

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

**O USO DA SIMULAÇÃO EM ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO: UMA  
REFLEXÃO A PARTIR DO PROJETO DE UMA CABINE DE PONTE  
ROLANTE EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO.**

**Michel Silverio**

**SÃO CARLOS  
2011**

**O USO DA SIMULAÇÃO EM ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO: UMA  
REFLEXÃO A PARTIR DO PROJETO DE UMA CABINE DE PONTE  
ROLANTE EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO.**

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

**O USO DA SIMULAÇÃO EM ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO: UMA  
REFLEXÃO A PARTIR DO PROJETO DE UMA CABINE DE PONTE  
ROLANTE EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO.**

**Michel Silverio**

**Dissertação de mestrado apresentada no  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção da Universidade Federal de São Carlos,  
como parte do requisito para obtenção do título  
de mestre em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon**

**SÃO CARLOS**

**2011**

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

S587us

Silverio, Michel.

O uso da simulação em ergonomia de concepção : uma reflexão a partir do projeto de uma cabine de ponte rolante em uma refinaria de petróleo / Michel Silverio. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

123 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ergonomia - projetos. 3. Simulação. 4. Trabalho - análise ergonômica. I. Título.

CDD: 658.542 (20ª)

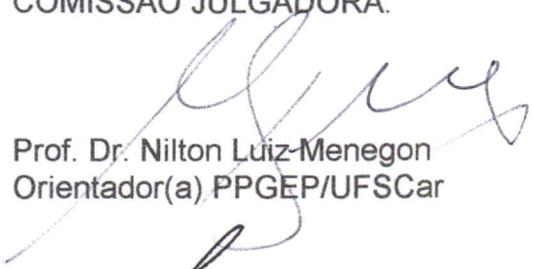


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Rod. Washington Luís, Km. 235 - CEP. 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil  
Fone/Fax: (016) 3351-8236 / 3351-8237 / 3351-8238 (ramal: 232)  
Email : ppgep@dep.ufscar.br

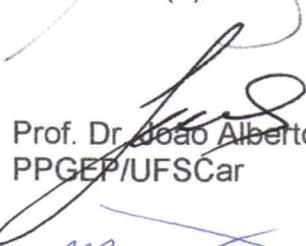
## FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Michel Silvério

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 25/03/2011 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:



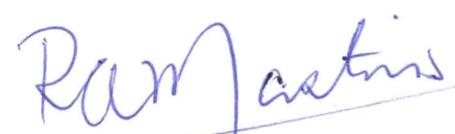
Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon  
Orientador(a) PPGE/UFSCar



Prof. Dr. João Alberto Camarotto  
PPGE/UFSCar



Prof. Dr. Francisco José de Castro Moura Duarte  
COPPE/UFRJ



---

Prof. Dr. Roberto Antonio Martins  
Coordenador do PPGE

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer aos colegas de laboratório que me apoiaram para que esse trabalho se tornasse realidade: **André Machado, Rodolfo Wu.**

À minha noiva **Janaina**, pelo apoio nas horas difíceis, pelas palavras de conforto, compreensão, paciência.

Aos meus pais, **Sônia e Carlos**, por sempre confiarem em mim, pelo apoio aos estudos, confiança e dedicação.

Aos meus irmãos, **Rafael e Gilber**, amigos de todas as horas e incondicionais questionadores quanto ao término deste trabalho.

Ao professore **Nilton Luiz Menegon**, pela confiança aplicada, pelos ensinamentos, orientações e por acreditar que esse trabalho seria possível. Principalmente, pela oportunidade de ingresso no mestrado e

Em especial, ao professor **Daniel Braatz** pela paciência nas discussões e extraordinária colaboração com este trabalho.

Ao professor da Banca Examinadora **João Alberto Camarotto e Francisco José de Castro Moura Duarte**, pela oportunidade.

À equipe de campo que, juntamente comigo, atuou no projeto da refinaria: **Fabrcio Menegon, Daniela Rodrigues, Fábio Morais e Elisabeth Garcia.**

Aos amigos de todas as horas **Tonin, Daniel Braatz e Daniela Rodrigues** por compreenderem o momento em que eu não podia tomar cerveja.

Aos profissionais da empresa estudada, pela atenção prestada e respeito, em especial ao Engenheiro **Carlos Alberto Cáceres.**

À Deus, por me proporcionar tamanha oportunidade na vida.

## RESUMO

Apesar de os benefícios proporcionados pela abordagem da ergonomia ao processo de concepção, sua participação ainda se encontra limitada, tendo em vista que as especificidades dos trabalhadores como gestos e raciocínios, na maioria dos casos, não são contemplados pelos profissionais responsáveis em desenvolver os novos sistemas de trabalho. Nesse sentido, este trabalho se propõe a apresentar um estudo de caso envolvendo a prática da ergonomia de concepção no desenvolvimento de uma cabine de ponte rolante em uma indústria de refino de petróleo. Para isto, foi desenvolvida uma Análise Ergonômica do Trabalho (AET), utilizada como base para a elaboração de conceitos suportados por *croquis*, plantas e maquetes digitais. Também foi utilizado, como forma de representação do ambiente homem-sistema, manequim humano digital que deu origem aos cenários utilizados na construção de situações de simulação. Essas situações tiveram como objetivo a confrontação das diferentes representações dos integrantes do processo de projeto. A partir das conclusões do estudo de caso, foram apresentados os constrangimentos e as contribuições que a simulação pode trazer ao processo de concepção de situações de trabalho, seja na construção dos cenários, seja nas situações de simulação ou na participação da ergonomia nos projetos.

**Palavras-Chaves:** Cabine de Ponte Rolante; Ergonomia e Projeto; Simulação; Análise Ergonômica do Trabalho.

## ABSTRACT

Despite the benefits provided by the ergonomic approach to the design process, their participation is still limited, given that the specifics of workers as gestures and reasoning, in most cases, are not covered by the professionals responsible for developing new systems work. Thus, this work is to present a case study involving the practice of ergonomic design in the development of a crane cab in a petroleum refining industry. For this, we developed an Ergonomic Work Analysis (EWA), used as the basis for the development of concepts supported by sketches, plans and digital models. It was also used as a way of representing the human-environment system, digital human dummy that gave rise to the scenarios used in the construction of simulated situations. These situations were aimed at the confrontation of different representations of the members of the design process. From the conclusions of the case study, we presented the constraints and the contributions that simulation can bring to the process of designing work situations, whether in the construction of scenarios, or in simulated situations or participating in ergonomic designs.

**Keywords:** *Booth Rolling Bridge, Ergonomics and Design, Simulation, ergonomic work analysis.*

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 4-1: Cronologia do estudo de caso. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 4-2: Relação das determinantes da atividade do operador da ponte rolante.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 3: Situações de simulação realizadas durante o processo de concepção da cabine da ponte rolante. .....</b>	<b>96</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2-1: Participação da ergonomia em processos de projeto de engenharia. Adaptado de Pikaar (2007).</b> .....	28
<b>Figura 2-2: Ergonomia auxiliando equipes técnicas de projeto. Adaptado de Martin e Baradat (2001). Tradução própria.</b> .....	29
<b>Figura 2-3: Ergonomia auxiliando líderes de projeto. Adaptado de Martin e Baradat (2001). Tradução própria.</b> .....	30
<b>Figura 2-4: Abordagem da atividade Futura. Adaptado de BELLEMARE et al. (1995). Tradução própria.</b> .....	32
<b>Figura 2-5: Ergonomia articulada as três abordagens. Adaptado de Garrigou et al. (2001). Tradução própria.</b> .....	33
<b>Figura 2-6: Articulação metodológica e conceitual visando à condução de processos de projeto (Menegon, 2008).</b> .....	35
<b>Figura 2-7: Abordagem da simulação em ergonomia durante a condução de projeto. Adaptado de Maline (1994). Tradução própria</b> .....	40
<b>Figura 4-1: Estruturação da equipe de ergonomia no termo de cooperação.</b> .....	53
<b>Figura 4-2: Organização informal das relações dos atores do processo de projeto da cabine da ponte rolante.</b> .....	57
<b>Figura 4-3 - Método da Análise Ergonômica do trabalho. Fonte: ERGO&amp;AÇÃO (2003) adaptado de Guérin et al. (2001).</b> .....	58
<b>Figura 4-4: Divisão da Refinaria segundo a visão dos operadores.</b> .....	60
<b>Figura 4-5: Unidade de Coque.</b> .....	61
<b>Figura 4-6: Ponte Rolante.</b> .....	62
<b>Figura 4-7: Ponte rolante da unidade de coque.</b> .....	63
<b>Figura 4-8: Tarefa do Operador da Ponte rolante.</b> .....	66
<b>Figura 4-9: Esquema dos comandos utilizados pelo operador da ponte rolantes.</b> .....	66
<b>Figura 4-10: Campo de visão do operador da ponte rolante.</b> .....	73
<b>Figura 4-11: Banco e cadeira utilizados pelo operador.</b> .....	73
<b>Figura 4-12: Uso do cotovelo e da mão na execução de manobras.</b> .....	74

Figura 4-13: Imagens ilustrativas presentes no MD.....	75
Figura 4-14: Cronologia da intervenção ergonômica no projeto de desenvolvimento da nova cabine de ponte rolante.....	77
Figura 4-15: Primeiras referências para a elaboração dos conceitos da Cabine (estrutural). Fonte: ART. LEBEDEV STUDIO, 2010. ....	79
Figura 4-16: Conceitos de poltrona utilizados como referência para o desenvolvimento do projeto. Fonte: ART. LEBEDEV STUDIO, 2010. ....	80
Figura 4-17: Cenário representando a proposta da estrutura para a cabine.....	82
Figura 4-18: Cenário representando a proposta da estrutura com janelas.....	82
Figura 4-19: Proposta do gabinete para os manetes.....	83
Figura 4-20: Zona de conforto para os pés.....	84
Figura 4-21: Proposta inicial da estrutura em 3D com janelas e vidros.....	85
Figura 4-22: Estrutura cabine da ponte rolante com frente inclinada. ....	85
Figura 4-23: Primeira proposta de poltrona e gabinete em 3D. ....	86
Figura 4-24: Proposta final do conceito da poltrona e do gabinete.....	87
Figura 4-25: Conceito final da cabine e da poltrona unidos. ....	87
Figura 4-26: Projeto detalhado apresentado pela empresa contratada.....	89
Figura 4-27: Composição dos Cenários .....	90
Figura 4-28: Planta do setor de coque. ....	91
Figura 4-29: Planta da Ponte Rolante existente.....	91
Figura 4-30: Modelos da ponte rolante e do ambiente separados e agrupados. ....	92
Figura 4-31: Passos para importação de modelo gerado em <i>Software CAD</i> (Braatz, op. cit).....	93
Figura 4-32: Cenário para simulação com a cabine, o ambiente e o manequim.....	93
Figura 4-33: Campo de visão do operador.....	99
Figura 4-34: Operador mostra que a visão do abastecimento do silo melhorou.....	100
Figura 4-35: Operação dos novos manetes.....	100
Figura 4-36: Comando “homem morto” do manete.....	100
Figura 4-37: Operador demonstra a altura atual do manete e a altura que deveria ser.....	101
Figura 4-38: Regulagens da poltrona.....	101
Figura 4-39: Rotação da poltrona. ....	102

**Figura 4-40: Operador apontando para o punho, onde sente dor. .... 103**  
**Figura 5-1: Articulação metodológica para desenvolvimento de cenários. .... 111**

**LISTA DE ABREVIATURAS**

AAF	- Abordagem da Atividade Futura
AET	- Análise ergonômica do Trabalho
EWA	- Ergonomic Work Analysis
FAI	- Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SMS	- Segurança, Meio Ambiente e Saúde
UFSCar	- Universidade Federal de São Carlos
CCL	- Casa de Controle Local
CCI	- Casa de Controle Integrado
UGN	- Unidade de Gás Natural
MD	- Memorial Descritivo
SAC	- Situações de Ações Características
SDCD	- Sistemas Digitais de Controle Distribuído
SELF	- Société d'Ergonomie de Langue Française
IEA	- International Ergonomics Association
IHM	- Interface Homem-Máquina
GUT	- Gravidade, Urgência e Tendência
ARLE	- Área Leste da Refinaria
UGN	- Unidades de Gás Natural
UCP	- Unidade de Coque de Petróleo
GLP	- Gás Liquefeito de Petróleo

## Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>1.1</b>	<b>Problema e Objetivos da Pesquisa .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativas da Pesquisa.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>Metodologia de pesquisa .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do trabalho .....</b>	<b>18</b>
2	ERGONOMIA E SITUAÇÕES DE SIMULAÇÃO EM PROCESSOS DE CONCEPÇÃO .....	20
<b>2.1</b>	<b>Conceitos e Fundamentos da Ergonomia da Atividade.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Projeto e Ergonomia.....</b>	<b>24</b>
2.2.1	A inserção da perspectiva da ergonomia da atividade nos processos de projeto .....	28
2.2.2	O conceito de Simulação .....	36
2.2.3	Simulação na Ergonomia.....	37
<b>2.3</b>	<b>Conclusão quanto ao referencial teórico pesquisado.....</b>	<b>42</b>
3	METODOLOGIA.....	43
<b>3.1</b>	<b>Prática Reflexiva.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2</b>	<b>Coleta e Tratamento dos Dados.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3</b>	<b>O caso Estudado .....</b>	<b>47</b>
4	ESTUDO DE CASO: O PROJETO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DE UMA CABINE DE PONTE ROLANTE.....	49
<b>4.1</b>	<b>Antecedentes do estudo de caso .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>O Caso Projeto da Cabine de Ponte Rolante: primeiras interações.....</b>	<b>54</b>
4.2.1	Estruturação da intervenção.....	55
<b>4.3</b>	<b>Análise Ergonômica do Trabalho.....</b>	<b>58</b>
4.3.1	Reconhecimento e reconstrução da demanda .....	58
4.3.2	Trabalho prescrito x Trabalho real .....	63
4.3.2.1	A visão da manutenção .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.3.2.2	Tarefa e organização do trabalho do operador da ponte rolante .....	65
4.3.3	Descrição da atividade do operador da ponte rolante .....	67
4.3.4	Diagnóstico e Recomendações .....	71
4.3.4.1	Memorial Descritivo.....	74
<b>4.4</b>	<b>Desenvolvimento do Projeto da Cabine.....</b>	<b>77</b>
4.4.1	Período Anterior a Contratação .....	78
4.4.2	Período Pós Contratação.....	88
4.4.2.1	Elaboração dos cenários para a simulação.....	90
4.4.2.1	Situação de simulação para avaliação e confrontação quanto aos possíveis constrangimentos vivenciados pelos operadores na nova cabine .....	95

4.5	<b>Resultados e conclusões do projeto da cabine da ponte rolante .....</b>	<b>99</b>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	107
5.1	<b>Introdução.....</b>	<b>107</b>
5.2	<b>Conclusão acerca da questão e do objetivo de pesquisa .....</b>	<b>109</b>
5.3	<b>Implicações para a teoria e para a prática .....</b>	<b>110</b>
5.4	<b>Limitações e pesquisas posteriores.....</b>	<b>113</b>
6	REFERENCIAS .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
7	APÊNDICE A .....	121

## 1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos 90, com o processo de abertura comercial da economia brasileira, as indústrias nacionais viram-se obrigadas a intensificar sua reestruturação produtiva e industrial<sup>1</sup> de forma a adotar práticas modernas de produção frente aos novos obstáculos surgidos (FERREIRA, 2008). Este processo fez com que as organizações repensassem seu sistema produtivo, motivadas pela adoção de novas tecnologias e estruturação da produção, o que, conseqüentemente, transformou tais mudanças em elementos fundamentais para sua sobrevivência (BONELLI, 1999).

Concomitantemente, o mundo do trabalho também se modificou quanto a sua organização, gestão e controle (ABRAHÃO e PINHO, 2002), fato que tem intensificado ainda mais o ritmo de trabalho dos operadores (TUMULO, 2001) e, como consequência, influenciado em questões tais quais: o bem estar dos trabalhadores, os indicadores de absenteísmo, as doenças e os acidentes de trabalho (FERREIRA, 2008). Somado a isso, as rígidas exigências legais de saúde ocupacional e a busca pela melhoria da qualidade de vida no trabalho, têm feito com que as empresas se atentem para a incorporação da perspectiva dos usuários na concepção de equipamentos e ambientes de trabalho (LIMA, RESENDE e VASCONCELOS, 2009).

Neste contexto, o conhecimento da atividade de trabalho ganha relevância, vinculada à produtividade ou ao cumprimento de legislações, tornando-se elemento de dimensão estratégica no desenvolvimento das situações de trabalho, na medida em que, possibilita identificar possíveis constrangimentos, que o corpo técnico de operação poderá enfrentar na sua atividade de trabalho.

Segundo Duarte (2002), as modernizações e as concepções dos centros de trabalhos têm sido marcadas, em muitos casos, por relatos de problemas envolvendo trabalhadores e empresas. Talvez, estes relatos estejam relacionados ao fato de que, os projetos, tradicionalmente desenvolvidos pelas empresas, por estarem embutidos de uma complexidade relevante no que se refere às atividades realizadas pelos trabalhadores, privilegiam, na maioria das vezes, questões relacionadas ao desempenho das organizações (ponderam o projeto pelos resultados) e da produção (considera o projeto a partir dos meios

---

<sup>1</sup> Segundo FERREIRA (2008), o fenômeno da reestruturação produtiva e industrial pode ser definido como uma busca por harmonizar (compatibilizar) mudanças, principalmente, nos âmbitos do perfil das organizações produtivas, das relações de produção, do modelo dominante de gestão do trabalho, da tecnologia com a introdução de instrumentos de trabalhos baseados na microeletrônica, do papel dos Estados nacionais e do quadro jurídico internacional com medidas voltadas para o fim de barreiras comerciais.

de produção) (GUÉRIN et al, 2001). É esta, portanto, uma visão restrita, pois não favorece o atendimento das necessidades dos trabalhadores, que privilegia a manutenção da saúde, a extinção ou diminuição do risco de acidentes, o aprendizado, entre outros (BELLEMARE, 1995).

Neste sentido, a perspectiva de atuação para a ergonomia relaciona-se à sua participação na modernização e concepção de novas unidades produtivas (JACKSON, 2000), que pode ser compreendida como o novo paradigma vivenciado pela ergonomia, envolvendo as mais diversificadas áreas, como: serviços (MENEGON, 2003); arquitetura (MARTIN, 2000); artefatos (BRAATZ, 2009; FONTES et al, 2006; salas de controle (DUARTE, 1994; CONCEIÇÃO, 2007); hospitais (CASTRO, 2010); situações produtivas (SEIM e BROBERG, 2010), entre outras. Desta forma, o papel dos ergonomistas na concepção deve ser considerado de fundamental relevância para o desenvolvimento dos projetos de postos de trabalhos (JACKSON, 2000; SEIM e BROBERG, 2010).

No entanto, apesar da tendência apontada, observa-se que os projetos continuam a privilegiar as necessidades das organizações e dos processos, subestimando o futuro corpo técnico de operação, tornando as atividades dos trabalhadores inseguras e ineficientes. Este fato é agravado se pensarmos sua ocorrência em ambientes como unidades de processamento de refino de petróleo, local onde foi desenvolvido o estudo de caso apresentado nesta pesquisa, e no qual as atividades de trabalho ali desenvolvidas possuem, como peculiaridade, a periculosidade, a complexidade, a continuidade e a coletividade (FERREIRA e IGUTI, 2003).

Para Duarte (2002, p. 13), os projetos envolvendo a indústria de processo contínuo, em especial a indústria de processamento de petróleo, têm gerado aos trabalhadores problemas de saúde e fadiga, além dos riscos de acidentes. O autor justifica que partes desses constrangimentos são decorrentes das inadequações observadas nos meios de trabalho, as quais estão presentes desde a representação do estado real das instalações, até a insuficiência de formação das equipes de operação.

### **1.1 Problema e Objetivos da Pesquisa**

Baseado em todo o contexto apresentado até o momento, esta dissertação se propõe a responder a seguinte problematização:

**Quais são as condições necessárias para a realização de uma simulação em ergonomia?**

Baseado no problema de pesquisa apresentado, e no contexto discutido e evidenciado, o objetivo principal desta dissertação é:

**Discutir a inserção da ergonomia e o desenvolvimento de simulações, que sirvam como suporte para a confrontação dos diferentes mundos objetos<sup>2</sup> nas indústrias de refino brasileiras.**

A abordagem de pesquisa foi baseada na hipótese de que as simulações podem contribuir para a participação efetiva da ergonomia, na concepção de espaços de trabalho em refinarias de petróleo. Tal contribuição está ligada aos benefícios que as técnicas de simulação têm incorporado aos processos de projeto, em diversas situações de concepção, como auxílio à compreensão e comunicação entre os diferentes atores do processo de projeto, incluindo o usuário (operador).

Como objetivos específicos podem ser citados:

- Compreender a participação da ergonomia no processo de concepção de uma cabine de ponte rolante;
- Apresentar o desenvolvimento de cenários e ambientes de simulação contextualizados pela perspectiva da ergonomia;
- Discutir a atuação da ergonomia de concepção no contexto específico dos processos de projetos de novos espaços de trabalhos na indústria refinadora de petróleo.

## 1.2 Justificativas

A importância de se trabalhar com os temas *ergonomia* e *projeto* deve-se ao fato de que ambos estão diretamente ligados as variáveis saúde dos trabalhadores e produtividade das organizações, as quais devem ser equacionadas de modo a proporcionarem uma maior harmonia entre elas.

Além disso, embora a literatura sobre ergonomia e projeto apresente diversos casos de concepção na indústria de processo contínuo, tal esforço tem como foco principal os Centros de Controle Integrado (CCI, ou salas de controle), os Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD) e as interfaces homem-máquina (THIBAUT, 2002; DUARTE e SANTOS, 2002; DUARTE e CORDEIRO, 2002). Neste contexto, o desenvolvimento dos

---

<sup>2</sup> Neste trabalho, consideraremos o termo “mundo objeto” como: o domínio do conhecimento, ação e artefato com os quais os participantes de engenharia projetam, se movimentam e vivem, quando trabalham em qualquer aspecto específico, parte ambiental, subsistema, ou sub-função do todo (BUCCIARELLI, 1994).

projetos é considerado, na maioria das vezes, como algo singular e externo a rotina de desenvolvimento de projeto das refinarias.

A partir desta perspectiva, busca-se, na presente pesquisa, contribuir com a apresentação detalhada de um caso que aborda a concepção de um espaço de trabalho na área industrial de uma refinaria, tendo como base a participação da ergonomia como disciplina atuante no processo de projeto.

### **1.3 Metodologia de pesquisa**

Tendo por finalidade responder ao questionamento inicial, foi definido como método de pesquisa *a reflexão sobre um estudo de caso*, o qual envolveu a concepção de uma cabine de ponte rolante em uma unidade de processamento de uma refinaria.

A escolha em adotar esta modalidade de pesquisa, reflexão sobre um estudo de caso, deve-se ao fato de que, por ser uma pesquisa empírica, há intenções de realizar uma investigação acerca de um fenômeno contemporâneo, tendo como objetivo a compreensão das questões organizacionais, sociais e políticas da vida real (YIN, 2001). Adicionalmente, a escolha pela reflexão sobre um estudo de caso também leva em conta a possibilidade de tal metodologia permitir o desenvolvimento de novas teorias, e/ou, o maior esclarecimento sobre eventos reais e contemporâneos (CAUCHICK et al., 2010).

Neste contexto, foi privilegiado, em um primeiro momento, o referencial teórico relacionado à ergonomia e projeto, e posteriormente, à utilização de ambientes de simulação em processos de concepção de situações produtivas.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

A dissertação foi desenvolvida de modo a realizar uma reflexão no que se refere à participação da ergonomia em projetos, bem como ao uso dos ambientes de simulação em tais contextos. Além deste primeiro Capítulo, a Introdução, a dissertação está dividida em outros quatro, totalizando cinco capítulos, conforme descrição a seguir:

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico e expõe a revisão dos conceitos e definições da *ergonomia* com foco na abordagem situada, *projeto* e *simulação*. Sendo assim, em um primeiro momento, foi realizada uma breve descrição quanto à ergonomia da atividade, a fim de elucidar qualquer dúvida relacionada à compreensão dos conceitos utilizados no trabalho. A seguir, apresenta-se as características e aspectos gerais, conceitos e

abordagens, os quais integram ergonomia e projeto e, por fim, a simulação que é considerada de modo generalista, bem como no contexto da ergonomia.

O Capítulo 3 é marcado pela contextualização do projeto através de um estudo de caso. São apresentadas as questões referentes à metodologia utilizada, a empresa-foco da intervenção e, de maneira holística, o desenvolvimento do caso nas suas diferentes etapas.

A seguir, No Capítulo 4, são realizadas discussões e reflexões referentes ao processo de desenvolvimento dos conceitos, a partir do uso de diferentes ferramentas de representação e da participação dos diferentes diversos atores, objetivando responder as questões inseridas na pesquisa, além da sistematização dos conhecimentos gerados depois da intervenção.

Por fim, no Capítulo 5, apresenta-se uma síntese relativa aos objetivos da pesquisa e às contribuições advindas do trabalho desenvolvido na dissertação.

## 2 ERGONOMIA E SITUAÇÕES DE SIMULAÇÃO EM PROCESSOS DE CONCEPÇÃO

Nos últimos 20 anos, percebe-se, de forma nítida e veemente, que a disciplina de ergonomia vem ocupando um papel de maior destaque na melhoria dos ambientes produtivos, o que, como consequência, proporcionou a ampliação e o desenvolvimento da área de conhecimento envolvendo ergonomia e projeto. Talvez este fato esteja relacionado à nova perspectiva almejada para a disciplina, que relaciona a sua participação no processo de desenvolvimento tecnológico, em especial, os projetos de modernização e concepção de novas unidades produtivas (DUARTE, 2002).

Nesse sentido, Menegon et all. (1998) faz referencia quanto a necessidade de romper com a visão que exclui ou posiciona de forma externa os ergonomistas no processo de projeto. É, pois, justamente sobre esse novo paradigma relacionado à participação da ergonomia nos projetos, em especial sua participação na concepção de novas situações produtivas e equipamentos, que o referencial teórico apresentado neste capítulo objetiva discutir.

Portanto, a revisão pretende, em um primeiro momento, abordar os conceitos fundamentais de ergonomia a partir da abordagem que reconhece o entendimento da atividade dos trabalhadores como a base para a melhoria das condições de trabalho. Em seguida, são destacados os conceitos relacionados à ergonomia e projetos industriais, enfatizando-se a abordagem da atividade futura segundo Daniellou (2007a).

Por fim, busca-se considerar a simulação como ferramental disponível para a integração de ergonomistas e projetistas no contexto dos projetos.

### 2.1 Conceitos e Fundamentos da Ergonomia da Atividade

A ergonomia sempre buscou como objetivo produzir um conhecimento amplo das situações de trabalho, no sentido de favorecer o bem estar dos trabalhadores - saúde, segurança, conforto e satisfação -, conjugando-o ao máximo desempenho das organizações - eficiência, produtividade e confiabilidade.

Para isso, a ergonomia tem se desenvolvido desde 1857, ano em que o polonês Jastrzebowski utilizou pela primeira vez a palavra ergonomia para a descrição de um estudo intitulado *Esboço da ergonomia, ou a ciência do trabalho fundada nas verdades da ciência da natureza* (LAVILLE, 2007, p.26). Apesar do primeiro contato com a palavra ter ocorrido

na década de 1850, é importante salientar que a ergonomia, enquanto conjunto de conhecimentos surge durante a Segunda Guerra Mundial. Foi neste período que surgiram as primeiras necessidades de adequação das máquinas aos seus operadores, em especial os aviões de guerra (MÁSCULO, 2008).

A partir dessa experiência na adaptação dos equipamentos bélicos e do entendimento quanto à importância da multidisciplinaridade nas intervenções, os pesquisadores decidiram pela criação da primeira sociedade de ergonomia, no ano de 1949, caracterizada como *Ergonomics Research Design* (MÁSCULO, 2008).

Como particularidade a essa sociedade, destaca-se o fato de ter como perspectiva a abordagem que ficaria conhecida como Fatores Humanos, pela qual a ergonomia é definida como:

Movimento científico que visa exprimir, em termos compreensíveis aos engenheiros, arquitetos e demais projetistas, os conhecimentos sobre o homem, com vista ao projeto de tarefas, equipamentos e ambientes de trabalho (MÁSCULO, 2008, p. 111).

Nos anos posteriores, outras sociedades foram estruturadas e, em particular, no ano de 1963 surgiu a *Société d'Ergonomie de Langue Française* (SELF), que tinha como finalidade a promoção da ergonomia nos países de língua francesa, pressupondo o homem como o centro do trabalho (LAVILLE, 2007). Tal escola, distancia-se da abordagem clássica dos Fatores Humanos, configurando-se por um outro foco de estudo. Esta mesma sociedade foi responsável pela criação de uma das primeiras definições de ergonomia:

A adaptação do trabalho ao homem ou, mais precisamente, a aplicação de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para conceber ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia (FALZON, 2007, p. 3).

Outras definições surgiram abrangendo diferentes representações, até que no ano 2000, como forma de construir uma padronização das definições, a *International Ergonomics Association* (IEA) propõe, para conceituar ergonomia:

A disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, responsável em aplicar teorias, princípios, dados e métodos a projetos que visam o bem estar humano e o desempenho global do sistema, contribuindo para o planejamento, projeto e a

avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas (INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION, 2000).

Portanto, a atuação da *ergonomia* é construída com a proposta de tornar os ambientes de trabalho compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações dos indivíduos, considerando, na sua aplicação, questões de ordem física, cognitiva, social, organizacional e ambiental. Sob esta definição, a disciplina faz uso de diferentes conhecimentos que podem relacionar-se às ciências naturais – antropometria, percepção, memória, ritmos biológicos - bem como de conhecimentos advindos das vivências dos usuários e operadores (DANIELLOU, 2000).

Para que esse conhecimento da realidade seja adquirido, a disciplina utiliza métodos como a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), a qual pode ser considerada a base da ergonomia situada, cujo fio condutor é a atividade de trabalho (WISNER, 1987; WISNER, 1994; DANIELLOU e BÉGUIN, 2007; JACKSON, 2000).

Tal método é estruturado no intuito de permitir ao ergonomista o entendimento das ações empreendidas pelo homem em situações de trabalho. Também permite a identificação dos determinantes das situações de trabalho: os objetivos estabelecidos pelo trabalhador, as características dos materiais e das ferramentas utilizadas, as características próprias das pessoas e o contexto de uso (GUÉRIN et al., 2001; LIMA, 2000; WISNER, 2004).

Em síntese, a AET busca a compreensão das estratégias utilizadas pelo homem em ambiente de trabalho, de forma a auxiliar no entendimento da distância existente entre o trabalho prescrito e o que é necessário ser feito para que ele efetivamente aconteça (GUÉRIN et al. 2001).

Segundo Abrahão e Pinho (1999), a AET tem como pressupostos básicos a distinção entre o *trabalho prescrito* e *trabalho real*, a *variabilidade* dos indivíduos e dos contextos e a *regulação*. Segundo Tersac e Maggi (2004, p. 90), os pressupostos apresentados acima é o que fundamenta a ergonomia da atividade, tendo como base o conceito de trabalho que para Dejours (1996), “é a atividade coordenada desenvolvida por homens e mulheres para enfrentar aquilo que, em uma tarefa unitária, não pode ser obtido pela execução restrita da organização prescrita”.

O *trabalho prescrito* e *trabalho real* estão relacionados diretamente a definição de tarefa e atividade. No que tange a tarefa, esta pode ser interpretada como o resultado antecipado das ações desenvolvidas pelo trabalhador, ou seja, são as condições

preestabelecidas que nem sempre ou quase nunca representam as condições verdadeiras, pois os resultados antecipados não são necessariamente os resultados realizados. Quanto à atividade, pode resumir-se “a maneira como os resultados são obtidos e os meios utilizados” (GUÉRIN et al., 2001, p. 14).

Desta forma, o trabalho prescrito (tarefa) é aquilo que a organização ou a empresa estabelece ou prescreve para o trabalhador. Por outro lado, o trabalho real (atividade) são as ações que o sujeito realmente faz para atingir seus objetivos e obrigações.

No que concerne à *variabilidade*, este conceito decorre dos indivíduos e das organizações (TERSAC e MAGGI, 2004, p. 91). Nos indivíduos, ela é classificada em *inter-individual*, que considera as diferenças conforme os constrangimentos, dificuldades e a experiência vivenciados por cada indivíduo; e *intra-individual*, referente ao estado interno de cada pessoa (GUÉRIN et al. 2001, p. 50).

A variabilidade também pode reportar-se às organizações quanto a seus materiais, equipamentos e organização do trabalho, categorizando-se em *normal* - sobrevém do próprio tipo de trabalho executado e decorre das características intrínsecas do mesmo - e *incidental* - decorre de eventos aleatórios e desconhecidos que são passíveis de previsão ou não (GUÉRIN et al., 2001).

Apesar do reconhecimento da existência das variabilidades, Tersac e Maggi (2004, p. 91) alertam que, em muitas situações, estes fatores são subestimados pelos projetistas, que utilizam-se dos conceitos de “operário médio, bem treinado, trabalhando em uma função estabilizada” para a elaboração de seus projetos.

