, 2009, Bauru. Anais...* Bauru, 2009.

BORGES, Maria Elisa Siqueira. Trabalho e gestão de si – para além dos “recursos humanos”. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, v.7, 2004.

BORING, Ronald L. Dynamic Human Reliability Analysis: Benefits and Challenges of Simulating Human Performance. *Proceedings of the European Safety and Reliability Conference (ESREL), 2007.*

LE BOT, P.; DESMARES, E.; BIEDER C.; CARA, F.; BONNET, J-L. MERMOS: an edf project to update the PHRA (probabilistic human reliability assessment) methodology. *In: OECD Nuclear Energy Agency Specialists Meeting on Human Performance in Operational Events. Chattanooga, 1998.*

BOUYER, Gilbert Cardoso; SANTOS, Giovanni Costa; MELLO, Gustavo Ferreira. Contribuições epistemológicas do “embodiment” na ergonomia cognitiva e nas teorias da ação. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, Foz do Iguaçu, 2007. Anais...* Rio de Janeiro, 2007.

BOUYER, Gilbert Cardoso; SZNELWAR, Laerte Idal. Análise cognitiva do processo de trabalho em Sistemas Complexos de Operações. **Ciências & Cognição**, v.4, 2005.

BRAATZ, Daniel. Análise da aplicação de ferramenta computacional de modelagem e simulação humana no projeto de situações produtivas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-17: **Ergonomia. Segurança e Medicina do Trabalho** - Série Manual de Legislação Atlas. 68.ed. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

BROBERG, Ole. Integrating ergonomics into engineering: empirical evidence and implications for the ergonomists. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v.17, n.4, p.353-366, 2007.

BRYMAN, Allan. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, 1989

BUBB, Heiner. Human reliability: a key to improved quality in manufacturing. **Human factors and ergonomics in manufacturing**, v.15 n.4, 2005.

BUCCIARELLI, Louis L. **Designing engineers**. Cambridge: The MIT Press, 1994.

\_\_\_\_\_. **Engineering philosophy**. Amsterdam: IOS Press, 2003a.

\_\_\_\_\_. **Designing and learning**: a disjunction in contexts. *Design Studies*, v.24, n3, 2003b.

CACCIABUE, Pietro Carlo. Cognitive modelling: a fundamental issue for human reliability assessment methodology? **Reliability Engineering and System Safety**, v.38, p.91-97, 1992.

CAHOUR, Beatrice; SALEMBIER, Pascal. Cooperation and cooperator modeling. **CSCW Journal**, v.5 n.2-3, 1996.

CARDOSO, Vitor Alexandre de Freitas; CUKIERMAN, Henrique Luiz. A abordagem sociotécnica na investigação e na prevenção de acidentes aéreos: o caso do voo RG-254. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.32, n.115, p.79-98, 2007.

CAROLY, Sandrine; WEILL-FASSINA, Annie. Evolutions des régulations de situations critiques au cours de la vie professionnelle dans des activités de relations de service. **Le Travail Humain**. V.67, n.4, p.304-327, 2004.

CAZAMIAN, Pierre. **Leçons d'ergonomie industrielle: une approche global**. Paris: Editions Cujas, 1974.

CHANLAT, Jean-François. Modos de gestão, saúde e segurança no trabalho. In: DAVEL, Eduardo; VASCONCELOS, João (Org.). **“Recursos” Humanos e Subjetividade**. Petrópolis: Vozes, p.118-128, 1995.

CLARKE, D. M. Human redundancy in complex, hazardous systems: a theoretical framework. **Safety Science**, v.43, p.566-677, 2005.

CLEGG, Chris W. Sociotechnical principles for system design. **Applied Ergonomics**, v.31, p.463-477, 2000.

CLOT, Yves. **Le travail sans l'homme?** Pour une psychologie des milieux de travail et de vie. Paris: La découverte, 1995.

CONCEIÇÃO; Carolina Souza da; DUARTE, Francisco José de Castro Moura. A articulação da ergonomia e da arquitetura na prática de projetos de concepção de espaços. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, Foz do Iguaçu, 2007. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.

COOK, Richard I.; RENDER, Marta; WOODS, David D. Gaps in the continuity of care and progress on patient safety. **British Medical Journal**, v.320, 2000.

CORRÊA, Fábio de Paula. Carga mental e ergonomia. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2003.

COSTA, Cláudia; SILVA, Catarina. Análise do trabalho, formação contextualizada e ação de transformação das condições de trabalho no setor de saneamento de um serviço municipal. **Laboreal**, v.6, n.2, p.27-46, 2010.

COSTELLA, Marcelo Fabiano. Método de avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho (MASST) com enfoque na engenharia de Resiliência. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

COSTELLA, Marcelo Fabiano; SAURIN, Tarcisio Abreu; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. A method for assessing health and safety management systems from the resilience engineering perspective. **Safety Science**, v.47, n.8, p.1056-1067, 2009.

COSTELLA, Marcelo Fabiano; SAURIN, T. A.; GUIMARÃES, L. B. de M. Avaliação de sistemas de gestão de SST: um método sob a perspectiva da engenharia de Resiliência. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, v.28, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

COUGHLAN, Paul; COUGHLAN, David. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.220-240, 2002.

COULON, Alan. **Etnometodologia**. Tradução de: Ephraim Ferreira Alves. Petrópolis: Vozes, 1995.

CUT - Central Única dos Trabalhadores. **A terceirização na Petrobras: Características do processo de terceirização e iniciativas de representação dos trabalhadores.** São Paulo, 2011.

CUVELIER, Lucie; CAROLY, Sandrine. Appropriation d'une stratégie opératoire: un enjeu du collectif de travail. **Activités**, v.6, n.2, 2009.

DANIELLOU, François. Ergonomie et démarche de conception dans les industries de processus continu: quelques étapes clés. **Le Travail Humaine**, Paris, v.51, n.2, p.185-193, 1988.

DANIELLOU, François; BÉGUIN, Pascal. Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. *In*: FALZON, Pierre. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007.

DANIELLOU, François. Le status de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception. Document de synthèse présenté en vue d'obtenir l'habilitation à diriger des recherches. Université Toulouse Le Mirail, 1992.

\_\_\_\_\_. Métodos em ergonomia de concepção: a análise de situações de referência e a simulação do trabalho. *In*: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

\_\_\_\_\_. Questões epistemológicas levantadas pela ergonomia de projeto. *In*: DANIELLOU, François (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

DARSES, Françoise; FALZON, Pierre; MUNDUTEGUY, Christophe. Paradigmas e modelos para a análise cognitiva das atividades finalizadas. *In*: FALZON, Pierre. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007.

DARSES, Françoise. Résolution collective des problèmes de conception. **Le travail humain**, v.72, n.1, 2009.

DECORTIS, Françoise; PAVARD, Bernad. Communication et coopération: de la théorie des actes de langage à l'approche ethnométhodologique. *In*: Bernad. Pavard (Org.). **Systèmes coopératifs: de la modélisation à la conception**. Toulouse: Octarès, 1994.

DEJOURS, Christophe. **A loucura do trabalho: estudo de psicopatologia do trabalho**. 4.ed. São Paulo: Cortez-Oboré, 1991.

\_\_\_\_\_. Epistemologia concreta e ergonomia. *In*: DANIELLOU, François (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

\_\_\_\_\_. **O fator humano**. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

DEKKER, Sidney. Resilience Engineering: Chronicling the emergence of confused consensus. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

DIAMOND, J. **Collapse: how societies choose to fail or succeed**. New York: Viking, 2005.

DIDELLOT, Armelle. Contribution a l'identification et au controle des risques dans le processus de conception. Tese (Doutorado em Engenharia dos Sistemas Industriais) - Institut National de Recherche et de Securite (INRS), Lorraine, 2002.

DUARTE, Francisco José de Castro Moura. A análise ergonômica do trabalho e a determinação de efetivos: estudo da modernização tecnológica de uma refinaria de petróleo no Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. Complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. *In*: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

DUARTE, Francisco José de Castro Moura; CONCEIÇÃO, Carolina; CORDEIRO, Cláudia; LIMA, Francisco. A integração das necessidades de usuários e projetistas como fonte de inovação para o projeto. **Laboreal**, v.4, n.2, p.59-71, 2008.

DUARTE, Francisco José de Castro Moura; LIMA, Francisco de Paula Antunes; REMIRO, Rafael Rene Leal; CASTRO, Nora Maia de. Settings of usage for the design process. *In*: World Congress on Ergonomics, v.17, 2009, Pequim. **Anais...** Pequim, 2009.

DUARTE, Francisco José de Castro Moura; SANTOS, Paulo. A configuração das telas de sistemas digitais de controle de processo. *In*: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

DUARTE, Francisco José de Castro Moura; VIDAL, Mário Cesar. Uma abordagem ergonômica da confiabilidade e a noção de modo degradado de funcionamento. *In*: FREITAS, Carlos Machado de; PORTO, Marcelo Firpo de Souza e MACHADO, Jorge Mesquita Huet (Org.). **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p.83-105, 2000.

DUIJM, N. J.; ANDERSEN, H. B.; GOOSSENS, L.; HALE, A.; GULDENMUND, F.; HOURTOLOU, D. ARAMIS project: effect of safety management's structural and cultural factors on barrier performance. **Proceedings Loss Prevention**. Praga, 2004.

DWYER, Tom. As tecnologias de informação: morte ou vida para as ciências humanas? **Sociologias**, v.12, jul-dez. p.328-346. Porto Alegre, 2004.

EASTERBY-SMITH, M. **Management research**: an introduction. London: Sage Publication, 1991.

