

ANDRÉ LUIS TREVIZAN

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS RISCOS DE ACIDENTES EM
ESPAÇO CONFINADO EM UMA METALÚRGICA**

**SÃO PAULO
2010**

ANDRÉ LUIS TREVIZAN

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS RISCOS DE ACIDENTES EM
ESPAÇO CONFINADO EM UMA METALÚRGICA**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho.

**Área de Concentração:
Engenharia de Segurança do Trabalho.**

SÃO PAULO
2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a comunidade
interessada na melhoria das condições
de trabalho do nosso país.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por esta oportunidade na minha vida.

Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston, coordenador do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Agradeço aos professores do PECE, pela dedicação na elaboração deste curso.

Estendo os agradecimentos aos instrutores de ensino à distância, em especial a Renata e ao André, os quais me orientaram nos momentos de dúvida.

Agradeço à minha esposa Simone e filha Isabella, pela paciência nos momentos em que deixei de estar presente devido este trabalho.

Estendo o agradecimento a todos que de maneira direta ou indireta me ajudaram a concretizar este objetivo traçado há 14 anos.

“O ato de estudar não é um ato de consumir
idéias, mas de criá-las e recriá-las,...
o ato de estudar é no fundo uma postura
frente ao mundo.”

Paulo Freire

RESUMO

Os trabalhos em espaços confinados dentro da indústria metalúrgica continuam sendo vitais para manter o bom andamento do processo produtivo. Os espaços confinados neste tipo de indústria podem ser encontrados nas mais variadas formas, por exemplo: galeria de esgotos e águas pluviais; cisternas; tanques de ácidos e desengraxantes, tanques de pintura e os chamados porões de prensas. Os trabalhos executados em espaços confinados podem expor o trabalhador a diversos riscos. Estes riscos podem ter efeitos variados ao trabalhador, desde uma leve alteração da respiração até mesmo a morte. Este estudo de caso faz uso das ferramentas da Engenharia de Segurança do Trabalho, tais como a APR – Análise Prévia de Riscos e 5W1H, para levantar os riscos envolvidos durante a atividade de regulagem feita pelo operador no porão de uma determinada prensa, faz a análise de risco desta regulagem, recomenda ações e implementa um sistema de regulagem motorizado que além de aumentar a produtividade da máquina, evita a entrada do operador no porão, deixando o ambiente mais seguro para o trabalhador.

Palavras-chave: Engenharia. Engenharia de Segurança do Trabalho. Metalúrgica. Espaço confinado. Riscos de acidentes.

ABSTRACT

Works in confined spaces inside metallurgical industries remain vital to keep the good progress of the productive process. Confined spaces in this type of industry can be found in several forms, as for instance: sewage and pluvial waters galleries; cisterns; acids and degreasers tanks, paint tanks and the so-called press basements. Works performed in confined spaces can expose the worker to several risks. These risks can have several effects on workers, since a slight breathing alteration to death. These case study uses Occupational Safety Engineering tools, such as APR – Previous Risks Analysis and 5W1H, to assess the risks involved during the adjustment activity performed by the operator in the basement of a certain press, makes the risk analysis of this adjustment, recommends actions and implement a motorized adjustment system, which besides increasing the machine's productivity, prevents the operator from entering the basement, making the environment safer to the worker.

Keywords: Engineering. Occupational Safety Engineering. Metallurgy. Confined spaces. Risks of accidents.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Trabalhador na entrada de um local considerado como confinado.....	22
Figura 2 - Exemplos de espaços confinados.....	23
Figura 3 - Número de vítimas por acidentes em espaços confinados [entre 1980 e 1995] (total = 585 acidentes).....	25
Figura 4 - Acidentes em espaço confinado por tipo de risco.....	25
Figura 5 - Causas de mortes em espaços confinados [entre 1980 e 1989] (total = 670 casos).....	26
Figura 6 - Classificação das causas de mortes pela presença de gases em espaços confinados [entre 1980 e 1989] (total =373 casos)	27
Figura 7 - Esquema do processo metabólico	28
Figura 8 - Efeitos da deficiência de oxigênio no homem	32
Figura 9 - Classificação dos riscos respiratórios	33
Figura 10 - Triângulo do fogo	38
Figura 11 - As três possíveis misturas de uma substância inflamável genérica.....	39
Figura 12 - Modelo de sinalização proposto pela NR-33 – anexo I.....	46
Figura 13 - Exemplo de travamento	47
Figura 14 - Trava para múltiplos cadeados	48
Figura 15 - Aplicação do uso de etiqueta e cadeado em dispositivo elétrico	49
Figura 16 - Isolamento através de cones sinalizadores e fita de isolamento	50
Figura 17 - Oxi-explosímetro portátil – modelo GasAlert Micro Clip.....	51
Figura 18 - Trabalhador fazendo o monitoramento da atmosfera	52
Figura 19 - Uso do exaustor durante o serviço de solda.....	53
Figura 20 - Uso do insuflador em uma galeria	53
Figura 21 - Função dos trabalhadores	56
Figura 22 - Roda em aço de caminhão e seus componentes	57
Figura 23 - Processo esquemático de fabricação do disco	57
Figura 24 - Modelo do formulário de LPR utilizado pela empresa (preenchimento incompleto).....	59
Figura 25 - Prensa Erfurt – 1250 t.....	60
Figura 26 - Função da máquina no processo de fabricação de um disco	61

Figura 27 - Tipos de processos utilizados na fabricação de um disco	62
Figura 28 - Exemplo de ferramenta de corte.....	62
Figura 29 - Exemplo de ferramenta de estampagem.....	63
Figura 30 - Quantidade de ajustes x Quantidade de acessos ao porão.....	64
Figura 31 - Quantidade de acessos ao porão x PET emitida	65
Figura 32 - Operador dentro do porão.....	66
Figura 33 - Detalhes do processo de estampagem.....	67
Figura 34 - Operador fazendo a regulagem da porca	69
Figura 35 - Operador fazendo a medição da folga	70
Figura 36 - Disposição dos equipamentos dentro do porão.....	70
Figura 37 - Vaso de pressão da almofada	71
Figura 38 - Ligação pneumática esquemática do vaso de pressão da almofada.....	72
Figura 39 - Vaso de pressão do contrabalanço.....	72
Figura 40 - Esquema pneumático do vaso de pressão do cilindro de contrabalanço	73
Figura 41 - Luminária fluorescente dentro do porão	74
Figura 42 - Escada em madeira dentro do porão.....	74
Figura 43 - Material deixado dentro do porão	75
Figura 44 - Emendas expostas e luminária em péssimas condições.....	75
Figura 45 - Cabos desprotegidos	76
Figura 46 - Exemplo do formulário de APR utilizado (preenchimento incompleto) ...	77
Figura 47 - Operador fazendo o alívio da pressão pneumática do vaso de pressão da almofada	78
Figura 48 - Esquema pneumático do vaso de pressão da almofada em alívio	79
Figura 49 - Vista aérea da região de acesso ao porão da prensa.....	81
Figura 50 - Retirada da tampa de acesso ao porão da prensa	83
Figura 51 - Dimensões da entrada do espaço confinado	83
Figura 52 - Escada tipo marinheiro vista pelo lado de fora do porão	85
Figura 53 - Escada tipo marinheiro vista pelo lado de dentro do porão	86
Figura 54 - Altura do guarda corpo da escada tipo marinheiro x altura do trabalhador	86
Figura 55 - Detalhe do guarda corpo da escada tipo marinheiro	87
Figura 56 - Guarda corpo dificulta o resgate do acidentado.....	88
Figura 57 - Parte inferior da escada tipo marinheiro – dentro do porão	88
Figura 58 - Piso da plataforma em aço dentro do porão	91