Outro conceito que a ergonomia da atividade faz uso é a *regulação*, caracterizada por Falzon (2007, p. 10), como sendo “um mecanismo de controle que compara resultados de um processo com a produção desejada, ajustando-o em relação às diferenças constatadas”. Segundo Tersac e Maggi (2004, p. 92), os resultados das atividades só são obtidos graças à capacidade de regulação da atividade desenvolvida pelos indivíduos em ação, que de um lado, gerenciam as variações das condições externas e internas da atividade, e por outro, consideram os efeitos da atividade sobre os mesmos.

Em particular, na ergonomia, o termo regulação pode ter incidência tanto nos sistemas, no qual o papel do operador é direcionado a comparação dos sistemas técnicos, quanto nas atividades humanas, relacionadas à saúde do trabalhador.

Para Menegon (2003 p. 44), a regulação é um modelo formado pelos conceitos de *representação mental*, *competência* e *modo operatório*. A representação mental, neste caso, é composta pelas experiências vivenciadas pelos indivíduos, que estabelecem ligações

entre certas configurações da realidade e as ações a realizar. A competência deriva da formação do sujeito, de sua preparação e também de suas habilidades tácitas. Por fim, o modo operatório caracteriza as diferentes maneiras de se executar uma mesma tarefa (ERGO&AÇÃO, 2003, p.20), sendo este:

o resultado de um compromisso que leva em conta os objetivos exigidos, os meios de trabalho, os resultados produzidos ou ao menos a informação de que dispõe sobre o trabalhador e o seu estado interno. (GUÉRIN et al. 2001, p. 65).

Portanto, é por meio dos pressupostos apresentados até o momento, contextualizado na AET, que a ergonomia, em especial a situada, tem produzido conhecimento das situações de trabalho e tentado influenciar o desenvolvimento de projetos.

Quanto à ação dos ergonomistas no desenvolvimento de novas situações de trabalho, Jackson (2000) divide-a em dois momentos distintos: a atuação do ergonomista enquanto especialista da situação de trabalho que, por meio de recomendações, pretende “produzir conhecimento sobre a realidade do trabalho para poder influenciar os projetos”; e a “atuação enquanto participante do processo de projeto”.

Segundo Jackson (2000), a evolução da participação da ergonomia no desenvolvimento dos projetos surge nos anos 80, com a necessidade de ações ergonômicas mais efetivas, uma vez que, as intervenções eram vistas como limitadas e não permitiam a efetiva transformação das situações de trabalho. É sobre essa evolução que o capítulo a seguir pretende abordar.

## **2.2 Projeto e Ergonomia**

A própria definição defendida pelo IEA entende a ergonomia como uma disciplina científica responsável em aplicar teorias, princípios e métodos ao processo de projeto de maneira a proporcionar o bem estar humano e o desempenho das organizações.

Nesse sentido, a ergonomia pode ser vista como disciplina atuante nos projetos, podendo atuar tanto na concepção de produtos bem como de instalações industriais (DANIELLOU, 2000).

Portanto, compreender os conceitos e a natureza geral do modo como os projetos são considerados e desenvolvidos é importante para situar a ergonomia perante a essa nova forma de atuação da disciplina, que se refere a sua participação na concepção.

No que tange ao conceito de projeto, Pahl e Beitz (2005) entendem-no como:

uma atividade intelectual, criativa, que requer uma base segura de conhecimentos nas áreas de matemática, física, química, mecânica, termodinâmica, mecânica dos fluidos, eletrotécnica, entre outras, assim como de tecnologia de produção, ciência dos materiais e ciência do projeto. (PAHL e BEITZ, 2005,p.1)

Na abordagem defendida pelos autores, o ato de projetar é enfatizado como algo relacionado às ciências naturais, que tem como parâmetro questões físicas da natureza. No nosso entendimento, essa é uma visão que pode ser considerada limitada, uma vez que abre margem para a desconsideração dos conhecimentos relativos ao homem e à sua segurança, conforto e bem-estar.

Por outro lado, Hubka e Eder (1996) concebem o projeto como um pensar à frente e descrevem uma estrutura que, aparentemente, contém as características desejáveis. Ou ainda, projetar seria a transformação da informação com condições de necessidades, demandas, requisições e restrições, dentro de uma descrição de estrutura capaz de preencher essas demandas.

Nesse sentido, projetar é compreendido como um ato de previsão que tem como base uma estrutura de projeto. Tal entendimento de projeto, em um contexto de estrutura, é defendido por Pugh (1996), que o apresenta como um processo iterativo composto por estágios (especificação, projeto conceitual, projeto detalhado, manufatura), podendo repetir-se inúmeras vezes dependendo das mudanças ocorridas durante o processo de projeto.

Para Duarte (2002), que tem como foco a indústria de processo contínuo, os projetos tradicionalmente desenvolvidos são estruturados de forma a constituírem-se de diversas etapas: estudos preliminares, estudo de base, detalhamento, execução ou construção, testes e partida.

Na mesma linha de raciocínio, Daniellou (2000) utiliza-se de uma estrutura semelhante à apresentada acima, para relacionar as etapas presentes na condução de projetos industriais com a condução de projetos de produtos e a intervenção ergonômica (

**Quadro 2-1).**

**Quadro 2-1:** Modalidade de intervenção ergonômica comparada às principais etapas de projetos industriais. Adaptado de Daniellou (2000). Tradução própria.

<b>Condução de projetos industriais</b>	<b>Condução de projetos de produtos</b>	<b>Modalidade de intervenção ergonômica</b>
Estudos preliminares	Estudos de oportunidades Oportunidade comercial Oportunidade técnica de base	Contribuição na definição dos objetivos: - descrição do usuário - descrição do contexto
Estudos de base	Especificações funcionais	Estudo da situação de referência Estudo de campo
Elaboração de especificações	Especificações externas 1ª maquete IHM <sup>1</sup>	Conhecimento do sistema de referência Formulação dos critérios para o projeto ergonômico Proposta de simulações com usuários e modelos de simulação.
Estudos detalhados	Especificação técnica Especificação de IHM - n maquetes IHM	Contribuição para simulações e maquetes Pesquisas pelo conhecimento Simulação com amostras de usuários
Testes e ensaios	Desenvolvimento da lógica de fabricação e protótipo de pré-fabricação	Evolução dos testes em escala real
Funcionamento estabilizado	Lote piloto	Evolução no funcionamento real

<sup>1</sup> Interface Homem-Máquina

Com isso, o autor relaciona a possibilidade de atuação da ergonomia nas diferentes etapas do desenvolvimento de um projeto, ou seja, a ergonomia pode atuar nos seguintes tópicos:

- Estudos preliminares: contribuição na definição dos objetivos por meio da descrição dos usuários e dos contextos;
- Estudo de base: estudo de situação de referência;
- Elaboração de especificações: conhecimento do sistema de referência, formulação dos critérios para o projeto ergonômico e proposição de simulações;
- Estudos detalhados: contribuições para a realização de simulações e maquetes;
- Testes e ensaios: teste em escala real;
- Funcionamento estabilizado: evolução no funcionamento real.

Por fim, destacamos o conceito de projeto entendendo ser este o mais adequado para o processo de concepção envolvendo a disciplina de ergonomia, pois o mesmo considera o projeto como um processo no qual envolve diferentes indivíduos cada um com diferentes maneiras de enxergar o objeto do projeto, indivíduos estes que em colaboração um com outro,

devem trabalhar juntos para criar, imaginar, deduzir, analisar, testar e desenvolver um novo produto de acordo com certos objetivos e requisitos (BUCCIARELLI, 1994).

Portanto, o ato de projetar, independente de seu escopo e área de conhecimento, é algo além do que um processo cognitivo, sendo um processo social<sup>3</sup> (MARTIN, 2000), que possui na efetividade da interação seu parâmetro de qualidade (BUCCIARELLI, 1994). Ou seja, quanto maior a integração entre os participantes, maior é a possibilidade de o projeto atender suas perspectivas e seus objetivos.

Para Bucchiarelli (1994), o desenvolvimento dos projetos deve ser determinado pela negociação, trocas, invenção e elaboração dos ambientes. Tal relação envolverá diferentes “mundos objetos” que não devem ser compreendidos como uma coleção de tarefas separadas, mas sim como um engajamento contínuo marcado pela troca entre os diferentes participantes.

Ao considerar o projeto como um ato social, podemos afirmar que o ergonomista é um projetista dos ambientes de trabalho ou ao menos deveria ser, tendo em vista que ele é o especialista em condições de trabalho e conhecedor das atividades desenvolvidas pelos trabalhadores.

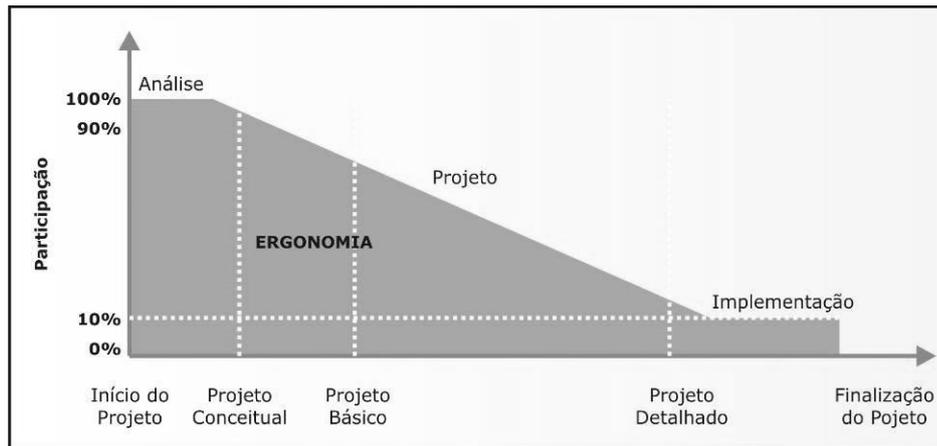
No entanto, o que se observa em muitas situações de trabalho concebidas é a representação falha, por parte dos projetistas, das necessidades reais do corpo técnico de operação (DUARTE, 2002) e também dos componentes que regem as situações de trabalho real (GUÉRIN et al, 2001), dificultando ainda mais a atividade dos trabalhadores.

Nesse contexto, entendemos que inserir a perspectiva da análise da atividade no processo de concepção significa reconhecer as lacunas existentes entre a atividade real e as representações dominantes do trabalho. Não o bastante, entender a relação, a sincronização das etapas do projeto e a interação dos usuários com os sistemas é fundamental para a concepção de novos projetos (MARTIN, 2000).

Tal interação, contudo, não pode ser restrita a um único momento, mas acompanhar todo o processo. Assim, a participação e o relacionamento da ergonomia dentro de um processo de projeto de engenharia pode ocorrer por diferentes etapas, que vão desde a análise até a implementação (**Figura 2-1**).

---

<sup>3</sup> O processo social pode ser entendido como qualquer processo ou atividade humana, em grupo, que inclua ao menos um ato de design, ao longo de outras atividades, as quais são ou podem ser rotineiras ou automáticas (BUCCIARELLI, 1994).



**Figura 2-1:** Participação da ergonomia em processos de projeto de engenharia. Adaptado de Pikaar (2007).

Portanto, a participação do ergonomista não se conclui com o detalhamento do projeto, mas segue até a sua implementação (PIKAAR, 2007). É importante destacar que, quanto antes o ergonomista for inserido ao processo de projeto, menores serão as irreversibilidade das decisões e maiores a consideração dos diferentes pontos de vistas dos projetistas (MALINE, 1994; BÉGUIN e WEILL-FASSINE, 2002).

### 2.2.1 A perspectiva da ergonomia da atividade inserida nos processos de projeto

Dentre os diferentes benefícios que a ergonomia possibilita ao participar do processo de projeto, Daniellou (2007a, p. 304) destaca a compreensão global que a disciplina proporciona com referência às duas faces de tal processo: *construção social* - visa posicionar o ergonomista em relação aos diferentes atores do processo de concepção; e *construção técnica* - consiste em reunir os elementos que permitem abordar a atividade futura dos usuários do sistema.

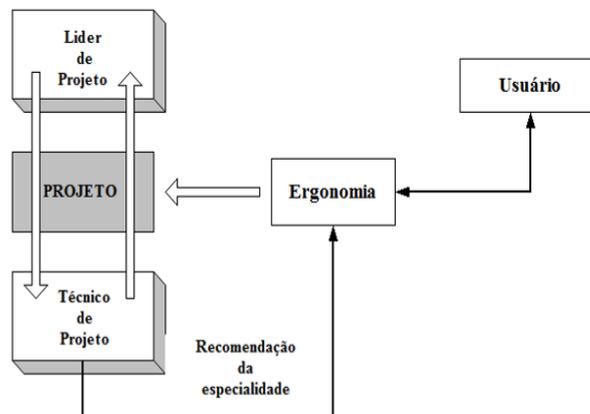
Segundo Daniellou, um fator determinante para o êxito dos projetos industriais é considerar, na concepção, não somente as situações normais de funcionamento, mas também o conjunto de situações atípicas que poderão estar relacionadas à matéria prima, máquina, produtos ou ambiente (DANIELLOU, 2002a).

No que diz respeito à participação da ergonomia no processo de projeto, em alguns casos, o ergonomista pode ser visto como um perito que contribui para a concepção do projeto com base em suas habilidades, conhecimento e metodologia. Em outros casos, este profissional pode ter um papel facilitador, apoiando os engenheiros e operadores, no sentido de garantir o *feedback* e servir como um elo de comunicação entre eles e a gestão

(BROBERG, 2007). A função de facilitador envolve, até mesmo, a construção social da intervenção ergonômica e da gestão dos grupos de trabalho, o que permite uma confrontação positiva do conhecimento dos projetistas com o conhecimento dos operadores (GARRIGOU et al., 1995; BROBERG, 2010).

Para Martin e Baradat (2001), a participação do ergonomista pode ocorrer tanto no uso da ergonomia como disciplina de auxílio às especificidades técnicas, como também servir de ferramenta auxiliar ao processo de gestão e condução dos projetos, sendo seu posicionamento dependente da origem da demanda.

Segundo os mesmos autores, com relação ao auxílio às especificidades técnicas, o trabalho desenvolvido pelos ergonomistas é considerado como uma técnica particular, responsável por identificar constrangimentos que o futuro trabalhador venha a encontrar em seu novo posto de trabalho. Esta interação pode ser construída em diferentes contextos, como por exemplo, o apresentado na **Figura 2-2**.

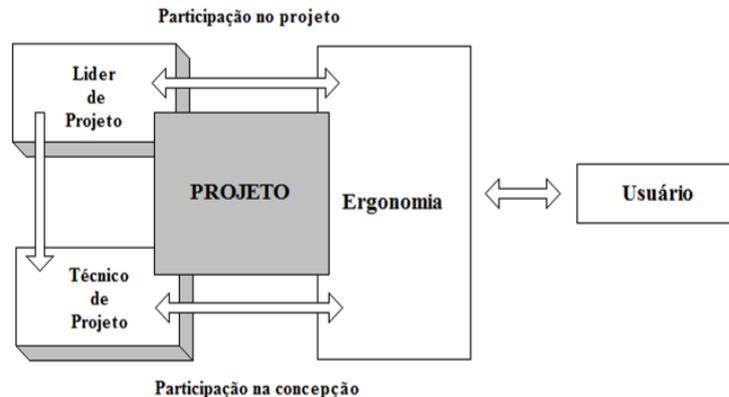


**Figura 2-2:** Ergonomia auxiliando equipes técnicas de projeto. Adaptado de Martin e Baradat (2001). Tradução própria.

Nesse tipo de intervenção, a interação do ergonomista com o projeto deve realizar-se no sentido de incorporar as questões relativas ao usuário. Como particularidade, o ergonomista atua sob a perspectiva de uma disciplina técnica, sobre a qual detém conhecimentos relacionados ao homem, exercendo ação direcionada conforme as necessidades dos técnicos do projeto. Tal abordagem faz com que a ergonomia possivelmente enfrente dificuldades tais quais: possibilidade de intervir sobre o projeto; estabelecer relações e interação com os gestores; alteração de elementos definidos anteriormente; argumentação

sobre elementos de situações características não previstas no projeto; intervenção sobre a organização; entre outros.

Outra abordagem apresentada refere-se ao auxílio dos ergonomistas aos líderes de projeto. Tal interação tem como objetivo apoiar a estruturação, a condução e a dinâmica social do projeto, representada na **Figura 2-3**.



**Figura 2-3:** Ergonomia auxiliando líderes de projeto. Adaptado de Martin e Baradat (2001). Tradução própria.

Nesse tipo de participação, o ergonomista pode atuar no auxílio aos líderes, bem como no corpo técnico do projeto, acompanhando questões relativas à construção da demanda, estruturação do projeto, definição dos objetivos e avaliação das proposições elaboradas.

Quanto à restrição das abordagens apresentadas, destacamos o fato de que em nenhuma delas o usuário é incorporado como ator participante do processo de projeto, ficando seu envolvimento a cargo da representação do ergonomista.

Na mesma linha de raciocínio, Daniellou (2007a, p. 305) entende que o posicionamento do ergonomista nos projetos pode relacionar-se aos *empreendedores* (demanda proveniente da direção da empresa), assim como aos *coordenadores de projeto* (demanda proveniente dos setores). Cabe, assim, aos ergonomistas, a responsabilidade pela definição da participação, do envolvimento e da dinâmica da ergonomia com as outras disciplinas da concepção.

Considerando a ergonomia como disciplina responsável pela estruturação do processo de concepção, Martin (2000) enfatiza quatro questões principais que são:

- A identificação das características da situação de concepção com antecedência, ou seja, reconhecer a organização do projeto, o acesso aos responsáveis por ele e verificar a existência de uma estrutura para a realização do projeto;

- A identificação e o posicionamento dos atores envolvidos no projeto;
- A contribuição no estabelecimento de regras do projeto e a uma estrutura que favoreça a aprendizagem;
- O estabelecimento de um referencial comum entre as disciplina participantes (MARTIN, 2000).

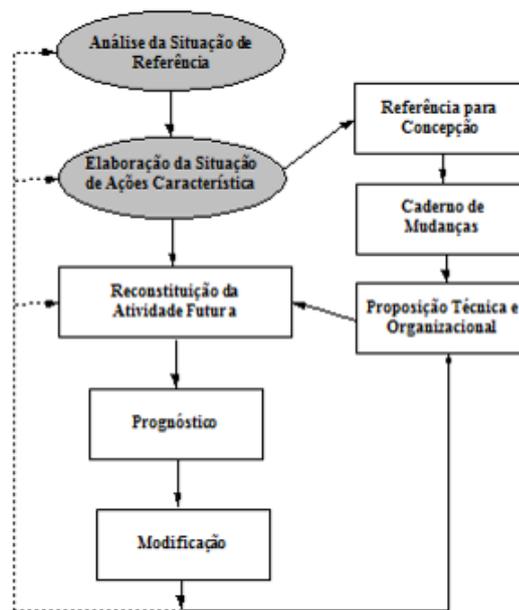
Destina-se, aos ergonômistas envolvidos no processo de concepção industrial, a responsabilidade de analisar a estrutura da equipe de projeto, para assim construir o seu próprio posicionamento. Logo, é importante identificar suas duas funções principais que são o objetivo almejado e o responsável pelo acompanhamento e execução do projeto.

Ao intervir na concepção o ergonômista não pode satisfazer-se apenas com o conhecimento sobre as propriedades do homem, mas buscar compreender as situações vivenciadas pelo operador no seu dia-a-dia, tornando o ergonômista mais próximo das situações de utilização futura (DANIELLOU, 2000).

O autor também faz uma observação à respeito do paradigma da participação da ergonomia situada na concepção de situações de trabalho, uma vez que a ação da ergonomia é baseada em uma atividade que ainda não existe. Assim, é importante destacar que a concepção abre e fecha inúmeras possibilidades para a atividade futura, e o desafio da ergonomia não é prever tal atividade, mas o espaço necessário para que as mesmas ocorram (DANIELLOU, 2007a, p. 304).

Nesse sentido, o papel da disciplina na concepção é fazer com que as variabilidades dos operadores e das organizações sejam adequadamente consideradas pelos projetistas, possibilitando a adoção de diferentes modos operatórios.

Para isso, o ergonômista pode fazer uso de diferentes métodos e técnicas de análise, em especial neste trabalho, destacamos a Abordagem da Atividade Futura (AAF). Essa abordagem visa o enriquecimento dos projetos industriais a partir da participação da ergonomia no processo de concepção, a qual se dá por meio de cinco fases, conforme a **Figura 2-4** (BELLEMARE et al.; 1995).



**Figura 2-4:** Abordagem da atividade Futura. Adaptado de Bellemare (1995). Tradução própria.

Assim, dentro da abordagem apresentada, a *análise da situação de referência* é a avaliação das situações existentes que apresentam características próximas às da futura unidade de produção, pois são estas que possibilitam o entendimento das estratégias adotadas pelos trabalhadores no cumprimento de suas tarefas (DANIELLOU, 2002a). Tais situações não precisam, necessariamente, reproduzir os modelos a serem projetados, logo podem estar presentes nos mais diversificados meios, desde que representem as funções<sup>4</sup> realizadas pelos trabalhadores em ação (BELLEMARE et al., 1995).

O ergonomista pode utilizar-se de diferentes tipos de situações como as em que as funções, que deverão ser asseguradas pelo futuro sistema e atualmente são garantidas sob outra forma; situações reais que comportam características técnicas ou organizacionais do futuro sistema; e situações de referência correspondentes ao contexto geográfico ou antropológico, do local onde o projeto será implantado (BELLEMARE et al., 1995).

As *situações de ações características* (SAC) correspondem a um conjunto de determinantes que estruturam um tipo de atividade, ou seja, as pessoas envolvidas na atividade; os meios necessários (informação, material); os limitantes (tempo, qualidade, ambiente) e os fatores que podem afetar as pessoas (trabalho noturno, calor, ruído, ambientes tóxicos). Portanto, as SAC são as responsáveis em permitir a estruturação das atividades, possibilitando, assim, sua transposição para o futuro (BELLEMARE et al., 1995).

<sup>4</sup> Entenda-se *função* como sendo as atividades desenvolvidas pelos trabalhadores.

A partir da análise das situações de referência e da elaboração das SAC, o ergonomista poderá iniciar a formulação das referências, objetivando contribuir com os projetistas na definição dos futuros meios de trabalho (BELLEMARE et al., 1995).

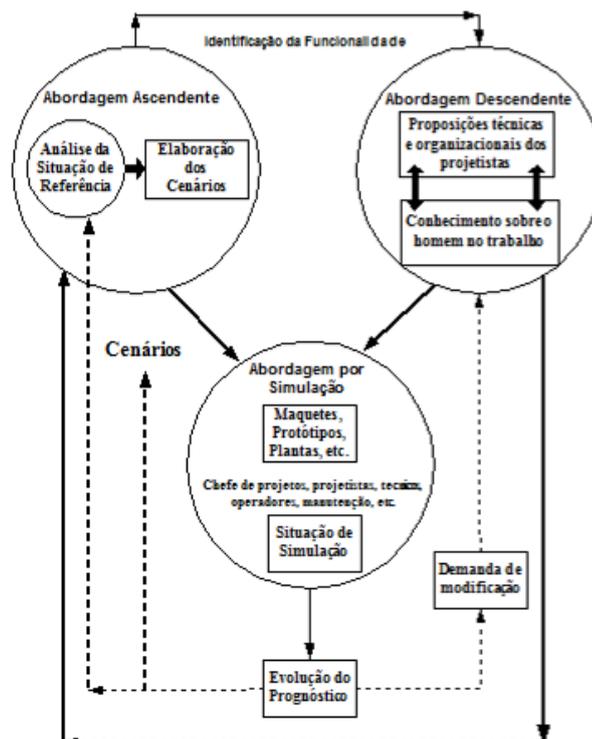
Tais referenciais poderão ser de diferentes naturezas, ou seja, *descritivas* - dados sobre a variabilidade, conhecimento sobre o funcionamento do ser humano em atividade; *prescritivas* - normas antropométricas, regulamentos, etc.; ou *processuais* - demanda de informação sobre o projeto, maquetes, proposição de simulação.

As SAC e a análise da situação de referência permitem, ainda, a *reconstituição da atividade futura*, que pode estar representada em simulações suportadas por plantas, maquetes (físicas ou computacionais), protótipos ou software (MALINE, 1994).

Por fim, é feito o *prognóstico* da condição de realização da atividade que tem como apoio os critérios de produção e de saúde. É por meio do prognóstico que os ergonomistas definirão as necessidades de modificações no projeto.

Para Daniellou (2002b), é papel dos ergonomistas participantes do processo de projeto guiar as decisões do mesmo a partir de uma reflexão sobre o trabalho futuro.

Utilizando-se dos conceitos apresentados, Garrigou (2001) articula um modelo de análise para a intervenção em ergonomia de concepção estruturando-o em três abordagens (**Figura 2-5**).



**Figura 2-5:** Ergonomia articulada às três abordagens. Adaptado de Garrigou (2001). Tradução própria.

Em tal articulação, a *abordagem descendente* relaciona-se à concepção clássica e entende a integração da ergonomia como um processo marcado pelo fornecimento de conhecimentos relacionados ao homem em situação de trabalho.

Em seguida, é enfatizada a *abordagem ascendente*, que tem como função o esclarecimento das situações de referência, a fim de identificar as variabilidades industriais que deverão ser estruturadas sob forma de cenários das atividades futuras.

Por fim, a *abordagem por simulação*, a qual tem como objetivo produzir prognóstico sobre possíveis dificuldades que os operadores venham a enfrentar na atividade futura. Estas dificuldades afetarão tanto a eficácia do funcionamento das instalações, como a saúde dos operadores.

Garrigou (2001) destaca ainda, que os ambientes de simulação podem ter como suporte plantas, maquetes físicas e maquetes virtuais, devendo ser elaboradas a partir da análise da atividade em situação referencial.

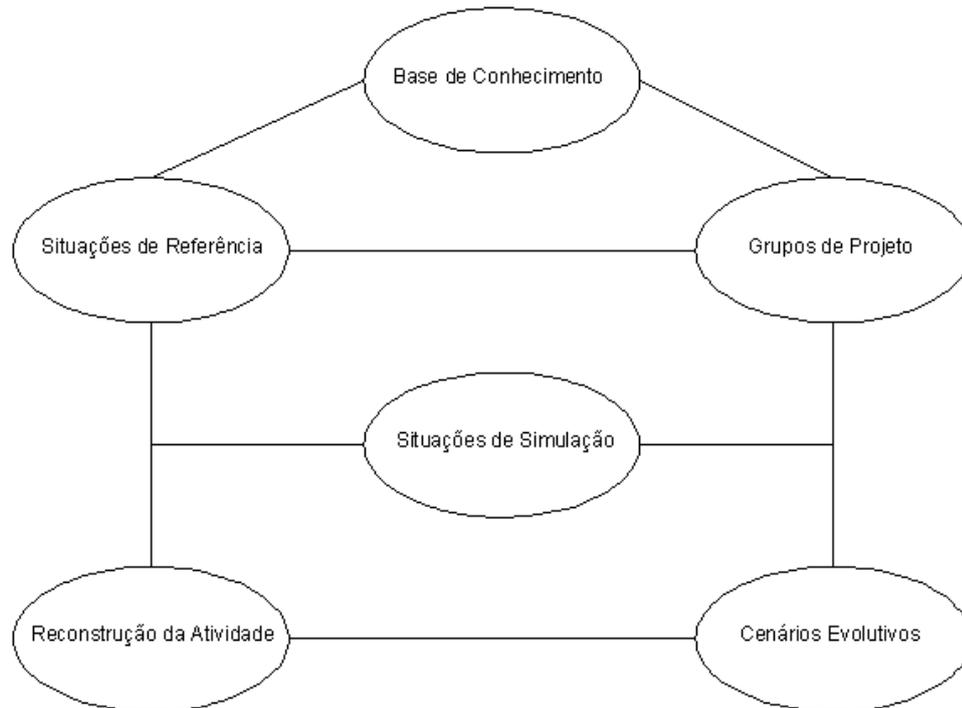
Nesse sentido, Menegon (2008) propõe uma articulação metodológica para intervir em situações de concepção que relaciona ergonomistas e projetistas (**Figura 2-6**). Tal percepção também deriva das questões apontadas por Bucciarelli (1994), nas quais os diferentes atores do processo de projeto são guiados e suportados cada um com o seu mundo-objeto.

Segundo o autor, para intervir no processo de projeto, tanto os ergonomistas como os projetistas necessitam utilizar uma *Base de Conhecimento*, a qual provém de pesquisas, e também de experiências vivenciadas no desenvolvimento de outros projetos.

Tratando-se de concepção, o ergonomista pode fazer uso da análise de *Situações de Referência*<sup>5</sup> (GARRIGOU et al., 2001; DANIELLOU, 2002a), tendo como objetivo identificar as condicionantes e determinantes das atividades desenvolvidas pelos operadores.

---

<sup>5</sup> Segundo Daniellou (2007, p. 309), “as formas que a análise das situações de referência podem assumir são várias: em certos casos, serão simples visitas, noutros, incluirão um trabalho com entrevistas e documentos, e por fim em alguns serão possível realizar verdadeiras análises da atividade”.



**Figura 2-6:** Articulação metodológica e conceitual visando a condução de processos de projeto (MENEGON, 2008).

A partir da identificação dos condicionantes do trabalho, é possível iniciar o processo de *Reconstrução da Atividade*, ou seja, a recomposição das condicionantes e determinantes que auxiliaram na construção dos *Cenários Evolutivos*, que têm como objetivo articular os ergonomistas e projetistas durante as diferentes etapas do processo de projeto.

Por fim, Menegon (2008) discorre sobre a necessidade de conter no projeto espaços dedicados à interação e à confrontação entre os mundos objetos dos atores, o que pode ser feito por meio das *Situações de Simulação*.

Nota-se, então, que a intervenção ergonômica é compreendida como um processo que utiliza tanto os dados científicos<sup>6</sup> (desenvolvidos a partir de disciplinas como as ciências humanas) como a vivência dos atores em projetos anteriores, já que todo profissional é proprietário de uma biblioteca de situações oriundas das suas experiências vivenciadas (SCHÖN, 1983).

Sendo assim, aos profissionais participantes da concepção em ergonomia, cabe a responsabilidade de utilizar os saberes constituídos em intervenções anteriores, bem como os gerados a partir do novo projeto. É também papel dos ergonomistas mobilizar os

<sup>6</sup> Conhecimento do ser humano e sobre seu funcionamento (DANIELLOU & BÉGUIN, 2007).

conhecimentos e métodos existentes em ergonomia, não se restringindo à descoberta de novos saberes (DANIELLOU e BÉGUIN, 2007, p. 288).

Em particular, nesse trabalho daremos ênfase ao desenvolvimento de cenários evolutivos e situações de simulações como instrumento de representação e confrontação entre ergonomistas e projetistas, conforme articulação metodológica apresentada por Menegon (2008).

### **2.2.2. O conceito de Simulação**

Ao nos depararmos com o termo simulação, logo nos vem em mente a representação de algo que imita o real, ou, conforme colocado por Accioly (2006), que produz efeito de real. E é pretendendo a representação do real, especificamente a natureza e os seres vivos, que o homem tem desenvolvido técnicas de simulação desde a antiguidade (na forma de esculturas, pinturas e através da escrita).

A simulação, porém, com o passar dos anos, ganhou novas perspectivas e o seu uso foi ampliado para as mais diversas áreas de conhecimento como a medicina, ciências sociais, engenharia, ecologia, meteorologia, economia, entre outras.

Algumas aplicações podem ser observadas por meio de trabalhos como o de Kozak (1993), que comparou a diferença existente entre os treinamentos realizados em ambiente simulado e em ambiente real. Grottke (2009) também utilizou a simulação para o desenvolvimento de ambientes que permitissem o treinamento de operadores. Já Meister (1994) aplicou a simulação para a avaliação do comportamento humano, relacionando simulação e ergonomia.

Nesse trabalho a simulação será conceituada de forma ampla, conforme colocado pelos autores a seguir.

Segundo Naylor (1971, p. 13), simulação é *“uma técnica que consiste em realizar um modelo da situação e nele levar a cabo experiências”*.

Para Costa (2004) *“simulação é o processo de construção de um modelo representativo de um sistema real”*.

O conceito de modelo é ainda considerado por Accioly (2005), que se refere à simulação como uma complementaridade da noção de modelo que são codificados e representados por meio de lógicas.

Já Simon (1991), citado por Béguin e Weill-Fassina (2002,p.34), defende a simulação como técnica que possui interesse não apenas nas contribuições práticas, mas sobretudo nas suas funções coletivas, uma vez que “*para serem compreendidos, os sistemas devem ser primeiro construídos, e depois observados em seus comportamentos*”.

Apesar de apresentarmos diferentes conceitos, é importante destacar que a simulação caracteriza-se pela “forte heterogeneidade, em função não só da diversidade de objetivos perseguidos, mas também das modalidades de realização que são solicitadas” (BÉGUIN e WEILL-FASSINA, 2002).

Quanto a sua estruturação, a simulação pode ser desenvolvida de acordo com seus objetivos almejados, ou seja, pode envolver questões de treinamento, concepção ou pesquisas, considerando, para tanto, diferentes suportes.