EMBREY, David. E. **Guidelines for preventing human error in process safety**. Center for chemical process safety of the american institute of chemical engineers (CCPS/AICHE). New York, 1994.

\_\_\_\_\_. **SLIM-MAUD: An approach to assessing human error probabilities using structured expert judgement**. NUREG/CR-3518. US Nuclear Regulatory Commission: Washington, 1984.

ENDSLEY, Mica. R. Situation awareness. *In*: KARWOWSKI, Waldemar. **International encyclopedia of ergonomics and human factors**. 2.ed. Boca Raiton: Taylor & Francis Group, 2006.

ENGESTRÖN, Irjo. **Learning by Expanding**: An Activity - Theoretical Approach to Developmental Research. Helsinki: Oriental-Konsultit Oy, 1987

EPRI - Electric Power Research Institute. PAOWF Users' Guide -Technical Report. California: 2006.

ESPANHA. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. NTP 360: Fiabilidad humana: conceptos básicos, [199-].

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burrattino. O projeto na arquitetura e engenharia civil e a atuação em equipes multidisciplinares. **Tópos**, v.2, p.11-28, 2007.

FADIER, Elie. L'intégration des facteurs humains dans la sûreté de fonctionnement: une nécessité pour la maîtrise des risques. **Revue REE**, v.8, 1996.

FADIER, Elie; NEBOIT, Michel. Essai d'intégration de l'analyse ergonomique de l'activité dans l'analyse de la fiabilité opérationnelle pour la conception: approche méthodologique. **Actes du colloque Recherche et Ergonomie**, Toulouse: 1998.

FALZON, Pierre. Les activités méta-fonctionnelles et leur assistance. **Le travail humain**, v.57 n.1, 1994.

FALZON, Pierre; DARSEES, Françoise; SAUVAGNAC, Catherine. Une perspective ergonomique sur la construction et l'évolution des savoirs experts. *In: L'ergonomia et les sciences cognitives. Actes des Journées Recherche et Ergonomie*. Toulouse: 1998.

FARRINGTON-DARBY, Trudi; WILSON, John R. The nature of expertise: a review. *Applied Ergonomics*, v.37, p.17–32, 2006.

FARTES, Vera Lúcia Bueno. Trabalhando e aprendendo: adquirindo qualificação em uma indústria de refino de petróleo. *Educação & Sociedade*, v.23, n.78, 2002.

FAVERGE, Jean-Marie. L'analyse du travail en terme de régulation. *In: Leplat J. (Org.) L'analyse du travail en psychologie ergonomique*. v.1, pp. 61-86, 1992

\_\_\_\_\_. L'homme agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, v.13, n.3. p.301-327, 1970.

FAYE, Hélène. Les savoir-faire de résilience: gestion des écarts a la norme en production industrielle. Tese (Doutorado em Ergonomie) - Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, 2007.

FERREIRA, Leda Leal. O trabalho dos petroleiros. *In: Duarte, Francisco. Ergonomia e projeto na indústria do processo contínuo*. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

FERREIRA, Leda Leal; IGUTI, Aparecida Mari. **O trabalho dos petroleiros: perigoso, complexo, contínuo e coletivo**. São Paulo: Fundacentro, 2003.

FERREIRA, Mário César. Atividade, categoria central na concepção de trabalho em ergonomia. *Revista Alethéia*, v.1, n.11, 2000.

FIALHO, Francisco; SANTOS, Neri dos. **Manual de análise ergonômica do trabalho**. Curitiba: Genesis, 1995

FLIN, Rhona. Erosion of managerial resilience: vasa to NASA. *In: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy. (Org.). Resilience engineering: concepts and precepts*. Ashgate: Aldershot, 2006.

FOLCHER, Viviane. Appropriating artifacts as instruments: when design-for-use meets design-use. *Journal of human-computer interaction* v.15, n.5, p.647-663, 2003.

FOLCHER, Viviane; RABARDEL, Pierre. **Homens, artefatos, atividades: perspectiva instrumental**. *In: FALZON, Pierre (Org.)*. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

FONTES, Andréa Regina Martins; BRAATZ, Daniel; BERTONCELLO, Dernival; SANTOS, Luciana de Mendonça; MENEGON, Nilton Luiz. Projeto de guichê de atendimento contextualizado pela Análise Ergonômica do Trabalho. *In: Simpósio de Engenharia de Produção*, v.12, Bauru. **Anais...** Bauru, 2006.

FONTES, Andréa Regina Martins; MENEGON, Fabrício Augusto; RODRIGUES, Daniela da Silva; MENEGON, Nilton Luiz. Process of ergonomic intervention in an oil refinery: typification of solutions in the context of ergonomics. *In: International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management*, 9, Guarujá. *Human Factors in Organizational Design and Management*, v.9. São Paulo: Editora Blücher, 1, p.217-223, 2008.

FUJITA, Yushi. Resilient Systems. *In: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy. (Org.). Resilience engineering: concepts and precepts*. Ashgate: Aldershot, 2006.

GANDRA, João Jorge; RAMALHO, Wanderley; GONÇALVES, Carlos Alberto. Acidentes do trabalho: evoluindo do modelo de causalidade centrada no indivíduo para o modelo de cultura organizacional. *Seminários em Administração - SEMEAD*, 7, São Paulo, 2004. **Anais...** São Paulo, 2004.

GARMEZY, Norman. Competence and adaptation in adult schizophrenic patients and children at risk. *In: Dean, S. R. (Org.), Schizophrenia: The first ten Dean Award Lectures*. New York: MSS Information Corp, 1973.

GAROTTI, Luciano do Valle. O trabalho em condição contínua: uma abordagem ergonômica da indústria de petróleo. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pontifícia Universidade Católica – PUC, São Paulo, 2006.

GARRIGOU, Alain; CARBALLEDA, Gabriel; DANIELLOU, François. The role of 'know-how' in maintenance activities and reliability in a high-risk process control plant. **Applied Ergonomics**, v.29, n.2, p.127–131, 1998.

GARRIGOU, Alain; DANIELLOU, François; CARBALLEDA, Gabriel; RUAUD, S. Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.15, p.311-327, 1995.

GARRIGOU, Alain. Les apports des confrontations d'orientations socio-cognitives au sein de processus de conception participatifs. Tese (Doutorado em Ergonomia) - Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, 1992.

GARRIGOU, Alain; WEILL-FASSINA, Annie; BRUN, Jean-Pierre; SIX, Francis; CHESNAIS, Marion; CRU, Damien. As atividades dos profissionais de segurança: uma problemática desconhecida. *In: Congresso Brasileiro de Ergonomia*, v.9, Salvador. **Anais...** Salvador, 1999.

GERTMAN, David I.; BLACKMAN, Harold; MARBLE, J.; BYERS, J.; SMITH, C. The SPAR-H human reliability analysis method. NUREG/CR-6883. U. S. Nuclear Regulatory Commission, 2005.

GERTMAN, David I.; GILMORE, W.E.; GALYEAN, W.J.; GROH, M.R.; GENTILLON, C.D.; GILBERT, B.G.; REECE, W.J.; BEERS, G.B. Nuclear computerized library for assessing reactor reliability. Vol.1: Summary Description e vol.5: The Data Manual. NUREG/CR-4639. Washington: US NRC, 1990.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIRIN, Jacques; GROSJEAN, Michèle. **La transgression des règles au travail**. Paris: l'Harmattan, 1996.

GOBLE G.; FIELDS, H.; COCCHIARA R. **Resilient infrastructure: improving your business resilience**. Piscataway: IBM Global Services, 2002.

GOMES, José Orlando, CARVALHO, Paulo V. R.; WOODS, David D.; BENCHEKROUN, Tahar Hakim; BORGES, Marcos R. S. Resiliência e fragilidade dos sistemas de trabalho e sustentabilidade: estudos de casos de sistemas sociotécnicos complexos no Brasil na área nuclear, aviação e emergência. **Laboreal**, v.5, n.1, 2009.

GRANATH, Jan Åke. Architecture, technology and human factors: design in a socio-technical context. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Chalmers University of Technology, Göteborg, 1991.

GRANATH, Jan Åke; LINDAHL, Göran A.; REHAL, Saddek. From empowerment to enablement: an evolution of new dimensions in participatory design. **Logistik und Arbeit**, v.8, 1996.

GRUPO Ergo&Ação. **Fundamentos de ergonomia**. São Carlos: DEP/UFSCar, 2003.

GUÉRIN, François; LAVILLE, Antoine; DANIELLOU, François; DURAFFOURG, J.; KERGUELEN, A. **Comprender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

HALE, Andrew; GULDENMUND, Frank; GOOSSENS, Louis. Auditing resilience in risk control and safety management systems. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

HALE, Andrew; HEIJER, Tom. Defining resilience. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert e WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. Vol.1, 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

HARRISON, J. Kline. Individual and combined effects of behavior modeling and the cultural assimilator in cross-cultural management training. **Journal of Applied Psychology**, v.77, n.6, p.952-962, 1992.

HEINRICH, Herbert Willian. **Industrial accident prevention: a scientific approach**. New York: McGraw-Hill. 1931.

HOC, Jean-Michel. L'ergonomie cognitive: un compromis nécessaire entre des approches centrées sur la machine et des approches centrées sur l'homme, *In*: QUÉINNEC, Yvon (Org.). **Journées Recherche et Ergonomie: conférences et communications**, v.2. Toulouse: 1998

HOLLING, C. S. **Engineering resilience versus ecological resilience engineering within ecological constraints**. Washington: National Academy Press, 1996.

HOLLNAGEL, Erik. **Barriers and accident prevention**. Aldeshot: Ashgate, 2004. 226.p.

\_\_\_\_\_. **Cognitive reliability and error analysis method**. England: Elsevier Science, 1998.