Figura 59 - Operador fazendo a regulagem da porca em posição confortável.....	93
Figura 60 - Operador fazendo a medição com o uso da trena em posição confortável	94
Figura 61 - Operador retornando a pressão pneumática do vaso de pressão da almofada	102
Figura 62 - Esquema pneumático do vaso de pressão da almofada com pressão .	103
Figura 63 - Plano de ação - 5W1H.....	106
Figura 64 - Cartão de identificação e bloqueio.....	107
Figura 65 - Luminária de emergência.....	108
Figura 66 - Manômetro montado no vaso de pressão da almofada	109
Figura 67 - Válvula de segurança montado no vaso de pressão	110
Figura 68 - Detalhe da válvula de segurança.....	110
Figura 69 - Vaso de pressão da almofada - pintura em fase final	111
Figura 70 - Projeto final de motorização da regulagem das porcas da almofada... ..	113
Figura 71 - Peças do conjunto de motorização da regulagem das porcas da almofada	114
Figura 72 - Mecânico fazendo a fixação do conjunto da motorização das porcas da almofada	115
Figura 73 - Detalhe do conjunto de motorização das porcas da almofada em fase de montagem	115
Figura 74 - Operador fazendo a regulagem das porcas via teclado.....	117
Figura 75 - Vista da tela digital e do teclado de operação da máquina – regulagem das porcas.....	117
Figura 76 - Detalhe da tela digital de operação da máquina.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxas de metabolismo por atividade.....	29
Tabela 2 - Composição do ar atmosférico seco	29
Tabela 3 - Faixa de inflamabilidade e explosividade	40
Tabela 4 - Distribuição dos gases dentro do espaço confinado	41
Tabela 5 - Relação entre Limite de Tolerância e Limite de Percepção de Odor	42
Tabela 6 - Fabricação de rodas - diferenças entre a década de 80 e os tempos atuais.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.2 OBJETIVO	19
1.2 JUSTIFICATIVA.....	19
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 INTRODUÇÃO	20
2.2 BASE LEGAL	20
2.2.1 FORÇA DE LEI.....	21
2.3 DEFINIÇÃO DE ESPAÇOS CONFINADOS	21
2.4 LOCAIS OU EQUIPAMENTOS CONSIDERADOS ESPAÇOS CONFINADOS.	22
2.5 SETORES ECONÔMICOS QUE POSSUEM ESPAÇOS CONFINADOS	23
2.6 ATIVIDADES EXERCIDAS EM ESPAÇOS CONFINADOS.....	24
2.7 ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS	24
2.8 A DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO	27
2.8.1 O METABOLISMO DO HOMEM	27
2.8.2 COMPOSIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO SECO	29
2.8.3 CONCEITO DE PRESSÃO PARCIAL DE OXIGÊNIO.....	30
2.8.4 EFEITOS DA DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO NO HOMEM.....	31
2.8.5 CLASSIFICAÇÃO DA ATMOSFERA	32
2.8.6 MOTIVO DA DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO	35
2.9 CASOS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS	36
2.9.1 ACIDENTE EM ESPAÇO CONFINADO POR OXIDAÇÃO DE METAL.....	36
2.10 RISCOS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS – VISÃO GERAL ..	37
2.10.1 RISCOS DA ATMOSFERA EXISTENTE	37
2.10.1.1 Deslocamento do oxigênio – gás inerte ou asfixiante simples	37
2.10.1.2 Atmosfera inflamável.....	38
2.10.1.3 Gases tóxicos.....	40
2.10.2 RISCOS FÍSICOS	43
2.10.2.1 Engolfamento	43
2.10.3 RISCOS BIOLÓGICOS	43

2.10.4 OUTROS RISCOS	44
2.11 MEDIDAS DE PREVENÇÃO	45
2.11.1 ANTES DE INICIAR QUALQUER ATIVIDADE EM ESPAÇO CONFINADO.....	45
2.11.2 PERÍODO DO DIA PARA EXECUTAR OS TRABALHOS.....	45
2.11.3 SINALIZAÇÃO.....	46
2.11.4 BLOQUEIO E TRAVAMENTO DE EQUIPAMENTOS	46
2.11.5 LACRAMENTO.....	47
2.11.6 ETIQUETAGEM	48
2.11.7 A ABERTURA DO ACESSO AO ESPAÇO CONFINADO.....	49
2.11.8 AVALIAÇÃO DA ATMOSFERA	50
2.11.9 VENTILAÇÃO ARTIFICIAL	52
2.11.10 PERMISSÃO DE ENTRADA E TRABALHO – PET.....	54
2.11.11 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	55
2.11.12 FUNÇÃO DOS TRABALHADORES	55
2.11.13 TREINAMENTO	56
3 MATERIAIS E MÉTODOS	57
3.1 DESENVOLVIMENTO	57
3.2 A MÁQUINA	60
3.2.1 FUNÇÃO DA PRENSA DENTRO DO PROCESSO PRODUTIVO	61
3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM DISCO	61
3.3.1 O PROCESSO DE CORTE	62
3.3.2 O PROCESSO DE ESTAMPAGEM	63
3.4 QUANTIDADE DE AJUSTE NA MÁQUINA	63
3.5 COMPARAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE ACESSO AO PORÃO E PETS EMITIDAS	65
3.6 O PROCESSO DE ESTAMPAGEM NA FABRICAÇÃO DO DISCO	66
3.6.1 PROCESSO DE ESTAMPAGEM - DETALHES	66
3.6.1.1 Situação 1 - ferramenta com a matéria-prima, início da estampagem	67
3.6.1.2 Situação 2 - matéria-prima sendo estampada.....	68
3.6.1.3 Situação 3 - disco pronto, término da estampagem	68
3.7 A REGULAGEM DA PORCA DE REGULAGEM DA ALMOFADA.....	69
3.8 O AMBIENTE NO PORÃO DA PRENSA	70

3.9.5 ETAPA 05 – DESLOCAMENTO ATÉ A REGIÃO DAS PORCAS	91
3.9.5.1 Riscos	91
3.9.5.2 Formas de controle e prevenção.....	92
3.9.5.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	92
3.9.5.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	92
3.9.5.5 Referência	92
3.9.5.6 Recomendações	93
3.9.6 ETAPA 06 – REGULAR AS PORCAS	93
3.9.6.1 Riscos	94
3.9.6.2 Formas de controle e prevenção.....	94
3.9.6.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	95
3.9.6.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	95
3.9.6.5 Referência	95
3.9.6.6 Recomendações	95
3.9.7 ETAPA 07 – DESLOCAMENTO ATÉ A REGIÃO DA ESCADA TIPO MARINHEIRO.....	96
3.9.7.1 Riscos	96
3.9.7.2 Formas de controle e prevenção.....	96
3.9.7.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	96
3.9.7.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	97
3.9.7.5 Referência	97
3.9.7.6 Recomendações	97
3.9.8 ETAPA 08 – SUBIDA ATÉ O NÍVEL DO PISO DO PORÃO.....	97
3.9.8.1 Riscos	97
3.9.8.2 Formas de controle e prevenção.....	98
3.9.8.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	98
3.9.8.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	99
3.9.8.5 Referência	99
3.9.8.6 Recomendações	99
3.9.9 ETAPA 09 – FECHAMENTO DA TAMPA DE ACESSO AO PORÃO.....	99
3.9.9.1 Riscos	99
3.9.9.2 Formas de controle e prevenção.....	100
3.9.9.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	100
3.9.9.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	100
3.9.9.5 Referência	100

3.8.1 VASO DE PRESSÃO DA ALMOFADA	71
3.8.2 VASO DE PRESSÃO DO CONTRABALANÇO	72
3.8.3 ILUMINAÇÃO DO PORÃO DA PRENSA	73
3.8.4 ORGANIZAÇÃO DO AMBIENTE EM GERAL	74
3.9 ATIVIDADE DO OPERADOR DURANTE A REGULAGEM DAS PORCAS DA ALMOFADA E A ANÁLISE DE RISCOS	76
3.9.1 ETAPA 01 – ALÍVIO DA PRESSÃO PNEUMÁTICA DO VASO DE PRESSÃO DA ALMOFADA	78
3.9.1.1 Riscos	79
3.9.1.2 Formas de controle e prevenção.....	79
3.9.1.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	80
3.9.1.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	80
3.9.1.5 Referência.....	80
3.9.1.6 Recomendações	80
3.9.2 ETAPA 02 – LIBERAÇÃO DA ÁREA DE ACESSO A TAMPA DE ACESSO AO PORÃO.....	80
3.9.2.1 Riscos	81
3.9.2.2 Formas de controle e prevenção.....	81
3.9.2.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	82
3.9.2.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	82
3.9.2.5 Referência.....	82
3.9.2.6 Recomendações	82
3.9.3 ETAPA 03 – RETIRADA DA TAMPA DE ACESSO AO PORÃO	82
3.9.3.1 Riscos	83
3.9.3.2 Formas de controle e prevenção.....	84
3.9.3.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	84
3.9.3.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	84
3.9.3.5 Referência.....	84
3.9.3.6 Recomendações	85
3.9.4 ETAPA 04 – DESCIDA ATÉ O NÍVEL DO PISO DO PORÃO	85
3.9.4.1 Riscos	89
3.9.4.2 Formas de controle e prevenção.....	89
3.9.4.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	90
3.9.4.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	90
3.9.5.5 Referência	90
3.9.5.6 Recomendações	91

3.9.9.6 Recomendações	100
3.9.10 ETAPA 10 – LIBERAÇÃO DA ÁREA DE ACESSO A TAMPA DE ACESSO AO PORÃO....	101
3.9.10.1 Riscos	101
3.9.10.2 Formas de controle e prevenção.....	101
3.9.10.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	102
3.9.10.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	102
3.9.10.5 Referência.....	102
3.9.10.6 Recomendações	102
3.9.11 ETAPA 11 – RETORNO DA PRESSÃO PNEUMÁTICA DO VASO DE PRESSÃO DA ALMOFADA.....	102
3.9.11.1 Riscos	103
3.9.11.2 Formas de controle e prevenção.....	103
3.9.11.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	103
3.9.11.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC.....	104
3.9.11.5 Referência	104
3.9.11.6 Recomendações	104
3.10 PLANO DE AÇÃO – 5W1H	104
3.11 AÇÕES IMPLEMENTADAS.....	107
3.11.1 ESTUDO PARA MOTORIZAÇÃO DA REGULAGEM DAS PORCAS DA ALMOFADA.....	111
3.11.2 O PROJETO DE MOTORIZAÇÃO – CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	112
3.11.3 O PROJETO DE MOTORIZAÇÃO – PROJETO PRELIMINAR	112
3.11.4 O PROJETO DE MOTORIZAÇÃO – PROJETO FINAL	112
3.11.5 A CONSTRUÇÃO DA MOTORIZAÇÃO DAS PORCAS DA ALMOFADA	114
3.11.6 A MONTAGEM DA MOTORIZAÇÃO DAS PORCAS DA ALMOFADA.....	114
4 DISCUSSÃO.....	116
4.1 A ATUAL ATIVIDADE DO OPERADOR	116
5 CONCLUSÕES.....	118
REFERÊNCIAS	119

1 INTRODUÇÃO

Os trabalhos em espaços confinados dentro da indústria metalúrgica são vitais para manter o bom andamento do processo produtivo, estes espaços são encontrados nas mais variadas formas e locais, por exemplo: galeria de esgotos e águas pluviais; cisternas; tanques de ácidos e desengraxantes, tanques de pintura e os chamados porões de prensas.