Assim, busca-se neste trabalho apresentar e discutir tal conceito dentro de processos de intervenção contextualizados pela ergonomia.

### **2.2.3 Simulação na Ergonomia**

Segundo Maline (1994, p. 64):

A simulação das condições de realização de um trabalho é um método integrado em uma condução de projeto, que consiste em animar a situação de trabalho no projeto de modo a contribuir para a elaboração de especificações funcionais as quais permitirão a concepção de situações de trabalho compatíveis com o funcionamento do homem no trabalho, suas expectativas e suas necessidades.

Sendo assim, é possível afirmar que a simulação na ergonomia está relacionada às situações de trabalho, inclusive na concepção de postos de trabalho (BRAATZ, et al., 2006; FONTES, et al., 2006).

No que concerne a sua aplicabilidade na ergonomia, segundo Béguin e Weill-Fassina, a simulação busca atingir três propósitos:

- i) *Observação* – A ferramenta é construída de modo a criar situações que auxiliem na observação do comportamento cognitivo, individual ou coletivo do ser humano;
- ii) *Formação* – A ferramenta é utilizada com o objetivo de treinamento de situações muitas vezes inviáveis de ocorrência em ambientes reais;

- iii) *Concepção* – A simulação pode ser considerada tanto quanto banco de teste de situação ou de procedimentos, que visem testar a eficiência, validação de materiais e melhoria de dispositivos, como também fator intrínseco ao processo de concepção, no sentido de permitir a exploração do campo das possibilidades e redução das incertezas (ROGALSKI, 1997; BÉGUIN e WEILL-FASSINA, 2002).

Somada aos propósitos acima, Rogalski (1997) entende que a simulação pode ainda ter a finalidade de avaliação sendo ela utilizada como instrumento para análise dos sujeitos operantes.

Portanto, um dos objetivos da ergonomia com o uso da simulação é fazer com que os constrangimentos identificados durante o processo do projeto sejam avaliados no momento da concepção e não após sua implantação, período no qual as decisões do projeto já foram concretizadas<sup>7</sup> e o custo de modificação é relativamente alto.

Quanto à caracterização, a simulação pode ser classificada em *situação de simulação*, que visa reproduzir, uma situação alvo de maneira relativamente fiel, e *micro-mundo*, que representa as situações dinâmicas construídas em laboratório, cujas variáveis podem ser manipuladas e controladas (VAN DAELE, 1997; BÉGUIN e WEILL-FASSINA, 2002).

Para que a aplicação da simulação seja suscetível de ocorrência em ergonomia, a ferramenta pode fazer uso de modelos que são categorizados por Daniellou (2007b) em três esferas: *técnica*, *experimental* e *participativa*.

Quanto à categorização com fins *técnicos*, sua aplicação pode ser dividida em tríplice modelação que envolve o modelo do ser humano, o de sistema de trabalho e o do trabalho a ser realizado.

O modelo do ser humano relaciona-se aos aspectos antropométricos e utiliza os dados biomecânicos para a definição de ângulos e esforços. Já os modelos dos sistemas de trabalho, fazem referência às situações reais do trabalho que devem ser consideradas pelos projetistas na definição das variáveis, incidentes e regulação das operações realizadas pelos operadores.

---

<sup>7</sup> Segundo Béguin e Weill-Fassina (2002), os processos de concepção são pontuados pela irreversibilidade das decisões, ou seja, uma vez que as decisões foram tomadas, qualquer questionamento deixa de ser possível. Para os autores, esse fato foi que conduziu a passagem da ergonomia de correção para a ergonomia de concepção e está no centro da ergonomia de concepção, a qual, a partir das situações de trabalho atuais, deve projetar suas análises sobre as situações futuras.

A categorização composta pelos dispositivos *experimentais* tem como papel principal simular os ambientes de trabalho e a dinâmica do processo, de modo a possibilitar a compreensão das ações dos usuários e seus efeitos sobre os mesmos. Nesse tipo de simulação, o conjunto de tarefas realizadas pelos operadores constituiu os cenários para as experiências.

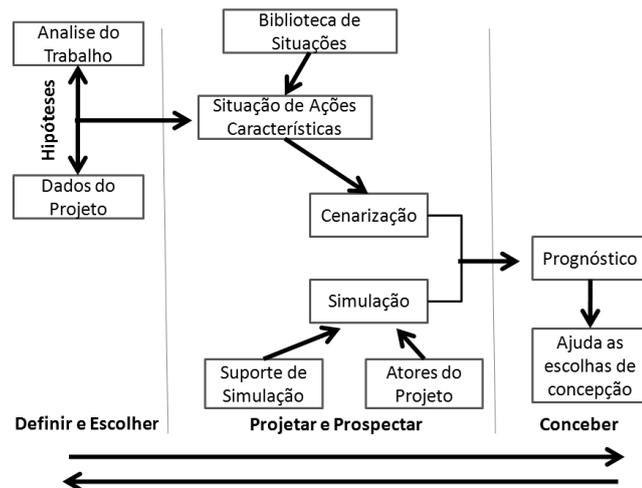
Por fim, é proposto o modelo de simulação como componente de um processo *participativo*, onde os trabalhadores são convidados a participar de simulações relativas ao futuro sistema de trabalho.

Deste modo, durante a condução de um projeto a simulação em ergonomia pode compreender três fases (Figura 2-7) (MALINE,1994):

- i) Fase de *análise preliminar* que é realizada sob o ponto de vista do trabalho e compreende a análise dos dados do projeto, das tarefas a serem realizadas e das atividades do trabalho possíveis de serem efetivadas em uma situação de trabalho existente;
- ii) Fase de *projecção* que corresponde ao momento de elaboração dos cenários, a qual depende da análise preliminar e corresponde à recomposição temporal das situações de ações características, podendo relacionar-se aos diferentes domínios da situação a conceber (elementos da atividade do trabalho, elementos da tarefa a realizar, características referentes a: produção, organização, incidentes e panes, população, entre outras);
- iii) Fase de *prospecção* que é a pesquisa de soluções pela simulação, fundada sobre cenários - corresponde a fase de simulação propriamente dita e tem como objetivo mensurar ou pesquisar as situações de trabalho a partir dos cenários desenvolvidos.

É importante destacar que há uma sequência lógica das fases, não havendo, contudo, rigidez na linearidade do processo.

Quanto à elaboração dos cenários, esse é um método que pode ser composto por formas literárias ou gráficas do estado futuro, passível de interação entre um sistema de trabalho e um indivíduo ou coletivo de indivíduos (MALINE, 1994, p. 95).



**Figura 2-7:** Abordagem da simulação em ergonomia durante a condução de projeto. Adaptado de Maline (1994). Tradução própria.

No que diz respeito à forma de construção da participação, esta irá depender da estrutura seguida pela organização nos projetos, podendo ou não favorecer a uma confrontação continuada entre os processos de concepção e as atividades futuras possíveis.

Uma das formas de estruturar e organizar o processo participativo está na realização de reuniões, que devem ocorrer durante o processo de concepção, tendo como propósito avaliar o avanço do projeto em concepção. Tal avaliação pode ser suportada por simulações, que permitem o exame das atividades possíveis ao futuro posto de trabalho, tendo como resultado a geração de prognósticos, fatores auxiliares nas decisões do projeto.

As simulações também possibilitam a antecipação dos riscos e das disfunções que emergirão com o novo projeto, bem como a produção de conhecimentos e confrontação das ideias entre os diferentes participantes (BÉGUIN, 2007; BRAATZ, 2009).

Segundo Grosjean e Neboit (2000, p. 38) a “antecipação” dos futuros trabalhos integrados ao longo da concepção de situações de trabalhos tem repercussão direta na formação dos futuros usuários, permitindo ao operador uma compreensão diferenciada sobre as suas atividades e sobre as novas instalações projetadas. A previsão do trabalho futuro permite ainda determinar as competências necessárias dos operadores nas futuras instalações, além de apoiar na formação de ideias.

Também se faz necessário discutirmos o modo como as simulações podem ser desenvolvidas. Para isto, iniciamos nossa discussão estabelecendo condições que tornam a simulação factível, ou seja:

- A *aceitabilidade social* da simulação pelos participantes do projeto, uma vez que esta se dará em um ambiente sociável, suscetível de divergências;
- A *escolha dos participantes* da simulação, de modo que estes representem as diferentes competências pertinentes ao futuro sistema;
- A *prefiguração* por meio de suportes materiais (plantas, maquete, protótipos, figuras representando o homem) do futuro sistema;
- A *elaboração dos roteiros*, a partir das situações de ação características prováveis, que servirão como base para a simulação (DANIELLOU, 2007a, p.311).

Quanto ao *status* do operador durante a simulação, Béguin e Weill-Fassina (2002, p.41) destacam que:

essa é uma questão que se decompõe em dois fatores sendo um deles de fundo, no qual aborda que a simulação – para que o conhecimento do trabalho dos operadores permita antecipar as orientações pertinentes à especificação do sistema técnico futuro - deve remeter não ao desempenho, mas ao processo de trabalho, suas características e suas dificuldades. O outro fator relaciona-se a forma e considera que a tomada de consciência por parte do operador ou a conceitualização de sua própria ação exige, do ponto de vista cognitivo, um exercício de reflexão tão mais difícil quanto mais prática é a atividade.

Nesse sentido, pode-se afirmar que a simulação está tensionada tanto ao domínio da técnica quanto ao domínio da atividade dos operadores.

Como forma de tornar a situação factível, faz-se necessário ainda a identificação das características da tarefa, para que o ergonômista tenha a possibilidade de dispor de representações ou de modelos que forneçam informações do futuro dispositivo: constrangimentos temporais, desempenho exigido dos trabalhadores e condições coletivas da ação.

Definidas as questões da “pré-simulação”, inicia-se a fase de construção da simulação, que pode ter características de uma experimentação controlada ou uma “simulação linguageira”, sendo sua forma atrelada à natureza de seus suportes.

Tratando-se de experimentação (simulação suportada por protótipos ou maquetes de tamanho natural), o ergonômista deverá definir os protocolos aos quais os participantes seguirão para que suas atividades sejam analisadas por meio da verbalização simultânea ou autoconfrontação.

Em caso de uma “simulação linguageira” (simulação suportada por plantas ou maquetes em escala reduzida), esta assume a forma de uma narrativa, na qual os modos operatórios são reconstituídos em ambiente social, desde que respeitem as regras cronológicas (o ergonomista deve enfatizar a continuidade da descrição no tempo e no espaço), cognitivas (os dispositivos técnicos devem contemplar questões como a da percepção e o controle dos resultados) e a compatibilidade com as propriedades do ser humano (DANIELLOU, 2007a, p. 312).

### **2.3 Conclusão quanto ao referencial teórico pesquisado**

O tópico desenvolvido anteriormente tinha como finalidade apresentar o referencial teórico delimitador quanto à participação da ergonomia da atividade no contexto do desenvolvimento dos projetos.

Nesse sentido, foram pesquisados os conceitos que fundamentam a ergonomia da atividade e a relacionam ao processo de projeto de situações produtivas. Complementa-se a revisão com o referencial teórico, destacando o uso da simulação como ferramenta de desenvolvimento das situações de trabalho.

Como conclusão, observa-se que o desenvolvimento dos conceitos envolvendo o uso da simulação em ergonomia de concepção é algo ainda em transformação, merecendo uma atenção e um número maior de estudos para sua concretização.

A seguir, será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto de concepção da cabine da ponte rolante.

### 3 METODOLOGIA

Tendo em vista que o objetivo principal desta dissertação é refletir sobre a participação da ergonomia no processo de projeto em uma unidade de refino de petróleo, foi estabelecida como metodologia uma abordagem baseada na epistemologia da prática, mais especificamente, a prática reflexiva sobre uma ação.

Como ponto de partida, utilizou-se os trabalhos desenvolvidos por Schön (1983), autor que observa a competência dos profissionais como oriunda de sua capacidade de refletir durante e sobre as situações enfrentadas no dia-a-dia. Portanto, a atuação desses não deve ser entendida somente como uma aplicação dos conhecimentos técnicos advindos das ciências, mas também da prática exercida pelos profissionais.

Considerar a ação dos profissionais apenas pela visão da racionalidade técnica<sup>8</sup> é deixar de reconhecer a prática dos trabalhadores como espaço de construção de conhecimento, o que não deveria acontecer, uma vez que, a todo instante utilizamos nossos conhecimentos práticos para a resolução de problemas e desenvolvimento de novas atividades (SHÖN, 1983).

Como uma peculiaridade dos trabalhos desenvolvidos por Schön, destacamos a diferença enfatizada entre o conhecimento tácito, também denominado como “conhecimento na ação”, e o conhecimento científico. No entanto, alguns autores discordam da distinção defendida por ele, pois acreditam que distinguir esses dois tipos de conhecimento é desvalorizar o conhecimento teórico e escolar dos profissionais (DUARTE, 2003).

Em um entendimento mais aprofundado, a distinção entre os conhecimentos existe e, no entanto, eles devem ser tratados como complementares. A partir desta premissa, o trabalho busca realizar uma reflexão *a posteriori*, objetivando compreender a participação da disciplina de ergonomia no processo de concepção de uma cabine de ponte rolante em uma indústria de refino de petróleo.

Sendo assim, este capítulo foi desenvolvido para explicar a prática reflexiva defendida por Schön, sua aplicação nas áreas de engenharia e ergonomia e apresentar a abordagem metodológica do estudo de caso, enfatizando-se o modo como os dados foram obtidos, registrados e tratados.

---

<sup>8</sup> Trata de uma concepção epistemológica da prática, herdada do positivismo e, segundo a qual, a atividade profissional é, sobretudo, instrumental, dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação rigorosa de teorias e técnicas científicas (FARIA e CASAGRANDE, 2004).

### 3.1 Prática Reflexiva

Considerado um dos maiores precursores da prática reflexiva, o pedagogo e filósofo norte-americano Donald Schön publicou os livros “*The Reflective Practitioner*” e “*Educating the Reflective Practitioner: Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*”, ambos durante a década de 80, os quais se tornaram referência no campo da pesquisa relacionada à prática profissional e do ensino.

Dentre os assuntos estudados por Schön, a prática reflexiva na formação de professores pode ser considerada como o mais disseminado entre os pesquisadores, visto que o número de publicações relacionadas a esse tema possui maior representatividade entre eles. Este fato é comprovado ao fazermos uma rápida busca à base de dados *Web of Science* com o tema *Reflective Practitioner* no qual é possível observar 129 artigos, dos 188 encontrados, tratando sobre a reflexão como ferramenta de ensino, sendo sua grande maioria voltada à ciência da saúde e em especial às áreas de conhecimento da medicina.

Apesar da importância da prática reflexiva como metodologia de ensino e aprendizagem, o que nos interessa é seu uso como método de entendimento das ações realizadas pelos profissionais. Tal procedimento, segundo Faria e Casagrande (2004), pode ocorrer por meio de três processos centrais:

- i) *Conhecimento na ação* – prática que é própria da ação dos profissionais e que traz consigo um saber supostamente possuído pelos profissionais. Portanto, o conhecimento está na ação em si, e o revelamos por meio de ações espontâneas e habilidades que manifestamos através do “saber fazer”;
- ii) *Reflexão na ação* – pressupõe a busca de novas soluções e de novos caminhos que são obtidos pela realização de momentos de reflexão em meio a uma ação, ou seja, é o pensamento e a reorganização sobre o que está sendo realizado. Seria um processo de reflexão sem o rigor, a sistematização e o distanciamento requerido pela análise racional, porém com a riqueza da captação imediata das múltiplas variáveis intervenientes. Para Schön (1983), ao refletirmos sobre nossa ação é possível descrevermos um conhecimento implícito à mesma. Logo, mediante a observação e a reflexão, podemos descrever e explicitar essas ações e, para isso, posicionamo-nos diante do que desejamos observar, podendo, então, encontrar novas pistas para a solução dos problemas que nos são apresentados.
- iii) *Reflexão sobre a reflexão na ação* - a partir do processo de reflexão, é construído um repertório de novas experiências que podem ser mobilizadas pelos profissionais em serviço. Assim, o indivíduo realiza análises *a posteriori* sobre as características e processos da sua

própria ação, podendo aplicar os instrumentos conceituais e as estratégias de análise na compreensão e reconstrução de sua prática.

Nesse contexto, encontramos algumas pesquisas realizadas como a desenvolvida por Bucciarelli (1994), que utilizou a prática reflexiva para compreensão do processo de desenvolvimento de projeto em uma empresa fabricante de módulos fotovoltaicos<sup>9</sup>. O objetivo do autor foi compreender o processo de projeto, determinar como as considerações impostas pelo projeto influenciam as decisões tomadas pelos projetistas e como estas afetam as formas da tecnologia que emergem desses processos. Para isto, o autor realizou gravações, esboços e descrições das ações pelos projetistas durante o processo de projeto.

Seguindo a mesma linha de Bucciarelli (1996), Valkenburg e Dorst (1998) tentaram identificar as diferenças no modo como duas equipes de projetistas realizavam suas atividades. Sendo assim, os autores observaram e filmaram as ações realizadas, as quais, a partir da prática reflexiva, foram descritas e analisadas pelos pesquisadores.

Por meio da análise, os autores puderam inferir que a reflexão é de fundamental importância para o desenvolvimento dos projetos, uma vez que ao conceber um produto ou equipamento não é suficiente apenas identificarmos as questões relevantes a eles, mas gerar possibilidade de solução e refletir sobre tais idéias de modo a evoluí-las. Por fim, os autores concluem que o ato de projetar revela padrões distintos de comportamento e que a descrição das atividades desenvolvidas pelos projetistas pode ser um método útil no entendimento das mesmas.

Outro estudo que trata do uso da prática reflexiva em projeto, agora em um contexto envolvendo a disciplina de ergonomia, foi desenvolvido por Conceição (2007), no qual foi utilizada a reflexão *a posteriori*, a partir da sua participação no processo de projeto, para evidenciar a contribuição da ergonomia na concepção de um centro de controle de dutos para distribuição de gás e óleo. Com o intuito de realizar tal trabalho, a autora utilizou informações registradas em caderno de campo, atas e correio eletrônico.

A partir dos conceitos e práticas apresentados, é possível afirmar que a prática reflexiva desenvolvida nesta dissertação é a reflexão sobre a reflexão na ação, já que seu autor participou do processo de projeto do estudo de caso apresentado. Sendo assim, o método tem relação direta com o entendimento da prática profissional sobre uma ação ou algo realizado e tem como base o registro e a descrição dos acontecimentos durante o estudo de caso do projeto da cabine de ponte rolante.

---

<sup>9</sup> Fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do Sol em energia elétrica (CONTEÚDO, 2010).

### 3.2 Coleta dos Dados

A documentação e as informações constituídas no projeto permitiram construir uma memória do processo de concepção, de modo a possibilitar que as atividades realizadas pudessem ser refletidas e analisadas. Essa reflexão proporcionou a reconstituição da história da intervenção e, conseqüentemente, a avaliação do modo como as atividades foram desenvolvidas.

Segundo Lamonde (2001), a memória de um projeto pode ser documentada, de modo geral, por meio de três categorias de informações que estão relacionadas aos resultados alcançados, eventos ocorridos no decorrer do projeto e processos desenvolvidos. Logo, a memória pode envolver a análise de informações como: os objetivos definidos na origem do projeto, a avaliação dos membros das equipes, as tarefas desenvolvidas, os métodos utilizados para realizar o projeto, entre outros.

Para que as informações deste trabalho pudessem ser coletadas e resguardadas, foram utilizados os seguintes meios:

- i.** *Filmadoras e câmera fotográfica* – as filmadoras e as câmeras fotográficas foram utilizadas como forma de observação e registro das atividades desenvolvidas pelo operador da cabine da ponte rolante;
- ii.** *Caderno de campo* – utilizado para anotações de comentários realizado em reuniões, observações identificadas durante a análise da situação de referência, elaboração de croquis e validações de conceitos;
- iii.** *Documentos de projeto – memorial descritivo* (documento utilizado como base para a elaboração dos conceitos e para o processo de licitação realizado pela refinaria), *relatórios* (Análise Ergonômica do Trabalho, avaliação de dados antropométricos, relatório final do projeto) e *desenhos* (conceitos da cabine e da poltrona);
- iv.** *Correio eletrônico (e-mail)* – meio útil na troca de informações entre os atores participantes do projeto (engenheiro da refinaria, representante da empresa contratada e equipe de ergonomia).

Faz-se necessário destacar que as principais dimensões documentadas dizem respeito à análise da situação de referência do operador da cabine, às pesquisas realizadas nas bases de conhecimento sobre projetos de cabine, às técnicas utilizadas no desenvolvimento dos conceitos da cabine e poltrona e aos resultados produzidos.

### 3.3 O caso estudado

“Um estudo de caso é um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.” (YIN, 2001,p. 23).

Uma das características desta modalidade de pesquisa é permitir uma investigação que resguarda características holísticas e significativas dos eventos da vida real. A possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e o aumento sobre o entendimento dos eventos reais e contemporâneos pode ser destacada como os principais benefícios deste método (CAUCHICK et al., 2010).

Neste contexto, a situação escolhida para o presente estudo foi o projeto de reforma e modernização de uma cabine de ponte rolante localizada no setor de coque de uma das unidades de refino de petróleo e gás natural de uma grande empresa nacional.

A escolha deste projeto como base para o estudo de caso deve-se ao fato de entendermos a sua representatividade para muitos dos projetos realizados nas unidades de refino brasileiras, uma vez que possui características como: a reforma, modernização ou concepção de um setor ou equipamento e o envolvimento de empresas terceirizadas, que têm como função o desenvolvimento (especificação, construção e implantação) dos projetos.

Como singularidades do processo de projeto, destacam-se a necessidade da participação da ergonomia como disciplina integrante e o uso da articulação metodológica sugerida por Menegon (2008), a qual apresenta a intervenção ergonômica como um processo de interação entre *projetistas*<sup>10</sup> e *ergonomistas*.

Neste contexto, o estudo de caso é desenvolvido ao buscar, em um primeiro momento, situações que representem a atividade desenvolvida pelos operadores da cabine de ponte rolante, definidas como situação de referência (Daniellou, 2002).

Em especial, a situação escolhida neste trabalho foi a mesma da intervenção, devido ao fato de ser considerada representativa e capaz de comportar características técnicas e organizacionais do futuro sistema (BELLEMARE et al., 1995; DANIELLOU; NAËL, 2000; DANIELLOU, 2002a, 2007b). Também foram utilizados como referência documentos relacionados a dados antropométricos, projetos de cabines e poltronas desenvolvidos em projetos anteriores. Tais documentos foram obtidos por meio de pesquisas realizadas em *sites*

---

<sup>10</sup> Diferentes atores sociais que interagem na concepção das situações de trabalho futuras, sendo oriundos das mais diversas áreas técnicas especializadas (BRAATZ, 2009).

de internet, trabalhos acadêmicos e banco de dados de projetos do grupo de pesquisa Simucad<sup>11</sup>.

Após a definição da situação de referência, foi iniciado o processo de análise da atividade do operador da cabine, que se apoiou no método da Análise do Trabalho. O objetivo foi compreender as ações realizadas pelos operadores de modo a identificar o conjunto de determinantes existentes, para que estes servissem de base para a reconstrução das atividades.

Optou-se pelo uso do método de análise do trabalho porque ele permiti não apenas o conhecimento da atividade, mas a exploração do funcionamento da empresa e as representações dos atores (DANIELLOU, BÉGUIN, 2007, p. 290). Para Daniellou (2007a), as formas que a análise da situação de referência assumem são várias e podem envolver uma simples visita à área de intervenção, a realização de uma entrevista, uma pesquisa ou uso de documentos, até mesmo a análise da atividade.

Em particular, neste trabalho a análise das situações de referencia foi baseada em visitas a área da intervenção, realizadas durante o processo de concepção, e pesquisas em referenciais teóricos como livros e periódicos.

Após a Análise do trabalho, iniciou-se o processo de reconstrução da atividade dos operadores, o que ocorreu por meio da definição dos condicionantes e determinantes. Tais informações foram inseridas em um memorial descritivo (MD) servindo como base para a elaboração dos primeiros modelos ou propostas, que evoluíram por meio dos espaços dedicados a interação e confrontação dos modelos.

Para o desenvolvimento dos modelos utilizou-se como base croquis, desenhos *Computer Aided Design* (CAD) e ferramenta de simulação humana, que possibilitaram a construção de espaços de confrontação entre os diferentes participantes.

Além do exposto acima, é importante ressaltar que o uso da metodologia da prática reflexiva neste trabalho se deve, em grande parte, ao conjunto de informações obtidas e construídas a partir de documentos e informações constituídos no desenrolar da intervenção e no desenvolvimento do projeto, nos quais podem emergir conhecimentos quanto à prática da ergonomia na indústria de refino de petróleo.

---

<sup>11</sup> Grupo de pesquisa formado por professores e estudantes do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos.

#### 4 ESTUDO DE CASO: O PROJETO DE REFORMA E MODERNIZAÇÃO DE UMA CABINE DE PONTE ROLANTE

Pretendendo uma compreensão maior do estudo de caso utilizado como base para esta dissertação, foi elaborada uma tabela cronológica (Tabela 4-1), que contemplou as diferentes etapas desenvolvidas durante o processo de projeto de reforma e modernização para a cabine de ponte rolante.

Para isso, a intervenção foi dividida em três grandes etapas:

- *Pré-projeto* - período que antecedeu o início dos trabalhos da equipe de ergonomia. Apresentou como principais atividades o levantamento de questões que antecederam a intervenção ergonômica, a primeira interação dos ergonomistas de campo com o coordenador do projeto e a estruturação da intervenção;
- *Projeto* - período correspondente ao início da análise ergonômica do trabalho, a qual foi desenvolvida em suas diferentes fases como a caracterização da demanda, da tarefa e a observação das atividades desenvolvidas pelo operador da cabine. Também foi realizado nesta fase o desdobramento do processo de projeto, que se estendeu pela estruturação dos conceitos, a fabricação e a implantação da cabine. Destaca-se, nesta etapa, a elaboração dos conceitos que tiveram como base a construção de cenários e das situações de simulação.
- *Pós-projeto* – é o período após a implantação das soluções, o qual teve como principal acontecimento a realização de uma análise pós-implantação, que objetivou o levantamento de resultados obtidos com a intervenção.

Na construção da tabela, consideraram-se informações relativas às etapas e subetapas do projeto, o período de realização das atividades (data), o método empregado, os objetivos almejados e os membros participantes do processo.

Apesar da tabela objetivar a representação temporal das atividades, ela não se aplica com exatidão a todas elas, uma vez que o processo de projeto não é algo linear, dificultando sua representação.

Tabela 4-1: Cronologia do estudo de caso.

Etapa	Subetapas	Data	Método	Objetivo	Participantes		
<b>Pré-Projeto</b>	<b>Primeira Interação</b>	27/03/2008	Contato via telefone	Explicitar a necessidade dos ergonomistas quanto à participação no processo de projeto da cabine	Coordenador do Projeto Ergonomistas (Campo)		
<b>Projeto</b>	<b>Análise do Trabalho</b>	Entendimento da Demanda	09/04/2008	Entrevistas e Filmagens	Compreender a Demanda	Ergonomistas (Campo) Supervisor Gerente de Operação Operador (Ponte Rolante)	
		Análise da Tarefa	10/04/2008 a 16/04/2008	Pesquisa de Documentos	Compreender o que é prescrito pela organização e a tarefa do operador	Ergonomistas (Campo)	
				Observação e Filmagens			
				Descrição da atividade do operador			
		Análise da Atividade	17/04/2008	Reunião	Confrontação entre o previsto e o real	Ergonomistas (Campo) Operador (Ponte Rolante)	
	Diagnóstico e Recomendações	23/04/2008	Relatório Memorial Descritivo	Recomendações e propostas para o projeto	Ergonomistas (Campo)		
	<b>Projeto</b>	<b>Projeto</b>	Conceitual	25/04/2008 a 13/06/2008	Busca de Documentos (Normas, Sites, Livros, Desenhos)	Busca de documentos e situações de referência para a elaboração do conceito da cabine	Ergonomistas (Campo) Ergonomistas (Lab.)
					Reunião - (Desenhos 3D)	Elaboração dos conceitos (cabine e poltrona) em 3D	Ergonomista (Campo) Ergonomista (Lab.)
					Reunião de Validação	1 ° Conceito da Cabine e da Poltrona.	Ergonomista (Campo) Operador (Ponte Rolante) Coordenador do Projeto
					Reunião de Validação	2 ° Conceito da Cabine e da Poltrona.	Ergonomista (Campo) Operador (Ponte Rolante) Coordenador do Projeto
				16/06/2008	Reunião de Apresentação	Apresentar a empresa contratada e os conceitos desenvolvidos	Ergonomista (Campo) Coordenador do Projeto Empresa Contratada
				17/06/2008 a 18/08/2008	Projeto Detalhado	Elaboração do Projeto Detalhado	Empresa Contratada Coordenador do Projeto
				21/08/2008 á 7/09/2008	Simulação (Elaboração dos cenários 3D)	Construção dos cenários para a simulação em 3D	Ergonomista (Campo) Ergonomista (Lab.)
					Simulação (Elaboração dos cenários 3D)	Simulações no software Jack 2.1	Ergonomista (Campo) Ergonomista (Lab.)
				08/09/2008	Reunião de validação	Apresentação da simulação desenvolvida para avaliação do impacto que a nova cabine poderia proporcionar ao operador; Finalização o conceito da cabine	Ergonomista (Campo) Coordenador do Projeto Empresa Contratada
Fabricação e Implantação				9/09/2008 a 15/04/2009	-	-	Construção e Implantação do Projeto da cabine
<b>Pós-Projeto</b>	<b>Análise Pós Implantação</b>	16/07/2009	Visita à área	Visita à área de implantação da cabine e da Poltrona	Ergonomista (Campo)		

Em seguida, são apresentadas as etapas desenvolvidas na intervenção do estudo de caso.

#### 4.1 Antecedentes do estudo de caso

A participação da ergonomia no projeto da cabine de ponte rolante se deve, principalmente, à criação dos programas de gerenciamento de riscos ergonômicos das unidades de refino de petróleo, que faz parte do trabalho voltado à prevenção de riscos ocupacionais integrados à gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS). Nesse sentido, foram estabelecidas diretrizes corporativas que permitiram a gestão dos programas de ergonomia nas diferentes refinarias do país, inclusive na refinaria onde este trabalho foi realizado. Dentre os principais objetivos almejados com o programa estão a promoção de melhorias na relação do homem com seu trabalho, a minimização ou até mesmo a eliminação dos agravos à saúde do trabalhador.

Como forma de atender às exigências definidas pelo corporativo da empresa, as unidades de refino de petróleo iniciaram um processo de estruturação das equipes de ergonomia internas às unidades.

No caso da refinaria, foco deste estudo, estruturou-se um subcomitê de ergonomia representado por trabalhadores de diferentes áreas (manutenção, engenharia, gerência, recurso humanos, entre outros), tendo como responsabilidade identificar situações que pudessem ser classificadas como constrangimentos ergonômicos (demanda<sup>12</sup>). Essa identificação foi possível por meio das gerências setoriais, que juntamente com os operadores fizeram o levantamento das situações consideradas constrangedoras.

Em seguida, os constrangimentos foram cadastrados em um banco de dados corporativo totalizando 226 demandas relacionadas às mais diversas áreas como: administrativa (posto informatizado, bancadas de laboratório); equipamentos (válvulas, painéis de controle, cabine de ponte rolante) e acessibilidade (escadas e plataformas).

Após isto, os integrantes do subcomitê decidiram pela contratação de especialistas externos à unidade de refino, para que os mesmos auxiliassem na realização das intervenções.

A participação dos especialistas teve seu início no mês de Agosto do ano 2006, por meio de um contrato estabelecido entre a refinaria e o grupo de pesquisa em Ergonomia, Ergo&Ação, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), via Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAI). Tal contrato previa a estruturação de uma equipe de ergonomia externa à refinaria, com o intuito de auxiliar o

---

<sup>12</sup> A demanda em ergonomia pode ter origem em questões produtivas, questões de saúde, reivindicações sindicais, entre outras (WISNER, 1987).

subcomitê de ergonomia na realização das intervenções e, assim, cumprir com as diretrizes e padrões estabelecidos pelo corporativo da empresa.

Como plano inicial, a equipe realizou em parceria com membros do subcomitê, a priorização das demandas a serem atendidas e utilizou como critério a matriz Gravidade, Urgência e a Tendência (GUT).

Segundo Meirelles (2001, p. 51), “*GUT é uma ferramenta usada para definir prioridades dadas diversas alternativas de ação*” e tem como objetivo ordenar as ações a serem realizadas. Este processo é feito por meio de três perguntas:

- Qual a Gravidade do desvio?
- Qual a Urgência para se eliminar o problema?
- Qual a Tendência do desvio e seu potencial de crescimento?