\_\_\_\_\_. **Human reliability analysis: context and control**. Londres: Academic Press, 1993.

\_\_\_\_\_. **Modelling of failures: from chains to coincidences**. Disponível em: <<http://erik.hollnagel.googlepages.com>>. Acesso em: 11 fev 2009.

\_\_\_\_\_. Reliability analysis and operator modeling. **Reliability Engineering and System Safety**, v.52, pp.327-337, 1996.

HOLLNAGEL, Erik; NEMETH Christopher P.; DEKKER, Sidney. **Resilience Engineering Perspectives: v.1: Remaining Sensitive to the Possibility of Failure**. Aldershot: Ashgate, 2008

HOLLNAGEL, Erik. Resilience: the challenge of the unstable. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

HUBALT, François. Do que a ergonomia pode fazer análise? *In*: DANIELLOU, François (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

HUBER, Stefanie; WIJGERDEN, Ivette van; WITT, Arjan de; DEKKER Sidney W.A.. Learning from organizational incidents: resilience engineering for high-risk process environments. **Process Safety Progress**, v.28, n.1, p.90-95, 2008.

IEA - International Energy Agency. World energy outlook 2004. Disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)>. Acesso em: 23 maio, 2009.

JACKSON FILHO, José Marçal; GARCIA, Eduardo; ALMEIDA, Ildeberto Muniz de. A saúde do trabalhador como problema público ou a ausência do Estado como projeto. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.32, n.115. São Paulo, 2007.

JEANTET, Alain. Les objets intermédiaires dans la conception: éléments pour une sociologie des processus de conception. **Sociologie du travail**, v.3, 1998.

JUNG, Carlos Fernando; CATEN, Carla S. Ten. O ensino de engenharia de produção como gerador de inovações tecnológicas para o desenvolvimento regional. **Exacta**, v.6, n.1, p.21-34. São Paulo, 2008.

KARIUKI, Simon Gitahi; LÖWE, Katharina. Increasing human reliability in the chemical process industry using human factors techniques. **Process Safety and Environmental Protection**, v.84, n.3, p.200-207, 2006.

KIM, Inn Seock. Human reliability analysis in the man-machine interface design review. **Annals of Nuclear Energy**, 28, p.1069-1081, 2001.

KIM, Jae W.; JUNG, Wondea. A taxonomy of performance influencing factors for human reliability analysis of emergency tasks. **Journal of loss prevention in the process industries**, v.16, p.479-495, 2003.

KIM, Jae W.; JUNG, Wondea; PARK, Jinkyun. A systematic approach to analysing errors of commission from diagnosis failure in accident progression. **Reliability engineering system safety**, v.89, n.2, p.137-50, 2005.

KIRWAN, B.; JAMES, N.J. A human reliability management system. *In: Reliability*. v.89. Brighton Metropole, 1989.

KONSTANDINIDOU, Myrto; NIVOLIANITOU, Zoe; KIRANOUDIS, Chris; MARKATOS, Nikolaos. A fuzzy modeling application of CREAM methodology for human reliability analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, v.91, p.706–716, 2006.

KONTOGIANNIS, Tom. A framework for the analysis of cognitive reliability in complex systems: a recovery centred approach. **Reliability Engineering and System Safety**, v.58, p.233–248, 1997.

KUUTTI, Kari. Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research. *In: NARDI, Bonnie (Org.). Context and consciousness: activity theory and Human ComputerInteraction*. Cambridge, MIT Press, 1996.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LAMONDE, Fernande. As prescrições dos ergonomistas. *In: FALZON, Pierre (Org.). Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

LAVE, Jean. **Cognition in practice: mind, mathematics and culture in everyday life**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

LAVILLE, Antoine. **Ergonomia**. São Paulo: EPU, 1977.

\_\_\_\_\_. Historical landmarks of French ergonomics. Proceedings of the SELF-ACE 2001 Conference – Ergonomics for changing work, 2001.

\_\_\_\_\_. Referências para uma história da ergonomia francófona. *In: FALZON, Pierre (Org.). Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

LAZARUS, Richard S.; MONAT, Alan. **Personalidade**. 6.ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984.

LAZZARI, Michele F. Desenvolvimento, acompanhamento e configuração de sistemas de controle avançado, PI e SDCD na refinaria REFAP. Relatório de Estágio (Graduação em Engenharia Química) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LELLES, Sérgio Luís Camillo de; PEETERS; Sandrine Estella; DUARTE, Francisco José de Castro Moura. Segurança e confiabilidade em refinarias de petróleo. *In: Abergó 2001*, Gramado. **Anais...** Gramado, 2001.

LEONTIEV, Alexei Nikolaevich. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1979.

\_\_\_\_\_. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. *In: VIGOTSKY, Lev Semenovich; LURIA, Aleksandr Romanovich; LEONTIEV, Aleksei Nikolaevich. et al. Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone – EDUSP, 1998

LEPLAT, Jacques. Aspectos da complexidade em ergonomia. *In: DANIELLOU, François (Org.). A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

\_\_\_\_\_. **L'analyse psychologique du travail em ergonomie**. Toulouse: Ed. Octares, 2000.

LEPLAT, Jacques; RASMUSSEN, Jens. Analysis of human errors in industrial incidents and accidents for improvement of work safety. *Accident analysis & prevention*, 16, (2), p.77-88, 1984.

LEPLAT, Jacques; TERSSAC, Gilbert de. **Les facteurs humains de la fiabilité**. Marseille: Ed. Octares, 1990.

LEVI-STRAUSS, Claud. **O pensamento selvagem**. Tradução Tânia Pellegrini. 11.ed. São Paulo: Papirus, 2010. 336p.

LIMA, Francisco de Paula Antunes. A formação em ergonomia: reflexões sobre algumas experiências de ensino da metodologia de análise ergonômica do trabalho. *In: KIEFER, Célia; FAGÁ, Iracema; SAMPAIO, Maria do Rosário (Org.). Trabalho – educação – saúde: um mosaico em múltiplos tons*. São Paulo: Fundacentro, 2001.

\_\_\_\_\_. Ergonomia das novas tecnologias. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 18, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói 1998a

\_\_\_\_\_. Ergonomia e projeto organizacional: a perspectiva do trabalho. **Produção**, número especial, 2000.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos teóricos da metodologia e prática de análise ergonômica do trabalho (AET)**, 1998b. (Textos para alunos do Mestrado, Especialização e Aperfeiçoamento).

LIMA, Francisco de Paula Antunes; SILVA, Carlos Alberto Diniz. A objetivação do saber prático na concepção de sistemas especialistas: das regras formais às situações de ação. *In*: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

LIMA JUNIOR, Fausto Alcântara de. Otimização e reprojetado de layout através da sistemática de planejamento com base teórica: um estudo de caso. Santa Catarina: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, 2008. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas)

LLORY, Michel. **Acidentes industriais: o custo do silêncio**. Rio de Janeiro: Multi-Mais, 1999.

\_\_\_\_\_. Fiabilité et sécurité organisationnelles: le diagnostic organisationnel. **Revue Performances**, 2, p. 41-53, 2002a.

\_\_\_\_\_. O homem como agente de confiabilidade e segurança: a dimensão coletiva do trabalho. *In*: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002b.

LORENZO, D.K. **API-770 - Um guia do gerente para redução de erros humanos: melhorando o desempenho humano nos processos industriais**. American Petroleum Institute (API), 2001.

LOVE, Terence. Design as a social process: bodies, brains and social aspects of designing. **Journal of Design Research**, 3 (1), 2003.

LURIA, Aleksandr Romanovich. **Fundamentos de neuropsicologia**. São Paulo: EDUSP, 1981.

LUTHAR, Suniya. S.; CICHETTI, Dante; BECKER, Bronwyn. The construct of resilience: a critical evaluation and guidelines for future work. **Child Development**, v.71, n.3, p.543-562, 2000.

MCDONALD, Nick; DUBLIN, Trinity College. Challenges facing resilience engineering as a theoretical and practical project. *In*: **Resilience Engineering Symposium**, 2. Juan- les-Pins: 2008.

MADNI, Azad M.; JACKSON, Scott. Towards a conceptual framework for resilience engineering. **IEEE Systems Journal**, v.3, n.2, 2009.

MALEK, L. A. Toward a theory of organizational resilience. *In: Portland International Center for Management of Engineering and Technology (PICMET)*, v.1. 1999, Portland. **Anais...** Portland, 1999.

MALINE, Joël; AMALBERTI, René; BLAZEJEWSKI, Frédéric; CAILLARD, Jean-François; HUBAULT, François; LAVILLE, Antoine; PARIES, Jean. Conférence Transversale. **Congrès de la SELF**, v.34, Caen: 1999.

MALINE, Joël. **Simuler le travail. une aide à la conduite de projet**. Lyon-Montrouge: ANACT, 1994.

MARMARAS Nicolas; PAVARD Bernard. Abordagem Orientada ao Problema para o projeto de sistemas de tecnologia da informação para o auxílio às tarefas cognitivas complexas. Tradução de: Maria Cristina Palmer Lima Zamberlan. **Cognition, Technology & Work**. London: Springer-Verlag, 1999.

MENEGON, Fabrício Augusto; FONTES, Andrea Regina Martins; RODRIGUES, Daniela da Silva ; CACERES, Carlos A. S.; PICADO, Ricardo M.; MOURA, Carlos E.C.; SANTOS, Valdir N.; MENEGON, Nilton Luiz. Adequação do sistema de recebimento de pigs na unidade de gás natural de uma refinaria de petróleo: resultados da integração entre ergonomia e projeto. *In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2008, Porto Seguro. Anais...* Porto Seguro: Associação Brasileira de Ergonomia, 2008.