Os motivos da entrada nestes locais são os mais variados, por exemplo: manutenção corretiva ou preventiva; inspeção; limpeza; pintura; solda; ajustes; regulagem; instalação de bombas, motores, válvulas, tubulações; ou outros equipamentos mecânicos, elétricos e eletrônicos. As operações de salvamento e resgate também são motivos de entrada nestes locais. Alguns trabalhadores ou pessoas às vezes entram de forma não autorizada para descansar ou dormir.

Neste trabalho será tratada especificamente a atividade de regulagem efetuada no porão de uma prensa pelo operador de máquina.

No capítulo 2 faz-se uma revisão sobre o tema espaço confinado, onde são abordados assuntos como: legislação brasileira em vigor; definições; locais considerados como espaços confinados; atividades exercidas; estatísticas de acidentes; o conceito de pressão parcial de oxigênio; os riscos relacionados com o espaço confinado, as medidas de prevenção entre outros.

No capítulo 3 faz-se uma abordagem detalhada do ajuste efetuado pelo operador no porão de uma prensa, analisa os riscos envolvidos deste ajuste, recomenda ações, implementa melhorias.

No capítulo 4 faz-se uma discussão dos resultados obtidos com a implementação das melhorias.

No capítulo 5 faz-se uma conclusão do trabalho, com comentários sobre os benefícios que a implementação das melhorias trouxe para o operador e para a empresa.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo levantar e analisar os riscos de acidentes em um determinado tipo de ajuste em uma máquina da linha de produção de uma metalúrgica.

1.2 JUSTIFICATIVA

A etapa do ajuste de máquina dentro de uma metalúrgica costuma expor o operador de máquina aos mais variados riscos de acidentes, principalmente quando este ajuste é executado em um espaço confinado.

Um grande incômodo para a empresa é o risco de acidente para o operador da máquina quando este faz o ajuste em espaço confinado, além disso, este risco é potencializado pela grande quantidade necessária de ajustes em espaço confinado. A motivação para esta proposta de trabalho foi estudar os riscos envolvidos neste tipo de ajuste, propondo melhorias quando possível, tornando o trabalho mais seguro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INTRODUÇÃO

Dentre os trabalhos desenvolvidos pelo homem, os trabalhos em espaços confinados destacam-se por representar uma parcela expressiva das atividades desenvolvidas dentro das indústrias, nas redes subterrâneas de esgotos das cidades e até mesmo na agricultura. (FERNANDES; SANTOS; GARCIA, 2006, p. 4)

Os trabalhos executados em espaços confinados podem expor o trabalhador a diversos riscos. Estes riscos podem ter efeitos variados ao trabalhador, desde uma leve alteração da respiração até mesmo a morte. (REKUS, 1994)

Os efeitos do trabalho sobre a segurança e saúde dos trabalhadores em espaços confinados podem ser encontrados também nos relatos feitos por Georg Agricola, em 1556, quando publicou o livro *De Re Metallica*, sobre as condições de trabalho na mineração, cita que o ar estagnado das minas dificultava a respiração dos mineiros, bem como, o incêndio no ambiente mineiro rapidamente levavam os trabalhadores à morte. (AGRICOLA, 1556)

O trabalho em espaço confinado é uma das atividades conhecidas que expõe o trabalhador ao maior número de riscos dentro do ambiente de trabalho. Estima-se que trabalhos realizados em espaços confinados são 150 vezes mais perigosos do que se realizados fora deles. (NEW ZEALAND, 1992)

2.2 BASE LEGAL

Para estabelecer procedimentos mínimos para a entrada e trabalho em espaços confinados, foi publicada no Diário Oficial da União a Portaria MTE nº 202, de 22 de dezembro de 2006, que aprovou a Norma Regulamentadora nº 33, consolidando procedimentos de gerenciamento de riscos e servindo de base para trabalho seguro em diversas atividades econômicas, respeitado as especificidades de cada área.

Na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) existem duas normas relativas ao trabalho em espaços confinados, a NBR 14606:2000 – postos de serviço – entrada em espaço confinado, com objetivo de estabelecer os procedimentos de

segurança para a entrada em espaço confinado em postos de serviço (esta norma não será utilizada neste trabalho) e a NBR 14787:2001 versão corrigida: 2002 – espaço confinado – prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção, com o objetivo de estabelecer os requisitos mínimos para proteção dos trabalhadores e do local de trabalho contra os riscos de entrada em espaços confinados. (NETO; GARCIA, 2008, p.24)

Por apresentarem riscos específicos, estas atividades são contempladas por normas regulamentadoras que determinam precauções. Também possuem procedimentos ou determinam ações de segurança específicas, algumas delas são:

NR-10 – Segurança em instalações e serviço em eletricidade do Ministério do Trabalho e Emprego;

NR-13 – Caldeiras e vasos de pressão do Ministério do Trabalho e Emprego;

NR-15 – Atividades e operações insalubres do Ministério do Trabalho e Emprego;

NR-17 – Ergonomia;

NR-18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção do Ministério do Trabalho e Emprego.

2.2.1 Força de Lei

O disposto nessas normas é de cumprimento obrigatório pelos empregadores, inclusive os constituídos sob a forma de microempresa ou empresa de pequeno porte.

A empresa que não atender os requisitos estabelecidos estará passiva de sanções de acordo com a NR-3 – Embargo ou Interdição e NR-28 – Fiscalização e Penalidades, ambas do Ministério do Trabalho e Emprego.

2.3 DEFINIÇÃO DE ESPAÇOS CONFINADOS

A definição de espaços confinados é encontrada em diversas normas e documentos relativos ao assunto.

No Brasil, a NR-33 define que espaço confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio.

Definição praticamente idêntica a da NR-33 pode ser encontrada na norma NBR 14787:2001.

A figura 1 mostra o trabalhador na entrada de um local considerado como espaço confinado, nota-se a dificuldade de acesso devido reduzida dimensão do local.



Figura 1 - Trabalhador na entrada de um local considerado como confinado

2.4 LOCAIS OU EQUIPAMENTOS CONSIDERADOS ESPAÇOS CONFINADOS

Devidas as características peculiares de alguns locais ou equipamentos, podem ser considerados exemplos de espaços confinados: tanques de armazenagem, vasos, moegas, tremontas, containeres, tubulações, caldeiras, reatores, dutos de ventilação, galerias e caixas subterrâneas, silos, porões, forros, sótãos, poços, fossos, biodigestores, transportadores enclausurados, elevadores de canecas, cisternas, valas, trincheiras, chaminés, tonéis, torres de resfriamento, entre outros.

A figura 2 – Exemplos de espaços confinados, ilustra alguns exemplos de espaços considerados confinados.