Por Gravidade, entende-se a intensidade dos danos que o constrangimento pode causar se não houver atuação sobre ele. Urgência, por outro lado, é o tempo necessário para que os danos ou resultados indesejáveis apareçam caso nada tenha sido feito sobre o constrangimento identificado. Tendência se define pelo desenvolvimento que o constrangimento terá na ausência de ação (MEIRELLES, 2001, p.51). Para cada um dos índices da matriz, existe uma escala do grau gradual de 1 ao a 5 dividida em:

- *Gravidade:* 1) Dano mínimo; 2) Dano leve; 3) Dano regular; 4) Grande dano; 5) Dano gravíssimo;
- *Urgência:* 1) Longuíssimo prazo (dois ou mais meses); 2) Longo prazo (um mês); 3) Prazo médio (uma quinzena); 4) Curto prazo (uma semana); 5) Imediatamente (está ocorrendo);
- *Tendência:* 1) Desaparece; 2) Reduz-se ligeiramente; 3) Permanece; 4) Aumenta; 5) Piora muito.

A partir da priorização das demandas, a equipe de ergonomia iniciou o processo de intervenções, que abrangeu demandas relacionadas à acessibilidade dos operadores das mais variadas áreas, como a de radares no teto dos tanques de estocagem, válvulas de drenagem, bloqueios, entre outros. Destacaram-se neste período, principalmente, questões envolvendo a construção de plataformas, prolongamento e automatização de válvulas, reposicionamento de amostradores nos tanques, acesso a bacias de contenção de águas, entre outros.

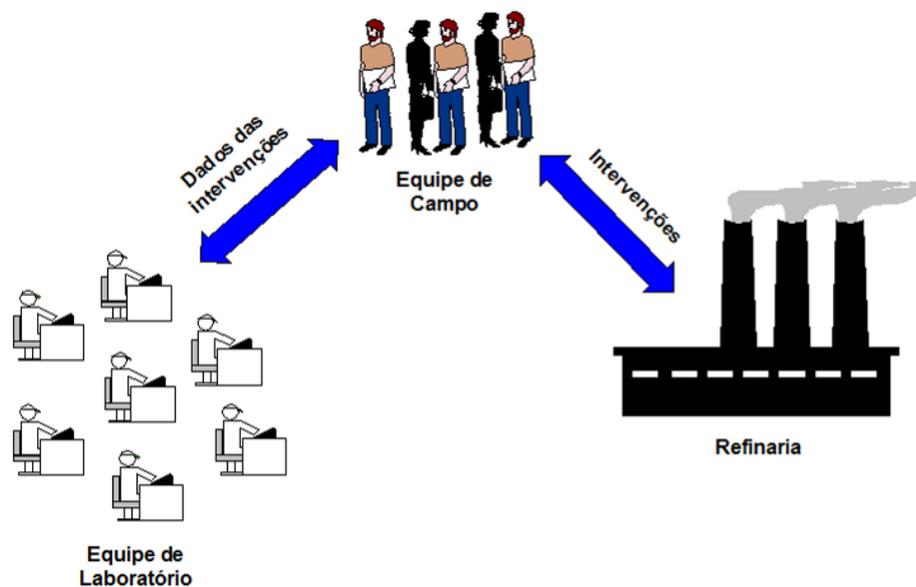
No ano 2008, o contrato evoluiu para um termo de cooperação que previa, além da continuidade das intervenções, a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de

estudos e pesquisas voltados à produção de conhecimento no campo da ergonomia aplicada à indústria de refino de petróleo (Menegon, 2008).

A transferência de tecnologia presume a incorporação de métodos e técnicas de ergonomia compatíveis com a realidade da indústria de refino de petróleo e o treinamento de pessoal técnico/gerencial da empresa. Já o desenvolvimento dos estudos e pesquisas envolve a articulação entre a produção de conhecimento e a intervenção, relacionando-os às ações em *postos de trabalho, sistemas técnicos e organizacionais*.

Como forma de atender às necessidades do convênio firmado, o grupo de pesquisa estruturou uma equipe composta por 12 pessoas, dividida em duas subequipes – uma de campo, composta por 5 pessoas (3 analistas de ergonomia e 2 pesquisadores) e uma de laboratório, composta por 7 estagiários.

Quanto à organização dos trabalhos, a subequipe de campo foi responsável por coletar os dados das intervenções e analisá-los. Já a subequipe de laboratório tinha como função auxiliar os ergonomistas em campo no desenvolvimento de desenhos e simulações. Portanto, os dados coletados pelos ergonomistas em campo, quando necessário, eram encaminhados ao laboratório de pesquisa para que fossem manipulados, no intuito de atender às necessidades dos primeiros.



**Figura 4-1:** Estruturação da equipe de ergonomia no termo de cooperação.

Deste modo foi estruturada a participação da equipe no convênio estabelecido entre o grupo de pesquisa em ergonomia e a indústria de refino de petróleo estudada neste trabalho.

Dentre as demandas registradas pela equipe de ergonomia, destaca-se a necessidade de projeto de uma nova cabine de ponte rolante da Unidade de Coque ocorrida no primeiro semestre de 2008. A demanda escolhida para ser apresentada como o caso desta pesquisa, foi analisada, projetada e teve como característica fundamental o uso de simulações para discussão das propostas desenvolvidas. As primeiras interações relativas a esta demanda estão descritas a seguir.

#### **4.2 O Caso Projeto da Cabine de Ponte Rolante: primeiras interações**

O início da intervenção ergonômica na reforma e modernização da ponte rolante ocorreu no dia 26 de Março de 2008, com o contato telefônico do engenheiro coordenador do projeto da cabine que esboçou a possibilidade de participação da disciplina de ergonomia no projeto. Segundo o engenheiro, a ergonomia teria como responsabilidade definir critérios ergonômicos a serem incorporados na concepção.

Como forma de auxiliá-lo, a equipe de ergonomia colocou-se à disposição para participar do projeto, porém apresentou a necessidade de realizar uma reunião para esclarecimentos da demanda e avaliação dos objetivos almejados com essa participação.

Com a finalidade de atender ao pedido realizado pela equipe, foi agendada uma reunião no início do mês seguinte, na qual participaram membros da equipe de ergonomia (Projetista e Analista), o engenheiro coordenador e um técnico de manutenção responsável pela manutenção da ponte rolante e da cabine.

Antes do acontecimento da reunião, a subequipe de campo realizou discussões para destacar as questões que deveriam ser abordadas. Desse modo, os ergonomistas chegaram ao consenso de que era necessário compreender com exatidão o modo como surgiu a demanda da cabine e a maneira como a ergonomia participaria do projeto.

Sendo assim, um dos primeiros questionamentos realizado pela subequipe de campo ao coordenador foi “*Como surgiu a demanda da cabine?*”. Segundo o mesmo, a demanda originou-se do levantamento realizado na refinaria, conforme item 4.1.

O coordenador ainda explicou que a demanda tinha como base atender dois critérios: o atendimento de diretrizes corporativas definidas para o ano 2008 - que estabeleciam a ergonomia de concepção<sup>13</sup> como parte dos programas de ergonomia das refinarias - e a liberação de verbas para a reforma da cabine.

---

<sup>13</sup> Segundo padrão PG-1AT-00023-B (GESTÃO DE ERGONOMIA) da empresa, *Ergonomia de Concepção* são “ações ergonômicas aplicada durante o projeto do produto, de máquinas, do ambiente ou do sistema a serem

Assim surge a intervenção da cabine da ponte rolante identificada como: *“Cabines de comando de pontes rolantes inadequadas (equipamentos antigos). Realizar estudo de viabilidade”*.

Outro aspecto questionado pelos ergonomistas referiu-se ao modo como a ergonomia participaria do processo de projeto. Na visão do engenheiro, a ergonomia seria a responsável em elencar ao projeto as questões relacionadas às atividades desenvolvidas pelo operador da ponte. Para isso, a disciplina deveria realizar o levantamento dos requisitos que dificultavam as atividades do operador e considerar tais constrangimentos no projeto.

Ao final da reunião, os ergonomistas discutiram com o coordenador sobre a necessidade em se realizar a estruturação da intervenção, que envolvia a participação da ergonomia.

#### **4.2.1 Estruturação da intervenção**

A estruturação da intervenção envolveu basicamente a definição dos atores que participariam do processo de projeto da cabine. A decisão em realizar a estruturação deve-se ao fato do projeto envolver a participação da ergonomia na concepção de uma nova instalação, o que não restringe o papel da disciplina apenas à elaboração da AET, mas a todo o processo de projeto (Análise e Projeto).

Para isso, era importante uma estruturação do modo pelo qual a intervenção ocorreria e quem a integraria, como apresenta Daniellou (2000, p.11): *“O ergonomista que está envolvido no processo de concepção terá que analisar a estrutura da equipe de projeto para construir o seu próprio posicionamento”*.

Deste modo, os ergonomistas decidiram que a participação dos diferentes atores deveria acontecer em todo o processo de projeto (elaboração dos conceitos, detalhamento, implantação), e não apenas em etapas específicas, como ocorre nos projetos tradicionalmente desenvolvidos.

A partir dessa decisão, foi iniciada a estruturação e a negociação entre os ergonomistas e o coordenador do projeto, uma vez que aquela saía dos padrões das abordagens tradicionalmente utilizadas pela indústria de refino de petróleo brasileira<sup>14</sup>.

---

*construídos, visando melhores condições de trabalho, assim como os resultados de produção para a organização e para os trabalhadores envolvidos”*.

<sup>14</sup> Por meio do padrão PG-3AT-00049-A (SISTEMÁTICA DE GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS DO REFINO – SGER) é possível observar os diferentes “papeis e responsabilidades” em cada uma das fases do projeto (Planejamento do Negócio, Identificação do Escopo, Detalhamento do Escopo, Execução e Encerramento).

Uma proposta estabelecida pelos ergonomistas de campo contemplava a participação dos seguintes membros: operador da cabine, técnicos de manutenção, engenheiro da refinaria, ergonomistas e engenheiro da empresa contratada responsável em construir a nova cabine.

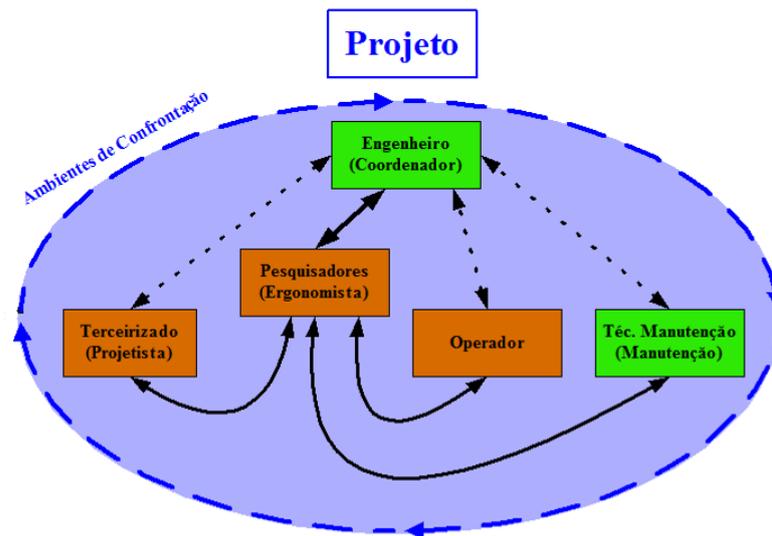
A cada um destes atores seriam atribuídas responsabilidades relacionadas diretamente com sua função no projeto, assim sendo:

- *Engenheiro da refinaria* - responsável pela coordenação do projeto;
- *Equipe de ergonomia* - responsáveis pelas análises da situação de trabalho, levantamentos dos critérios de projeto a partir da atividade dos trabalhadores e auxílio na elaboração dos conceitos;
- *Operadores da cabine da ponte rolante* – contribuição com o conhecimento técnico e organizacional das atividades realizadas em campo e na elaboração dos conceitos;
- *Engenheiro da empresa contratada* - responsável pela elaboração, detalhamento, construção e implantação do projeto, além de contribuir na elaboração dos conceitos do projeto;
- *Técnicos de manutenção* – responsáveis por apontar os constrangimentos envolvidos na manutenção da cabine, além de auxiliar na elaboração dos conceitos do projeto.

O objetivo com a estruturação foi incorporar ao processo de projeto os diferentes mundos-objetos dos participantes, não apenas em momentos específicos, mas por todo o processo. Sendo assim, pensou-se o projeto como um processo dinâmico, no qual os participantes poderiam relacionar-se por meio de ambientes de confrontação, possibilitando a realização das validações e das tomadas de decisões quanto ao direcionamento do projeto.

Com esta perspectiva, os ergonomistas elaboraram uma proposta de estrutura na qual sua atuação seria diretamente ligada ao coordenador (**Figura 4-2**). Para que isso ocorresse, todas as decisões relacionadas à concepção da cabine teriam a participação da equipe de ergonomia, uma vez que o foco principal do projeto eram as questões relacionadas à atividade de trabalho dos operadores.

Em situações específicas, como sanar dúvidas de contrato, administrativas, entre outras, os participantes poderiam consultar o coordenador do projeto. Porém, este procedimento não deveria ser confundido com consultas relacionadas ao projeto, uma vez que decisões relativas ao mesmo não deveriam ocorrer sem a participação da ergonomia, pois entende-se que o projeto está ligado diretamente às questões ergonômicas.



**Figura 4-2:** Organização informal das relações dos atores do processo de projeto da cabine da ponte rolante.

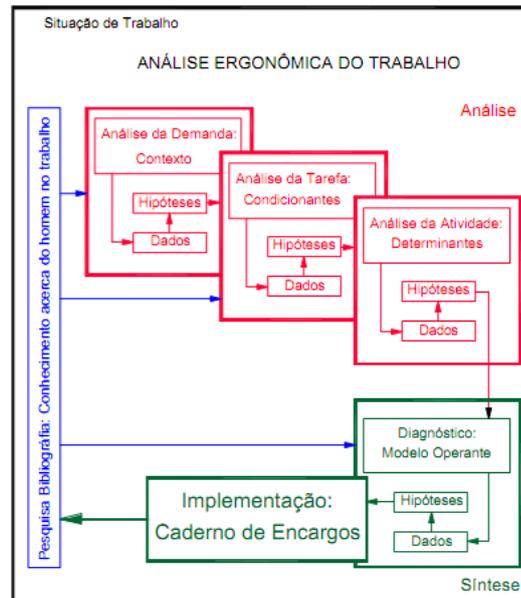
Apesar dos ergonomistas entenderem a formação proposta como sendo a ideal e a que melhor atenderia ao processo de projeto envolvendo a ergonomia, o mesmo não ocorreu com o coordenador, que concordou com a estrutura, mas apresentou restrições. Segundo ele, a cabine seria desenvolvida por uma empresa contratada e fora da refinaria, o que poderia dificultar o acompanhamento dos ergonomistas.

Independentemente da restrição colocada pelo coordenador, esta foi a estrutura adotada no processo de projeto da cabine, uma vez que se apresentou como forma mais viável para este contexto.

A primeira ação realizada pela equipe de ergonomia no projeto foi a definição da situação de referência a ser utilizada para a concepção da nova cabine, a qual foi decidida como sendo a situação existente.

A abordagem utilizada para o entendimento da situação de referência teve como base a AET, segundo a adaptação do grupo de pesquisa Ergo&Ação (2003), que divide sua aplicação em dois grandes blocos caracterizados como Análise e Síntese (**Figura 4-3**).

O primeiro bloco é subdividido em três etapas: i) Análise da demanda; ii) Análise da tarefa e iii) Análise da atividade. Já o segundo, é composto por: i) Diagnóstico; ii) Implementação.



**Figura 4-3** - Método da Análise Ergonômica do trabalho. Fonte: ERGO&AÇÃO (2003) adaptado de Guérin (2001).

Vale ressaltar que as etapas são marcadas pela singularidade e sequência, bem como pela coleta de dados da situação sob investigação, e posteriormente, confrontadas com os conhecimentos acerca do homem no trabalho (ERGO&AÇÃO, 2003).

### 4.3 Análise do Trabalho

#### 4.3.1 Reconhecimento e reconstrução da demanda

O reconhecimento da demanda foi o ponto de partida da intervenção e destacou como objetivo evidenciar o problema a ser tratado e assim reconstruir a demanda.

Apesar dos ergonômistas terem realizado a primeira reunião com o coordenador do projeto, o que permitiu um entendimento inicial sobre a demanda, os mesmos consideraram que as informações coletadas eram generalistas e necessitavam de maior detalhamento a partir do ponto de vista dos gerentes, supervisores e operadores da cabine.

Como forma de atender tais necessidades, os ergonômistas, juntamente com o coordenador, agendaram uma visita à ponte rolante na unidade de coque da refinaria.

A visita ocorreu no dia 9 de abril de 2008, e teve como objetivo entrevistar o gerente e o coordenador do setor, além de realizar observações gerais sobre a tarefa desenvolvida pelo operador da ponte rolante. Desse modo, o entendimento da origem da

demanda não ficou atrelado apenas à visão do coordenador, mas também à percepção dos supervisores e operadores.

Por meio da visita também foi identificado que “*a melhoria da cabine da ponte rolante era uma necessidade antiga dos operadores*” já que a mesma encontrava-se em estado “*deteriorado*”, conforme colocado pelos operadores.

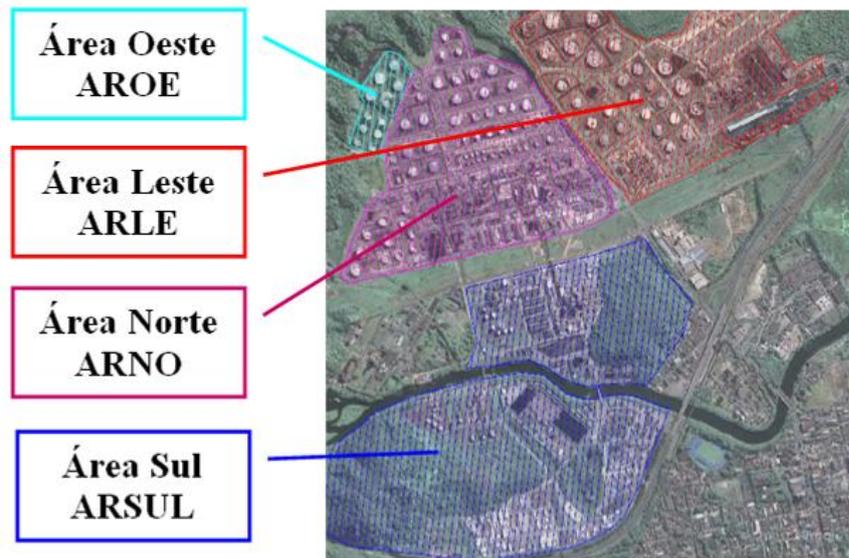
Deste modo, foram identificadas duas questões que se mostraram desafiadoras à intervenção:

- O operador da ponte rolante era um empregado terceirizado, o que poderia dificultar sua participação no processo de projeto;
- O projeto da cabine da ponte rolante fazia parte de um projeto maior, que era a reforma da ponte rolante como um todo. Logo, a empresa contratada não teria como função apenas projetar a nova cabine, mas realizar a reforma de toda a ponte.

A visita ainda permitiu o reconhecimento da unidade de Coque, que se encontrava na área leste da refinaria (ARLE), conforme classificação dos operadores (**Figura 4-4**). Esta é uma área constituída pelos tanques de armazenamento do petróleo bruto da refinaria, pelas Unidades de Gás Natural (UGN) e pela Unidade de Coque de Petróleo (UCP).

Na área leste existe uma Casa de Controle Local (CCL), que é composta por uma sala de escritório, com duas mesas dispostas paralelamente onde os operadores utilizam computadores para rotinas administrativas e para o monitoramento dos processos.

A Unidade é operada por quinze técnicos de operação divididos em cinco grupos, cada um com três operadores. Em cada grupo, dois operadores trabalham nas áreas da UGN e UCP, e um operador trabalha na Casa de Controle Integrado (CCI). Este operador é o responsável por controlar os processos automatizados da unidade de coque, feito por meio das informações que chegam por sensores instalados nas unidades. Também é função dele informar aos operadores de área sobre possíveis anormalidades que necessitem intervenção.



**Figura 4-4:** Divisão da Refinaria segundo a visão dos operadores.

Aos operadores da área cabe a responsabilidade de manter a unidade em operação e executar os procedimentos e manobras solicitadas pela CCI, bem como realizar rotinas de vistoria objetivando identificar anormalidades.

A divisão do trabalho dos operadores de área leste é feita geograficamente, sendo um operador responsável pelo pátio de bombas, torres e UGN e o outro pelos fornos, águas, torre de resfriamento, reatores e sistema de piscinas.

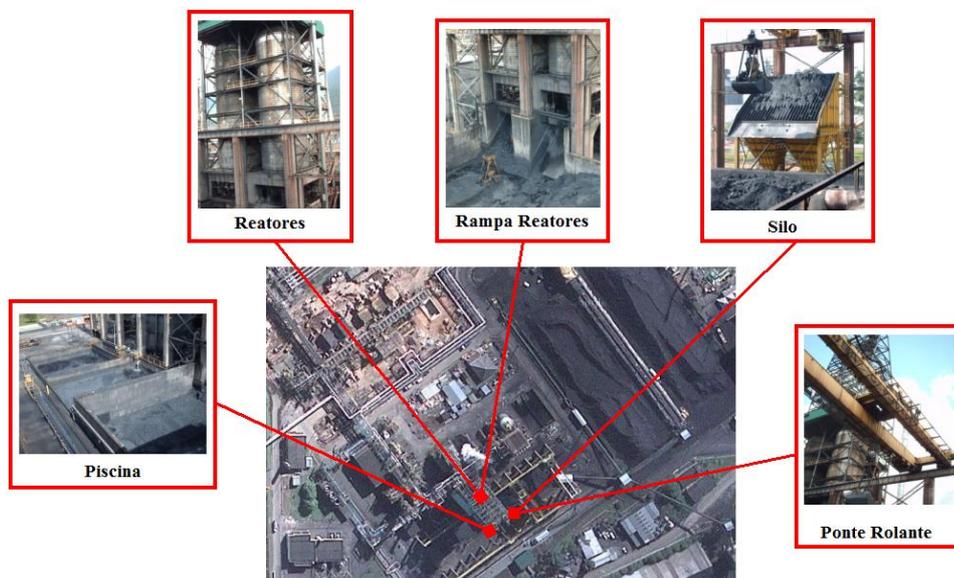
A unidade de coque da refinaria em estudo é composta por diferentes equipamentos e estruturas (**Figura 4-5**) e tem como função processar o material pesado restante no fundo da coluna de destilação.

Este material é encaminhado aos reatores<sup>15</sup> que filtram os produtos, separando-os em produto pesado e produto leve (vapores). Os vapores gerados no reator, então, são encaminhados novamente para a torre de fracionamento de onde se extrai a gasolina (nafta), o gásóleo leve e o gás liquefeito de petróleo (GLP). O produto restante no reator recebe o nome de coque e é removido por meio do descoqueamento, processo pelo qual o material é dividido em pequenas pedras que, posteriormente, são depositadas ao fundo dos reatores e removidas pelo operador da ponte.

Os equipamentos que compõem a unidade de coque são:

<sup>15</sup> A UCP em estudo trabalha com dois reatores devido à necessidade de existir processos alternados, ou seja, enquanto no reator A ocorre o processo de descoqueamento, no reator B ocorre o processo de carga (abastecimento).

- Piscinas - responsáveis em separar a água inserida no processo de descoqueamento. Por meio da decantação, separa-se a parte sólida (coque fino);
- Reatores - responsáveis pelo processo de coqueamento do material pesado;
- Silos - equipamentos destinados a transferência do coque do estoque intermediário para o estoque final, por meio de esteiras localizadas na saída dos silos;
- Pontes rolantes - responsáveis pela movimentação do material presente na rampa dos reatores para o estoque intermediário e para os silos.



**Figura 4-5:** Unidade de Coque.

Dentre os equipamentos que compõem a unidade de coque, a ponte rolante é o principal alvo deste trabalho, uma vez que sua cabine é o objeto da intervenção. Sendo assim, faz-se necessária uma breve exposição do equipamento em questão, bem como de seus componentes.

As pontes rolantes são equipamentos aéreos apoiados em trilhos paralelos instalados sobre colunas, treliças ou estruturas. Sua composição é variada, porém, na maioria das vezes, são compostas por: i) *troller* (carro); ii) sistema de translação do carro e da ponte; iii) ponte; v) sistema de levantamento; vi) bloco de gancho (conforme ilustrado na figura abaixo).

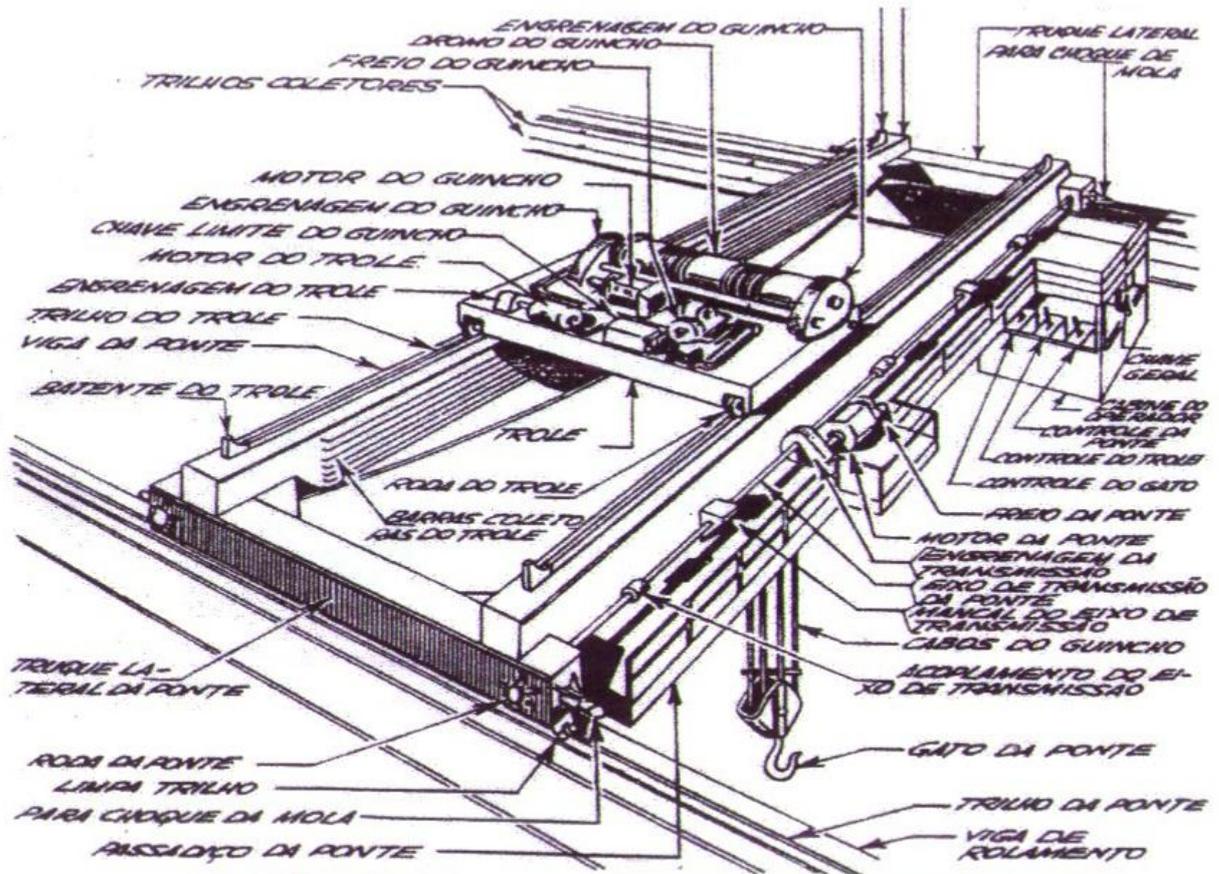


Figura 4-6: Ponte Rolante.

Segundo Moura (2000), as vantagens deste equipamento estão na sua durabilidade, precisão, robustez, movimentação tridimensional com carga e descarga, baixo custo operacional, transporte em alta temperatura e grande capacidade de carga. No entanto, possui limitações quanto ao alto custo de implantação, pois exige estruturas reforçadas para suportar os trilhos, além de ter movimentação relativamente lenta e requerer operadores especializados para sua operação.

Quanto ao manuseio destes equipamentos, pode ocorrer por meio de:

- *Posto de comando* – normalmente fixado na estrutura do edifício; sua limitação é o curso longitudinal do equipamento;
- *Botoeira* – utilizada em equipamentos com velocidades de translação do carro e da ponte não superiores a 40 m/min., podendo ser acionada do piso de operação;
- *Cabine* – pode ser fixada no equipamento (sob o passadiço), no carro ou ter movimento independente de translação;
- *Rádiocontrole* – portado pelo trabalhador responsável em operar o equipamento.

O tipo e a localização do sistema de comando dependem de um estudo do manuseio da carga, custos envolvidos, volume de produção, periculosidade da área e, principalmente, análise de ergonomia.

Em especial, a ponte rolante estudada é constituída basicamente por uma cabine, uma caçamba (*Clam Shell*) e um carro *troller*. Sua capacidade é de 20 toneladas (carga + caçamba) e possui um vão entre vigas de 33 metros e uma altura de elevação de 32 metros (**Figura 4-7**).



**Figura 4-7:** Ponte rolante da unidade de coque.

Dentre as possibilidades de movimentação da ponte, as consideradas mais importantes são: a subida, a descida e as movimentações horizontais e perpendiculares às vigas. Estas movimentações são realizadas por meio de manetes localizados em um gabinete de comando no interior da cabine.

A cabine é formada basicamente por uma poltrona, gabinetes de comando, manetes e comandos elétricos (iluminação, ventilação), que serão explicitados nos próximos capítulos.

#### 4.3.2 Trabalho prescrito x Trabalho real

O objetivo de realizar a confrontação entre o trabalho prescrito e o trabalho real é averiguar o modo como o trabalho do operador da cabine ocorre no dia a dia e como é

considerado pela organização. Para isto, fez-se uma avaliação dos padrões existentes relacionados à cabine, a partir da visão das áreas de manutenção e operação.

#### 4.3.2.1 A visão da manutenção

Com o término da caracterização da demanda, iniciou-se o estudo da tarefa do operador da cabine para que fossem compreendidas as condições de trabalho determinadas pela organização e os resultados almejados por ela. O objetivo do estudo foi entender as condicionantes e determinantes que causam impacto no trabalho dos operadores (MENEGON, 2003; SECCHIN, 2007), assim como o contexto em que se inseria a situação analisada.

Sendo assim, pesquisas foram realizadas em padrões e normas da refinaria, no intuito de encontrar documentos que formalizassem a rotina dos trabalhadores que atuavam na ponte rolante e/ou na cabine. Como colocado por DANIELLOU e BÉGUIN (2007), para toda situação de trabalho existem inúmeras fontes de prescrição que podem estar atreladas a documentos formais (Normas e Padrões).

Como resultado, padrões foram encontrados ao estabelecerem regras para a *Movimentação de carga na refinaria*, além de abrangerem os mais diversificados equipamentos como guindastes, empilhadeiras, ponte rolante, guas carro pórtico, entre outros.

No que se refere à ponte rolante, o padrão diz que:

Somente poderão operar pontes rolantes COM cabine de operação, pessoas treinadas por entidades reconhecidas, em curso específico para essa habilidade, incluindo instruções sobre a NR-11<sup>16</sup>, com carga horária mínima de 40 (quarenta) horas de curso.

Somente poderão operar pontes rolantes SEM cabine de operação, pessoas treinadas por entidades reconhecida, em curso específico de instruções teóricas e práticas, incluindo instruções teóricas e práticas, incluindo instruções sobre a NR-11, com carga horária mínima de 8 (oito) horas de curso.

---

<sup>16</sup> A NR-11 é a norma regulamentadora que trata da segurança para operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais, máquinas transportadoras, trabalho em atividades de transporte de sacas, armazenamento de materiais, movimentação, armazenagem e manuseio de chapas de Mármore, Granito e outras rochas.

O padrão que discorre sobre o *Plano de manutenção de pontes rolantes, monovias e guinchos de descoqueamento* também foi encontrado, tendo este como objetivo o estabelecimento do plano de manutenção preventiva para as máquinas de elevação de carga como pontes rolantes, guinchos de descoqueamento e monovias.

Quanto às questões impostas pelo referido padrão que, por sua vez, podem impactar na atividade do operador da cabine, duas delas foram observadas:

- i. A inspeção e limpeza interna e externa (com ar comprimido) dos painéis elétricos e chaves combinadoras (manetes);
- ii. Reaperto das conexões, substituição de contatos elétricos e lâmpadas de sinalização quando necessária.

As mesmas questões de manutenção aparecem no padrão *Pontes rolantes – manutenção preventiva* apresentando o modo como as atividades devem ser realizadas, além de aspectos e impactos de SMS em que cada uma delas pode acarretar aos trabalhadores. Os principais aspectos e impactos estão apresentados no **quadro 4-1**.