MENEGON, Nilton Luiz; CAMAROTTO, João Alberto; MATUSITA, Silvane Mitsue. LER: Diagnóstico, Projeto e Implantação. **Revista Produto & Produção**. Porto Alegre, v.2, n.2, p.44-55, 1998.

\_\_\_\_\_. Projeto de processo de trabalho: o caso da atividade do carteiro. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção).

MENEZES, Regilda da Costa Silva; DROGUETT, Enrique Andrés López. Análise da Confiabilidade Humana via redes Bayesianas: uma aplicação à manutenção de linhas de transmissão. **Produção**, v.17, n.1, p.162-185, 2007.

MENEZES, Wladimir Jatobá de; MENEZES, Fabrício Henrique Oliveira de. **Ergonomia: Conceitos introdutórios e noções de sistema informacional**. 2008.

MEREDITH, Jack R.; MANTEL JUNIOR, Samuel J. **Administração de Projetos – uma abordagem gerencial**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MERLIN, José Roberto. Ensino e Prática do Projeto. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. Tese (doutorado em Arquitetura e Urbanismo).

MICHEL, Oswaldo. *Acidentes do trabalho e doenças ocupacionais*. 2.ed. São Paulo: LTR, 2001. 407p.

MONTMOLLIN, Maurice. **Activity-oriented ergonomics**. *In: Work activity analysis in the perspective of organization and design*. Université Paris Nord e EDF. Paris: 1992.

\_\_\_\_\_. **Vocabulaire de l'Ergonomie**. Toulouse: Octarès Editions, 1995.

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Claudia. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 2.ed Rio de Janeiro: 2AB, 2000.

MOREL, Gaël; AMALBERTI, René; CHAUVIN, Christine. Articulating the Differences Between Safety and Resilience: The Decision-Making Process of Professional Sea-Fishing Skippers. **Human Factors**, v.50, n.1, 2008.

MOSNERON-DUPIN, Frédéric. **Is probabilistic human reliability assessment possible?** *In: Proceedings of the PSA and HRA Meeting*. Paris: 1994.

MOSNERON-DUPIN, Frédéric; REER, Bernhard; HESLINGA, G.; STRFITER, O.; GERDES V.; SALIOU, G.; ULLWER, W. Human-centered modeling in human reliability analysis: some trends based on case studies. **Reliability Engineering and System Safety**, v.58, p.249-274, 1997

NAVARRO, Leonardo Luiz Lima; SILVA, Édison Renato Pereira da; PAVÃO, Sabrina Pereira. Análise ergonômica do trabalho: aplicação do método em um setor de operação de utilidades. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 28, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

NEBOIT, Michel. Abordagem dos fatores humanos na prevenção de riscos do trabalho. *In: ALMEIDA, Ildeberto Muniz de. Caminhos da análise de acidentes do trabalho*. Brasília: MTE, SIT, 2003. 105p.

NEBOIT, Michel; CUNY, X; FADIER, Elie; HO, M. Fiabilité humaine: présentation du domaine. *In: LEPLAT, Jacques; TERSSAC, Gilbert de. Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Marseille: Octarès, 1990.

NEBOIT, Michel; FADIER, Elie, POYET, C. **Analyse systémique et analyse ergonomique, Application conjointe à la re-conception d'une cellule robotiséed'usinage** - Les notes scientifiques et documentaires de l'INRS, jul.1993.

NEBOIT, Michel; GUILLERMAIN, Hubert; FADIER, Elie. De l'analyse du système à l'analyse de l'interaction opérateur x tâche: proposition méthodologique. *In: LEPLAT, Jaques;*

de Terssac (Ed.) **"Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes.** **Marseille.** Octarès, 1990.

NICOLET, Jean-Louis; CELLIER, Jean. **La fiabilité humaine dans l'entreprise.** Paris: Masson, 1985.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. Produção e processamento de petróleo e gás natural no Brasil: perspectivas e sustentabilidade nos próximos 20 anos, 2002. (Trabalho apresentado no evento Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos vinte anos, UNICAMP, 18 a 20 de fevereiro)

NORMAN, Donald. A.O design do dia-a-dia. Tradução de Ana Deiró. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2006

NRC - Nuclear Regulatory Commission. **A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA).** NUREG/CR-6350. Washington: 1996.

\_\_\_\_\_. **Cognitive environment simulation: an artificial intelligence system for human performance assessment.** NUREG/CR-4862. Washington: 1987.

\_\_\_\_\_. **Technical basis and implementation guidelines for A Technique for Human Event Analysis (ATHEANA).** NUREG-1624, Rev. 1. Washington: 2000.

\_\_\_\_\_. **The SPAR-H human reliability analysis method.** NUREG/CR-6883. Idaho National Laboratory. Washington: 2004.

OLIVEIRA, Vanderlí Fava de; NAVEIRO, Ricardo Manfredi . O ensino e a aprendizagem do processo de projeto nos cursos de engenharia. *In:* Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 17, 1997, Santa Bárbara d'Oeste. **Anais...** Porto Alegre, 1997.

PAHL, Gerard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jorg; GROTE, Karl-Heinrich. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações.** São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411.p (Tradução da 6ª edição americana)

PARK, Kyung Soo. **Human reliability: analysis, prediction and prevention of human errors.** Elsevier: Oxford 1987.

PASMORE, Willian A.; SHERWOOD, John J. **Sociotechnical systems: a sourcebook.** San Diego: University Associates, 1978.

PATIÈS, Jean. Complexity, emergency, resilience. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

PERRIN, J. Les enjeux économiques de l'ingénierie concourante. *In*: BOSSARD, P; CHANCHEVRIER, C. e LECLAIR, P. (Org.). **Ingénierie concourante: de la technologie au social**. Paris: Economica, 1997.

PERROW, Charles. **Normal accidents: living with high-risk technologies**. New York: Basic Books Inc, 1999.

PERRY, Chad. A structured approach for presenting research theses. **Australasian Marketing Journal**, v.6, n.1, p.63-85, 1998.

PERRY, Mark; SANDERSON, Duncan. Coordinating joint design work: the role of communication and artefacts. **Design Studies**, v.19, n.3, 1998.

PETROBRAS. PE-5AB-02423-D - **Manual de operação da UGAV** – v.1, 2007.

\_\_\_\_\_. Principais operações: Refinaria Presidente Bernardes de Cubatão. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes>>. Acesso em: 21 dez 2011.

PEW, Richard W. More than 50 years of history and accomplishments in human performance model development. **Human Factors**, v.50, n.3, p.489–496, 2008.

PIKAAR, Ruud N. New challenges: ergonomics in engineering projects. *In*: PIKAAR, Ruud N.; KONINGSVELD, Ernst A. P.; SETTELS, Paul (Org.). **Meeting Diversity in Ergonomics**. Oxford: Elsevier. p.29-64, 2007.

PINHO, Diana; ABRAHÃO, Julia Issy; FERREIRA, Mário César. As Estratégias operatórias e a gestão da informação no trabalho de enfermagem, no contexto hospitalar. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v.11, n.2, p.168-176, 2003.

RAOUF, Abdul. Theory of accident causes. *In*: SAARI, Jorma. (Org.) **Accident Prevention. The ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety**, 4.ed. ILO Publications: Geneva, 1998.

RASMUSSEN, Jens. Risk management in a dynamic society: a modeling problem. **Safety Science**, v.27, n.2/3, p.183-213. Amsterdam, 1997.

\_\_\_\_\_. Skills, rules, and knowledge: signals, sign, and symbols, and other distinctions in human performance models. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v.13. 1983

REASON, James. **Human error**. New York: Cambridge University Press, 1990.

\_\_\_\_\_. **Human error: models and management**. *British Medical Journal*, 18, (320), pp. 768-770, 2000.

\_\_\_\_\_. **Managing the risks of organizational accidents**. Aldershot: Ashgate, 1997.

\_\_\_\_\_. The age of the organizational accident. **Nuclear engineering international**, v.35, p.18-19. 1988.

REFINARIA fez surgir a Cubatão moderna. Disponível em:  
<<http://www.novomilenio.inf.br/cubatao/ch009.htm>>. Acesso em: 20 set 2011.

REUZEAU, Florence. Assister l'évaluation participative des systemes complexes: role des savoirs et savoir-faire des utilisateurs dans la conception d'un poste de pilotage d'avion. Paris: Conservatoire National des Arts et Metiers, 2000. Tese (Doutorado em Ergonomia).

RODRIGUES, Daniela da Silva; MENEGON, Fabrício Augusto; SILVÉRIO, Michel; FONTES, Andrea Regina Martins; MENEGON, Nilton Luiz. A percepção dos operadores sobre a sua condição de trabalho: comparando o antes e o depois da intervenção ergonômica em uma refinaria de petróleo brasileira. *In: Congresso Brasileiro de Ergonomia*, 15, 2008, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: Associação Brasileira de Ergonomia, 2008.

ROGALSKI, Janine. A gestão das crises. *In: FALZON, Pierre (Org.). Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

ROOK, L. W. Reduction of human error in industrial production. Report SCTM, 93.62., (14), Sandia Corporation, 1962.

ROUHIAINEN, Veikko. Inadvertent starts causing accidents. **Journal of occupational accidents**, v.4, n2-4, p.165-170, 1982.

SALERNO, Mario Sergio. Análise ergonômica do trabalho e projeto organizacional: uma discussão comparada. **Produção**, número especial, São Paulo: ABEPRO, 2000.

\_\_\_\_\_; AULICINO, Marcelo Crescenti. Engenharia, manutenção e operação em processos contínuos: elementos para o projeto de fronteiras organizacionais móveis e interpenetrantes. **Gestão e Produção**, v.15, n.2. p. 337-349. São Carlos: 2008.