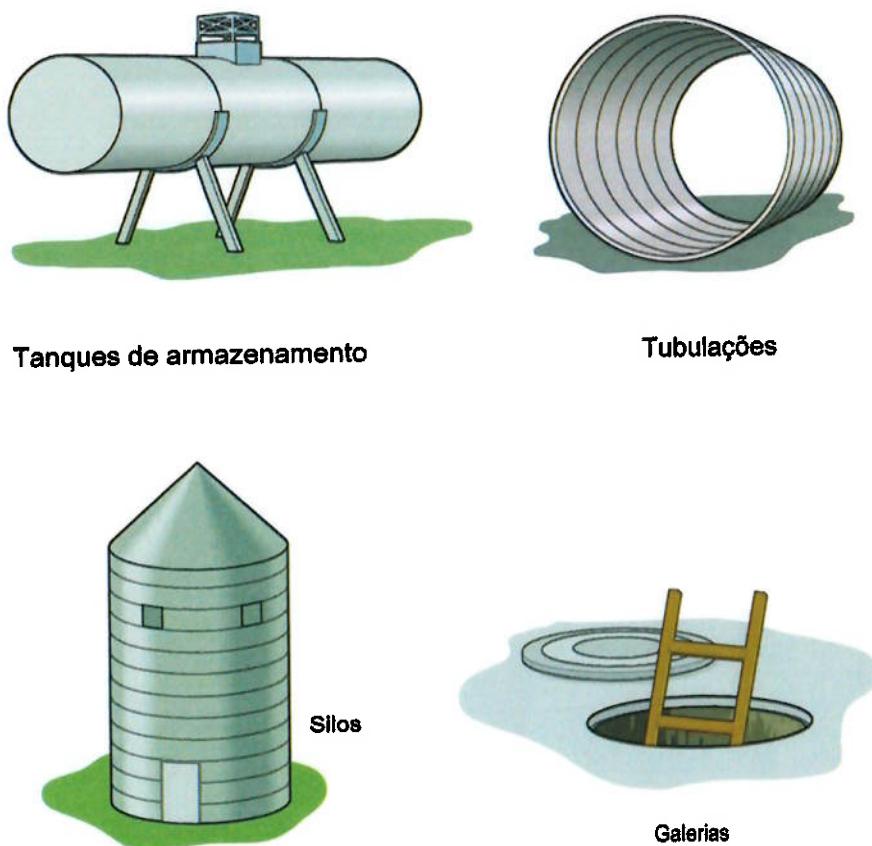


Figura 2 - Exemplos de espaços confinados
Fonte: Folheto 03 – Espaços Confinados Típicos - Fundacentro

2.5 SETORES ECONÔMICOS QUE POSSUEM ESPAÇOS CONFINADOS

Normalmente os espaços confinados são encontrados em vários tipos de indústrias, distribuídas em uma grande variedade de setores econômicos, por exemplo, agricultura, agroindústria, beneficiamento de minérios, construção civil, indústria alimentícia, indústria de papel e celulose, indústria gráfica, indústria naval e operações marítimas, indústrias químicas e petroquímicas, serviços de águas e esgoto, serviços de eletricidade, serviços de gás, serviços de telefonia, siderúrgicas e metalúrgicas (NIOSH, 1987).

2.6 ATIVIDADES EXERCIDAS EM ESPAÇOS CONFINADOS

A entrada e o desenvolvimento de trabalhos em espaços confinados se devem, normalmente, a inspeção de manutenção corretiva ou preventiva, reparos, substituição, limpeza, remoção de sujidades, pintura, solda, ajustes, regulagem, checagem, inspeção de medidores, leitura, instalação de bombas, motores, válvulas, tubulações, transformadores, ou outros equipamentos mecânicos, elétricos, eletrônicos, telefônicos, cabos e fibras óticas no subsolo. As operações de salvamento e resgate também são motivos de entrada nestes locais. Alguns trabalhadores ou pessoas às vezes entram de forma não autorizada para descansar ou dormir. (NETO; GARCIA, 2008, p. 24)

2.7 ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS

O relatório NIOSH (1994) traz vários estudos sobre acidentes em espaços confinados.

Estima-se que são executados 4,8 milhões de acessos aos espaços confinados nos Estados Unidos da América por ano.

O segundo dado importante pode ser apreciado na figura 3 - Número de vítimas por acidentes em espaços confinados, a qual mostra o número de vítimas fatais por acidente em espaço confinado, de um total de 585 acidentes analisados entre 1980 e 1989, 513 resultaram na morte de uma pessoa, 61 resultaram na morte de duas pessoas, nove resultaram na morte de três pessoas e dois resultaram na morte de quatro pessoas, portanto 12,3% dos acidentes fatais resultaram em múltiplas vítimas.

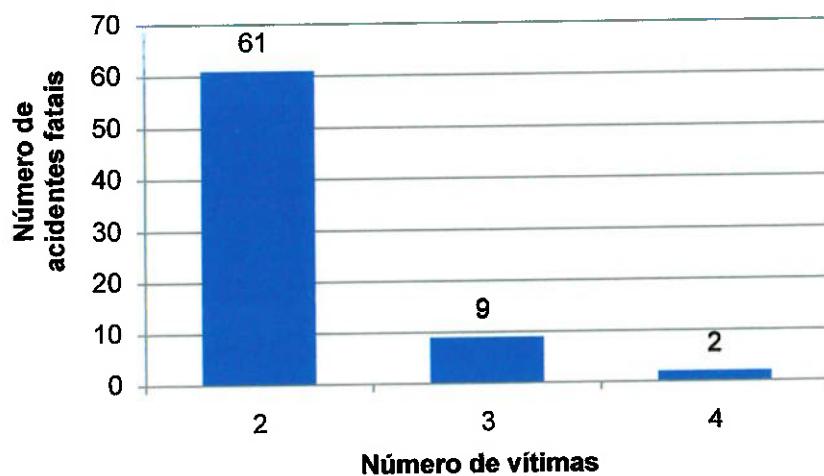


Figura 3 - Número de vítimas por acidentes em espaços confinados [entre 1980 e 1995] (total = 585 acidentes)

Fonte: NIOSH, 1994, p. 13

Outro dado importante é mostrado na figura 4, a NIOSH (1979), relaciona a quantidade de acidentes ocorridos em espaços confinados por tipo de risco. Nota-se que as condições atmosféricas foi o risco que mais provocou mortes. Foram 78 mortes entre um total de 193 mortes, representando 40% do total das mortes.

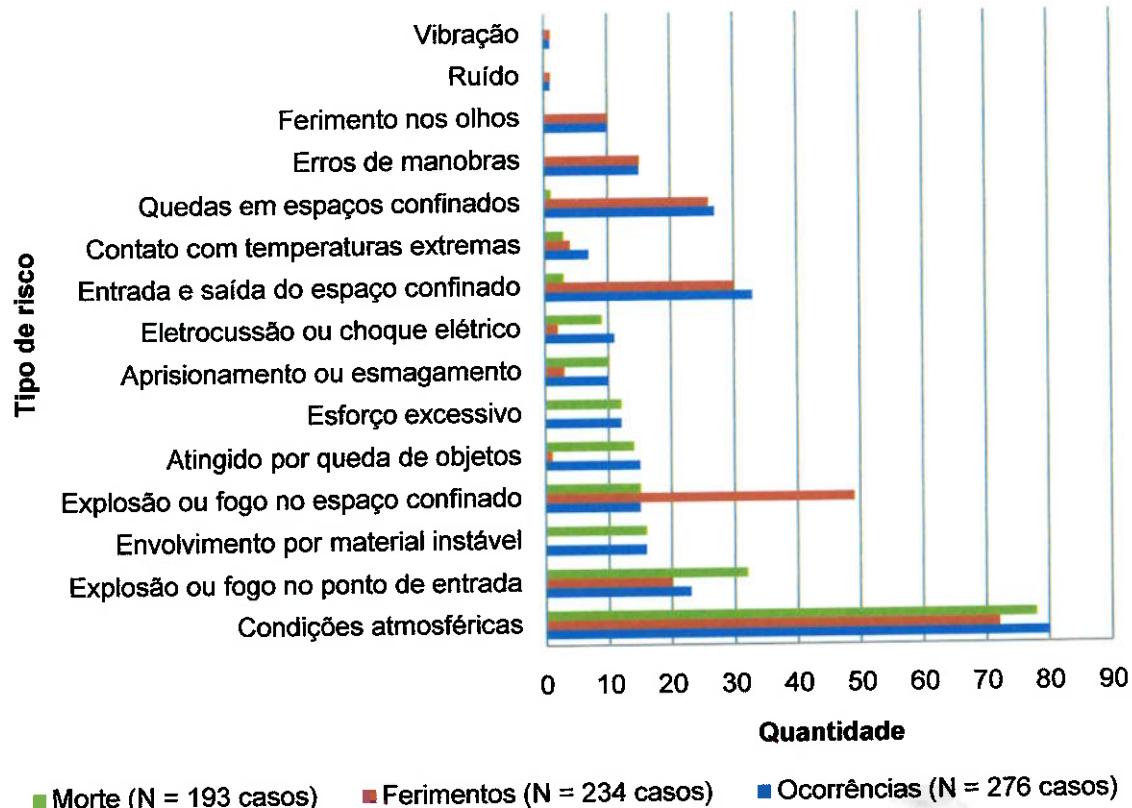


Figura 4 - Acidentes em espaço confinado por tipo de risco

Fonte: NIOSH, 1979, p. 33

Já a figura 5 mostra as causas de mortes em espaços confinados entre 1980 e 1989, do total de 670 mortes, 56% foram relacionadas aos gases atmosféricos, seguida pelo engolfamento com 34%.

Engolfamento é definido pela NR-33 como o envolvimento e a captura de uma pessoa por líquidos ou sólidos finamente divididos, este assunto será mais bem tratado no subitem 2.10.2.1 deste trabalho.