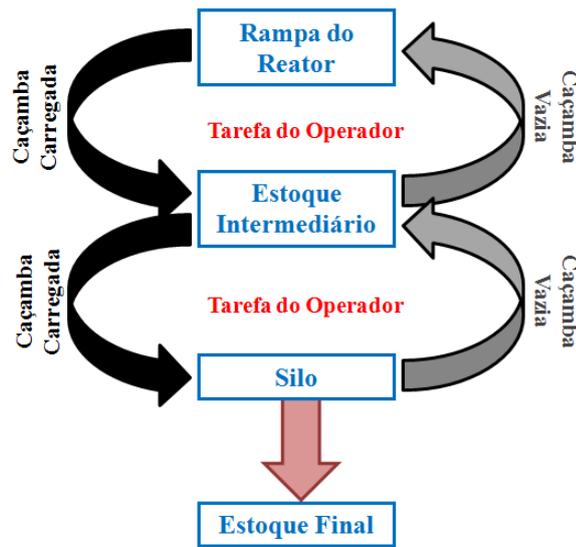
**Quadro 4-1:** Aspecto de impacto de SMS das operações limpeza de painéis elétricos e substituição de contatos elétricos e lâmpadas de sinalização.

Aspecto	Impacto
Ruído	Perda ou diminuição dos sentidos
Exigência de postura inadequada	Distensão, torção
Trabalho em altura	Corte, laceração, luxação, ferida contusa, fratura, lesão imediata
Calor	Internação, insolação, câimbra, exaustão e outros efeitos de temperatura ambiente elevada
Eletricidade	Choque ou queimadura

Em síntese, não foram encontrados documentos que referenciassem a tarefa do operador, a qual foi entendida a partir de entrevistas com os gestores e supervisores.

#### 4.3.2.2 Tarefa e organização do trabalho do operador da ponte rolante

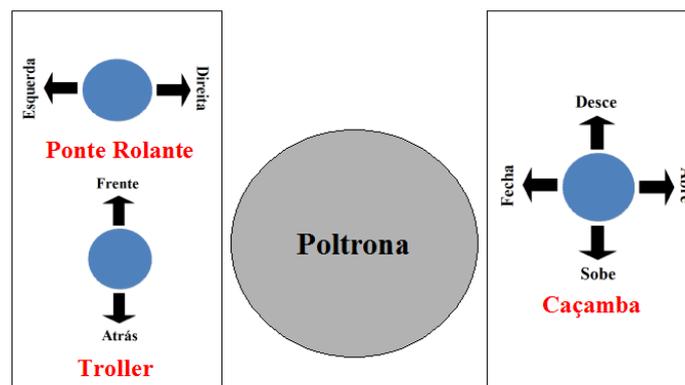
Em um primeiro momento, as observações foram realizadas de modo global, sem contato com o operador, sendo assim constatado que o trabalho desenvolvido pelo mesmo reúne atividades como a remoção e a transferência do material descoqueado. O coque presente na rampa do reator é removido e empilhado em um pátio de estocagem intermediário, para ser posteriormente transferido ao silo móvel (**Figura 4-8**).



**Figura 4-8:** Tarefa do operador da ponte rolante.

Para realizar suas atividades, o operador permanece sentado em uma poltrona localizada entre os gabinetes de comando (manetes) da ponte rolante. O comando localizado no painel à direita da poltrona possui quatro funções relacionadas aos movimentos da caçamba (**Figura 4-9**):

- Acionamento à direita – abre a caçamba;
- Acionamento à esquerda – fecha a caçamba;
- Acionamento para frente – desce a caçamba;
- Acionamento para trás – sobe a caçamba.



**Figura 4-9:** Esquema dos comandos utilizados pelo operador da ponte rolante.

No painel localizado a esquerda, existem outros dois manetes que têm como função movimentar o carro *troller* (Acionamento para frente - ir para frente; Acionamento

para trás - ir para trás) e a ponte rolante (Acionamento para esquerda - ir para esquerda; Acionamento para direita - ir para direita).

Em um segundo momento, o ergonomista inicia um processo de interação com o operador, questionando-o quanto às ações realizadas por ele.

**Ergonomista:** *“Por que você precisa remover o coque da saída do reator?”*

**Operador:** *“Para desobstruir a saída do coque. Se eu não remover o coque, o reator vai entupir, porque ele vai acumular na saída.”*

**Ergonomista:** *“Você não pode jogar o coque direto no silo ao invés de colocá-lo no estoque [intermediário]?”*

**Operador:** *“Não, porque o coque precisa esfriar e secar antes de ser colocado no silo. Se eu colocar o coque direto no silo, a esteira não vai conseguir enviar para o estoque [final], porque ele está úmido... também pode estragar a esteira porque está quente.”*

Por fim, o ergonomista buscou entender a organização do trabalho deste operador.

A equipe de operação da ponte rolante é formada por três operadores, que estão divididos em três turnos de oito horas, que são os seguintes: das 7h às 15 h; 15h às 23 h; 23h às 7 h, sendo as pausas, durante o turno de trabalho, apenas para alimentação e necessidades fisiológicas.

O trabalho dos operadores é isolado e a comunicação com outros da unidade é realizada durante as trocas de turno, quando são transmitidas as informações sobre os acontecimentos do turno anterior. A comunicação ocorre com a Casa de Controle Local (CCL) da unidade por meio de rádio frequência.

### 4.3.3 Descrição da atividade do operador da ponte rolante

Para que a análise pudesse ser realizada, foram utilizados caderno de campo, filmadora e câmera fotográfica. Estes equipamentos tiveram seu uso previamente autorizado pela coordenação da empresa e pelos participantes da análise, entre eles, o operador da cabine.

Os dados obtidos foram descritos em uma Ficha de Caracterização<sup>17</sup> e no *Ergonomic Workplace Analysis*<sup>18</sup> (EWA), sendo o último um protocolo desenvolvido pelo

<sup>17</sup> Instrumento desenvolvido pelo grupo de pesquisa Ergo&Ação da Universidade Federal de São Carlos (ERGO&AÇÃO, 2003, p. 26).

<sup>18</sup> O objetivo com o uso do EWA foi descrever as observações realizadas pelos ergonomistas para as variáveis: espaço de trabalho, atividade física geral, levantamento, carregamento, aplicação de força, posturas de trabalho e

Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional, utilizado na qualificação e quantificação dos fatores de risco<sup>19</sup> de situação de trabalho (ERGO&AÇÃO, 2003, p.25).

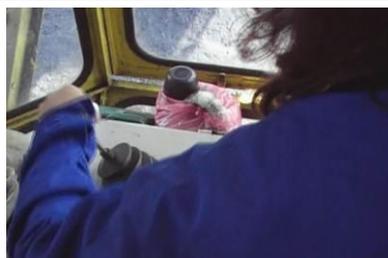
A descrição da atividade do operador foi dividida em duas fases: a transferência do coque da rampa dos reatores para o estoque intermediário; a transferência do coque do estoque intermediário para os silos de alimentação das esteiras.

### **FASE 1: Movimentação do Coque da rampa do reator para o estoque intermediário**

O operador senta na poltrona localizada entre os gabinetes e inicia a atividade de movimentação da ponte, usando o manete (movimentação da ponte rolante) com a mão esquerda e flexionando-o para o mesmo lado. A ponte é movimentada até que a caçamba fique na mesma direção da rampa dos reatores. Então, o operador solta o manete da ponte rolante e segura o manete do carro *troller* e o flexiona para frente para que a caçamba chegue próxima a rampa dos reatores. Ao mesmo tempo, com a mão direita, o operador flexiona os manetes da direita para frente descendo a caçamba até a rampa do reator.

**Observação:** Durante toda a operação de aproximação da caçamba, o operador avalia a distância da caçamba até a saída da rampa, no intuito de decidir sobre os comandos que deve efetuar.

Ao chegar com a caçamba na posição que entender ser a ideal para realizar a coleta do coque, o operador finaliza a descida da caçamba até que a mesma entre em contato com o coque.



**Movimentação da Ponte Rolante para esquerda**



**Movimentação troller para frente**



**Caçamba em contato com o coque**

Após o contato, o operador inicia o processo de fechamento da caçamba com o uso do manete direito, movimentado à esquerda. Com a caçamba cheia de coque, o operador inverte o movimento do manete para trás para que a caçamba suba.

movimentos, ferramentas manuais, cargas cognitivas, carga organizacionais, repetitividade e risco de acidente, as quais foram pontuados com base em uma escala de fator de risco de 1 a 5 (1- Trivial; 2- Tolerável; 3- Moderado; 4- Substancial; 5- Intolerável).

<sup>19</sup> Segundo consta na norma técnica 606/98 do INSS citado por Hagberg (1995), fator de risco é “*um aspecto de comportamento pessoal ou estilo de vida, uma exposição ambiental (inclusive no trabalho); ou uma característica inata ou herdada que, tendo por base evidências epidemiológicas, é conhecida por ser associada com problemas de saúde*”.

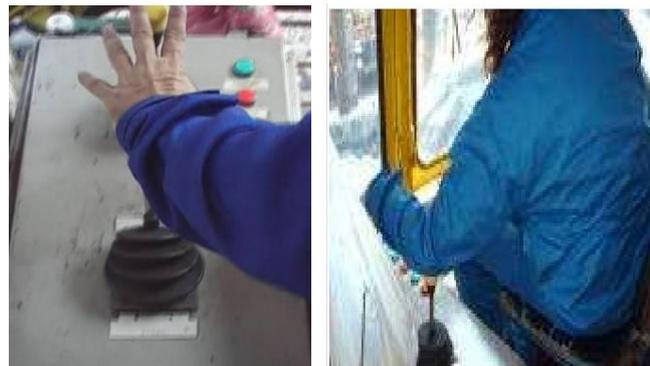
A seguir, o operador movimenta o manete da ponte rolante para a direita, levando-a até ao estoque intermediário.

**Observação:** Como forma de tornar a operação mais rápida, o operador movimenta o manete da ponte rolante e do *troller* ao mesmo tempo. Para isto, ele segura os dois manetes com a mesma mão ou utiliza-se do cotovelo.

Quando a caçamba está posicionada no lugar desejado pelo operador, ele despeja o coque no estoque intermediário, movimentando o manete da caçamba para a direita.



Caçamba cheia sendo movimentada para o estoque intermediário



Movimentando dois comandos com as duas mãos e o cotovelo

A seguir, o operador repete a operação acima até o momento em que entende ser o ideal para realizar a chamada fase 2.

### **FASE 2: Movimentação do Coque do estoque intermediário para o silo**

Com a caçamba próxima ao estoque intermediário, o operador inicia o processo de descida da caçamba movimentando o manete direito para frente, ao mesmo tempo em que movimenta o manete do *troller* também para frente, até que a caçamba toque o coque do estoque. A seguir, o operador movimenta o manete da caçamba para a esquerda para que ela se feche. Ao final do fechamento e com a mesma cheia, o operador movimenta o manete do *troller* e da caçamba para trás, para movimentá-la para cima e para trás, abastecendo o silo.

Com a caçamba próxima ao silo, o operador solta do manete direito para abrir a janela localizada na parte frontal da cabine, de modo a observar melhor a abertura da caçamba sobre o silo.



Após despejar o coque no silo, o operador fecha a janela com o pé e movimenta os manetes da caçamba, retornando-a para o estoque intermediário.

Foi então questionado ao operador quanto à operação de fechamento da janela com o pé:

**Ergonomista:** *“Por que você colocou o pé ali?”*

**Operador:** *“Aqui, é por causa do reflexo. Como eu estou com a mão ocupada eu faço isso [operador mostra o fechamento da janela com o pé].”*



Assim como no início da Fase 2, o operador continua a repetir o abastecimento do silo até entender qual o momento ideal para retornar à Fase 1.

**Observação:** As operações são intercaladas entre a movimentação do coque da rampa para o estoque intermediário e a movimentação deste para o silo.

Como forma de complementar a análise, o ergonomista elaborou o EWA (ANEXO A), cujo objetivo é auxiliar na identificação e qualificação dos fatores de risco da atividade desenvolvida pelo operador da cabine.

Ao finalizar a elaboração da ficha de descrição da atividade do operador e do EWA, o ergonomista agendou uma reunião com o operador da cabine, no intuito de

confrontar o que ele descreveu com a representação do operador quanto à atividade desenvolvida.

Em seguida, foram impressas as fichas de descrição e o EWA, que serviram como base para a realização da confrontação. Neste momento, o ergonômista explicitou o texto descrito ao operador, questionando-o a todo momento sobre a veracidade da informação apresentada.

Por meio da reunião, foi possível observar que a descrição realmente representava a atividade do operador, porém se fez necessário um maior detalhamento quanto a algumas atividades desenvolvidas pelo mesmo, principalmente no que tange às informações referentes à organização do trabalho e ao processo de abastecimento dos silos.

Segundo o operador:

a capacidade de transferência do silo para o estoque final é maior do que a capacidade da caçamba, ele (silo) transfere toda a carga do reator em 1 hora. Por isso, nós transferimos primeiro a carga da rampa para o centro (estoque intermediário) e depois que terminamos esse processo, nós iniciamos a transferência pro silo.

Finalizada a restituição e complementação da análise, o ergonômista inicia a elaboração do diagnóstico final e das recomendações.

#### 4.3.4 Diagnóstico e Recomendações

O diagnóstico é a síntese dos resultados alcançados durante a análise, propondo-se a apresentar os constrangimentos identificados e os fatores a serem abordados no projeto. Como forma de expor os constrangimentos, foi elaborada uma tabela (**Tabela 4-2**) com as questões relevantes ao projeto.

**Tabela 4-2:** Relação das determinantes da atividade do operador da ponte rolante.

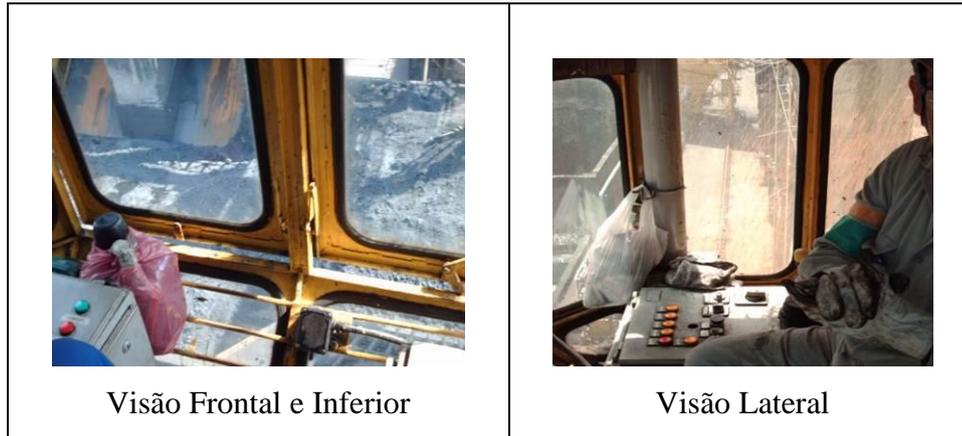
VARIÁVEL	CONSTRANGIMENTOS IDENTIFICADOS
Espaço de trabalho	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O espaço de trabalho no interior da cabine é reduzido;</li> <li>2. Limitação dos movimentos dos membros inferiores;</li> <li>3. A poltrona da cabine é inadequada, uma vez que não possui regulagens da altura do assento, apoio dos braços e apoio das costas.</li> </ol>
Posturas e Movimentos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manutenção de postura estática (pescoço, costas) para visualização do coque;</li> <li>2. Movimentos repetitivos para manuseio dos manetes (punho e mão);</li> <li>3. O operador mantém os membros superiores em postura estática devido à</li> </ol>

	ausência de apoio para os braços;  4. O operador permanece na postura sentada durante toda a jornada de trabalho. Isso leva à necessidade de mudança de posição, que é dificultada pela falta de espaço no interior da cabine.
Cargas Cognitivas	1. A atenção durante o processo é constante, principalmente no manuseio da caçamba e na transferência do coque para o silo.
Cargas Organizacionais	1. O ritmo de trabalho é intenso. São seis horas contínuas para a realização das tarefas; 2. Alta carga física e mental e pouco tempo para pausas; 3. Baixa comunicação com outros colegas de trabalho, fazendo com que o operador da cabine sinta-se isolado das relações interpessoais.
Visibilidade	1. Campo de visão do operador comprometido pela presença de algumas barras (estrutura da cabine) na parte frontal da cabine; 2. Visão prejudicada pelo reflexo nos vidros; 3. O operador tem dificuldade de visualizar a caçamba no carregamento do coque, devido à estrutura da parte inferior da cabine, fazendo com que ele se incline para visualizar o equipamento.
Ambiente	1. A cabine apresenta vidros deteriorados, deixando o operador exposto a agentes agressivos, tais como vapores e resíduo de coque; 2. A cabine não apresenta ajuste térmico, apenas existe no local um ventilador adaptado; 3. Dificuldade de comunicação verbal entre os operadores e o pessoal da segurança do trabalho.

Os constrangimentos levantados foram caracterizados, de modo mais abrangente, como sendo os que dizem respeito à visibilidade, acessibilidade e usabilidade de equipamento (poltrona e manetes).

Por fim, elaboraram-se recomendações por meio de um relatório para auxiliar o coordenador do projeto na definição das questões a serem incorporadas, de modo a serem relacionadas à ergonomia. As recomendações também foram úteis para o contrato estabelecido entre a refinaria e a empresa fabricante da cabine, pois a experiência vivenciada pelos ergonomistas demonstrava que as considerações levantadas, na maioria das vezes, não eram atendidas pelos projetistas, por não serem previstas em contratos.

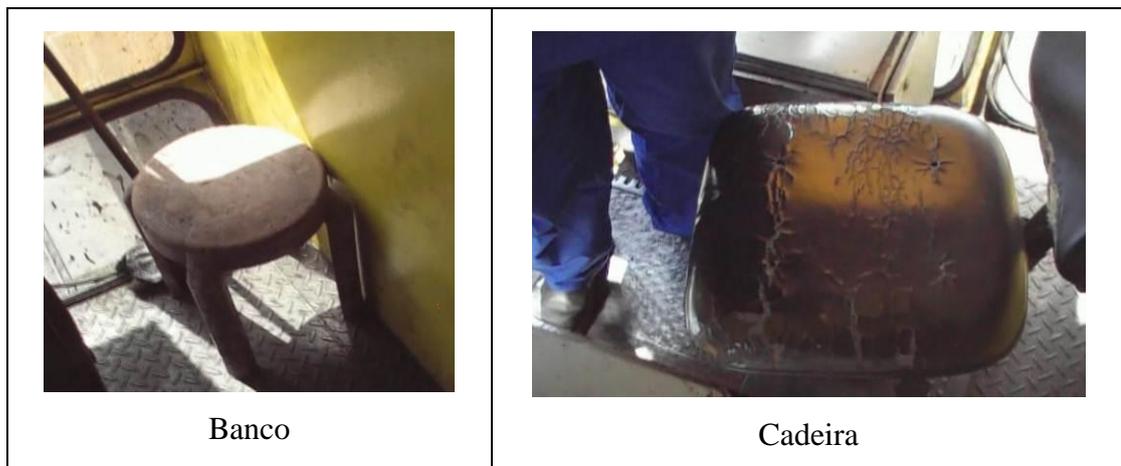
A primeira recomendação a ser incorporada no projeto da nova cabine relacionava-se à visibilidade do operador (visibilidade frontal, inferior e lateral) (**Figura 4-10**), prevendo assim um campo de visão maior para o mesmo. Por essa razão, a cabine deveria ser concebida de modo a não mais permitir obstáculos que impeçam a visão, mas caso esses existam, o impacto sobre a atividade do operador deve ser o menor possível.



**Figura 4-10:** Campo de visão do operador da ponte rolante.

As recomendações também se estenderam à poltrona utilizada pelo operador que, conforme pode ser observado na **Figura 4-11**, estava em estado precário, além de não possuir apoio para os braços e regulagens para o encosto e altura do assento.

Segundo o operador, a poltrona já havia sido modificada, pois *“antes era um banco de plástico, hoje é uma cadeira de escritório”*.



**Figura 4-11:** Banco e cadeira utilizados pelo operador.

Outra questão tratada pelas recomendações foi sobre os comandos da cabine (manetes), que não atendiam às necessidades do operador, o qual realizava posturas extremas para executar algumas manobras. Como exemplo disso, em uma das operações, o operador utilizava as mãos e o cotovelo, ao mesmo tempo, para executar os comandos (**Figura 4-12**).



**Figura 4-12:** Uso do cotovelo e da mão na execução de manobras.

Ao finalizar as recomendações, as mesmas foram apresentadas ao coordenador do projeto, que por sua vez as sugeriu para a inserção no Memorial Descritivo (MD). Sendo assim, os ergonomistas, juntamente com o coordenador, desenvolveram o MD, que não contemplava apenas as questões relacionadas à ergonomia, mas também as de caráter técnico (acionamento da caçamba, sistema de lubrificação, sistemas elétricos de comando, passadiço, painéis elétricos, entre outros) e contratuais (condições de entrega, condições de pagamento, condições de preço, garantia, validade, etc.). Na sequência é apresentado o MD.

#### 4.3.4.1 Memorial Descritivo

O objetivo do MD foi descrever o projeto conceitual e os requisitos mínimos a serem atendidos no fornecimento da cabine, uma vez que o projeto pautava-se em conceitos de Ergonomia e Segurança. Deste modo, o documento envolvia informações de caráter técnico, operacional e especificações dos materiais que determinavam as exigências para a realização do projeto.

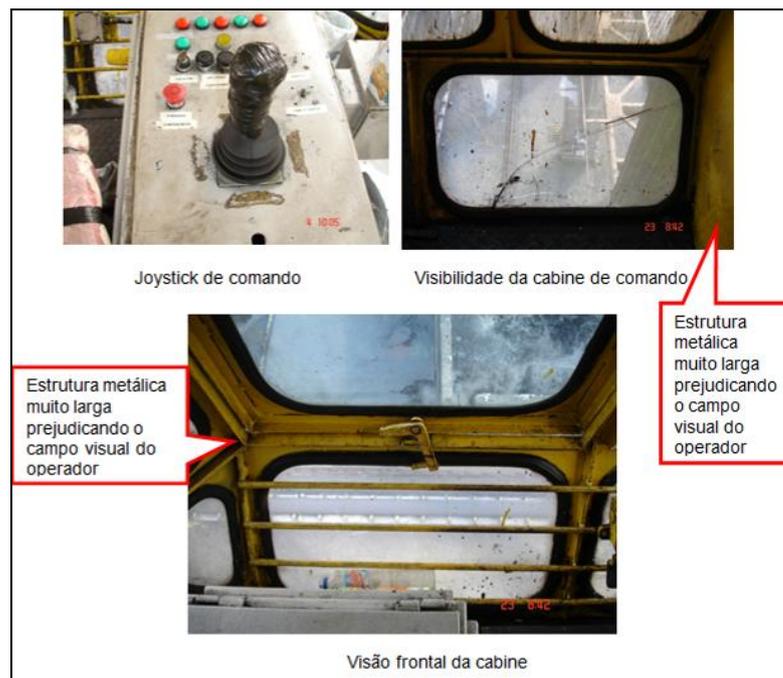
Para isso, as informações presentes no MD foram relacionadas com:

- *Descrição da atividade do operador:* a descrição da atividade do operador contemplou questões do seu campo de visão, enfatizando a sua necessidade em curvar-se para visualizar e direcionar a caçamba.
- *Situação Atual:* no campo das situações atuais, foram enfatizadas questões relativas a:
  - ✓ O espaço reduzido da cabine: a cabine atual possui pouco espaço para a movimentação dos membros inferiores do trabalhador;

- ✓ Os gabinetes sem apoio para os braços: obriga o operador a abdução dos ombros quando manuseia os manetes;
- ✓ O campo de visão: o operador era prejudicado devido à largura das estruturas metálicas da cabine e pelos vidros sujos.

A situação atual tratou também do fato de o operador ter de se projetar para frente e para as laterais durante a elevação e transporte da carga, objetivando visualizá-la.

A ventilação na cabine, mais especificamente a falta de um ar condicionado e a existência de um ventilador adaptado, foi outra questão abordada. O operador era obrigado a trabalhar com a janela aberta a fim de amenizar o calor no interior da cabine, bem como melhorar o campo de visão, o que o expunha à poeira, ruídos e a uma atmosfera agressiva.



**Figura 4-13:** Imagens ilustrativas presentes no MD.

- *Situação pretendida:* implicação das questões relacionadas à ponte rolante e à cabine. No que concerne às questões da cabine, observou-se que seriam envolvidas para a sua substituição características que contemplem os seguintes requisitos:
  - ✓ Prever vidros basculantes com abertura interna, para facilitar a limpeza dos mesmos;
  - ✓ O vidro frontal deve conter limpador de pára-brisa e ejetor de água;

- ✓ O vidro inferior deve ser inclinado para melhorar a visibilidade;
- ✓ A grade interna de proteção do vidro basculante também deve permitir a abertura para sua limpeza;
- ✓ Prever a instalação de ar condicionado na cabine.

Sobre as questões relacionadas à poltrona, o MD contempla características como:

- ✓ Ajuste independente de altura e posição do acento;
- ✓ Ajuste lombar e de inclinação do encosto;
- ✓ Ajuste de altura do encosto da cabeça;
- ✓ Ajuste do assento em relação ao encosto;
- ✓ Absorção de choques mecânicos;
- ✓ Mecanismo de suspensão com sistema de amortecimento ajustável ao peso do operador;
- ✓ Ajuste horizontal da poltrona;
- ✓ Regulagem em relação aos manetes;
- ✓ Apoio para os pés;
- ✓ Cinto de segurança.

Na situação pretendida, ainda foram descritos critérios relacionados ao gabinete de comando, que deveria apresentar como característica:

- ✓ Ajuste da posição da poltrona em relação aos manetes;
- ✓ Ajuste de inclinação dos manetes;
- ✓ Descanso do braço (apoio) ajustável;
- ✓ Manetes com retorno automático para a posição central;
- ✓ Dispositivo de “homem morto” com parada de emergência da ponte;
- ✓ Previsão de comando à distância por rádio frequência para atmosfera explosiva.

Após o desenvolvimento do MD, foi iniciado o processo de licitação<sup>20</sup> para a contratação do fabricante da cabine, que se concretizou com a sua assinatura no dia 13 de agosto de 2008, com vigência de um ano. É importante salientar que a equipe de ergonomia não participou do processo de licitação.

---

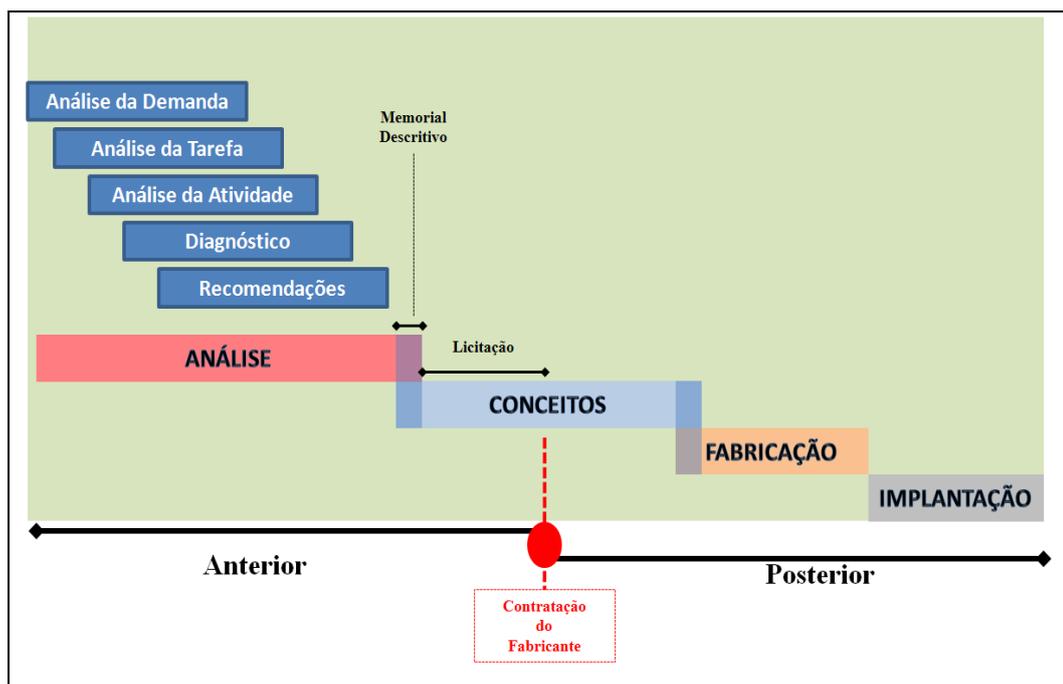
<sup>20</sup> "licitação é o procedimento administrativo mediante o qual a Administração Pública seleciona a proposta mais vantajosa para o contrato de seu interesse" (MEIRELLES, 2005, p.269).

#### 4.4 Desenvolvimento do Projeto da Cabine

Antes de iniciarmos a apresentação do desenvolvimento do projeto da cabine, é importante que façamos uma descrição geral sobre seu andamento até o momento em que se antecedeu à elaboração dos primeiros conceitos.

De modo, podemos dizer que a intervenção no processo de projeto da cabine teve seu início com a realização da AET da situação de referência, resultando na elaboração de um MD com recomendações para o projeto.

Ao final da elaboração do MD, iniciou-se o processo de licitação paralelamente ao desenvolvimento dos conceitos, fazendo com que perdurasse por um período além do estipulado para a contratação do fabricante, conforme demonstrado pela **Figura 4-14**.



**Figura 4-14:** Cronologia da intervenção ergonômica no projeto de desenvolvimento da nova cabine de ponte rolante.

Diante do exposto, o desenvolvimento do projeto foi marcado por dois momentos distintos:

- i. *anterior à contratação da empresa fabricante* – destacado pelas etapas de realização das análises e início da elaboração dos conceitos, contando como participantes a equipe de ergonomia, o operador da cabine e o coordenador do projeto;

- ii. *posterior à contratação da empresa fabricante* – esse período envolveu a finalização dos conceitos, além da fabricação e implantação da cabine.

Consequentemente, a etapa de desenvolvimento dos conceitos também pode ser dividida em dois momentos distintos: antecedente à contratação do fabricante (pré-contratação) e pós-contratação.

Assim, o processo de elaboração dos conceitos será apresentado segundo a divisão acima, ou seja, em um primeiro momento será descrita a elaboração dos conceitos a partir da participação dos ergonomistas, do operador da cabine e do coordenador do projeto, e em seguida, a elaboração somada à participação dos representantes da empresa contratada.

É importante salientar que a elaboração de cada um dos conceitos foi marcada pelo desenvolvimento de cenários e o uso de situações de simulações (Braatz, 2009), o qual nem sempre foi possível dividir em etapas distintas, uma vez que o processo de projeto é algo dinâmico, dificultando a representação clara de tais acontecimentos.

Além disso, no período anterior à contratação, elaboração dos cenários e situações de simulação, tais eventos, por ocorrerem simultaneamente, dificultaram, dessa forma, suas representações em momentos distintos, tendo em vista que os cenários foram utilizados como ferramentas intermediárias das situações de simulação.

No período posterior à contratação, a divisão entre a elaboração de cenários e as situações de simulação é mais explícita, uma vez que os cenários foram baseados em filmes previamente elaborados que não permitiam sua alteração.

#### **4.4.1 Período anterior à contratação**

O período que antecedeu a contratação do fabricante foi marcado pela elaboração dos primeiros conceitos (cenários) e também pela divisão do projeto da cabine em dois subprojetos que se seguem: *i) projeto estrutural da cabine*: caracterizado por relacionar-se às questões estruturais da cabine; e *ii) projeto da poltrona* : apresentando o envolvimento entre os gabinetes de comando e a poltrona.

Apesar dos ergonomistas entenderem que o projeto da cabine era único e, como tal, deveria ser analisado sistematicamente, os mesmos verificaram a necessidade de dividi-los em subprojetos, de modo a facilitar a elaboração das propostas.

Nesse contexto, o processo de projeto da nova cabine iniciou-se com a realização de uma busca por melhores práticas em cabine de ponte rolante, sustentando o

intuito de identificar e selecionar critérios de projeto que auxiliassem na elaboração dos primeiros conceitos.

O foco principal do estudo era identificar tecnologias e normas técnicas que servissem como apoio à geração de conhecimentos para a elaboração do projeto. Para isto, fez-se uma rápida busca em ambiente digital (*internet*) e em livros especializados na área de equipamentos de movimentação, em especial, o equipamento ponte rolante.

Como resultados, obteve-se imagens, normas e livros que nem sempre diziam respeito à cabine, mas que poderiam ser utilizados como referência na elaboração dos conceitos.

Dentre os dados encontrados, destacamos algumas imagens (**Figura 4-15**) que serviram como base para os ergonomistas iniciarem a elaboração dos primeiros conceitos (modelos) relacionados à parte estrutural da cabine. Como referencial teórico, também foi utilizado os determinantes identificados na análise da atividade do operador, principalmente os relacionados ao espaço de trabalho, posturas, movimentos e visibilidade.



**Figura 4-15:** Primeiras referências para a elaboração dos conceitos da Cabine (estrutural).

Fonte: ART. LEBEDEV STUDIO, 2010.

A mesma técnica de pesquisa foi empregada na identificação dos critérios a serem utilizados na elaboração dos conceitos dos gabinetes e da poltrona (**Figura 4-16**), que, assim como na parte estrutural, também foram desenvolvidos a partir de conceitos já existentes.



**Figura 4-16:** Conceitos de poltrona utilizados como referência para o desenvolvimento do projeto.

Fonte: ART. LEBEDEV STUDIO, 2010.

Considerando a pesquisa e a identificação dos determinantes da atividade, os ergonomistas de campo iniciaram o processo de interação com a equipe de laboratório, objetivando iniciar a elaboração dos conceitos.