SALGADO, M. Produção arquitetônica e interdisciplinaridade: uma discussão sobre o processo de projeto e a ISO 9001/2000. *In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído*, 10, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.

SALOMON, Roberta Vieira; AMANTE, Cláudio José. O brinquedo como recurso mediador no atendimento odontológico de pacientes portadores de necessidades especiais e sua correlação aos estudos apresentados por Vygotsky. *In: Congresso Brasileiro de Computação - CBComp*, 2, 2002, Itajaí. **Anais...** Itajaí, 2002.

SANTOS, Neri dos; DUTRA, Ana Regina; FIALHO, Francisco Antonio Pereira; PROENÇA, Rossana Costa. **Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção**. Curitiba: Gênese, 1997.

SANTOS, Venézia; ZAMBERLAN, Maria Cristina; PAVARD, Bernard. **Confiabilidade Humana e projeto ergonômico de centros de controle de processo de alto risco**. Rio de Janeiro: Synergia, 2009.

SAURIN, Tarcisio Abreu; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo; COSTELLA, Marcelo Fabiano; BALLARDIN, Lucimara. An algorithm for classifying error types of front-line workers based on the SRK framework. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.38, n.12, p.1067-1077, 2008.

SCHÖN, Donald A. **Educating the reflective practitioner**. San Francisco: Jossey Bass, 1987.

\_\_\_\_\_. **The reflective practitioner: how professionals think in action**, 1.ed. New York: Basic Books, 1983.

SCHWARTZ, Yves. Ergonomia, filosofia e exterritorialidade. *In: DANIELLOU, François (Org.). A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

SHEREHIY, Bohdana; KARWOWSKI, Waldemar. Knowledge management for occupational safety, health, and ergonomics. **Human factors and ergonomics in manufacturing**, v.16, n3, p.309-319, 2006.

SILVA, João Alexandre Pinheiro. Confiabilidade Humana: uma abordagem baseada na análise ergonômica do trabalho na operação de um painel de equipamento. São Carlos:

Universidade Federal de São Carlos, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).

SILVA, Carlos A. Diniz; LIMA, Francisco A. A objetivação do saber prático em sistemas especialistas e atividades de vigilância: um estudo de caso na indústria cimenteira. In: DUARTE, Francisco José de Castro Moura (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

SIMON, Herbert A. **The sciences of the artificial**. 3.ed. MIT Press: Cambridge, 1996. 215p.

SINGLETON, W.T. Application of human error analysis to occupational accident research. **Original research article journal of occupational accidents**, v.6, n1-3, p.107-115, 1984.

SOUZA, Carlos Augusto Vaz de. Análise de acidentes de trabalho em indústrias de processo contínuo: estudo de caso na refinaria de Duque de Caxias, RJ. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2000. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente).

SOUZA, Carlos Augusto Vaz de; FREITAS, Carlos Machado de. Perfil dos acidentes de trabalho em refinaria de petróleo. **Revista de Saúde Pública**, v.36, n.5. São Paulo, 2002.

SPERBER, Dan; WILSON, Deirdre. **La pertinence; communication et cognition**. Paris: Editions de Minuit, 1989 (Tradução francesa).

STAMPA, Inez Terezinha. **Nos trilhos da privatização - ferrovias e ferroviários do Rio de Janeiro em questão**. São Paulo: Annablume, 2011.

SWAIN, Alain D; GUTTMANN, H. E. **Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications**. NUREG/CR-1278. Washington, 1983.

SWUSTE, Paul. “You will only see it, if you understand it” or occupational risk prevention from a management perspective. **Human factors and ergonomics in manufacturing**, v.18, n.4, p. 438-453, 2008

TEIGER, Catherine. L’approche ergonomique: du travail humain à l’activité des hommes et des femmes au travail. **Education permanent**, v.116, n.3, p.71-96, 1993

TERSSAC, Gilbert de; MAGGI, Bruno. O trabalho e a abordagem ergonômica. In: DANIELLOU, François (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

THIOLLENT, Michel. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TORRES, Isaías. Um formalismo relacional para o desenvolvimento de arranjo físico industrial. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), 2007.

VANDERHAEGEN, F. A non-probabilistic prospective and retrospective human reliability analysis method - application to railway system. **Reliability engineering and system safety**, v.71, 2001.

VELOSO, Elza; TREVISAN, Leonardo. **Produtividade e ambiente de trabalho - gestão de pessoas e carreiras**. São Paulo: Editora Senac, 2005. 205p.

VENCESLAU, Bruno da Silva; CAMARGO, Silvia Helena Carvalho Ramos Valladão de; GIULIANI, Antonio Carlos. Divergências entre trabalho prescrito e trabalho real: um estudo de caso em uma agência bancária. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30, São Carlos. **Anais...** Rio de Janeiro, 2010.

VIDAL, Mario César Rodrigues. **Ergonomia na empresa: útil, prática e aplicada**. Rio de Janeiro: Editora Virtual Científica/COPPE, 2002.

VIDAL-GOMEL, Christine; SAMURÇAY, Renan. Analyse des compétences pour la gestion des risques au travail. *In*: QUÉINNEC, Yvon (Org.). **Journées Recherche et Ergonomie: conférences et communications**, 2. Toulouse: 1998

VIGOTSKI, Lev Semenovich. **A formação social da mente**. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, 2002.

WEICK, Karl E. Organizational culture as a source of high reliability. **Califórnia Management Review**, v.29, n.2, p.112-127, 1987.

WEILL-FASSINA, Annie. La notion de régulation en psychologie du travail: Définitions et cadres généraux. **Bulletin de Psychologie**, v.25, n.298, p.546-551, 1972.

\_\_\_\_\_ ; RABARDEL, Pierre; DUBOIS, Danièle. **Représentation pour l'action**. Toulouse: Octarès, 1993.

WESTRUM, Ron. A typology of resilience situations. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

WHALLEY, Susan Patricia. Factors affecting human reliability in the chemical process industry. Birmingham: Aston University, 1987. PhD thesis

WILLIAMS, J.C. HEART – A Proposed Method for Achieving High Reliability in Process Operation by means of Human Factors Engineering Technology. *In*: **Proceedings of a Symposium on the Achievement of Reliability in Operating Plant. Safety and Reliability Society**, 1985.

WILSON, John. R.; RYAN , Brendan; SCHOCK , Alex; FERREIRA, Pedro; SMITH, Stuart; PITSOPOULOS, Julia. Understanding safety and production risks in rail engineering planning and protection. **Ergonomics**, v.52, p.774-790, 2009.

WISNER, Alain. A antropotecnologia. **Estudos avançados**, v.6, n.16, 1992.

\_\_\_\_\_. **A inteligência no trabalho**. Textos selecionados de ergonomia. São Paulo: Fundacentro, 1994.

\_\_\_\_\_. **Por dentro do trabalho: Ergonomia, método e técnica**. São Paulo: FTD/Oboré, 1987.

\_\_\_\_\_. Questões epistemológicas em ergonomia e em análise do trabalho. *In*: DANIELLOU, François (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004

WREATHALL, John. Properties of resilient organizations: an initial view. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

WOODS, David. Creating foresight: lessons for enhancing resilience from columbia. *In*: STARBUCK, Bill e FARJOUN, Moshe. **Learning from the columbia accident**. Blackwell, 2005.

WOODS, David; COOK, Richard I. Incidents: markers of resilience or brittleness? *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006

WOODS, David; COOK, Richard I. Nine Steps to Move Forward from Error. **Cognition, Technology and Work**, v.4, n.2, p.137-144, 2002.

WOODS, David; HOLLNAGEL, Erik. **Joint cognitive systems: patterns in cognitive systems engineering**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006a.

WOODS, David; HOLLNAGEL, Erik. Prologue: Resilience engineering concepts. *In*: HOLLNAGEL, Erik; WOODS, David D.; LEVERSON, Nancy (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006b.

WYNNE, B. Unruly technology: practical rules, impractical discourses and public understanding. **Social Studies of Science**, v.18. p.147-167, 1988.

ZANELLA, Andréa Vieira. A apropriação da atividade no processo de ensinar e aprender a fazer renda de bilro. **Revista Contrapontos** (Itajaí), v.1, n.1, jan-jun, 2001.