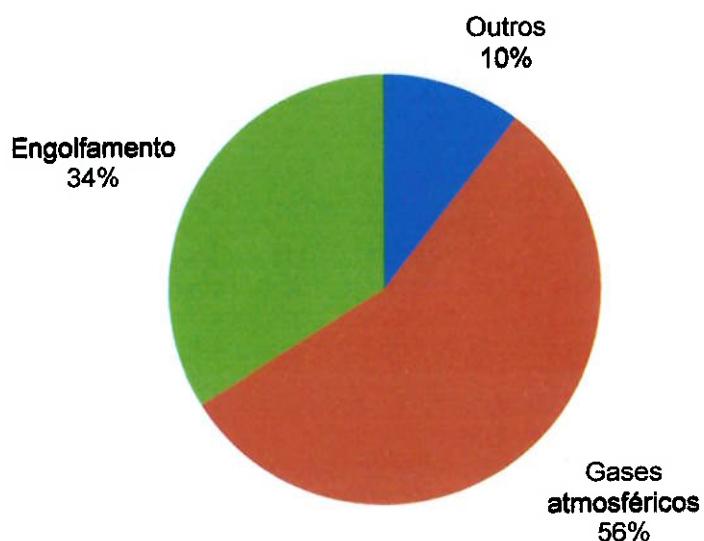


Figura 5 - Causas de mortes em espaços confinados [entre 1980 e 1989] (total = 670 casos)
Fonte: NIOSH, 1994, p. 17

Por último, mas não menos importante, é a figura 6 - Classificação das causas de mortes pela presença de gases em espaços confinados que faz a classificação das causas de mortes pela presença de gases no momento do acidente que provocou a morte no espaço confinado no período entre 1980 e 1989. De um total de 373 casos analisados, a deficiência de oxigênio esteve relacionada com 17% das mortes, seguida do gás sulfídrico (H_2S) com 14% e do metano com 10%.

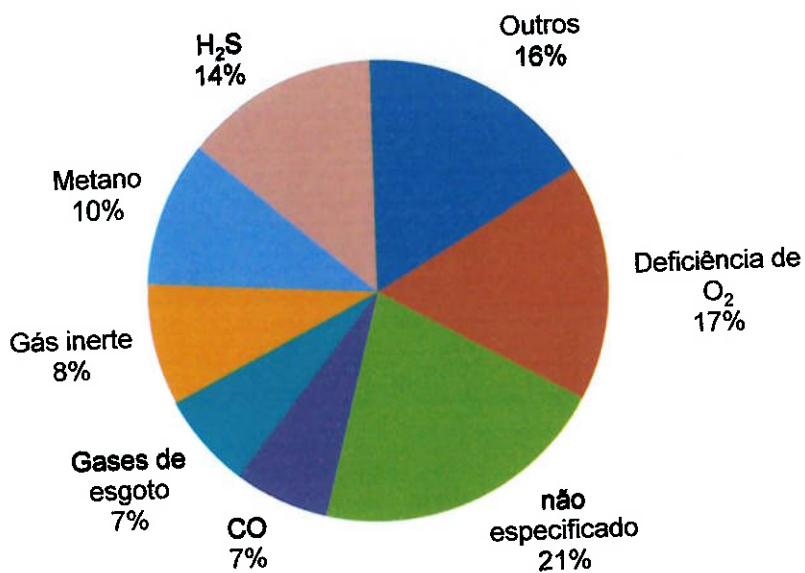


Figura 6 - Classificação das causas de mortes pela presença de gases em espaços confinados [entre 1980 e 1989] (total =373 casos)
Fonte: NIOSH, 1994, p. 17

2.8 A DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO

Os organismos existentes no mundo podem ser divididos basicamente em duas categorias: os anaeróbios e os aeróbios.

A primeira categoria, é o organismo que pode viver privado do contato do ar ou do oxigênio livre, são exemplos alguns tipos de bactérias.

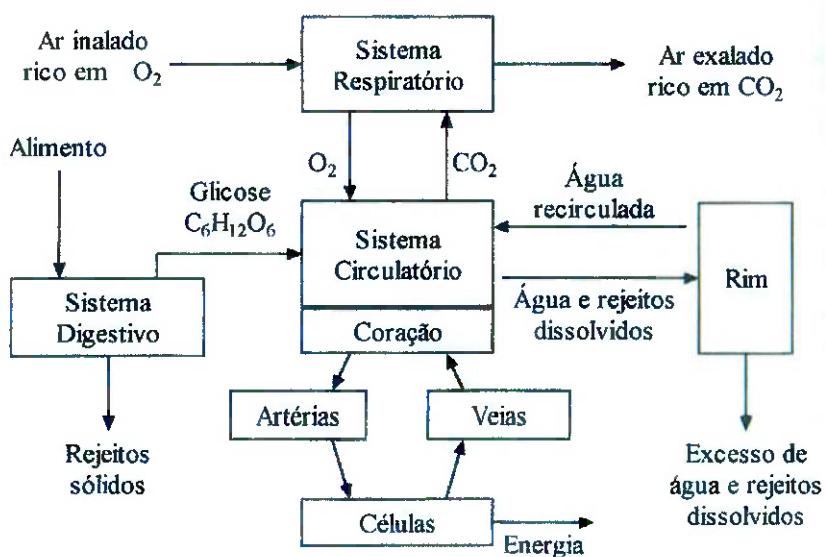
Já a segunda categoria, é o organismo a cuja vida é imprescindível o oxigênio livre retirado do ar, como exemplo pode-se citar o homem.

2.8.1 O metabolismo do homem

Resumidamente pode-se dizer que o corpo humano é formado por bilhões de células, o corpo recebe alimento através do trato digestivo e o transforma em combustível para ser utilizado pelas células. Esse combustível é transportado a cada uma das células através da corrente sanguínea. Para a queima deste combustível, é necessário o oxigênio, que é oferecido pelo ambiente e através dos alvéolos encontrados dentro dos pulmões, chega às células, transportado pelo sangue.

Nas células, o combustível na forma de açúcar ($C_6H_{12}O_6$) combina com o oxigênio e produz o dióxido de carbono, água e energia.

No esquema bastante simplificado da figura 7, denominado esquema do processo metabólico, nota-se o uso do oxigênio pelo corpo e a integração entre alguns sistemas do corpo humano.



Esquema do processo metabólico.

Figura 7 - Esquema do processo metabólico
Fonte: TORLONI; VIEIRA, 2003, p. 50

A energia gerada é utilizada para a ação muscular, como realização de trabalhos; manter a temperatura do corpo e a manutenção do funcionamento dos diversos sistemas do corpo humano.

O dióxido de carbono é eliminado através dos alvéolos e a água, contendo resíduos dissolvidos do processo metabólico, pelos rins.

Para suprir a falta de oxigênio, aumentam a frequência respiratória e o número de batimentos cardíacos, com vistas a compensar a deficiência de oxigênio em nível celular, de tal modo que acabam provocando danos no sistema cardiovascular.

A energia gerada no metabolismo humano depende do nível de esforço necessário para realizar a atividade.

A NR-15 – Anexo № 3, Quadro № 3 traz algumas taxas de metabolismo por tipo de atividade (tabela 1).

Tabela 1 - Taxas de metabolismo por atividade

		Tipo de Atividade	Energia (Kcal/h)
Trabalho Leve	Sentado em repouso		100
	Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).		125
	Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).		150
Trabalho Moderado	De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.		150
	Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.		180
	De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.		175
	De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.		220
Trabalho Pesado	Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.		300
	Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).		440
	Trabalho fatigante.		550

Fonte: NR-15 – Anexo № 3, Quadro № 3 (adaptada)

2.8.2 Composição do ar atmosférico seco

A composição do ar atmosférico seco é padronizada no Brasil pela NBR 12543:1999, em seu Anexo B (informativo) - Tabela B.1.

Na tabela 2, é possível verificar a porcentagem em volume de cada componente.

Tabela 2 - Composição do ar atmosférico seco

Componente	% em volume (ar seco)
Oxigênio	20,93
Nitrogênio	78,10
Argônio	0,9325
Dióxido de carbono	0,04
Hidrogênio	0,01
Neônio	0,0018
Hélio	0,0005
Criptônio	0,0001
Xenônio	0,000009

Fonte: NBR-12543:1999 Anexo B (informativo) - Tabela B.1

É comum a composição volumétrica do ar seco ser apresentada como sendo 20,9% de oxigênio e 79,1% de nitrogênio, onde na porcentagem do nitrogênio estão incluídos todos os outros gases, exceto o oxigênio.

2.8.3 Conceito de pressão parcial de oxigênio

Segundo Torloni e Vieira (2003), a composição do ar atmosférico seco gasoso é relativamente constante, mas a pressão parcial dos componentes varia muito com a pressão atmosférica local. O oxigênio e o nitrogênio compreendem juntos, mais que 99% do ar atmosférico. Os outros componentes como traços, somam menos que 1%. Somente o oxigênio e o nitrogênio são essenciais para a respiração.