Como forma de realizar a interação, o ergonomista de campo agendou uma reunião com os demais membros da equipe de ergonomia, a fim de elaborar uma primeira *situação de simulação* para apresentar-lhes e assim discutir as determinantes identificadas na análise como também os dados da pesquisa realizada.

Dentre os diferentes assuntos a serem discutidos (apresentação do projeto, dados da análise e dados da pesquisa), o principal seria a necessidade do conceito em atender aos critérios relacionados à atividade do operador, envolvendo questões como:

- *Apoio para os pés do operador:* o conceito da cabine deveria contemplar um apoio para os pés do operador, de modo a não obstruir sua visão, pois, para realizar os comandos, o operador necessita visualizar o posicionamento da caçamba a todo instante, principalmente nas operações envolvendo a coleta do coque da rampa e o abastecimento do silo;
- *Visibilidade frontal da cabine:* é necessário que a parte frontal da nova cabine não prejudique o campo de visão do trabalhador, desse modo, não poderiam existir divisões ou obstáculos;

- *Tratamento térmico e ventilação*: a nova cabine deveria possibilitar ao operador a regulação da temperatura e ventilação em seu interior;
- *Comunicação*: a cabine deveria possibilitar a comunicação das pessoas externas com o operador da cabine e vice-versa. Seria importante que o operador fosse informado sobre a presença de pessoas na região da ponte rolante, de modo que pudesse atentar quanto ao posicionamento das mesmas.

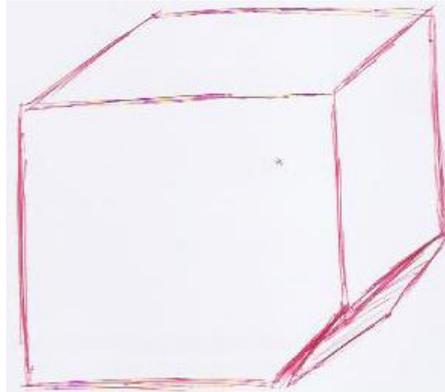
Como particularidade à situação de simulação realizada, enfatiza-se o modo como ela ocorreu, ou seja, baseando-se na apresentação de imagens que reportavam à atividade do operador e as suas especificidades, bem como a pesquisa realizada.

Após a exposição dos critérios a serem atendidos pelo conceito, deu-se continuidade à situação de simulação, porém com uma perspectiva de confrontação das diferentes representações que os atores (ergonomista de campo e laboratório) tinham sobre uma possível solução.

Uma primeira questão discutida pelos ergonomistas referiu-se à estrutura de apoio para os pés. A proposta apresentada pelo ergonomista de campo envolvia a inclinação da parte frontal da cabine e o fato de que esta, obrigatoriamente, deveria ser construída de com material transparente ou de vidro, possibilitando ao operador visualizar a caçamba e o silo. Para ilustrar a proposta apresentada, o ergonomista de campo a desenhou (modelo) em um papel (**Figura 4-17**), apresentando-a aos participantes da reunião.

A situação de simulação continuou ainda com a definição do apoio para os pés, este concebido de modo a possuir um gradil com inclinação na parte frontal da cabine para minimizar o risco de quebra do “vidro” e, conseqüentemente, a queda do operador.

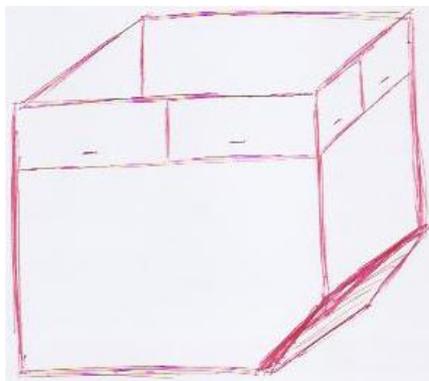
Um dos questionamentos realizado pelos ergonomistas do laboratório foi a existência de normas ou padrões que auxiliassem na definição da inclinação, o que era desconhecido pelos ergonomistas de campo. Como forma de verificar a existência destes padrões, a equipe de laboratório responsabilizou-se em realizar uma pesquisa para encontrar tais informações.



**Figura 4-17:** Modelo representando a proposta da estrutura para a cabine.

Dando continuidade, a situação de simulação possibilitou ainda a discussão sobre a visibilidade frontal da cabine, pois, conforme colocado pelo ergonomista de campo, “*o vidro da frente deve ser inteiriço, de forma a não obstruir a visão do operador*”. Também se verificaram questões relacionadas ao tratamento térmico e ventilação da cabine, cuja solução encontrada foi a instalação de um aparelho de ar condicionado e de janelas (**Figura 4-18**).

Esse isolamento ao ambiente externo também deveria ser permitido, de forma a impedir a entrada de agentes particulados, provenientes da movimentação do coque.



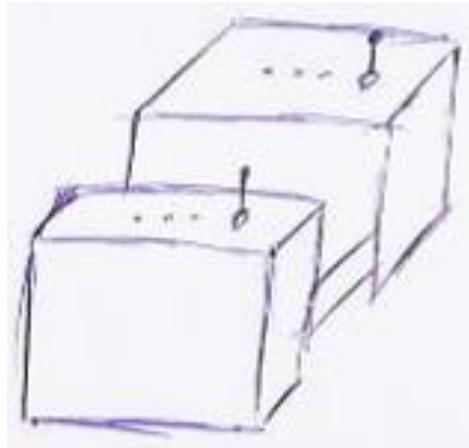
**Figura 4-18:** Modelo representando a proposta da estrutura com janelas.

Finalizada a situação de simulação quanto à definição da estrutura da cabine, foram discutidas questões relacionadas à comunicação do operador da cabine com os outros operadores, assim como o conceito dos gabinetes e da poltrona. Para solucionar o problema de comunicação, foi instalado um aparelho de interfone na cabine.

Sobre o desenvolvimento dos conceitos do gabinete e da poltrona, em um primeiro momento, os ergonomistas de campo apresentaram o modo como os operadores usavam os comandos e em seguida uma possível proposta para os mesmos (**Figura 4-19**), que

tinha como base os comandos já existentes, porém havia a necessidade de serem mais evoluídos.

A evolução necessária relacionava-se ao uso dos manetes e ao comando chamado pelo operador de “homem morto”, que se apresentava por um sistema de segurança no qual o operador necessitava pressionar a pega, na parte superior do manete, para que a ponte rolante funcionasse. Caso a pega não seja pressionada, a ponte para de funcionar e evita possíveis acidentes.



**Figura 4-19:** Proposta do gabinete para os manetes.

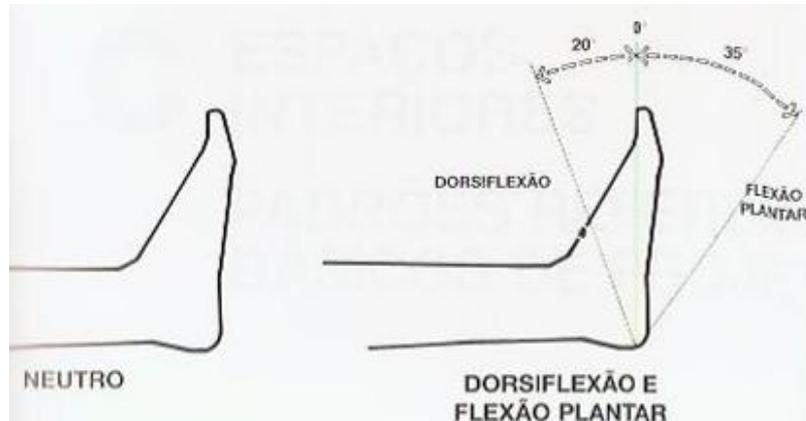
As recomendações também contemplavam o ajuste da poltrona (assento e encosto) e a implantação de apoio para o antebraço, que deveria estar localizado nos gabinetes e ser ajustável.

Como resultado da reunião, destaca-se o fato de que os critérios definidos devem ser incorporados aos primeiros conceitos e que estes necessitavam ser desenvolvidos em ambiente CAD 3D (*Computer Aided Design*) e apresentados aos participantes do projeto (operador da cabine e coordenador do projeto).

Vale ressaltar que antes dos conceitos serem elaborados em CAD 3D, os mesmos foram validados pelo coordenador e o operador da cabine. Essa validação, que também pode ser caracterizada como uma situação de simulação, tem como particularidade o fato de ter sido realizada na situação de trabalho do operador, além de utilizar como cenário os desenhos elaborados na situação de simulação entre os ergonomistas.

Após a validação dos conceitos, a equipe de ergonomia do laboratório iniciou o processo de construção das propostas em CAD 3D. Antes que a proposta fosse apresentada, fez-se necessário conhecer o ângulo de inclinação do apoio dos pés e as medidas da cabine, que foi encontrado no livro *Dimensionamento humano para espaços interiores* de Julius

Panero e Martin Zelnik (2002). O ângulo de maior conforto aos pés é o de 90° graus, com uma dorsiflexão de 20° graus e uma flexão plantar de 35° graus (**Figura 4-20**).

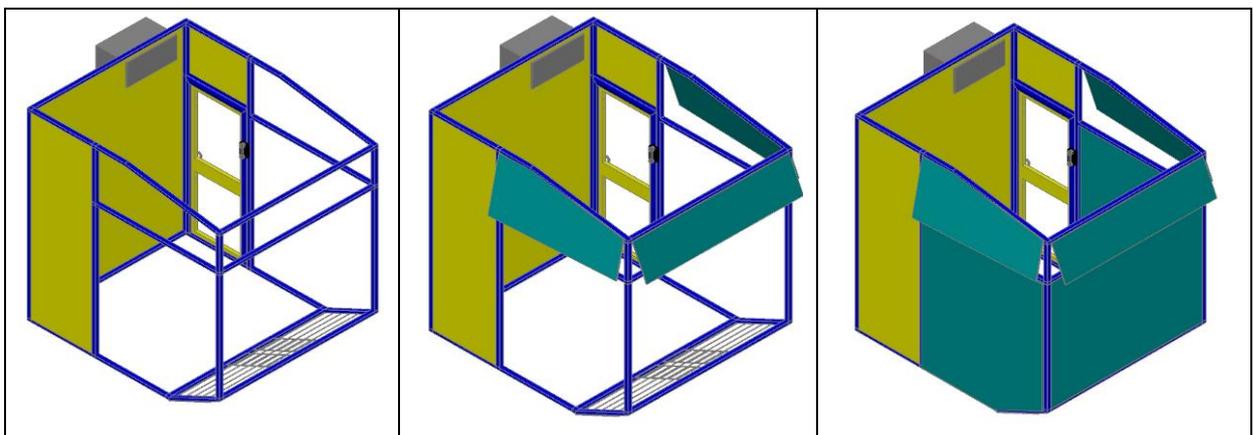


**Figura 4-20:** Zona de conforto para os pés.

Apesar da equipe de ergonomia encontrar informações quanto ao melhor ângulo para o apoio dos pés, vale lembrar que o importante não era definir exatamente um valor, mas uma posição de conforto. Adotou-se, então, uma estrutura de apoio de 35° graus em relação à base da cabine.

Quanto às medidas da cabine, em encontro com o coordenador do projeto, o ergonomista de campo obteve a informação de que deveriam ser as mesmas da cabine existente, uma vez que não estava previsto em contrato a adequação das estruturas de fixação da cabine. Adotou-se, então, a profundidade de 1.900 mm, a largura de 2.000 mm e a altura de 2.150 mm. Para os gabinetes, definiu-se que deveriam ter 370 mm de largura, 600 mm de comprimento e 570 mm de altura.

A partir das definições, foi iniciado o processo de desenvolvimento dos conceitos em CAD 3D, o que resultou na proposta inicial apresentada na **Figura 4-21**.

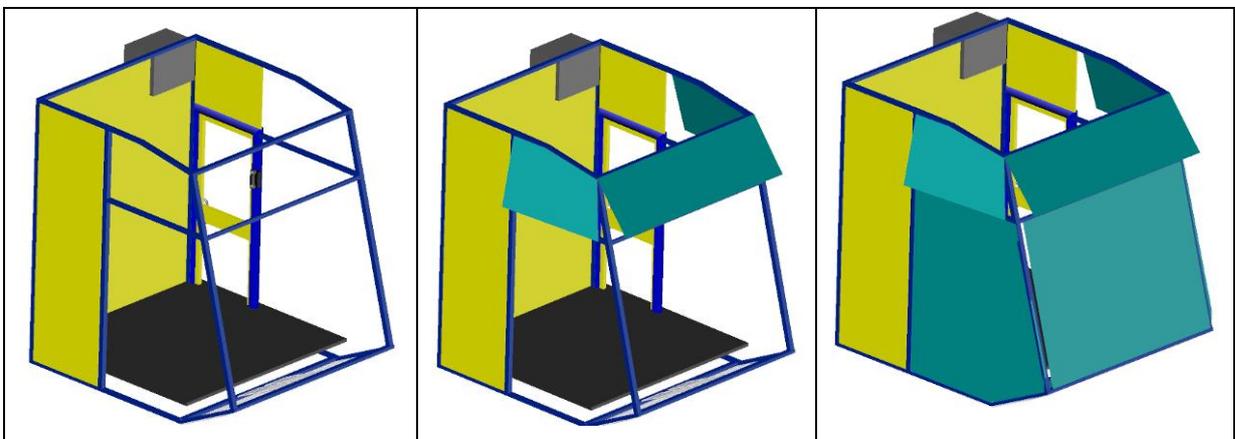


**Figura 4-21:** Proposta inicial da estrutura em 3D com janelas e vidros.

Como forma de validar a proposta inicial, o ergonômista de campo reuniu-se, em um primeiro momento, com o operador da ponte rolante que validou a mesma, e em seguida, com o coordenador que recomendou alterações na parte frontal. Segundo ele, era necessário que a parte frontal da cabine fosse inclinada de modo a evitar reflexos no vidro. A modificação foi então encaminhada à equipe de laboratório que fez a mudança (**Figura 4-22**) e retornou a proposta ao ergonômista de campo.

A nova proposta foi novamente validada com o coordenador e operador, que sugeriram a inserção de um limpador de vidro na parte frontal da cabine e um armário para a armazenagem de objetos pessoais e de limpeza. A sugestão foi aceita pelo ergonômista que definiu quais alterações seriam apresentadas na proposta final da cabine.

É importante salientar que, para a realização das validações procurou-se realizar encontros entre o coordenador, o operador da cabine e o ergonômista de campo, não sendo possível devido à indisponibilidade de horário do coordenador, conforme colocado pelo mesmo.

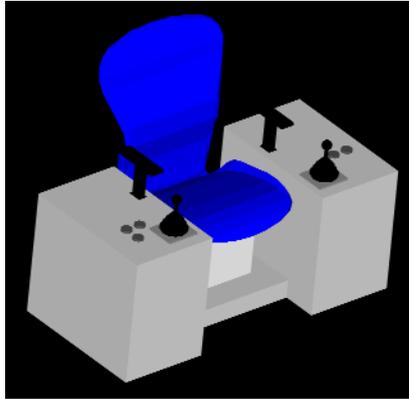


**Figura 4-22:** Estrutura da cabine da ponte rolante com frente inclinada.

Ao término da elaboração do conceito para a proposta estrutural, foi iniciada pela equipe de ergonomia do laboratório a construção dos conceitos *poltrona* e *gabinete*, que deveria ser composta por botões, manetes e apoio para os braços.

No primeiro conceito desenvolvido para os gabinetes, enfatizou-se a questão do ajuste e posicionamento dos manetes, que deveriam ficar a uma distância menor ou igual a 60 cm entre eles (Menegon et al., 2002).

Ao final da modelagem, a proposta foi apresentada ao ergonômista de campo que verificou a necessidade de realizar modificações antes de sua validação pelos participantes do projeto.



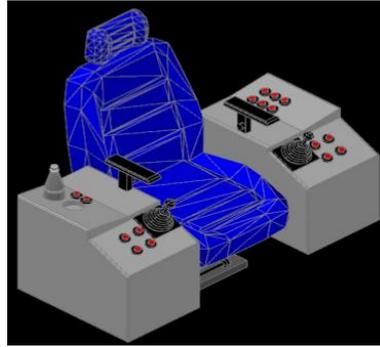
**Figura 4-23:** Primeira proposta de poltrona e gabinete em 3D.

Apesar da proposta ter sido elaborada atendendo aos critérios definidos na situação de simulação entre os ergonômistas, mostrou-se importante que o modelo fosse mais fidedigno à futura poltrona. Sendo assim, foi necessária sua remodelagem, bem como a reconcepção dos conceitos dos gabinetes, de modo a evitar qualquer possibilidade de interferência na visão do operador.

Diante do exposto, a sugestão do ergonômista de campo foi a de que a parte frontal do gabinete fosse inclinada, e que os manetes estivessem instalados sobre esta superfície de modo a permitir ao operador apoiar os braços sobre os apoios, ao mesmo tempo em que movimentava os manetes.

Aproveitando que modificações seriam realizadas na primeira proposta, o ergonômista sugeriu ainda a incorporação de outros critérios na elaboração do conceito, entre eles o apoio para garrafa de água, que havia sido sugerido pelo operador na última situação de simulação realizada entre ele e o ergonômista.

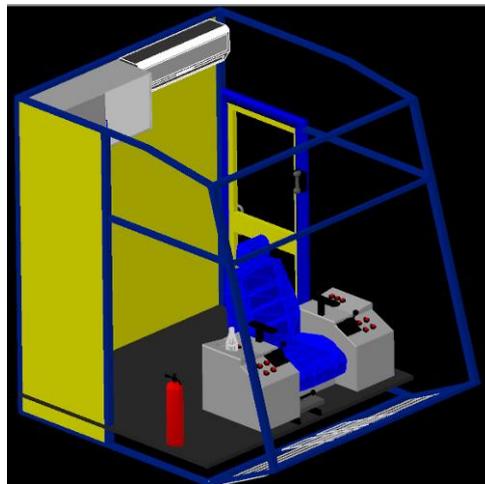
O conceito inicial foi novamente modelado e em seguida validado pelo ergonômista de campo, que o apresentou ao operador e ao coordenador para que os mesmos também o validassem.



**Figura 4-24:** Proposta final do conceito da poltrona e do gabinete.

Com a validação dos participantes, os conceitos da estrutura da cabine e da poltrona foram finalizados, porém ainda se fazia necessário que os mesmos fossem agrupados, de modo a representarem a cabine em sua totalidade.

Definido o conceito prévio da cabine e da poltrona, inicia-se a fase de integração destes, vindo a resultar no conceito final da cabine (**Figura 4-25**).



**Figura 4-25:** Conceito final da cabine e da poltrona unidos.

Com o fim da sua elaboração, os primeiros conceitos devem ser apresentados aos representantes da empresa contratada, a fim de que avaliem a possibilidade de construção e implantação da proposta.

Fazia-se também importante à incorporação da proposta a representação destes especialistas, uma vez que o conceito foi construído a partir de parâmetros da atividade do operador e da breve pesquisa realizada em ambiente digital e na bibliografia, o que poderia não representar critérios técnicos de funcionamento da cabine.

### 1.1.1 4.4.2 Período pós-contratação

Com a contratação da empresa fabricante da cabine, o coordenador decidiu agendar uma reunião com todos os participantes do projeto, exceto os operadores, objetivando apresentar a nova empresa contratada e o andamento do projeto até o momento. A não participação do operador foi entendida pelo coordenador como não necessária o que era contrário aos desejos dos ergonomistas que entendiam de fundamental importância tal participação, uma vez que representaria a visão da operação.

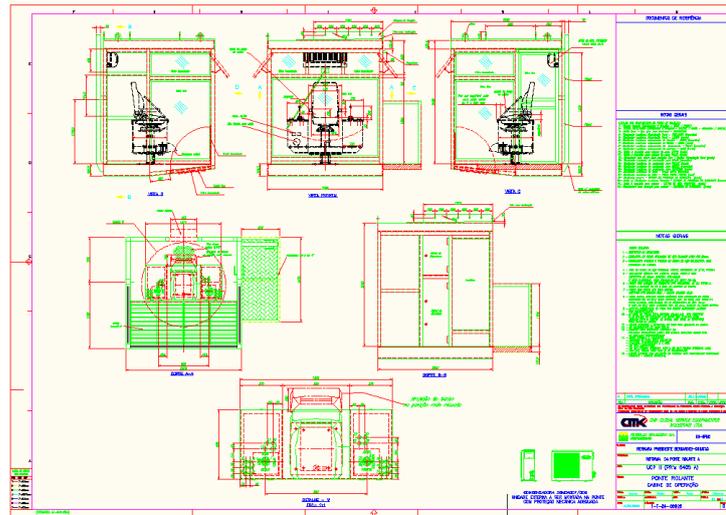
De início, a empresa contratada foi apresentada como a nova integrante do grupo de projeto e em seguida teve acesso aos conceitos desenvolvidos e aos critérios utilizados na elaboração das propostas.

Ao final da primeira reunião, pós-contratação, e a apresentação do projeto à empresa contratada, foi iniciado o processo de detalhamento do projeto da cabine, no qual se perdurou por aproximadamente 2 meses. Durante esse período, as informações quanto ao detalhamento do projeto eram enviadas pela empresa contratada ao coordenador, que as repassava à equipe de ergonomia que as validava com a operação.

Terminado o período de detalhamento, a empresa contratada encaminhou ao coordenador a proposta final da nova cabine (**Figura 4-26**), sendo esta repassada à equipe de ergonomia para validação.

Ao avaliar a proposta, os ergonomistas observaram que a mesma não considerava algumas de suas observações apontadas, o que poderia dificultar a realização das atividades do operador.

Uma das questões desconsiderada pela empresa dizia respeito à localização dos manetes no gabinete, já que o conceito propunha que estes fossem fixados em uma base inclinada para aumentar o campo de visão do operador. Também foi desconsiderada a distância entre os manetes (cotovelo a cotovelo, sentado), pois a máxima sugerida foi de 60 cm.



**Figura 4-26:** Projeto detalhado apresentado pela empresa contratada.

As observações realizadas pelos ergonômistas foram encaminhadas ao coordenador do projeto e ao engenheiro da empresa contratada para verificar a possibilidade de adequação do projeto, de modo a atender às sugestões.

Apesar da tentativa, a adequação do projeto não foi aceita, uma vez que a empresa contratada justificou a impossibilidade devido à dificuldade de fixação dos manetes. Para que os manetes pudessem ser instalados na distância sugerida, era necessário que a base dos comandos fosse menor e se utilizasse outra tecnologia, acarretando em um adicional de recurso financeiro.

Como forma de avaliar o impacto que a inadequação dos comandos traria à atividade do operador, os ergonômistas decidiram construir uma simulação possível de atividade a ser realizada na nova situação de trabalho.

Para isto, definiu-se por meio de uma reunião entre os membros da equipe de ergonomia que a simulação<sup>21</sup> deveria permitir a realização de avaliações como:

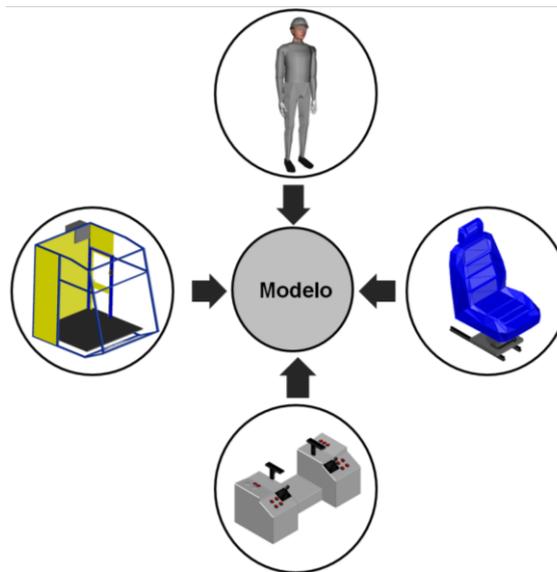
- Zona de alcance para os botões;
- Zona de alcance para os manetes;
- Campo de visão lateral e frontal.

Finalizada a definição dos objetivos almejados com a simulação, inicia-se a fase de estruturação e determinação da composição dos cenários, para que estes representem, o mais próximo possível, a realidade vivenciada pelo operador da cabine.

<sup>21</sup> Todas as simulações contemplaram os percentis 5 e 95.

#### 4.4.2.1 Elaboração dos modelos para a simulação

Uma das primeiras definições realizadas pelos ergonomistas foi a composição dos modelos que deveriam ser constituídos por elementos como: manequim digital humano (*Jack* versão *Classic 4.1*, UGS Siemens), desenho da poltrona, desenho dos gabinetes e desenho da cabine (**Figura 4-27**).

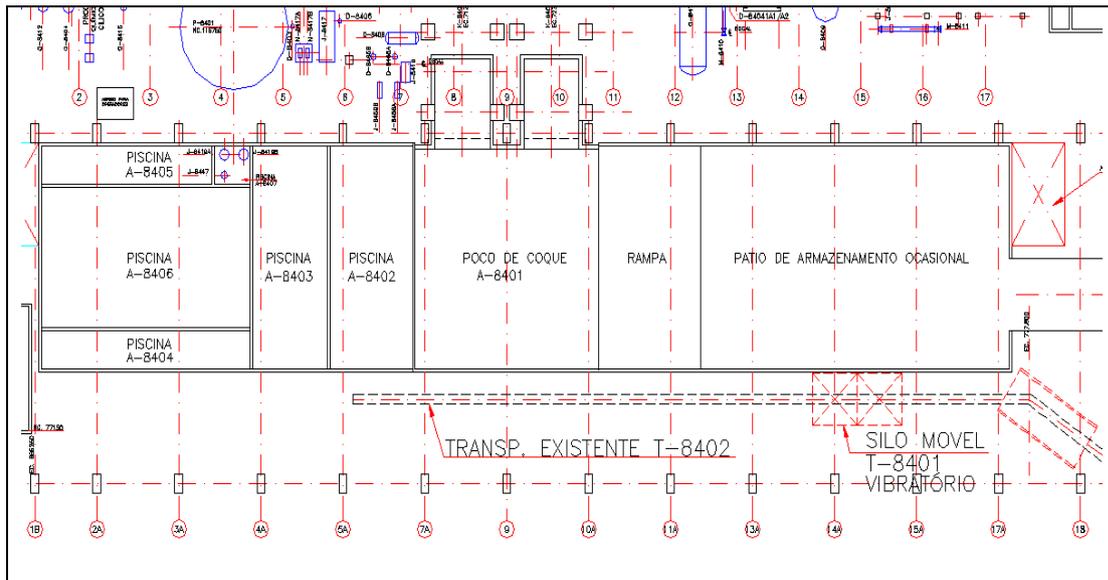


**Figura 4-27:** Composição dos Modelos

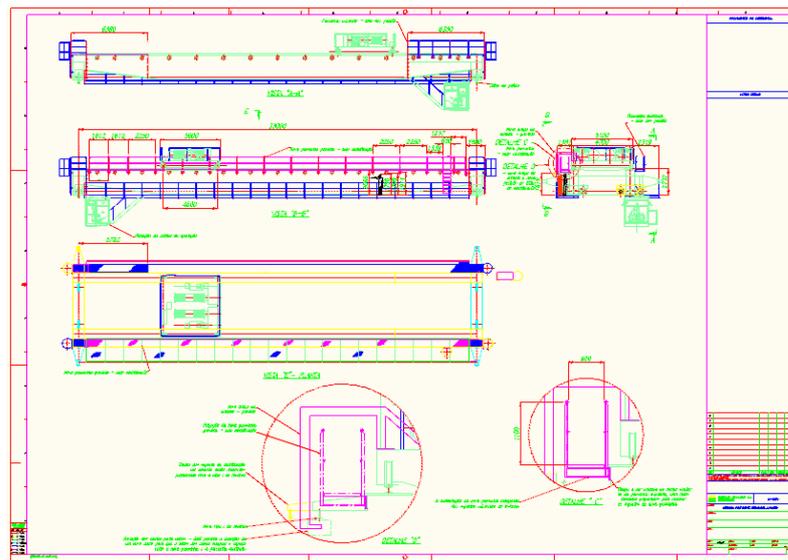
No entanto, para que a avaliação do campo de visão pudesse ser realizada, fazia-se necessária a representação do ambiente de trabalho vivenciado pelo operador, ou seja, as modelagens em CAD 3D deveriam contemplar não apenas a poltrona, o gabinete e a cabine, mas também ambientes como reatores, piscinas, coque, rampa da saída dos reatores, ponte rolante, caçamba e silo.

Definidas as necessidades, foi iniciado o processo de modelagem dos ambientes relacionados ao setor de coque tendo em vista que a cabine, a poltrona e o gabinete já se encontravam modelados em CAD 3D.

Neste sentido, iniciou-se um processo de busca por documentos que referenciassem o setor de coque, o que foi conseguido por meio de plantas disponibilizadas pela engenharia da refinaria. A planta do setor de coque está representada na **Figura 4-28** e a planta da ponte rolante na **Figura 4-29**.



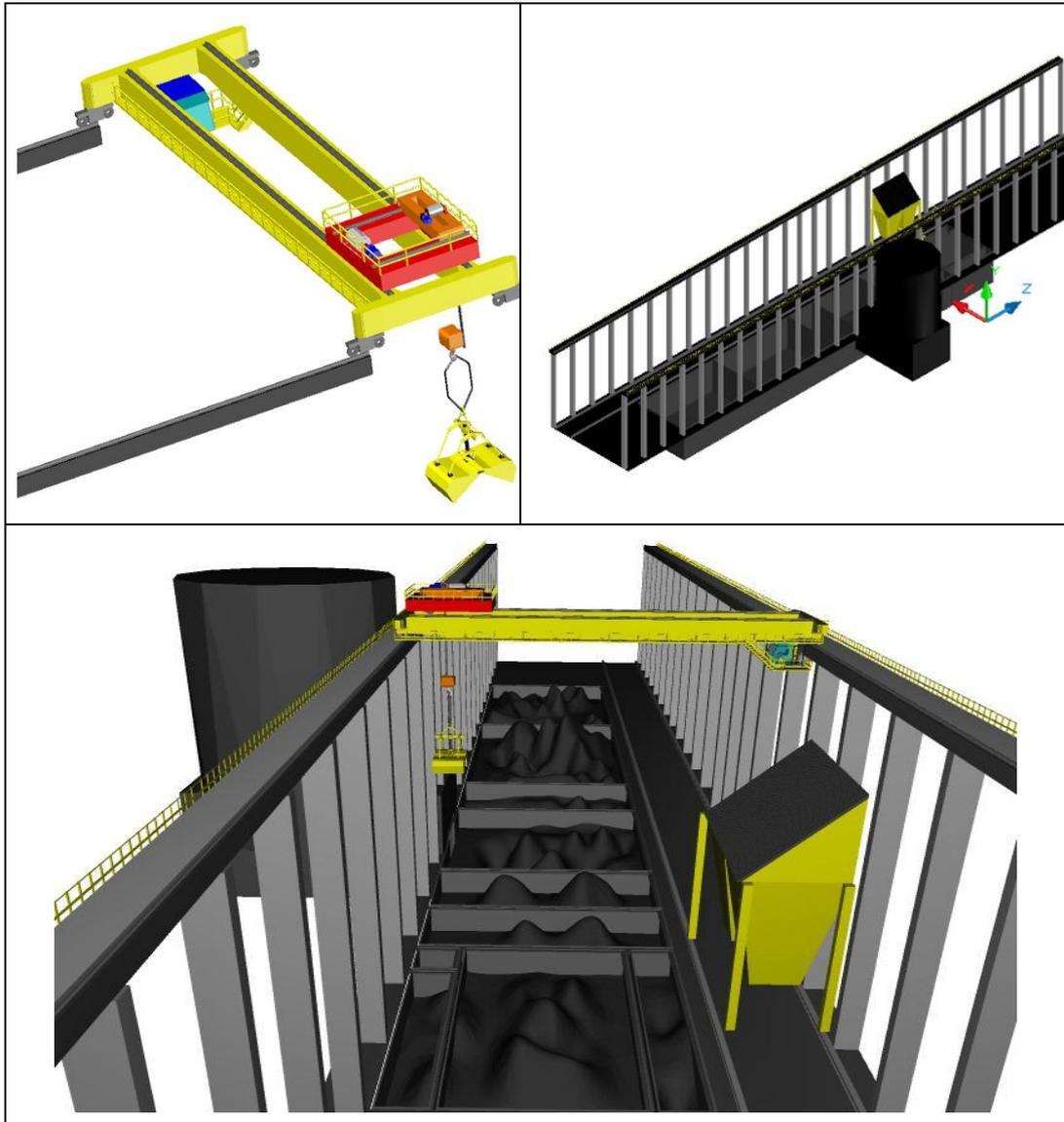
**Figura 4-28:** Planta do setor de coque.



**Figura 4-29:** Planta da Ponte Rolante existente.

De forma a tornar o desenvolvimento dos desenhos mais rápido, uma vez que a simulação necessitava ser apresentada o quanto antes, a equipe de ergonomia dividiu a elaboração da modelagem em equipamentos (ponte rolante) e estruturas (silo, piscina, reator, rampa e vigas).