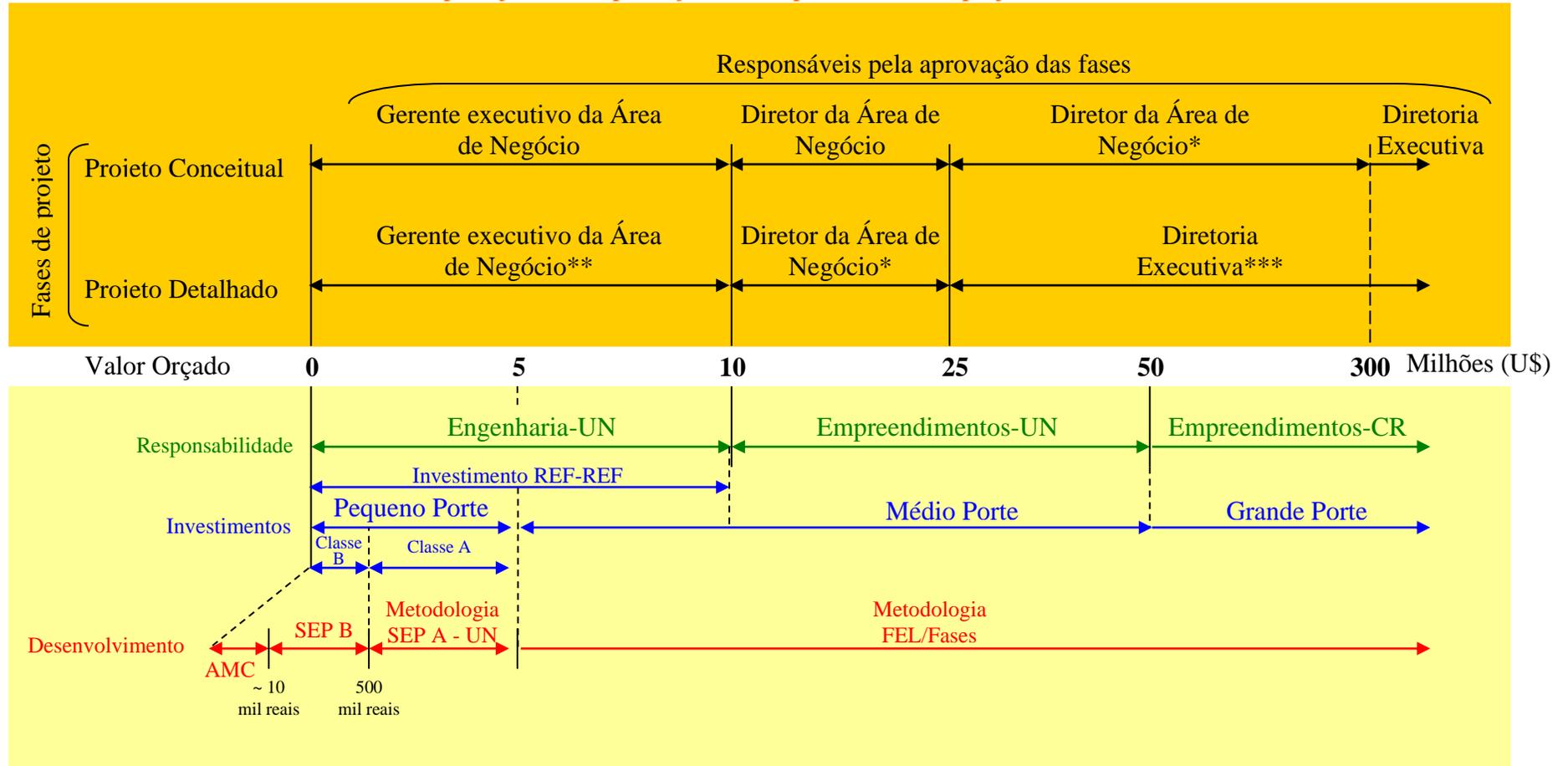
| <b>Método / Modelo</b>  | <b>Autor (Ano de criação/publicação)</b>  | <b>Domínio</b>   | <b>Fundamentos</b>   |
|---|---|--|--|
| <b>THERP</b> ( <i>Technique for Human Error Rate Prediction</i> )                                       | Laboratório Sandia (1962)                 | Contexto militar e, posteriormente, Indústria nuclear  | A partir de dados da planta e do julgamento de especialistas, construir uma árvore de falhas que estabeleça a probabilidade de erro humano.                                    |
| <b>NUREG – 75/014</b> ( <i>An assessment of accident risk in U.S. commercial nuclear power plants</i> ) | U.S. Nuclear Regulatory Commission (1975) | Indústria nuclear  | Utilizando árvore de falhas, reconstruir o curso dos eventos que podem surgir durante um acidente grave e a probabilidade de cada um deles.                                    |
| <b>APJ</b> ( <i>Absolute Probability Judgements</i> )   | Seaver e Stillwell (1983)                 | Geral  | Baseava-se no apenas no julgamento de especialistas, individualmente ou em grupos, para avaliar a probabilidade de um acidente ou de um erro humano.                           |
| <b>SLIM</b> ( <i>Success Likelihood Index Method</i> )  | Embrey (1984)                             | Indústria nuclear  |  |
| <b>HEART</b> ( <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> )                                  | Williams (1985)                           | Inicial no Setor de Geração de Energia Elétrica. Posteriormente, nuclear, químico, aviação e médico. | Estabelece 9 tipos de tarefas genéricas. Cada uma associada a um Potencial de erro humano. Foram criados, também, 38 Condições de Produção de Erro.                            |
| <b>SHERPA</b> ( <i>Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach</i> )                       | Embrey (1986)                             | Indústria nuclear  | Utiliza-se da Teoria Habilidades-conhecimento-experiência de Rasmussen e classifica informações da tarefa de acordo com diferentes características do comportamento humano     |
| <b>PHECA</b> ( <i>Potential Human Error Causes Analysis</i> )   | Whalley (1987)                            | Plantas de processo químico  | Identificava fatores deficientes de projeto que causavam erros humanos específicos. Criava árvore de causas com Fatores de Modelagem de Desempenho                             |
| <b>ASEP</b> ( <i>Accident Sequence Evaluation Program</i> )   | Swain (1987)                              | Indústria nuclear  | Forma simplificada da THERP. Baseava-se na determinação de quatro elementos: tarefas pré-acidente, tarefas pós-acidente e análise da confiabilidade humana nominal e previstas |

| <b>Método / Modelo</b>  | <b>Autor (Ano de criação/publicação)</b>   | <b>Domínio</b>   | <b>Fundamentos</b>  |
|---|--|--|---|
| <b>JHEDI</b> ( <i>Justification of Human Error Data Information</i> )                       | Kirwan e James (1989)  | Indústria nuclear e Plantas de reprocessamento térmico   | Promove uma análise da tarefa, análise dos erros e uma quantificação baseada nos Fatores de Modelagem de Desempenho   |
| <b>MAFERGO</b> ( <i>Méthodologie d'analyse de fiabilité et d'ergonomie opérationnelle</i> ) | Neboit, Guillermain e Fadier (1990)  | Geral, com aplicações reais em Indústrias químicas de base, metalúrgicas, siderúrgicas e automobilísticas. | Busca descrever o funcionamento estruturo-funcional do sistema em operação normal e comparar a disponibilidade dos componentes técnicos com o planejamento espaço-temporal das tarefas. |
| <b>INTENT</b>   | Gertman <i>et al.</i> (1990)   | Indústria nuclear  | Classificava os erros de intenção em quatro categorias: Consequências da ação, resposta do grupo de trabalho, atitudes que levam ao engano e dependência de recursos.                   |
| <b>CREAM</b> ( <i>Cognitive Realiability Error Analysis Method</i> )                        | Hollnagel (1993)   | Indústria nuclear  | Analisava-se a atividade e qualificavam-se as nove Condições de Desempenho Comuns. Presumia que toda atividade tinha uma parcela física e uma cognitiva.                                |
| <b>SPAR-H</b> ( <i>Simplified Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment</i> )        | NRC e Idaho National Laboratory (1994)   | Indústria nuclear  | Possui forte embasamento probabilístico e separa os eventos de falha humana em: falhas de diagnóstico e falhas de ação. Utiliza para isso, oito Fatores de Desempenho Humano.           |
| <b>ATHEANA</b> ( <i>A Technique for Human Error Analysis</i> )                              | Especialistas do laboratório Sandia e da NRC, além de ícones em confiabilidade e segurança, como John Wheathall (1996) | Indústria nuclear  | Baseia-se em uma estrutura multidisciplinar que considera aspectos da relação homem-máquina (fatores centrados nos homens) e interações homem-sistema (condições da planta).            |