No estudo da fisiologia respiratória e dos riscos respiratórios, a grandeza mais importante não é a porcentagem de oxigênio presente no ar, mas a sua pressão parcial, pois um ambiente com 20,9% de oxigênio poderá ser fatal ao ser humano em razão da falta de oxigênio para as funções vitais.

Considerando o ar atmosférico seco, ao nível do mar, onde a pressão atmosférica é igual a 760 mmHg, formada basicamente por oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono, onde cada um deles contribui para a pressão total com uma parcela denominada pressão parcial. Em uma mistura ideal de gases ideais, denomina-se pressão parcial aquela que a componente da mistura gasosa exerceeria no ambiente se ocupasse sozinho e na mesma temperatura todo o volume da mistura. A soma das pressões parciais é igual a pressão total. O valor da pressão parcial (pp) para cada componente da mistura pode ser calculado pela form.(1) (TORLONI; VIEIRA, 2003, p. 46).

$$\text{Pressão parcial de um componente} = \text{PP} = \frac{\% \text{ do componente (em volume)} \times \text{pressão da mistura}}{100} \quad (1)$$

Desta forma, a pressão parcial de cada componente ao nível do mar será:

$$\text{ppO}_2 = 20,9 \times 760 / 100 = 159 \text{ mmHg}$$

$$\text{ppCO}_2 = 0,04 \times 760 / 100 = 3 \text{ mmHg}$$

$$\text{ppN}_2 = 79,06 \times 760 / 100 = 598 \text{ mmHg}$$

A soma das três pressões parciais será igual a 760 mmHg.

2.8.4 Efeitos da deficiência de oxigênio no homem

De acordo com Torloni e Vieira (2003), a deficiência de oxigênio consiste em um risco respiratório muito comum na indústria e na agricultura, principalmente pelo fato de os espaços confinados serem causa freqüentes de acidentes fatais. Como não apresenta sinais de alerta, esse risco quase sempre resulta em morte, pois, enquanto certos tecidos do corpo podem produzir novas células para repor as mortas ou as que foram destruídas, o cérebro não tem essa capacidade. Tanto assim que a falta de oxigênio durante quatro minutos produz danos permanentes, de seis a oito minutos, a morte. Pode incapacitar o indivíduo de realizar movimentos ou de perceber o que está acontecendo. A entrada abrupta em espaços com deficiência de oxigênio pode provocar perda instantânea da consciência, e se não houver socorro imediato, as consequências poderão ser graves.

O efeito fisiológico aproximado em adultos saudáveis é influenciado pela duração da deficiência de oxigênio, frequência respiratória, temperatura, estado de saúde, idade e aclimatação pulmonar.

Pode-se considerar como uma das mais importantes características a pressão parcial do oxigênio. A redução desta pressão pode trazer danos ao indivíduo independente do seu estado de saúde e sua idade.

A figura 8 - Efeitos da deficiência de oxigênio no homem ilustra os efeitos da deficiência de oxigênio. Quando o nível de oxigênio está entre 21% e 19,5%, começam a surgir efeitos fisiológicos poucos nocivos, mas o indivíduo exposto geralmente não os percebe.

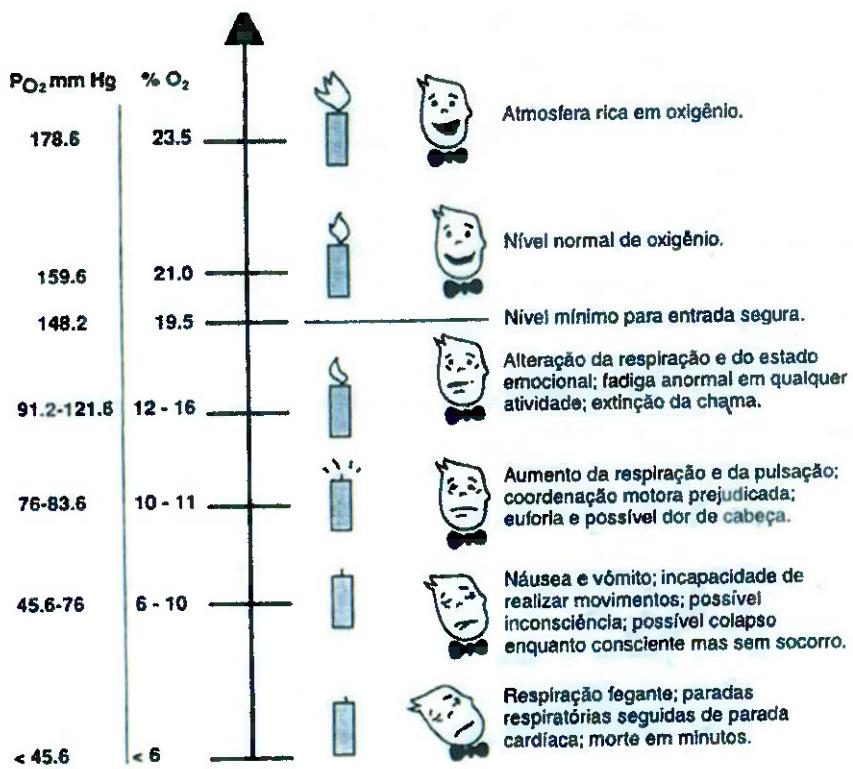


Figura 8 - Efeitos da deficiência de oxigênio no homem
Fonte: Rekus, 1994

2.8.5 Classificação da atmosfera

No Brasil, a classificação da atmosfera é descrita nas normas NR-33, NBR 12543:1999 e NBR 14787:2001.

A NR-33 classifica:

“deficiência de oxigênio”, como a atmosfera contendo menos de 20,9% de oxigênio em volume na pressão atmosférica normal, a não ser que a redução do percentual seja devidamente monitorada e controlada;

“enriquecimento de oxigênio”, atmosfera contendo mais de 23% de oxigênio em volume;

“oxigênio puro”, como atmosfera contendo somente oxigênio (100%);

“atmosfera IPVS”, como qualquer atmosfera que apresente risco imediato à vida ou produza imediato efeito debilitante à saúde.

A norma NBR 12543:1999 classifica:

“atmosfera com deficiência de oxigênio”, como a atmosfera que não contém oxigênio suficiente para garantir os processos metabólicos do corpo humano. No Brasil, uma

atmosfera com menos que 18% em volume, ao nível do mar, é considerada atmosfera com deficiência de oxigênio;

“deficiência de oxigênio”, como a situação caracterizada pela existência de menos de 18% de oxigênio, em volume, no ar, ao nível do mar. Uma atmosfera com menos de 12,5% de oxigênio em volume, no ar, ao nível do mar (ppO_2 igual a 95 mmHg), é considerada IPVS;

“Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde (IPVS)”, quando o teor de oxigênio (em volume) no ambiente está abaixo de 12,5% ao nível do mar (760 mmHg), ou seja, quando a pressão parcial de oxigênio (ppO_2) é inferior a 95 mmHg;

“Não IPVS”, quando o teor de oxigênio (em volume) está entre 12,5% e 21% ao nível do mar, ou quando a ppO_2 é superior a 95 mmHg;

A figura 9 ilustra a classificação dos riscos respiratórios de acordo com a NBR 12543:1999.

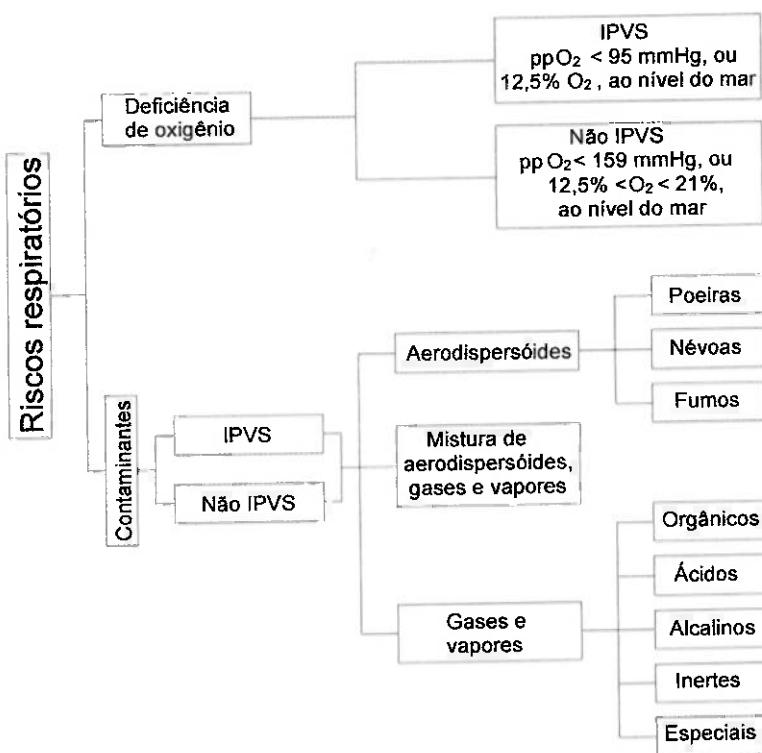


Figura 9 - Classificação dos riscos respiratórios
Fonte: NBR 12543:1999 (adaptada)

A norma NBR 14787:2001 classifica:

“atmosfera de risco”, como a condição em que a atmosfera, em um espaço confinado, possa oferecer riscos ao local e expor os trabalhadores ao perigo de

morte, incapacitação, restrição da habilidade para auto-resgate, lesão ou doença aguda causada por uma ou mais das seguintes causas:

- a) gás/vapor ou névoa inflamável em concentrações superiores a 10% do seu limite inferior de explosividade (LIE) (*lower explosive limit* – LEL);
- b) poeira combustível viável em uma concentração que se encontre ou exceda o limite inferior de explosividade (LIE) (*lower explosive limit* – LEL).