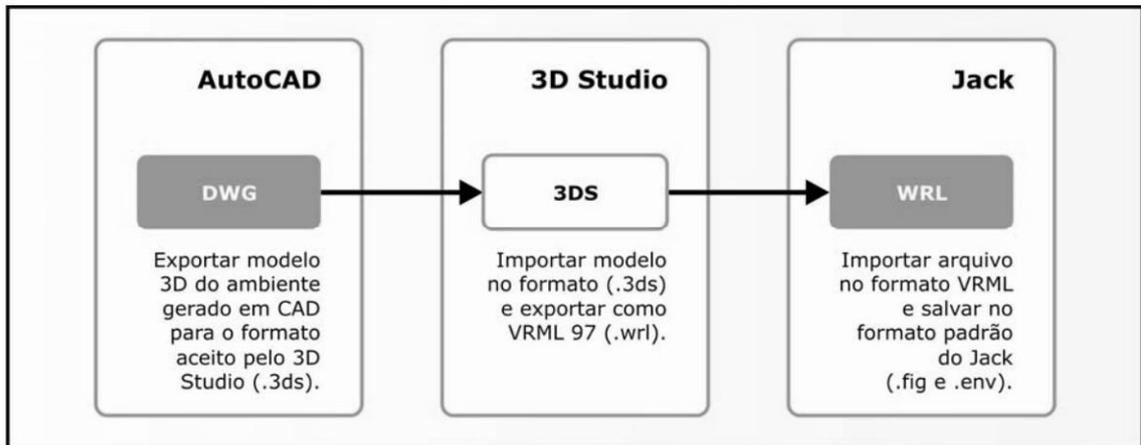
A elaboração dos cenários foi então iniciada pela equipe de ergonomia e perdurou por um período de aproximadamente 2 semanas. Ao final, foram obtidos os cenários da ponte rolante e da estrutura do setor de coque, agrupados em um único desenho (**Figura 4-30**).



**Figura 4-30:** Cenário da ponte rolante e do ambiente separados e agrupados.

Após o agrupamento, foi iniciado o processo de importação do desenho para o *software* de simulação humana, de modo a permitir que as avaliações pudessem ocorrer.

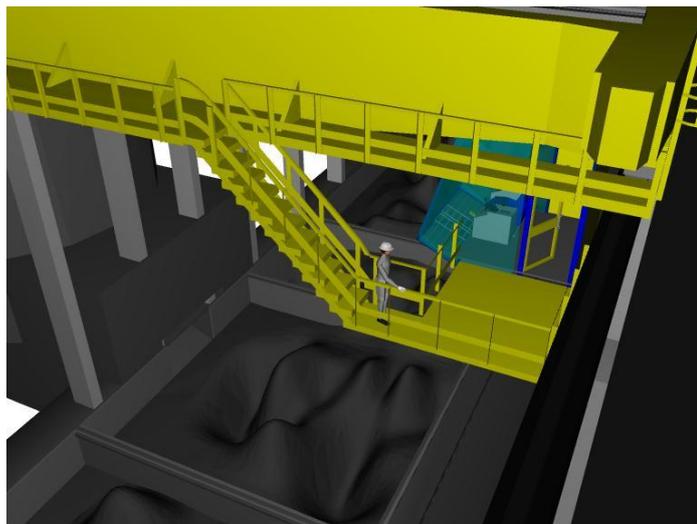
Destaca-se, conforme colocado por Braatz (2009), que apesar do *software* de simulação humana *Jack* (versão *Classic 4.1*, UGS Siemens) suportar a importação de diversos formatos de arquivos (IGES, VRML, STL, Inventor 2.1), ele não possibilita a importação de arquivos no formato DWG do AutoCAD. Sendo assim, é necessário incorporar ao processo de importação um terceiro *software*, reconhecido pelo *Jack*, conforme apresentado na **Figura 4-31**.



**Figura 4-31:** Passos para importação de modelo gerado em *Software CAD* (BRAATZ, 2009).

O autor ainda destaca que, ao longo do processo de importação, alguns cuidados poderão minimizar a ocorrência de problemas entre a escala do desenho original, a localização dos modelos na origem dos eixos *xyz* e o uso adequado dos *layers*.

Orientada pela elaboração das simulações, a equipe de ergonomia do laboratório iniciou o processo de ajuste<sup>22</sup> e importação dos modelos da cabine. Em seguida, o manequim humano digital foi inserido no ambiente criado no *software* de simulação (**Figura 4-32**), e passou por um processo de combinação de diferentes posicionamentos que tiveram como base a AET, resultando em um filme. Este filme objetivou representar, a partir de um roteiro, algumas atividades possíveis de serem realizadas pelo operador da cabine.



**Figura 4-32:** Cenário para simulação com a cabine, o ambiente e o manequim.

<sup>22</sup> O processo de ajuste deve ser considerado como a junção dos diferentes modelos (cabine e poltrona) em ambiente CAD, a movimentação do desenho para o eixo *xyz* e a adequação dos *layers*.

O roteiro estabelecido para a simulação que previa demonstrar o alcance do operador para os botões e manetes foi o seguinte:

- a. O operador sentado na poltrona tenta acessar o botão localizado a sua esquerda (utilizar como base os botões mais distantes);
- b. O operador sentado na poltrona tenta acessar o botão localizado a sua direita (utilizar como base os botões mais distantes);
- c. O operador sentado na poltrona tenta acessar os botões localizados a sua esquerda e direita ao mesmo tempo (utilizar como base os botões mais distantes);
- d. O operador sentado na poltrona tenta movimentar os dois manetes ao mesmo tempo para todos os anglos, de modo a representar todas as extensões do manete;
- e. As simulações devem ser realizadas para o manequim de percentil 05 e 95.

Por outro lado, a simulação correspondente ao campo de visão do operador teve como roteiro o que se segue:

- a. A simulação deve apresentar o ambiente simulado como um todo;
- b. O operador caminha até a porta e entra na cabine;
- c. O operador movimenta a cadeira para que possa sentar;
- d. O operador visualiza o ambiente (o objetivo é apresentar as restrições quanto ao campo de visão);
- e. O operador senta na cadeira que se movimenta para baixo, representando dessa forma o amortecimento da cadeira;
- f. O operador movimenta a cadeira de modo a ajustá-la em uma posição que entenda ser a melhor para realizar sua atividade;
- g. Apresentar o campo de visão esquerdo do operador, objetivando avaliar o campo de visão esquerdo e abaixo;
- h. Apresentar o campo de visão direito do operador, objetivando avaliar o campo de visão direito e abaixo;
- i. Apresentar o campo de visão frontal e abaixo (operador fazendo coleta do coque);
- j. O operador movimenta a caçamba até ao silo localizado abaixo da cabine;
- k. O operador descarrega a caçamba.

Por fim, ao se construir as simulações, as mesmas foram dispostas em um vídeo, cujo objetivo foi auxiliar na realização de situação de simulação. A finalidade da

elaboração da situação foi confrontar as diferentes representações que os participantes do projeto tinham a respeito da nova cabine, principalmente aquelas relacionadas aos constrangimentos vivenciados pelos operadores com a nova implantação.

#### **4.4.2.2 Situação de simulação para avaliação e confrontação: possíveis constrangimentos vivenciados pelos operadores na nova cabine**

O desenvolvimento das situações de simulação pode ser caracterizado pela realização de reuniões com os diferentes integrantes do processo de projeto. Em especial, as situações de simulação deste estudo podem ser destacadas em 5 momentos distintos, a saber: i) a reunião de construção dos conceitos *cabine* e *poltrona*; ii) a primeira e segunda reunião de validação dos conceitos *cabine* e *poltrona*; iii) a reunião de apresentação da empresa contratada e dos conceitos desenvolvidos; iv) reunião de apresentação da simulação.

Em todos os momentos mencionados foi salientado o fato de terem sido utilizados diferentes métodos, participantes e objetos (**Tabela 3**).

Como principal característica às situações de simulação construídas, destaca-se o fato de terem ocorrido por meio de reuniões que contaram com a participação dos diferentes atores inseridos no processo de projeto.

Nas situações de simulação para a elaboração dos conceitos estiveram envolvidos os ergonômicos de campo e os ergonômicos do laboratório. Diante das situações de simulação para a validação dos conceitos, principalmente aqueles relacionados ao período anterior à contratação da empresa fabricante, participavam os ergonômicos de campo, o coordenador do projeto e operador da ponte rolante.

**Tabela 3:** Situações de simulação realizadas durante o processo de concepção da cabine da ponte rolante.

Método	Objetivo	Participantes
Reunião para elaboração dos conceitos (Desenhos 3D - CAD)	Construção dos conceitos da cabine e da poltrona em 3D.	Equipe de Ergonomia (Campo) Equipe de Ergonomia (Laboratório)
Reunião de Validação	Validar o 1º conceito da Cabine. Validar o 1º conceito da Poltrona.	Equipe de Ergonomia (Campo) Operador da Ponte Rolante Coordenador do Projeto
Reunião de Validação	Validar o Conceito da Cabine e Poltrona.	Equipe de Ergonomia (Campo) Operador da Ponte Rolante Coordenador do Projeto
Reunião de Apresentação	Apresentar a empresa contratada e os conceitos desenvolvidos	Equipe de Ergonomia (Campo) Coordenador do Projeto Empresa Contratada
Reunião de validação	Apresentar a simulação desenvolvida de modo a proporcionar uma reflexão quanto ao impacto que a nova cabine poderá proporcionar a atividade do operador Finalizar o conceito da cabine	Equipe de Ergonomia (Campo) Coordenador do Projeto Empresa Contratada

Como particularidade às situações apresentadas anteriormente, enfatiza-se que as mesmas utilizaram “simulações languageiras”. Essas simulações foram abordadas em formato de narrativas, cuja base eram as situações vivenciadas pelos operadores e questões relacionadas ao processo produtivo do coque. Quanto ao suporte do processo narrativo, utilizou-se instrumentos que possibilitaram uma maior interação, dentre eles destacamos os *croquis* e as imagens da atividade realizada pelo operador, além dos conceitos já elaborados.

Dentre as diferentes situações de simulação realizadas, detalharemos a seguir a situação na qual envolveu a representação do impacto que a nova cabine poderia proporcionar à atividade do operador da cabine.

Sendo assim, para a avaliação dos possíveis constrangimentos gerados com a nova cabine, foram desenvolvidas as simulações, e estas apresentadas em reuniões. Como principal característica da simulação desenvolvida, evidencia-se a razão pela qual a mesma tenha sido elaborada em formato de vídeo, de modo que pudesse se apoiar à situação de simulação para a discussão das necessidades e constrangimentos vivenciados pelo operador com a nova cabine.

Com o término da elaboração do filme, os ergonomistas de campo agendaram uma reunião juntamente ao coordenador do projeto e à empresa responsável objetivando a apresentação da simulação elaborada.

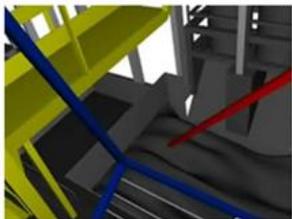
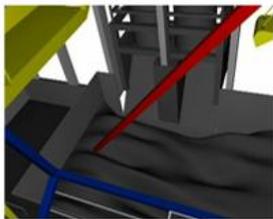
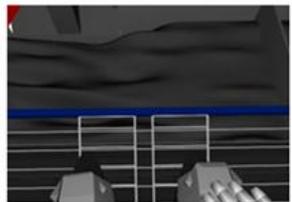
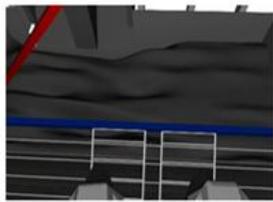
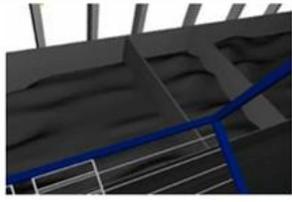
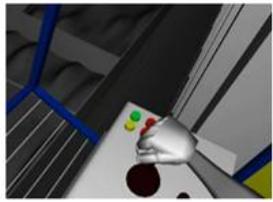
Uma peculiaridade referente à simulação se mostra por sua elaboração de caráter individual, isso devido à impossibilidade de agendamento de um encontro com todos os participantes.

Havia a dificuldade quanto a participação do operador da ponte rolante no projeto, uma vez que o mesmo não estava autorizado a parar suas atividades operacionais. Também destaca-se o fato de os ergonomistas não estarem presente todos os dias da semana na refinaria e a distância na qual a empresa contratada encontrava-se da refinaria o que dificultava o acompanhamento do desenrolar do projeto.

Como forma de resolver o inconveniente, a equipe de ergonomia de campo decidiu por apresentar a proposta individualmente aos participantes e, quando possível, em grupos. Para a empresa contratada foi encaminhado o vídeo via *e-mail* e ao operador e coordenador apresentado em reuniões.

Como resultado, a simulação possibilitou a verificação de questões como a visibilidade frontal, lateral e inferior do operador. Verificou-se também o espaço de trabalho no interior da cabine, assim como o espaço reservado para a movimentação do operador (membros inferiores e apoio para os pés (**Quadro 4-2**)).

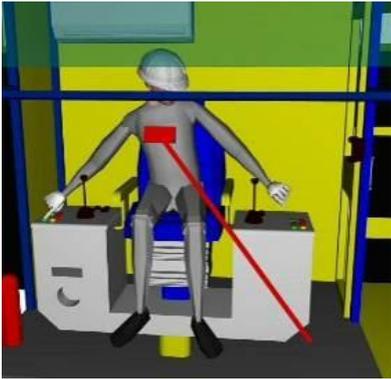
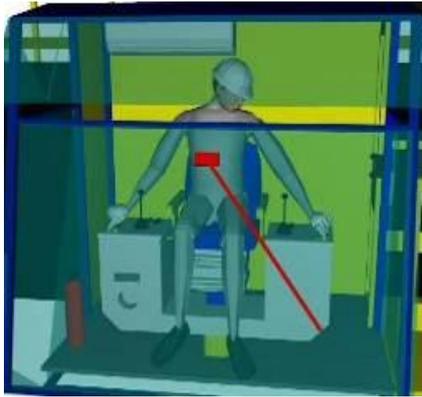
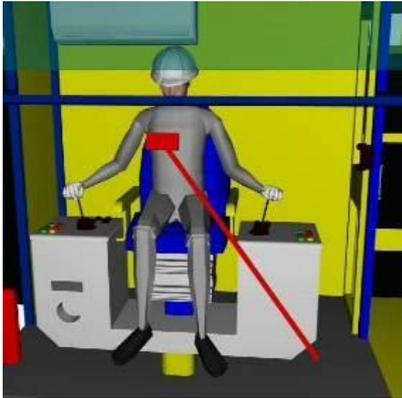
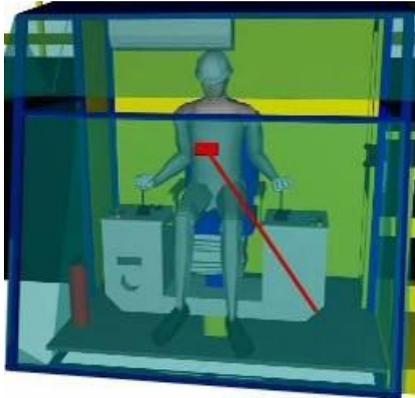
**Quadro 4-2:** Simulação do campo de visão.

Análise		Percentil	
		5	95
Campo de Visão	Esquerdo		
	Frontal		
	Direita		

Quanto aos gabinetes, observou-se que a inclinação não seria necessária, uma vez que a interferência do comando, sem a inclinação, não teria impacto significativo no campo de visão do operador.

A simulação possibilitou ainda confirmar o possível constrangimento que a inadequação da distância entre os manetes traria aos trabalhadores, que dificilmente conseguiriam realizar suas atividades com os braços apoiados.

**Quadro 4-3:** Análise do comando proposta pelos fornecedores.

Análise	Percentil	
	5	95
<b>Alcance Botões</b>		
<b>Alcance Manetes</b>		

Como considerações finais, o coordenador do projeto decidiu que toda e qualquer alteração seria muito difícil de ser realizada, uma vez que se encontrava com prazo determinado e qualquer mudança poderia impactar no andamento da reforma da ponte.

Sendo assim, a fabricação da cabine seria realizada conforme especificação da empresa contratada, e na medida do possível, atenderia às observações dos ergonomistas. Finaliza-se, então, a intervenção ergonômica na reforma e modernização da cabine da ponte rolante da refinaria de petróleo.

Durante o período de construção da cabine, a equipe de ergonomia ficou impossibilitada de acompanhar de perto o processo, já que o fabricante encontrava-se em local distante da refinaria. Tal impossibilidade tornou assim inviável financeiramente a visita

da equipe de ergonomia ao local. A equipe também não acompanhou a instalação da cabine, pois já estava envolvida com outras intervenções ergonômicas.

#### 4.5 Resultados e conclusões do projeto da cabine da ponte rolante

Com o fim do período de implantação, mais especificamente três meses após a instalação e o funcionamento da nova cabine, os ergonomistas retornaram ao setor de coque para averiguar os resultados obtidos com a nova cabine e verificar os constrangimentos surgidos.

Para isso, os ergonomistas fizeram uma entrevista com o operador da cabine objetivando identificar as mudanças ocorridas com a nova implantação e os constrangimentos surgidos quanto à poltrona, os manetes, os gabinetes e o campo de visão.

##### Quadro 4-4: Entrevista com o operador da cabine após implantação

**Ergonomista:** *O que mudou com a nova cabine?*

**Operador:** *A visão que melhorou bastante - operador aponta para a parte frontal da cabine (Figura 4-33). O barulho, agora não tem mais barulho, não escuto mais o barulho da ponte e nem de fora...não escuto barulho nenhum”.*



**Figura 4-33:** Campo de visão do operador.

**Ergonomista:** *E a visão para baixo?*

**Operador:** *Melhorou também, ficou bom para abastecer o silo também... a visão aqui melhorou (Figura 4-34). Esse banco você pode levar ele para frente também.*



**Figura 4-34:** Operador mostra que a visão do abastecimento do silo melhorou.

**Ergonomista:** *E aqui?* [ergonomista aponta para os manetes]

**Operador:** *O painel agora são dois manetes, antes eram três, né! Uma ficou para o movimento do carrinho e da ponte, outra para a caçamba.*



**Figura 4-35:** Operação dos novos manetes.

**Ergonomista:** *E o comando de “homem morto”, melhorou?*

**Operador:** *Continua meio ruim, existe uma mola aqui (Figura 4-36) que é relativamente leve, mas depois de uma hora de serviço ela torna-se pesada e dói a mão... eu fico praticamente oito horas pressionando isso aqui!*



**Figura 4-36:** Comando “homem morto” do manete.

**Ergonomista:** *Você continua aqui seis horas direto?*

**Operador:** *É oito horas.*

**Ergonomista:** *Mas você tem uma pausa, não tem?*

**Operador:** *Não, eu não paro não. Tem a hora da refeição, mas refeição é praticamente [operador balança a cabeça negativamente]...hoje eu tô parando para ir no banheiro, porque geralmente eu não parava para ir no banheiro.*

**Ergonomista:** *Você acha que seria melhor onde o comando?*

**Operador:** *Eu acho que seria melhor no dedo, tipo pá carregadeira... ele [comando] é do lado... e se for possível diminuir o tamanho porque ela ficou alta (Figura 4-37).*

**Ergonomista:** *Essa cadeira não tem regulagem de altura?*

**Operador:** *Tem, mas aí o manete fica mais alto ainda, porque a altura da cadeira já está no máximo... o banco tá bom, o problema aqui é a altura da manete que foi projetada para gente grande.*



**Figura 4-37:** Operador demonstra a altura atual do manete e a altura que deveria ser.

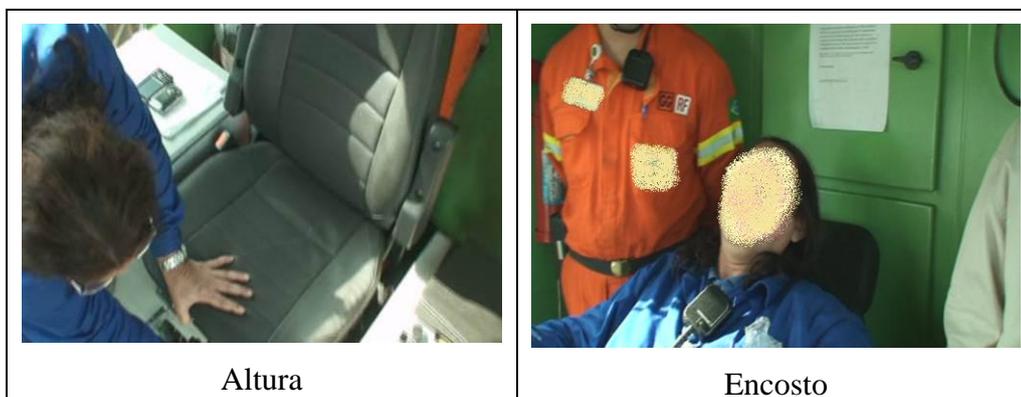
**Ergonomista:** *A cabine ficou climatizada?*

**Operador:** *Agora tem ar-condicionado e aquecedor [risos]...época do frio né!*

**Ergonomista:** *E a poltrona?*

**Operador:** *A poltrona agora deita (Figura 4-38)... dá para descansar no almoço [risos].*

*Agora tem várias regulagens, do encosto, da altura (Figura 4-38).*



**Figura 4-38:** Regulagens da poltrona.

**Operador:** *Ah! E tem outra, agora a poltrona vira... eu consigo trabalhar com ela virada (Figura 4-39).*



**Figura 4-39:** Rotação da poltrona.

**Ergonomista:** *Eu lembro que você tinha comentado sobre a limpeza dos vidros.*

**Operador:** *É então, para o lado de dentro não tem mais sujeira, o problema agora é a limpeza para o lado de fora. Mas a cabine melhorou muito, hoje eu prefiro trabalhar aqui, tem vezes que eu nem desço.*

**Ergonomista:** *Só para almoçar e banheiro?*

**Operador:** *Só para o banheiro, porque o lanche a gente trás.*

**Ergonomista:** *E a questão do reflexo?*

**Operador:** *O reflexo é mais quanto está escurecendo e a noite, mas é bem pouquinho. A iluminação ainda não está correta... hoje são quatro refletores, mas o certo seria oito refletores.*

**Ergonomista:** *E a questão de vapor no vidro?*

**Operador:** *Não, o que eu estava reclamando era o limpador, porque o limpador é muito pequenininho. Porque é um vidro muito grande e um limpador muito pequeno, só isso. Esse limpador não é para chuva, é mais para o vapor. Praticamente agora, tudo maravilha!*

**Ergonomista:** *Como sugestão para uma outra cabine, o que você sugeriria?*

**Operador:** *A manete no caso né, essa manete ainda não está ideal [operador demonstra comando de homem morto] este manete ainda está machucando muito a mão [operador aponta para o punho] (Figura 4-40), e o limpador e iluminação.*



**Figura 4-40:** Operador apontando para o punho, onde sente dor.

**Ergonomista:** *A iluminação no caso é a de fora, né?*

**Operador:** *Isso, porque hoje são quatro refletores e deveriam ser oito.*

Por meio da participação do processo de projeto da cabine da ponte rolante, foi possível constatar que a ergonomia tem sido tratada com maior ênfase por algumas indústrias petrolíferas, que trabalham no sentido de prevenir os riscos ocupacionais e propiciar uma melhor qualidade de vida a seus trabalhadores.

Porém, é necessário destacar que muito dessa preocupação não está relacionada diretamente ao bem estar de seus trabalhadores, mas sim ao atendimento de normas e legislações, que se tornaram mais rígidas e exigentes, além dos próprios padrões corporativos da empresa.

Independente do objetivo almejado com a inserção da ergonomia nessas indústrias, o que se observa é uma expansão da ergonômica, mesmo que tímida e algumas vezes controversa quanto aos conceitos adotados no seu desenvolvimento.

Em especial, a empresa utilizada no estudo de caso desse trabalho tem desenvolvido, desde o ano 2006, programas direcionados à inserção e à disseminação da ergonomia nas suas refinarias. Nessa empresa, os programas têm se constituído com base em padrões corporativos, que possuem em seu cerne a estruturação de equipes de ergonomia internas às refinarias e o estabelecimento de diretrizes quanto às ações a serem desenvolvidas por essas unidades.

A reflexão que fazemos quanto aos padrões é que, apesar de sua importância, os mesmos devem ser entendidos apenas como norteadores do desenvolvimento da ergonomia nessas unidades, portanto, cabem às refinarias a estruturação das equipes de ergonomia e o desenvolvimento de suas ações.

Essa atribuição não deve ser entendida como uma tarefa fácil, uma vez que, conforme se pôde constatar no processo de projeto da cabine, o reconhecimento da ergonomia ainda é exíguo entre os profissionais ligados à indústria de refino.

Com base nessa constatação, algumas refinarias têm optado pela contratação de especialistas externos em ergonomia, como forma de auxiliar na estruturação e na difusão dos programas em suas unidades.

É importante observar que, tais profissionais contratados para atuar como difusores dos conhecimentos da ergonomia apresentam-se cada vez mais como os principais executores e responsáveis pela operacionalização dos programas de ergonomia nas unidades.

Esse fato cria uma dependência das refinarias quanto aos especialistas, o que dificulta a disseminação de conhecimentos internos a essas organizações, uma vez que a participação dos petroleiros<sup>23</sup> é limitada. Essa limitação está relacionada ao fato dos petroleiros, direcionados à atuar na ergonomia, não desenvolverem suas atividades exclusivamente nessa área, mas em paralelo a outras, como segurança industrial (técnicos de segurança), saúde ocupacional, higiene, engenharia, entre outras. – e que tendem a ser priorizadas, em detrimento da ergonomia.

Portanto, a ergonomia vem construindo seu espaço na indústria de refino, mas com a necessidade de repensar o seu papel no interior dessas organizações e a forma como ela vem se desenvolvendo, de modo a não se afastar da sua essência.

Especificamente, refletindo sobre a participação dos ergonomistas no processo de projeto da cabine, é possível considerá-la limitada devido à ocorrência de vários constrangimentos, dentre os principais:

- A ausência dos especialistas na refinaria durante alguns dias da semana – o convênio entre a refinaria e a equipe previa o cumprimento de 16 horas/semanais de trabalho, ou seja, dois dias por semana, para cada especialista;
- O reconhecimento dos envolvidos no projeto acerca da importância da ergonomia;
- A definição de prazos e metas que não contemplaram as necessidades dos ergonomistas;
- Estruturação equivocada da participação da equipe de ergonomia no projeto da cabine.

Sendo assim, uma das questões que impactou no processo de projeto da cabine foi a ausência da equipe de ergonomia em algumas decisões do projeto. Isso ocorreu

---

<sup>23</sup> Empregados próprios das refinarias.

principalmente devido à representação da ergonomia ficar exclusivamente a cargo dos especialistas contratados, que não se faziam presentes na refinaria todos os dias da semana.

Compreende-se, portanto, que tal deficiência poderia ser minimizada com a participação no projeto de ergonomistas internos à refinaria (empregados próprios). Tais empregados ainda poderiam colaborar com o processo de negociação dos projetos, facilitando a inserção da ergonomia no desenvolvimento destes.

Em particular, no projeto da cabine da ponte rolante, a negociação das questões ergonômicas se deu unicamente pelos especialistas, o que acarretou em algumas dificuldades para o desenvolvimento de certas atividades, entre elas a realização de reuniões.

Outra questão observada refere-se ao trato diferenciado dado à ergonomia pelas áreas de conhecimentos na refinaria, pois, enquanto a área de Saúde Ocupacional entende a relevância da disciplina no seu desenvolvimento, a Engenharia a visualiza com restrições, uma vez que o reconhecimento sobre os benefícios causados pela inserção da disciplina nos projetos ainda é limitado.

A dificuldade na participação da ergonomia também está presente nas definições de metas e prazos para a realização das intervenções. De um lado, o que se observa são planejamentos que nem sempre consideram as complexidades envolvidas nas intervenções ergonômicas, por outro, prazos que não atendem às necessidades da disciplina, sendo esta comumente desconsiderada pelos cronogramas de projeto.

No projeto da cabine, a falta de consideração das necessidades do operador pôde ser observada na definição de algumas questões técnicas do projeto, em especial o comando de “homem morto” e a adaptação dos manetes. O que se constatou foi que, apesar das considerações terem sido apresentadas pelos ergonomistas aos participantes do projeto, essas não puderam ser contempladas devido à fatores como a não previsão em contrato dessas alterações, o que acarretaria em aumento de gastos com o projeto e, possivelmente, atrasaria o cronograma do mesmo.

Isso fez com que justificativas quanto à impossibilidade das modificações fossem aceitas pelos participantes, com exceção dos ergonomistas, sem ao menos permitir a avaliação de outras soluções possíveis.

Outro fato que merece destaque no processo de projeto da cabine foi a estruturação dos participantes da intervenção. O que se constatou no projeto foi que, mesmo com a existência de uma estrutura formal, definindo a interação da ergonomia junto aos diferentes atores no processo de concepção, se observou o não seguimento da estruturação, uma vez que os participantes tinham acesso direto ao coordenador do projeto, fazendo com

que houvesse uma estrutura informal, pela qual as decisões nem sempre contemplavam a participação da equipe de ergonomia.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado no capítulo introdutório, a principal hipótese deste trabalho é considerar os ambientes de simulação como ferramenta de contribuição para a inserção e participação da disciplina ergonomia no processo de concepção dos espaços de trabalhos.

Pode-se dizer que dentre as questões consideradas relevantes neste trabalho, a forma como a ergonomia participou no processo de projeto, que visava a modernização da cabine da ponte rolante, deve ser destacada, com o objetivo de compreender os desafios para a contribuição da disciplina na indústria de processo contínuo.

As situações de simulação especificamente desenvolvidas em uma unidade de refino de petróleo, com as devidas implicações para a teoria e para a prática, são consideradas como objeto de reflexão e discussão neste capítulo. Desta forma, procura-se a compreensão e relevância do uso da situação de simulação na construção sócio-técnica dos projetos. Conclui-se, assim, o capítulo com as limitações observadas no desenvolvimento deste trabalho, assim como com proposições de trabalhos futuros.

### 5.1 A questão e objeto de pesquisa

O presente trabalho propôs-se a responder a seguinte questão de pesquisa:

**Quais são as condições necessárias para a realização de uma simulação em ergonomia?**

Com base na questão proposta e no contexto no qual a pesquisa foi inserida, o objetivo principal desta dissertação, como já apresentado no capítulo inicial, é:

**Discutir a inserção da ergonomia e o desenvolvimento de simulações, que sirvam como suporte para a confrontação dos diferentes mundos objetos<sup>24</sup> no processo de concepção de uma cabine de ponte rolante, em uma unidade de refino de petróleo.**

A abordagem de pesquisa foi baseada na hipótese de que os ambientes de simulação podem contribuir para a participação efetiva da disciplina de ergonomia, em conjunto com as disciplinas tradicionais.

---

<sup>24</sup> Neste trabalho, consideraremos o termo “mundo objeto” como: o domínio do conhecimento, ação e artefato com os quais os participantes de engenharia projetam, se movimentam e vivem, quando trabalham em qualquer aspecto específico, parte ambiental, subsistema, ou sub-função do todo (BUCCIARELLI, 1994).

Os objetivos específicos definidos são: a compreensão da participação da ergonomia no processo de concepção de uma cabine de ponte rolante; a apresentação do desenvolvimento de cenários e de ambientes de simulação contextualizados pela perspectiva da ergonomia; e a discussão sobre a atuação da ergonomia de concepção para os projetos de novos espaços de trabalhos, no contexto específico na indústria refinadora de petróleo.

Para o cumprimento destes objetivos foi definido como método de pesquisa *a reflexão sobre um estudo de caso*, em que se envolveu a concepção de uma cabine de ponte rolante em uma unidade de processamento de uma refinaria. Neste contexto, o referencial teórico está relacionado à ergonomia e projeto, e posteriormente, à utilização de ambientes de simulação em processos de concepção de situações produtivas.

Destaca-se da revisão bibliográfica um conjunto de autores que abordam a temática da ergonomia da atividade e a utilização de cenários e situações de simulação como suporte ao processo de projeto (BÉGUIN e WEILL-FASSINA, 2002; BÉGUIN, 2007; DANIELLOU, 2007a; DANIELLOU, 2007b; MALINE, 1994; MENEGON, 2003; BRAATZ, 2009; DUARTE, 2002).

Para Béguin (2007) a simulação pode ocorrer através de uma diversidade de suportes, como plantas e esquemas que utilizam o grafismo técnico, maquetes físicas ou virtuais, protótipos ou simuladores em escala real. O mesmo autor também afirma que tais simulações utilizam-se de três estratégias bem distintas: materialização da tarefa; “simulação linguageira” (onde a simulação é dita em vez de materializada); e, por fim, a modelização da atividade pelo ergonomista.

Pela mesma linha de raciocínio, Daniellou (2007a) entende que são esses suportes que definiram a organização das simulações. Sendo assim, as simulações poderão ser estruturadas a partir de suportes como protótipos, maquetes em tamanho natural, plantas ou maquetes em escala reduzidas. A diferença no modo de uso dos suportes está na realização das simulações, que podem variar de simulação experimental à “simulações linguageira”.

No estudo de caso desenvolvido neste trabalho, utilizou-se dos diferentes suportes apresentados pelos autores acima, havendo uma variação desde os *croquis* às maquetes digitais. Quanto aos *croquis*, destaca-se seu uso na realização das situações de simulação para a elaboração dos primeiros conceitos *cabine* e *poltrona*.