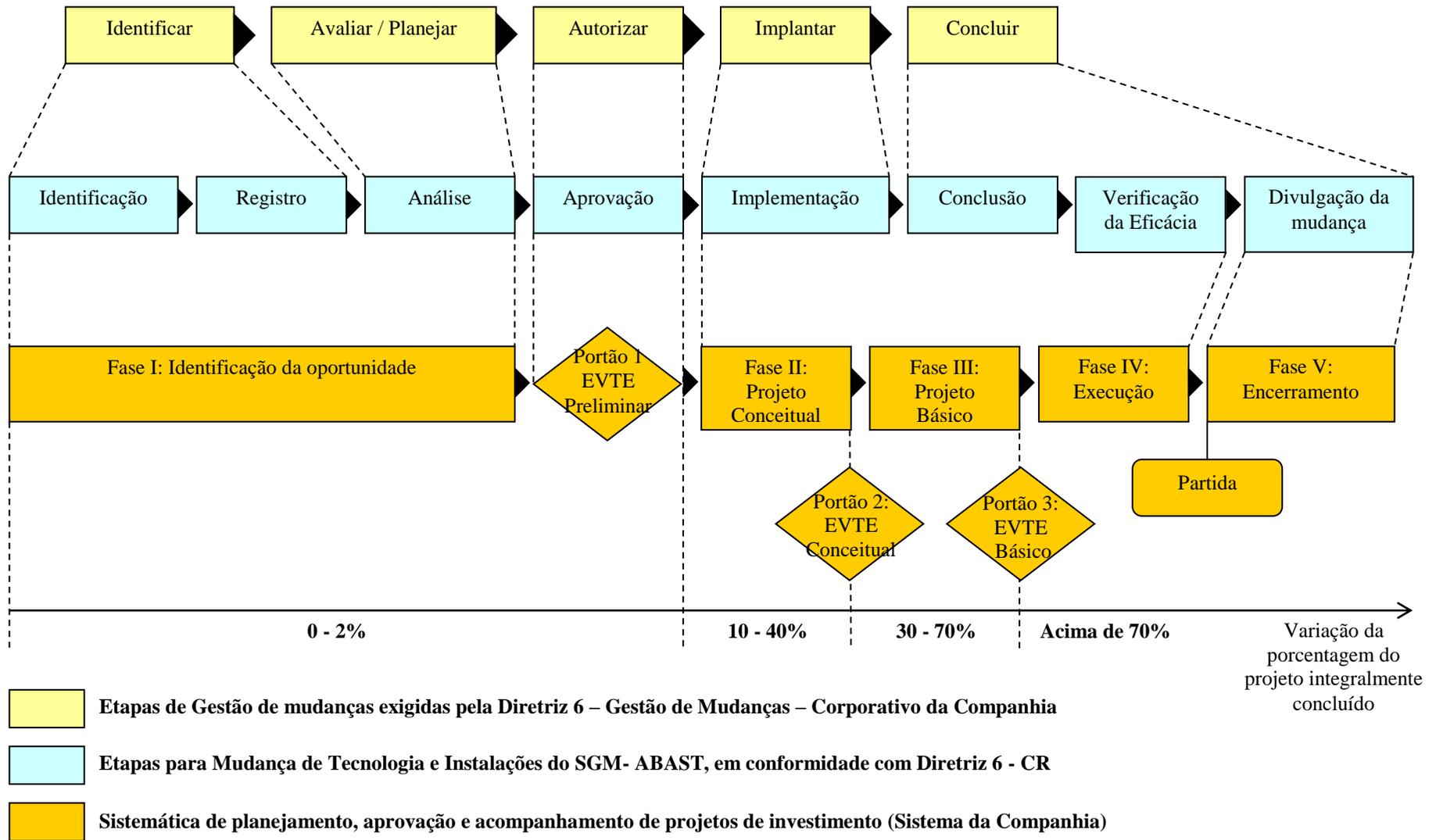
| <b>Método / Modelo</b>  | <b>Autor (Ano de criação/publicação)</b>  | <b>Domínio</b>   | <b>Fundamentos</b>   |
|---|---|--|--|
| <b>CAHR (Connectionism Assessment of Human Reliability)</b>   | Universidade Técnica de Múnic e a Empresa Gesellschaft fur Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), ambos na Alemanha (1997) | Controle do Tráfego Aéreo  | Consiste em um sistema de dados que armazena informações sobre distúrbios operacionais causados por fatores organizacionais ou ações humanas inadequadas.  |
| <b>MERMOS (Méthode d'Evaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté)</b>                  | Le Bot <i>et al.</i> (1998)   | Setor elétrico. Especificamente para Electricité de France (EdF) | A partir da análise funcional do sistema, são determinadas ações críticas de segurança para recuperar o sistema, chamadas de “missões”.  |
| <b>ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of Seveso II directive)</b> | Resultado final do IRISK (Integrated Risk) Project e publicado por Duijm <i>et al.</i> (2004)                             | Geral  | Como foi criada a partir do acidente de Seveso (Itália), segue a lógica da construção e avaliação de cenários (mapeamento de riscos e sua severidade, vulnerabilidades do sistema e avaliação das barreiras)                       |
| <b>MTDA (Misdiagnosis Tree Analysis)</b>  | Korean Atomic Energy Research Institute (2005)  | Indústria nuclear  | Avalia as falhas de diagnóstico e seus efeitos nas ações humanas e na segurança da planta.   |
| <b>PAOWF (Proactive Assessment of Organizational and Workplace Factors)</b>                                   | Electric Power Research Institute (2006)  | Sistema de transmissão de energia elétrica.                      | Busca descobrir onde as pessoas enfrentam obstáculos e/ou precisam adaptar seu trabalho, a partir da observação e confrontação com elas daquilo que é percebido.   |
| <b>MASST (Método de avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho)</b>                     | Costella (2008)   | Setor Industrial   | Consiste em um sistema estruturado de avaliação global do desempenho de segurança e saúde de uma organização. Utiliza critérios selecionados nas Normas de Segurança Internacionais e nos princípios de Engenharia de Resiliência. |
| <b>ETTO (Efficiency-Thoroughness Trade-Off)</b>   | Hollnagel (2009)  | Geral  | Tem como objetivo melhorar as escolhas levando em conta: a quantidade de recursos necessários para alcançar um objetivo e a segurança suficiente para realizar uma atividade.  |

| <b>Método / Modelo</b>  | <b>Autor (Ano de criação/publicação)</b>  | <b>Domínio</b>                                 | <b>Fundamentos</b>  |
|---|---|--|---|
| <b>CREATE</b> ( <i>Cognitive Reliability Assessment Technique</i> )   | David Woods e Emilie Roth (1987)  | Indústria nuclear                              | Buscava compreender como os operadores constroem intenções para agir em operações de emergência em Plantas Nucleares, utilizando-se da ferramenta Simulação do Ambiente Cognitivo.  |
| <b>COSIMO</b> ( <i>Cognitive Simulation Model</i> )                   | Cacciabue <i>et al.</i> (1992)  | Indústria nuclear                              | Simula o comportamento de um operador durante a gestão de um acidente com o intuito de construir uma estrutura com vários tipos de funções que são desempenhados por ele, como: busca de informações, reconhecimento de padrões, monitoramento e diagnóstico. |
| <b>COCOM</b> ( <i>Contextual Control Model</i> )                      | Hollnagel (1992)  | Condutores de veículos em situações de tráfego | Procurava entender as escolhas do ser humano, utilizando-se de fatores como: estimativa do operador sobre o resultado de sua ação (sucesso ou falha), tempo restante para realizar a ação e o número de objetivos simultâneos do operador, no tempo.          |
| <b>MICE</b> ( <i>Method to Identify Cognitive Errors</i> )            | EARTH - <i>European Association on Reliability Techniques for Humans</i> (1996) | Geral  | Por meio de um programa, força o analista (projetista) a pensar, sob o ponto de vista do operador, como um determinado problema seria resolvido.  |
| <b>INCORECT</b> ( <i>Investigating Cognitive and Recovery Tasks</i> ) | Tom Kontogiannis, em 1997   | Sistemas complexos                             | Promovia uma análise cognitiva em interações em sistemas complexos. Utilizava uma estrutura para avaliar como o contexto do trabalho modifica o cenário, facilitando ou dificultando a compreensão do estado real do sistema.                                 |

Sistemática de planejamento, aprovação e acompanhamento de projetos de investimento



Classificação dos projetos e seus responsáveis



| Ficha de Descrição da Tarefa  |  |                  |                         |  |   |
|---|--|------------------|-------------------------|--|---|
| Recorte de Análise:   |  |                  |                         |  |   |
| Limpeza dos filtros FT-22313  |  |                  |                         |  |   |
| Criado Por  |  | Data da Criação  | Finalizado Por          |  | Data Finalização  |
| Fábio Morais  |  | 16/09/2009       | Fábio Morais            |  | 07/10/2009  |
| Atividade   | Descrição do processo  | Próxima operação | Local                   | Máquinas e equipamentos  | Observação  |
|  | Após a liberação dos operadores da UT, um caldeireiro sobe no andaime e o outro permanece embaixo. |                  | Filtros FT-22313 na HDT | Ferramentas manuais para abertura dos flanges dos filtros, como chaves de boca e estrela. Duas com diâmetros menores e duas com diâmetros maiores. | <p>A liberação por parte dos operadores da UT se dá após eles emitirem a Permissão para Trabalho e fazerem o isolamento de cada elemento por meio da manipulação de duas válvulas.</p> <p>Tarefa sempre realizada por dois caldeireiros, sob a supervisão de um operador da UT.</p> <p>A quantidade de elementos liberados depende da situação da Unidade. A bateria completa só é liberada em paradas.</p> |

## ANEXO A - Ficha de Caracterização Geral da Área

|  |   |
|--|---|
| <b>Caracterização Geral da Área</b>  |   |
| <b>Local</b>   | <b>C.T.</b>   |
| PR/HC  | UTILIDADES  |
| <b>CENTRO DE PRODUÇÃO</b>  |   |
| <b>URE/UTAA/UDEA/URE's/HDT/UGH/UT</b>  |   |
| <b>AMBIENTE DE PRODUÇÃO</b>  |   |
| <p>A Unidade de Hidrotratamento (HDT) é o pulmão da carteira de diesel e tem interface direta com mais 7 Unidades, a saber: Unidade de Geração de Hidrogênio (UGH), Unidade de Reforma Catalítica (URC), Unidade de Tratamento de Água Ácida (UTAA), Unidade de Tratamento de Gás Combustível (UDEA), um Conversor de Amônia e 2 Unidades de Recuperação de Enxofre (URE).</p> <p>A interligação entre elas é feita por meio de dutos intercalados por fornos, bombas, filtros, motores e torres.</p> <p>A área caracteriza-se pela presença de gases perigosos como H<sub>2</sub>S e amônia, por vezes, em concentrações elevadas. Apenas alguns lugares específicos apresentam cobertura e proteção contra intempéries, como a casa de compressores e trocadores das URE's</p> <p>A CCL localiza-se próxima à portaria de acesso à Área Leste (ARLE), onde se encontram os equipamentos de proteção individual, rádios comunicadores e demais equipamentos de operação e emergência. Ele é composta, na parte térrea, por: sala de permanência da Operação onde ficam os computadores, sala de reuniões, vestiários (fem/masc), copa, sala das FCS. Já no subsolo existe: porão das FCS, sala de bateria, sala do ar condicionado (compressores) e sala dos retificadores e oficina.</p> |   |
| <b>EPIs</b>  |   |
| <b>PRODUTO</b>   |   |
|   | <p>Produto final é o diesel tratado com teor de enxofre menor que 150 ppm. Esse produto junta-se ao diesel do pool da refinaria que vem da destilação (diesel leve). O mercado recebe diesel com enxofre menor que 400 ppm. A HDT é responsável por cerca de 60% do total de diesel da refinaria, com 6000 m<sup>3</sup>/dia.</p> |
| <b>Descrição Geral do Processo Produtivo</b>   |   |
| <p>As cargas que chegam a HDT são: diesel pesado (Destilação), LCO (UFCC) e gasoleo de coque (UCP's). Que, além disso, recebe Hidrogênio (H<sub>2</sub>) da Unidade de Geração de Hidrogênio (UGH). Já a UGH recebe gás natural – preferencialmente – e/ou nafta vinda da Unidade de Reforma Catalítica (URC). A partir das reações na HDT, gera-se: nafta (corrosiva) com alto teor de H<sub>2</sub>S e os contaminantes (gás combustível não tratado com alto teor de H<sub>2</sub>S e amônia).</p> <p>A nafta corrosiva vai para destilação para ser tratada e extrair-se um pouco de gasolina e diesel. Para a recuperação da amônia existe uma Unidade de Tratamento de Água Ácida (UTAA). E a recuperação do gás combustível é feita na Unidade de Tratamento de Gás Combustível (UDEA).</p> <p>A UTAA possui duas torres. Uma para retirar H<sub>2</sub>S e a outra, amônia. O H<sub>2</sub>S retirado segue para as Unidades de Recuperação de Enxofre (URE). A planta possui duas URE's, atualmente, cada uma com capacidade para 35 toneladas. A amônia passa por um Conversor de Amônia e, após isso, vai para a atmosfera. A água com menor teor</p>   |   |