Notas:

1 misturas de pós combustíveis com ar somente podem sofrer ignição dentro de suas faixas explosivas, as quais são definidas pelo limite inferior de explosividade (LIE) e o limite superior de explosividade (LSE).

O LIE está geralmente situado entre 20 g/m³ e 60 g/m³ (em condições normais de pressão e temperatura), ao passo que o LSE situa-se entre 2 kg/m³ e 6 kg/m³ (nas mesmas condições ambientais de pressão e temperatura); se as concentrações de pó puderem ser mantidas fora dos seus limites de explosividade, as explosões de pó serão evitadas.

2 as camadas de poeiras, diferentemente dos gases e vapores, não são diluídas por ventilação ou difusão após o vazamento ter cessado.

3 a ventilação pode aumentar o risco, criando nuvens de poeira, resultando num aumento da extensão.

4 as camadas de poeira depositadas podem criar um risco cumulativo, enquanto gases ou vapores não.

5 camadas de poeira podem ser objeto de turbulência inadvertida e se espalhar, pelo movimento de veículos, pessoas, etc.

c) concentração de oxigênio de atmosférico abaixo de 19,5% ou acima de 23% em volume;

d) concentração atmosférica de qualquer substância cujo limite de tolerância seja publicado na NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego ou em recomendação mais restritiva (ACGIH), e que possa resultar na exposição do trabalhador acima desse limite de tolerância;

e) qualquer outra condição atmosférica imediatamente perigosa à vida ou à saúde – IPVS.

“atmosfera pobre em oxigênio”, como a atmosfera contendo menos de 19,5% de oxigênio em volume.

"atmosfera rica em oxigênio", como a atmosfera contendo mais de 23% de oxigênio em volume.

2.8.6 Motivo da deficiência de oxigênio

A norma australiana AS 2865:1995 identifica que a deficiência de oxigênio em um espaço confinado pode acontecer devido reação de oxidação de substâncias orgânicas e inorgânicas, a rápida oxidação (combustão), a diluição do ar em um gás inerte, a absorção por grãos, substâncias químicas e ou a atividade física.

TORLONI; VIEIRA, 2002 comenta que a porcentagem de oxigênio num local pode diminuir devido ao consumo, à diluição e à adsorção.

O consumo ocorre tanto na combustão, quando o oxigênio do ar reage com o material combustível (nos incêndios, por exemplo), como na oxidação de metais (nas superfícies internas dos reservatórios, em equipamentos de processo de aço-carbono sem pintura e fechados, e que sofreram jateamento recente, ou tratamento equivalente: paredes metálicas polidas podem oxidar por meio do consumo do oxigênio presente e atingir condições consideradas imediatamente perigosas à vida ou a saúde (IPVS), principalmente se a área polida for muito extensa, o tempo de exposição for longo e o local, mal ventilado). Quando estruturas metálicas como escadas de aço em poços de visita de pequenas dimensões, localizados abaixo do nível do solo, perdem a pintura protetora, estando há muito tempo sem serem visitados, atmosferas deficientes de oxigênio podem ser geradas e oferecer risco de morte a primeira pessoa que entrar no ambiente.

A diluição acontece quando gases inertes, como o dióxido de carbono e o nitrogênio, são utilizados na inertização de tanques de equipamentos que vão sofrer manutenção. Esses gases deslocam o ar presente, diluindo ou expulsando-o totalmente. Processos de fermentação anaeróbica, exemplificados pela putrefação de matéria orgânica, em locais fechados ou com pouca ventilação produzem gases como o metano e o dióxido de carbono, que deslocam o ar ou com ele se misturam, acarretando situações de deficiência de oxigênio.

A adsorção do oxigênio do ar ocorre em leitos de carvão ativo no interior de reatores ou câmaras, tornando perigosas as operações de inspeção, recarga ou manutenção.

2.9 CASOS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS

Muitas vezes abrimos o jornal pela manhã e nos deparamos com notícias trágicas de acidentes, tais como: vítima fatal encontrada dentro de uma caixa de água; um ferido dentro de um poço desativado; uma explosão durante a soldagem de um tanque deixou inúmeras vítimas fatais ou uma pessoa encontrada desmaiada dentro de uma cisterna. Acidentes destes tipos não são raros, ocorrem com certa frequência, sejam dentro ou fora da indústria.

Pessoas que estavam exercendo alguma atividade acabam perdendo a vida muitas vezes pela simples falta de conhecimento, de preparo e de reconhecimento do local. É possível também encontrar em documentos oficiais e literatura específica, casos reais de acidentes que deixaram feridos e até mesmo mortos.

A NIOSH (1994) traz 70 investigações de acidentes ocorridos em ambientes considerados espaços confinados. Cada investigação traz a descrição do acidente, as prováveis causas e as recomendações para prevenir aquele tipo de acidente.

2.9.1 Acidente em espaço confinado por oxidação de metal

Um trabalhador recebeu a incumbência de retirar pedaços de concreto que estavam sobre uma válvula de tubulação de água, impedindo-a de ser manobrada sem necessidade do operador descer. Segundo informações posteriores de uma testemunha, o trabalhador abriu a tampa do poço de visita (cujo diâmetro era 1,2 metro), no nível da via pública, e entrou. Era preciso descer 3 metros por uma escada de ferro presa na parede vertical. A testemunha viu o trabalhador entrar, logo em seguida colocar a cabeça para fora, e tornar a desaparecer. Como considerou o procedimento estranho, foi olhar pela abertura e constatou que o trabalhador havia caído no fundo. O serviço de resgate chegou logo, mas a vítima faleceu assim que chegou ao hospital. Durante a investigação sobre a ocorrência verificou-se que o espaço era seco, livre de resíduo orgânico e bem iluminado pela luz natural. Foi observada grande quantidade de ferrugem nos degraus da escada, na válvula de ferro fundido e na tubulação. Medições efetuadas duas horas após o acidente mostraram que a porcentagem de oxigênio estava entre 16% a 17%. Embora se trate de um nível inferior ao que é considerado seguro nos Estados Unidos – de 19,5% - não explica a fatalidade. Parece razoável presumir que, duas horas antes da

entrada do resgate, período em que a tampa do poço permaneceu aberta, o teor de oxigênio fosse bem mais baixo, talvez entre 6% e 10%, o que poderia explicar a súbita perda de consciência do trabalhador. Os médicos excluíram hipóteses de ataque cardíaco ou de envenenamento por monóxido de carbono, e consideraram a causa da morte indeterminada. Na ausência de outras hipóteses, os investigadores concluíram que a causa mais provável tenha sido a formação da ferrugem que consumia o oxigênio do local (REKUS, 1994).

2.10 RISCOS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS – VISÃO GERAL

Os riscos de um espaço confinado dependem do espaço em que está sendo trabalhado, por exemplo, um espaço confinado que armazena gasolina tem riscos diferentes de um espaço confinado que armazena água potável ou farinha de trigo. Abaixo é apresentada uma visão geral dos riscos mais comuns relacionados aos trabalhos em espaços confinados.

2.10.1 Riscos da atmosfera existente

Os riscos da atmosfera existente em um espaço confinado são riscos basicamente associados ao deslocamento do oxigênio – gás inerte ou asfixiante simples; a atmosfera inflamável e aos gases tóxicos.

2.10.1.1 Deslocamento do oxigênio – gás inerte ou asfixiante simples

Uma atmosfera pode conter certa quantidade de um gás (ou uma mistura de gases) fisiologicamente inerte e não produzir nenhum efeito ao homem, porém se a quantidade em porcentagem em volume aumentar, este poderá deslocar o oxigênio desta atmosfera, tornando-o impróprio a respiração humana.

Um bom exemplo pode ser mostrado quando um local contendo ar atmosférico formado por 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e outros gases, considerado como condições ideais para a respiração humana, é inertizado com 100% de nitrogênio – um gás não tóxico, incolor, inodoro. Este gás causará o deslocamento do oxigênio, causando imediatamente a morte do trabalhador que estiver neste ambiente.

Outros gases considerados como asfixiantes simples são: dióxido de carbono, argônio, hélio, metano.

Segundo a NR-33, inertização significa o deslocamento da atmosfera existente em um espaço confinado por um gás inerte, resultando numa atmosfera não combustível e com deficiência de oxigênio.