A esse momento enfatiza-se o desenvolvimento da “simulação linguageira”, tendo esta como base a explanação das atividades desenvolvidas pelo operador da ponte rolante e as propostas de conceito. Salienta-se ainda, o cuidado dado para a realização da “simulação linguageira” sendo, pois, realizada, obedecendo à descrição cronológica dos

modos operatórios desenvolvidos pelo operador da cabine, a continuidade cognitiva e a compatibilidade com as propriedades do ser humano (DANIELLOU, 2007a).

Quanto ao uso das maquetes digitais, se evidencia o início da modelização da atividade desenvolvida pelo operador (BÉGUIN, 2007), a qual foi concretizada a partir dos manequins humanos digitais, que deram origem às simulações.

Destaca-se ainda a realização das situações de simulação (BÉGUIN e WEILL-FASSINA, 2002), apresentando, como principal acontecimento, a discussão quanto aos futuros constrangimentos a serem vivenciados pelo operador em sua nova situação de trabalho.

Neste sentido, buscou-se a todo instante a reprodução - por intermédio de situações de simulação - das principais características observadas em uma situação real, de modo que a mesma pudesse ser viabilizada por uma troca de conhecimentos entre os atores do processo de projeto.

## **5.2 Conclusões acerca da questão e do objetivo de pesquisa**

Como conclusão acerca da questão de pesquisa, é possível afirmar, de modo geral, que para a realização de uma simulação em ergonomia algumas condições são necessárias como: a efetiva participação dos operadores durante o processo de desenvolvimento do projeto; o conhecimento das atividades realizadas pelos operadores para desenvolverem seu trabalho e os seus constrangimentos; o conhecimento das ferramentas que serão utilizadas como apoio para a construção dos modelos e cenários; e o conhecimento básico, pelos participantes do projeto, sobre a ergonomia.

No desenvolvimento do projeto da cabine, observou-se a existência de diferentes formas de representação da ergonomia enquanto disciplina atuante no processo de projeto, o que dificultou sua participação. Para alguns dos participantes do projeto a atuação da ergonomia resumia-se a dados antropométricos e fatores ambientais (iluminosidade, temperatura, ruído, etc.) e não como disciplina detentora de conhecimentos da situação de trabalho, que tem como objetivo minimizar os constrangimentos que a nova situação de trabalho pode acarretar ao trabalhador.

Quanto aos constrangimentos, o seu reconhecimento não significa dizer que serão considerados, pois conforme pode ser observado no referencial teórico da pesquisa e no estudo realizado, os projetos são constituídos por diferentes lógicas e interesses, que nem sempre atendem às necessidades dos trabalhadores.

Pode-se concluir ainda quanto a necessidade da efetiva participação dos operadores durante o desenvolvimento dos projetos, independente de seu posicionamento perante a organização, seja ele terceirizado ou empregado próprio.

Independente das dificuldades encontradas, os modelos, cenários e as situações de simulação parecem ser meios ideais para incorporação da disciplina de ergonomia no processo de projeto das indústrias de refino, visto que criam a condição de representação e antecipação dos ambientes a serem projetados e vivenciados pelo futuro corpo técnico de operação.

### **5.3 Implicações para a teoria e prática**

Analisando o referencial teórico e o estudo de caso desenvolvido, é possível observar a existência de implicações de caráter teórico e prático. A principal implicação teórica refere-se à carência de modelos que representem especificamente a elaboração de cenários e a sua interação com as situações de simulação.

Observa-se a existência de diferentes abordagens que consideram a ergonomia como disciplina atuante no processo de projeto, tendo em seu cerne o desenvolvimento de simulações suportadas por cenários.

Como apresentado na abordagem defendida por Garrigou (1995), a elaboração dos cenários é considerada como uma atividade a ser realizada a partir da análise da situação de referência, que ocorre em momentos distinto às situações de simulação e ao uso de suportes como maquetes, protótipos e plantas.

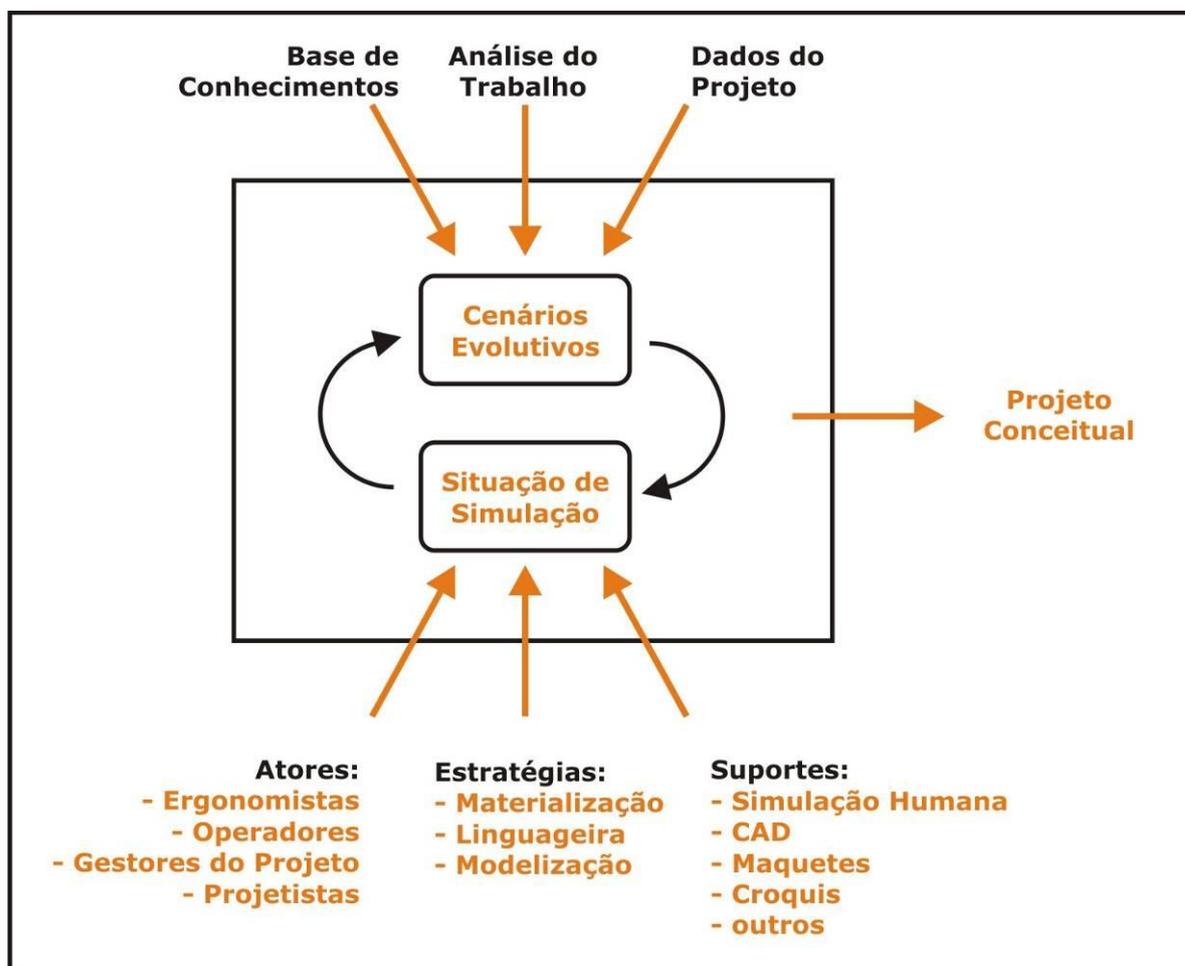
Pela perspectiva de Maline (1994), os cenários são considerados como algo estruturado por situações de ações características que, por sua vez, são constituídas de biblioteca de situações, análises do trabalho e dados do projeto. Os cenários, então, são relacionados às simulações, as quais produzem os prognósticos. Para o autor, é na simulação que ocorrem o uso de suportes de simulação e a participação dos atores do projeto.

Avaliando as abordagens apresentadas é possível observar que os autores distinguem a elaboração dos cenários dos suportes de simulação como também das situações de simulação.

Porém, o que se observou no trabalho desenvolvido nesta dissertação é que os suportes são intrínsecos ao desenvolvimento dos cenários, os quais devem ser caracterizados

como evolutivos, na medida em que incorporam os conhecimentos gerados pelos diferentes atores durante as situações de simulação.

Nesse sentido, na **Figura 0-1** é apresentada uma proposta integradora, onde o desenvolvimento de *Cenários Evolutivos* relaciona-se com as *Situações de Simulação*.



**Figura 0-1:** Articulação metodológica para desenvolvimento de cenários.

Desta forma, acredita-se que a construção de um Cenário pode ocorrer com o auxílio de diferentes Suportes de simulação, Estratégias e Atores, compondo assim as Situações de Simulação. Por outro lado, também são considerados neste processo a Base de Conhecimentos, a Análise do Trabalho e os Dados do Projeto.

Por *Base de Conhecimentos*, compreende-se o acúmulo de referências derivadas das experiências projetuais e dos estudos de ergonomia na indústria.

A *Análise do Trabalho* pode ser realizada através da Análise Ergonômica do Trabalho (para situações existentes) ou através da Análise de Situações de Referência (Abordagem da Atividade Futura) para novos empreendimentos.

Os *Dados do Projeto* são informações que devem nortear o desenvolvimento do processo e incluem informações técnicas, econômicas e organizacionais.

Os *Atores* são todos os que contribuem para o processo de projeto, incluindo os ergonomistas, gestores do projeto (coordenadores), representantes das empresas contratadas para desenvolvimento e fabricação de equipamentos e principalmente, os operadores que detêm o conhecimento da prática das situações de trabalho sob projeto.

As *Estratégias* de simulação são formas importantes de confrontar a atividade do operador ao modelo da tarefa (BÉGUIN, 2007). A estratégia de *Materialização* busca materializar fisicamente alguns elementos da tarefa (através de maquetes e protótipos, por exemplo) e colocam em prática a atividade a ser analisada pelo ergonomista.

Na estratégia de simulação *Linguageira* a atividade é dita (narrada) ao invés de realizada, isto é, descrita oralmente pelos atores que se imaginam na situação. A última estratégia, *Modelização*, busca a representação da atividade através de modelos (que substituem os usuários por modelos cognitivos e/ou inteligência artificial).

E, por fim, os *Suportes*, que podem apresentar diversas formas, como plantas e croquis, ferramentas CAD, maquetes físicas ou virtuais, softwares de simulação humana, protótipos ou simuladores em escala real.

Outra distinção que pode ser colocada em questão quanto às abordagens citadas anteriormente é o resultado do processo. Em ambas o resultado é o prognóstico da situação, que atua como referência para a tomada de decisão. Na abordagem proposta, o resultado é um *Projeto Conceitual* que futuramente deverá ser detalhado por especialistas das diversas áreas envolvidas.

Quanto às implicações práticas, as diferentes situações de simulação desenvolvidas ao longo do processo possibilitaram reflexões úteis para o desenvolvimento de processos de projetos com características análogas.

Tais implicações podem ser sintetizadas através dos seguintes apontamentos:

- A existência de uma equipe própria de ergonomia nas empresas é de fundamental importância, independente da atuação de especialistas externos (consultores, por exemplo). Tal equipe deve ser multidisciplinar, com dedicação integral e contar com orçamento anual próprio. O conhecimento e acesso aos diferentes suportes de simulação também se fazem necessários;
- O posicionamento da ergonomia situada tanto no interior da organização como, conseqüentemente, dentro dos processos de projeto,

necessita de um destaque maior, não ficando como coadjuvante nos processo de tomada de decisão;

- A estruturação das situações de simulação deve ocorrer dentro das empresas, de forma que seja garantida a existência dos suportes de simulação (com pessoal treinado), a definição clara da estratégia a ser abordada e, por fim, o incentivo da participação dos atores nesse processo, principalmente os operadores, que atuam (ou atuarão) nos sistemas produtivos sob fase de projeção.

#### **5.4 Limitações e pesquisas posteriores**

É importante salientar que este trabalho apresenta um projeto singular, e na medida do possível, é generalizado a outras intervenções. Visto que a participação da ergonomia foi apoiada em padrões instaurados pelo corporativo da empresa, outras refinarias podem fazer uso desse trabalho como base para o desenvolvimento dos projetos envolvendo a ergonomia. Por outro lado, alerta-se ainda para o fato de que o trabalho, por ser desenvolvido em uma indústria de refino de petróleo, a qual possui particularidades inerentes a seu processo produtivo - apresentando como principal característica a continuidade e a periculosidade do produto processado - possui certas limitações para aplicabilidade em outros contextos.

No que concerne à indústria de refino brasileira, destaca-se a forte presença de empresas externas a ela. Isso faz surgir possibilidades quanto à continuidade de estudos para a compreensão da relação entre ergonomistas e projetistas em um contexto envolvendo indústrias prestadoras de serviço.

No que tange à generalização quanto ao trabalho desenvolvido nesta dissertação, observa-se a necessidade de um número maior de estudos e aplicações, a fim de produzir ou concretizar modelos que permitam o melhor entendimento e envolvimento da ergonomia no processo de concepção.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J. I; PINHO, D. L. M. Teoria e prática ergonômica: Seus limites e possibilidades. In: PAZ, M. G. T. da e TAMAYO, A. (Org.), **Escola, saúde e trabalho: estudos psicológicos**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1999. p. 229-239.
- ABRAHÃO, J. I; PINHO, D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teóricometodológicos da Ergonomia. **Estudos de Psicologia**, 7(edição especial), 2002. p. 45-52.
- ACCIOLY, M, I. A simulação tecnológica e o Jogo da subjetividade contemporânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 28, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2005/resumos/R0148-1.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2009.
- ACCIOLY, M, I. Táticas da cognição: a simulação e o efeito de real. **Rev. Ciência & Cognição**, v. 09, n.1, p. 56-63, 2006. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v09/m346119.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2009.
- ART. LEBEDEV STUDIO. **Making of Optim Crane cab for fram and bridge cranes**. Disponível em:< <http://www.artlebedev.com/everything/optim-crane/process/>>. Acessado em: 10 Ago. 2010.
- BÉGUIN, P.; WEILL-FASSINA, A. Da simulação das situações de trabalho à situação de simulação. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002. p.34-63.
- BÉGUIN, P. O ergonomista, ator da concepção. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p.317-330.
- BELLEMARE, M. et al., Les apports de l'ergonomie participative dans le cadre de projets industriels ou architecturaux. **Rev. Relations industrielles**, v. 50, n. 4, p. 768-788, 1995. Disponível em: < <http://www.erudit.org/revue/RI/1995/v50/n4/051053ar.pdf> >. Acesso em: 26 jan. 2009.
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. Métodos de Pesquisa na Engenharia de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Niterói: UFF/ABEPRO, 1998. CD-ROM.
- BONELLI, R. A reestruturação industrial brasileira nos anos 90: reação empresarial e mercado de trabalho. In: POSTHUMA, A. C. (org.), **Abertura e ajuste do mercado de trabalho no Brasil**: políticas para conciliar os desafios de emprego e competitividade. Brasília: OIT e TEM. 1999.
- BRAATZ, D. et al. Aplicação de dados antropométricos bidimensionais na construção de manequins humanos tridimensionais. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA, 12, 2002, Recife. **Anais...** Recife: ABERGO, 2002. CD-ROM.

BRAATZ, D. et al. Avaliação da aplicação de modelagem e simulação humana em projetos de postos de trabalho em estudo ergonômicos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA, 14, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABERGO, 2006. CD-ROM.

BRAATZ, D. **Análise da aplicação de ferramenta computacional de modelagem e simulação humana no projeto de situações produtivas.** 2009. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - PPGEP/DEP, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2009.

BROBERG, O. Integrating Ergonomics Into Engineering: Empirical Evidence and Implications for the Ergonomists. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 17, n. 4, p. 353–366, 2007. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hfm.20081/abstract> >. Acesso em: 10 fev. 2011.

BROBERG, O. et al. Participatory ergonomics in design processes: The role of boundary objects. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 3, p. 464-472, 2011.

BUCCIARELLI, L. **Designing engineers.** Massachusetts: MIT press, 1996. 230 p.

CASTRO, S. I. **A capitalização da experiência do uso do ambiente construído:** contribuições da Avaliação Pós-Ocupação e da Análise Ergonômica do Trabalho - Estudo de caso realizado em um Hospital-dia VIH. 2010. 376 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CAUCHICK, P. A. M. et al. Adoção do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p.129-143.

CONCEIÇÃO, C, S da. **A Prática de Projeto:** O Caso de um Centro de Controle. 2007. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

COSTA, M.A.B. **Um modelo baseado em conhecimento para simular rebanhos de bovinos de corte.** Campinas, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, UNICAMP, Campinas, 2004.

DANIELLOU, F; GARRIGOU, A. Human factors in design: sociotechnics or ergonomics. In: HELANDER, M.; NAGAMACHI, M. **Design for Manufacturability.** London: Taylor & Francis, 1992. p. 55-63.

DANIELLOU, F.; NAËL, M. **Ergonomie.** Paris: Hygiène et sécurité du travail, 2000.

DANIELLOU, F. Métodos em ergonomia de concepção: A análise de situações de referência e a simulação do trabalho. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro: Lucerna, 2002a. p.22-28.

DANIELLOU, F. A análise da atividade futura e a concepção de instalações externas. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro: Lucerna, 2002b. p.75-83.

DANIELLOU, F. e BÉGUIN, P. Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 281-301.

DANIELLOU, F. A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007a. p.303-316.

DANIELLOU, F. Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. **Rev. @ctivités**, v. 4, n. 2, 2007, p. 77-83. 2007b. Disponível em: <<http://www.activites.org/v4n2/Daniellou-FR.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2009.

DEJOURS, C., 1996, Épstémologie concrète et ergonomie. In: DANIELLOU, F. (Ed.) *L'ergonomie en quête de ses principes*. Octares Editions, 1996, p. 201-220.

DUARTE, F., **A Análise Ergonômica do Trabalho e a Determinação de Efetivos**: estudo da modernização tecnológica de uma refinaria de petróleo no Brasil. 1994. 144 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

DUARTE, F. **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: COPPE: Lucerna, 2002. 312 p.

DUARTE, F.; SANTOS, P. A configuração das telas de sistemas digitais de controle de processo. In: DUARTE, F. (Org.) **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: COPPE: Lucerna, 2002. p. 187-198.

DUARTE, F.; CORDEIRO, C. A centralização e integração de salas de controle na indústria petroquímica. In: DUARTE, F. (Org.) **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: COPPE: Lucerna, 2002. p. 216-226.

DUARTE, F. et al. A integração das necessidades de usuários e projetistas como fonte de inovação para o projecto. **Laboreal**, v. 4, n. 2, 2008, p. 62-73.

DUARTE, N. Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Luria). **Educ. Soc.**, Campinas, v. 24, n. 83, p. 601-625, agosto 2003. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-73302003000200015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302003000200015&lng=en&nrm=iso)> Acesso em: 15 ago. 2010.

ERGO&AÇÃO. **Fundamentos de ergonomia**. São Carlos: UFSCar/DEP, 2003. 32 p. Disponível em: <<http://www.simucad.dep.ufscar.br>>. Acessado em: 14 jun. 2010.

FALZON, P. Natureza, objetivo e conhecimentos da ergonomia. In:\_\_\_\_\_ (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 03-19.

FARIA, J.I.L.; CASAGRANDE, L.D.R. A educação para o século XXI e a formação do professor reflexivo na enfermagem. **Rev. Latino-am Enfermagem** v. 12, n. 5, 2004, p. 821-827. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rlae/v12n5/v12n5a17.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2010.

FEYEN, R. et al. Computer-aided ergonomics: a case study of incorporating ergonomics analyses into workplace design. **Applied ergonomics**, v. 31, n. 3, p. 291-300, 2000.

FERREIRA, L. L.; IGUTI, A. M. **O trabalho dos Petroleiros: perigoso, complexo, contínuo e coletivo**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2003. 157p.

FERREIRA, M.C. A Ergonomia da Atividade se Interessa pela Qualidade de Vida no Trabalho? Reflexões Empíricas e Teóricas. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, v. 11, p. 83-99, 2008. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cpst/v11n1/a07v11n1.pdf>>. Acessado em: 26 mar. 2009.

FONTES, A. R. M. et al. Projeto de guichê de atendimento contextualizado pela análise ergonômica do trabalho. **GEPROS**, v. 2, p.111-124, 2006.

GARRIGOU, A. et al. Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 15, n. 5, p. 311–327, 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V31-3Y5FNJM-7/2/c8861a568921117db3421fdb46dba7c6>> . Acessado em: 26 mar. 2009.

GARRIGOU, A. et al. Contribution et démarche de l’ergonomie dans les processus de conception. **Pistes**, Montreal, v.3, n.2, 2001. Disponível em: <<http://www.pistes.uqam.ca>> . Acessado em: 01 jul. 2008.

GROTTKE, O. et al. Virtual reality-based simulator for training in regional anesthesia. **Journal of Anaesthesia**, British, v.103, n. 4, p. 594–600, 2009. Disponível em: <<http://bjaoxfordjournals.org/content/103/4/594>>. Acessado em: 26 mar 2009.

GROSJEAN, J.C.; NEBOIT, M. Ergonomie et prevention en conception des situations de travail. **Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail**, v.179, 2 trimestre 2000

GUÉRIN, F. et al. **Comprender o trabalho para transformá-lo: A prática da Ergonomia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher – Fundação Vanzolini, 2001. 200 p.

HAGBERG et al. **Word Related Musculoskeletal Disorders (WRMD): A reference book of prevention**. Taylor & Francis, 1995. 421p.

HUBKA, V.; EDER, E. **Design science: introduction to the needs, scope and organization of engineering design**. London: Springer, 1996. 251 p.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION - IEA. **What is ergonomics?** Disponível em: <<http://www.iea.cc/>>. Acesso em: 05 nov. 2009.

JACKSON, M. A participação dos Ergonomistas nos projetos industriais. **Produção**, São Paulo: n. especial, p. 61-70, 2000.

KOSAK, J.J. et al.: “Transfer of training from virtual reality”, **Ergonomics**, pp. 777-784, vol. 36, n. 7, 1993.

LAMONDE, F. et all. La mémoire de projet: véhicule d’intégration de l’ergonomie et de la SST à la conception? **Pistes**, v.2, n.3, 2001. Disponível em: <<http://www.unites.uqam.ca/pistes/v3n2/articles/v3n2a1.htm>>. Acesso em: 07 dez.2010.

LAVILLE, A. Referência para uma história da ergonomia francófona. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 21-32, 2007.

LIMA, F; A ergonomia como instrumento de segurança e melhoria das condições de trabalho. I Simpósio Brasileiro sobre Ergonomia e Segurança do Trabalho Florestal e Agrícola (ERGOFLOR), Belo Horizonte/Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/FUNDACENTRO, p. 1-11, 2000.

LIMA, F.P. A.; RESENDE, A. E.; VASCONCELOS, R. C. Condicionantes sociais do projeto de instrumentos de trabalho: o caso de uma bancada de inspeção. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 529-544, 2009.

MALINE, J. **Simuler le travail: une aide à la conduit de projet**. Montrouge: Edições ANACT, 1994. 156 p.

MARTIN, C. **Maîtrise d’Ouvrage Maîtrise d’Oeuvre: Construire un Vrai Dialogue – La Contribution de l’Ergonome à la Conduite de Projet Architectural**. 1 ed. Toulouse: Octarès Éditions, 2000. 228 p.

MARTIN, C.; BARADAT, D. La contribution de l’ergonome dans un projet de conception : une intervention sous conditions. In : Comptes rendus du congrès SELF-ACE 2001 – Les transformations du travail, enjeux pour l’ergonomie Proceedings of the SELF-ACE 2001 Conference – Ergonomics for changing work.

MÁSCULO, F. S. Ergonomia, higiene e segurança do trabalho. In: BATALHA, M. O. (Org.). **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 107-133.

MEIRELLES, M. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte & Ciência, 2001. 144 p.

MEISTER, D.; Simulation and modelling. In: **Evaluation of human work: a practical ergonomics methodology**. John Wilson & E. Nigel Corlet , 2ed, 1994. p. 202-228.

MENEGON, N. L. et al. Pesquisa Antropométrica Embraer. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA, 12, 2002, Recife. **Anais...** Recife: ABERGO, 2002. CD-ROM.

MENEGON, N. L.; CAMAROTTO, J. A.; MATUSITA, S. M. LER: Diagnóstico, Projeto e Implantação. **Revista Produto, Produção**, Porto Alegre v.2, n.2, p-44-55, 1998.

MENEGON, N. L. **Projeto de processos de trabalho: o caso da atividade do carteiro**. 2003. 259 p. Tese (Doutorado em Produto) - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

MENEGON, N. L. (Cord). **Termo de cooperação que entre si celebram a petróleo brasileiro s.a. e a universidade federal de são carlos para desenvolvimento e transferência de tecnologia de ergonomia através da fundação de apoio institucional ao desenvolvimento científico e tecnológico**. Cubatão, 2008.

MOURA, R. A.; **Equipamentos de movimentação e Armazenagem**. 5 ed. São Paulo: IMAM, 2000. (Série manual de logística; vol. 4)

NAYLOR, T. H. et al. **Técnicas de simulação em computadores**. Edmundo Emanuel Teixeira (Trad.). Petrópolis: Vozes, 1971. 402 p.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento, eficaz de produtos, métodos e aplicações.** Hans Andreas Werner (Trad); 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 412 p.

PIKAAR R.N. New Challenges: Ergonomics in Engineering Projects. In: PIKAAR, R.N; KONINGSVELD, E.A.P.; SETTELS, P.J.M. **Meeting Diversity in Ergonomics**, 1 ed. Oxford: Elsevier p. 29-64. 2007.

PUGH. The integrative enveloping culture, not a third culture. In:\_\_\_\_\_.**Creating innovative product using Total Design**, 1996.

ROGALSKI, J. Simulations: fonctionnalités ? Validités ? Approche sur le cas de la gestion d'environnements dynamiques ouverts. In: BÉGUIN e WEILL-FASSINA (Cord.). **La simulation em ergonomie: connaître, agir et interagir.** Toulouse: OCTARES Éditions, 1997. 136. p

SECCHIN, V. M. S. **Implicações da organização da produção e do trabalho na atividade dos montadores de montagem estrutural.** 2007. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - PPGE/DEP - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

SEIM, R.; BROBERG, O. Participatory workspace design: A new approach for ergonomists? **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 40, n. 1, p. 25-33, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V314XC3XV1/2/d595efe4917d9c1028b2980bed8a579c>. Acessado em: 26 mar. 2010.

SHÖN, D. A; **The reflective practitioner: how professionals think in action.** New York: Basic Books, 1983. 384. p.

TERSAC, G; MAGGI B. O trabalho e a abordagem ergonômica. In: DANIELLOU, F. (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos.** São Paulo: Edgard Blücher, 2004, p. 79-104.

THIBAUT, J. F. Contribuição da ergonomia em projetos de concepção e implantação de SDCD. In: DUARTE, F. (Org.) **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro: COPPE: Lucerna, 2002. p. 173-186.

TUMOLO, P, S. Reestruturação produtiva no Brasil: Um balanço crítico introdutório da produção bibliográfica. **Educ. Soc.**, Campinas, v.22, n.77, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010173302001000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010173302001000400005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06 feb. 2011.

VALKENBURG, R.; DORST, K. The Reflective Practice of Design Teams. **Design Studies**, v. 19, n. 3, p. 249-271, 1998. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2K-3VHWKHJ-2/2/cc754c3e6d1cc3e17360f3b9ae6e5a2f>>. Acesso em: 28 set. 2010.

VAN DAELE, A. Contribution de la simulation à l'étude de l'activité de l'opérateur en situation dynamique. In: BÉGUIN, P e WEILL-FASSINA, A. **La simulation en ergonomie: connaître, agir et interagir.** Toulouse: OCTARES Éditions, 1997. 136 p.

WISNER, A. Questões epistemológicas em ergonomia e em análise do trabalho. In: DANIELLOU, F. (Org.). **A ergonomia em busca de seus princípios**: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 30-53.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho**: textos selecionados de ergonomia. São Paulo: FUNDACENTRO, 1994. 191 p.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho**: ergonomia, método & técnica. Flora Maria Gomide Vezzà (Trad.). São Paulo: FTD, 1987. 189 p.

YIN, Robert K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001

## 7 APÊNDICE A

### *Ergonomic Workplace Analysis*

#### ***Espaço de Trabalho***

O espaço dentro da cabine é reduzido, o operador permanece sentado entre os dois gabinetes a uma distância que o obriga a movimentar constantemente o tronco (inclinações laterais) para manusear os manetes. Possui pouco espaço para a movimentação dos membros inferiores. A cabine não possui ar condicionado e no local existe um ventilador que foi adaptado. Alguns vidros estão quebrados, interferindo no isolamento da cabine e na proteção da saúde do operador.

#### ***Atividade Física Geral, Levantamento, Carregamento e Aplicação de Força***

Atividade Física Geral: O esforço físico do operador é para manter uma postura estática quando projeta o corpo para frente, a fim de visualizar a carga. A flexão de tronco e sua manutenção podem gerar dores na coluna devido à tensão constante nos músculos.

#### ***Posturas de Trabalho e Movimentos***

Pescoço - Ombro: O operador realiza flexão e extensão do pescoço para visualizar o processo fora da cabine e abdução dos ombros quando manuseia os manetes durante toda a jornada de trabalho, o que pode levá-lo a ter desde uma cervicalgia (dor na região cervical) até uma hérnia de disco cervical.

Costas: O operador realiza flexão e extensão do tronco para adequar sua visibilidade do processo, além de movimentos constantes de inclinação lateral do tronco. Algumas patologias associadas podem surgir ao longo do tempo, como lombalgias (dores nas costas), sobrecarga e fadiga nos músculos da coluna. As regiões lombares e torácicas devem estar apoiadas no encosto próprio da cadeira para evitar os constrangimentos que são prejudiciais à saúde do trabalhador.

Quadril - Pernas: O operador permanece na postura sentada durante toda a sua jornada de trabalho. A manutenção dessa postura pode agravar a pressão do peso do corpo sobre as tuberosidades isquiáticas, coxas, pelve e tronco, além de gerar desconforto ao operador. Isso leva à necessidade de mudança de posição, a qual é dificultada pela falta de espaço dentro da cabine. Tal situação pode causar dores, dormências, problemas circulatórios, desconforto e

constrangimento do músculo-esquelético.

**Cotovelo - Punho:** Os membros superiores ficam em constante esforço estático durante seu trabalho, devido à ausência de apoio para os braços. Para prevenir lesões, o ângulo entre braço e antebraço deve estar próximo de 90 graus.

**Punho - Mão:** Os punhos estão em movimentos contínuos, rápidos e com repetitividade. O excesso de flexão e extensão e o desvio radial e ulnar dos punhos estão presentes durante o manuseio dos manetes. Os movimentos abdução e adução dos dedos são muito exigidos com grande amplitude de movimento, tencionando as articulações falangeanas. Lesões nessas articulações causam sérios prejuízos funcionais para a mão.

**Pernas - Pés:** Existe pouco espaço para movimentação das pernas e pés dentro da cabine.

**Estabilidade Postural:** O operador se mantém sentado no decorrer do seu trabalho em uma cadeira sem regulagem. Tal situação obriga-o a tentar manter uma postura (postura estável) para realizar as suas tarefas. Em alguns momentos ele precisa projetar seu corpo para frente a fim de ter visibilidade do processo, e mais uma vez, existe a necessidade de manutenção postural.

### ***Cargas Cognitivas***

**Atenção e Vigilância:** O operador precisa estar constantemente atento ao processo, como observar o movimento da caçamba; se está no local correto e se a carga está segura; se existem pessoas próximas a fim de evitar acidentes. A atenção despendida para a atividade é muito alta.

### ***Cargas Organizacionais e Repetitividade***

**Conteúdo do Trabalho:** O ritmo de trabalho de um operador de cabine de ponte rolante é intenso. São oito horas contínuas, com poucas pausas para a realização das tarefas. Existe uma carga física e mental excessiva e pouco tempo para descanso.

**Regulação no Trabalho:** O processo (remoção do material descoqueado, empilhamento e abastecimento do silo, etc) é um trabalho contínuo, por isso os operadores fazem poucas pausas durante seu turno de trabalho. O tempo é reduzido, inclusive aquele despendido para as necessidades fisiológicas do operador. Ele não deixa a cabine nem no horário do almoço, alimenta-se ali mesmo com um lanche que traz de casa.

**Comunicação entre Trabalhadores e Contatos Pessoais:** Existe um isolamento durante toda a jornada de trabalho. A falta de contato com os outros colegas de trabalho faz com que o

operador da cabine sinta-se isolado das relações interpessoais.

***Risco de Acidente***

A cabine apresenta vidros quebrados deixando o operador exposto a agentes agressivos, pois durante o processo existe a eliminação de vapor e resíduo de coque.

Patologias respiratórias podem afetar a saúde do trabalhador devido à presença de partículas de vapor e poeira.

A cabine não apresenta freio, ficando restrita apenas ao uso do freio de emergência. O limpador não está em bom funcionamento, dificultando a visibilidade do operador.