## ANEXO C – Ficha EWA

|   |
|---|
| <b>Ergonomic Work Analysis</b><br><b>Limpeza dos Filtros FT-22313</b> |
|---|

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| <b>Finalizado por:</b> | <b>Data finalização:</b> |
| Fábio Morais           | 07/10/2009               |

| Item  | Variável  | Fator de Risco          |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|---|---|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| <b>1</b>  | <b>Espaço de Trabalho</b>   | N/A                     | 1                        | 2                        | 3                     | 4                     | 5                        |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | Comentários:<br><i>O acesso dos caldeiros aos flanges de abertura dos filtros é comprometida pela ausência de escadas adequadas e de local adequado para a guarda das ferramentas utilizadas na abertura desses flanges. Utiliza-se para tanto um andaime em péssimas condições operacionais e demasiado pesado o que tem influência na movimentação desse andaime já que para acessar cada bateria de filtro, os operadores têm de deslocar esse andaime. Ação dificultada pela restrição de espaço devido à existência de volantes, amostradores e outros equipamentos entre as baterias de filtro.</i> |                         |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| <b>2</b>  | <b>Atividade Física Geral, Levantamento, Carregamento e Aplicação de Força</b>  | N/A                     | 1                        | 2                        | 3                     | 4                     | 5                        |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">2A Trabalho Leve</td> <td style="width: 20%;">2B Trabalho Pesado</td> <td style="width: 20%;">2C Levantamento de Carga</td> <td style="width: 20%;">2D Carregamento</td> <td style="width: 20%;">2E Aplicação de Força</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>   | 2A Trabalho Leve        | 2B Trabalho Pesado       | 2C Levantamento de Carga | 2D Carregamento       | 2E Aplicação de Força |                          | 3                        | 4 |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | 2A Trabalho Leve  | 2B Trabalho Pesado      | 2C Levantamento de Carga | 2D Carregamento          | 2E Aplicação de Força |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | 3   | 4                       |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| Comentários:<br><i>2A e 2B Atividade Física Geral: A abertura dos flanges utilizando uma chave (de boca/estrela) exige dos caldeiros uma aplicação de força grande num curto espaço de tempo e muitas vezes sob pressão de um fiscal, aumentando assim a tensão para o caldeiro. Mais complicada ainda é a situação do operador que fica embaixo, pois ele tem de desenvolver força semelhante ao que fica em cima só que apenas com uma das mãos já que a outra é utilizada para ele se apoiar nos equipamentos e não cair.</i><br><i>2C Levantamento de Carga: O andaime utilizado nessa atividade possui cerca de 50kg e é transportado por duas pessoas, cada uma carrega em torno de 25kg. Não bastasse isso, a movimentação do andaime é difícil dado o seu comprimento e os equipamentos existentes entre as baterias de filtros, exigindo maior esforço dos operadores.</i> |   |                         |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| <b>3</b>  | <b>Posturas de Trabalho e Movimentos</b>  | N/A                     | 1                        | 2                        | 3                     | 4                     | 5                        |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">3A Pescoço - Ombro</td> <td style="width: 15%;">3B Costas</td> <td style="width: 15%;">3C Quadril - Pernas</td> <td style="width: 15%;">3D Cotovelo - Punho</td> <td style="width: 15%;">3E Punho - Mão</td> <td style="width: 15%;">3F Pernas - Pés</td> <td style="width: 15%;">3G Estabilidade Postural</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </table>    | 3A Pescoço - Ombro      | 3B Costas                | 3C Quadril - Pernas      | 3D Cotovelo - Punho   | 3E Punho - Mão        | 3F Pernas - Pés          | 3G Estabilidade Postural | 4 | 4 |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  |
|   | 3A Pescoço - Ombro  | 3B Costas               | 3C Quadril - Pernas      | 3D Cotovelo - Punho      | 3E Punho - Mão        | 3F Pernas - Pés       | 3G Estabilidade Postural |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| 4   | 4   |                         |                          |                          |                       | 3                     |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| Comentários:<br><i>3A Pescoço - Ombro: Nas duas extremidades de cada bateria de filtros um caldeiro tem de ficar embaixo (não subindo no andaime) e para que ele alcance os parafusos do flange, tem de elevar um dos braços e apoiar o outro nos equipamentos.</i><br><i>3B Costas: Já o operador que fica em cima do andaime - ou os dois ocasionalmente - assume uma postura com inclinação e rotação de tronco. Situação agravada pela força que é feita nessa posição</i><br><i>3G Estabilidade Postural: A posição onde se encontram os parafusos dos flanges a serem abertos, obriga os operadores a se manterem apoiados em partes rígidas de equipamentos</i>  |   |                         |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| <b>4</b>  | <b>Ferramentas Manuais e Outros Equipamentos</b>  | N/A                     | 1                        | 2                        | 3                     | 4                     | 5                        |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | Comentários:  |                         |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
| <b>5</b>  | <b>Cargas Cognitivas</b>  | N/A                     | 1                        | 2                        | 3                     | 4                     | 5                        |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">5A Atenção e Vigilância</td> <td style="width: 50%;">5B Tomada de Decisão</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table>   | 5A Atenção e Vigilância | 5B Tomada de Decisão     |                          | 2                     |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | 5A Atenção e Vigilância   | 5B Tomada de Decisão    |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   | 2   |                         |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|   |   |                         |                          |                          |                       |                       |                          |                          |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |

|  |     |   |  | Categorias de frequência  |  |                                     |        |  |  |   |  |   |
|--|-----|---|--|---|--|-------------------------------------|--------|--|--|---|--|---|
|  |     |   |  | Descrição / Características   |  |                                     |        | A<br>Extremamente remota   | B<br>Remota  | C<br>Pouco provável   | D<br>Provável  | E<br>Frequente  |
|  |     |   |  | Segurança pessoal   | Patrimônio   | Meio ambiente (ver Nota 1)          | Imagem | Conceitualmente possível, mas extremamente improvável na vida útil da instalação. Sem referências históricas | Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação, apesar de haver referências históricas | Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação | Esperado ocorrer mais de uma vez durante a vida útil da instalação | Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação |
| Categorias de severidade das consequências | IV  | Catastrófica  | Provoca morte ou lesões graves em 1 ou mais pessoas intra ou extramuros                | Perda da instalação industrial  | Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais | Impacto Nacional e/ou Internacional | M      | M  | NT   | NT  | NT   |   |
|  | III | Crítica   | Lesões de gravidade moderada em pessoas intramuros. Lesões leves em pessoas extramuros | Danos severos a sistemas da instalação industrial (reparação lenta)                               | Danos severos com efeito localizado                                  | Impacto regional                    | T      | M  | M  | NT  | NT   |   |
|  | II  | Marginal  | Lesões leves em empregados e terceiros. Ausência de lesões extramuros                  | Danos leves aos sistemas com comprometimento da continuidade operacional da instalação industrial | Danos leves  | Impacto local                       | T      | T  | M  | M   | M  |   |
|  | I   | Desprezível   | Sem lesões, ou no máximo casos de primeiros socorros, sem afastamento                  | Danos leves aos sistemas sem comprometimento da continuidade operacional da instalação industrial | Sem danos ou com danos insignificantes                               | Sem impacto                         | T      | T  | T  | T   | M  |   |
| NOTA 1                                     |     | No caso de vazamentos de petróleo ou derivados, as Tabelas B.1 e/ou B.2 (respectivamente para vazamentos na água e no solo) podem ser utilizadas para a definição das categorias de severidade, em função do grau API do produto, do volume vazado e do ambiente atingido.  |  |   |  |                                     |        |  |  |   |  |   |
| NOTA 2                                     |     | As categorias de frequência visam permitir uma avaliação da frequência do conjunto de causas que levam aos cenários acidentais. As categorias de severidade visam permitir uma avaliação da magnitude das consequências dos efeitos físicos de interesse (sobrepessão, concentração tóxica, radiação térmica etc.). |  |   |  |                                     |        |  |  |   |  |   |

| Categoria de risco        | Descrição do nível de controle necessário  |
|---------------------------|--|
| <b>Tolerável (T)</b>      | Não há necessidade de medidas adicionais. A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos.   |
| <b>Moderado (M)</b>       | Controles adicionais devem ser avaliados com o objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados àqueles considerados praticáveis (região ALARP).  |
| <b>Não Tolerável (NT)</b> | Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e, adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos (regiões ALARP ou tolerável). |