2.10.1.2 Atmosfera inflamável

Uma atmosfera inflamável geralmente resulta da vaporização de líquidos inflamáveis, da reação de produtos químicos, do enriquecimento de oxigênio ou de poeiras combustíveis.

A figura 10 mostra o triângulo do fogo, nota-se que para produzir o fogo é necessário a presença de três elementos: o comburente, o calor e o combustível.



Figura 10 - Triângulo do fogo

Fonte: <<http://www.areaseg.com/fogo/triangulodofogo.gif>>. Acesso em: 15 jan. 2010

Entretanto o triângulo do fogo não menciona a porcentagem dos elementos necessários para produzir o fogo.

Para produzir o fogo, além dos três elementos, a mistura deve possuir uma concentração adequada em volume de combustível e comburente e uma fonte de calor com energia suficiente para iniciar a ignição.

Desta forma, para um gás ou vapor inflamável queimar é necessário que exista, além da fonte de ignição, uma mistura chamada "ideal" entre o ar atmosférico (oxigênio) e o gás combustível. A quantidade de oxigênio no ar é praticamente constante, em torno de 21 % em volume. Já a quantidade de gás combustível necessário para a queima, varia para cada produto e está dimensionada através de duas constantes: o Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) ou Explosividade (LIE) e o Limite Superior de Inflamabilidade (LSI) ou Explosividade (LSE).

O LII (em inglês LFL para inflamáveis e LEL para explosivos) é a mínima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir do contato com uma fonte de ignição. Concentrações de gás abaixo do LII não são combustíveis, pois nesta condição, tem-se excesso de oxigênio e pequena quantidade do produto para a queima. Esta condição é chamada de "mistura pobre".

Já o LSI (em inglês UFL para inflamáveis ou UEL para explosivos) é a máxima concentração de gás que misturada ao ar atmosférico é capaz de provocar a combustão do produto, a partir de uma fonte de ignição. Concentrações de gás acima do LSI não são combustíveis, pois nesta condição, tem-se excesso de produto e pequena quantidade de oxigênio para que a combustão ocorra, é a chamada "mistura rica".

Pode-se então concluir que os gases ou vapores combustíveis só queimam quando sua porcentagem em volume estiver entre os limites (inferior e superior) de inflamabilidade, que é a "mistura ideal" para a combustão.

A figura 11 demonstra a distribuição das três possíveis misturas de uma substância inflamável genérica, mistura pobre, mistura ideal e mistura rica. Nota-se que a região de mistura ideal encontra-se entre os pontos LII e LSI, fora desta faixa não será possível iniciar a combustão.

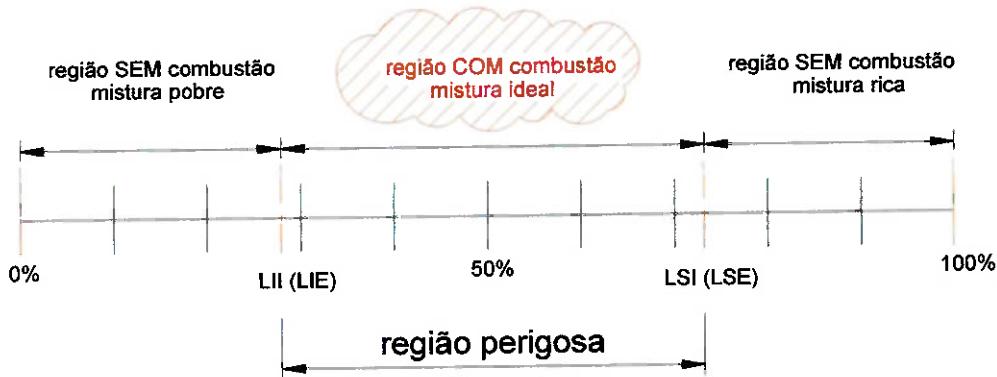


Figura 11 - As três possíveis misturas de uma substância inflamável genérica

A faixa de explosividade do gás metano está entre 5% (LIE) e 15% (LSE), caso a mistura metano – ar esteja em 3%, não existe risco de explosão, caso esteja com 20%, também não existirá risco de explosão, porém caso seja ventilado o ambiente com ar atmosférico novo, esta concentração poderá diminuir para um valor menor ou igual a 15%, tornando então a mistura explosiva.

A tabela 3 mostra a faixa de inflamabilidade e explosividade de algumas das inúmeras substâncias utilizadas nos processos industriais.

Os dados de LII e LSI de cada substância são fornecidos pelo fabricante, através da FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico) ou MSDS (*Material Safety Data Sheet*).

Tabela 3 - Faixa de inflamabilidade e explosividade

Substância	LII (LIE) (% em volume no ar)	LSI (LSE) (% em volume no ar)
Acetileno	2,5	80
Metano	5	15
Benzeno	1,3	7,9
Etanol	3,3	19

Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/aspectos/aspectos_perigos_inflamavel.asp>. Acesso em: 15 jan. 2010. (adaptada)

2.10.1.3 Gases tóxicos

Gases tóxicos podem estar presentes em vários locais, inclusive em espaços confinados devido: ao processo de fabricação utilizar gases tóxicos, por exemplo, na fabricação de alguns tipos de plásticos; aos processos químicos ou biológicos que ocorrem nos produtos estocados em espaços confinados, por exemplo, a liberação de gás sulfídrico – H₂S durante a decomposição de materiais orgânicos em um tanque ou fossa; alguns tipos de trabalhos executados dentro do espaço confinado podem liberar gases tóxicos, por exemplo, serviço de solda pode liberar óxidos de nitrogênio, ozônio e monóxido de carbono.

Diferentemente das intoxicações crônicas que podem ocorrer ao longo dos anos de trabalho, os gases tóxicos encontrados em espaços confinados podem trazer danos reversíveis ou irreversíveis ao trabalhador exposto, mesmo sendo este trabalho executado em uma única etapa, com duração de alguns minutos.

Cuidado especial deve ser tomado com gases e vapores de produtos que possuem densidade maior que a do ar, estes se acumulam nas partes mais baixas do espaço confinado.

Na tabela 4 - Distribuição dos gases dentro do espaço confinado, nota-se que o gás metano permanece na região alta, próxima a tampa de acesso ao espaço confinado, enquanto o ar atmosférico permanece na região média e o gás sulfídrico permanece

na região baixa, próxima ao solo ou fundo do espaço confinado, essa divisão em regiões acontece devido à diferença de densidade existente entre as substâncias. Uma analogia pode ser feita utilizando um recipiente preenchido com água e óleo, o óleo por possuir densidade menor que a água ficará na parte superior e a água ficará na parte inferior.

Tabela 4 - Distribuição dos gases dentro do espaço confinado

Região	Substância	Densidade da substância medida a 15,6 °C e 1 atm
Região alta, próxima a tampa de acesso ao espaço confinado (teto)	Metano (CH_4)	0,55
Região média	Ar atmosférico	1,00
Região baixa, próxima ao fundo do espaço confinado (piso)	Gás sulfídrico (H_2S)	1,19

Fonte: <<http://www.whitemartins.com.br/site/fispq/index.jsp?dir=gases>>. Acesso em: 15 jan. 2010 (adaptada)

A NR-15 e a ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists, (instituição americana não governamental, dedicada a promover a saúde e a segurança dentro de um local de trabalho) fornecem a concentração ou intensidade máxima ou mínima de uma substância química, dispersa no ar, em que se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde durante toda vida laboral, a qual se relaciona com a natureza e o tempo de exposição. Estes valores são denominados pela NR-15, como LT – limite de tolerância e pela ACGIH, como TLV-TWA (*Time Weight Average*) e devem ser determinados pelos métodos definidos para cada substância. Desta forma, na maioria das vezes torna-se impraticável a verificação no espaço confinado do valor instantâneo do contaminante, haja vista que são poucos produtos químicos que possuem amostradores de resposta direta para sua avaliação, sendo a maioria das análises feitas em laboratórios e demoram dias para ficarem prontas.

Uma das principais fontes de erros, quando se inicia o trabalho de avaliação de agentes químicos, principalmente a qualitativa é deixar se levar pelo fato de uma substância apresentar forte odor e pensar que por isso, o LT está acima do permitido. Deve-se lembrar que o LPO – limite de percepção olfativa não tem qualquer ligação com o LT.

Entende-se como LPO, a menor concentração no ar de um vapor ou gás de uma substância que pode ser detectada através do odor pela maioria das pessoas. É,

normalmente, expresso em ppm (partes por milhão) ou mg/m³ (miligramas por metro cúbico de ar).

Esta informação é útil às equipes de emergência, no entanto, não pode ser utilizada para prevenir intoxicações, pois: nem todas as substâncias químicas apresentam odor, como por exemplo, o monóxido de carbono.

A sensibilidade olfativa varia de indivíduo para indivíduo; muitas vezes o LPO encontra-se acima do LT recomendado para aquele produto; o odor da substância pode ser mascarado por outros odores; e alguns odores inibem o sistema olfativo após curto período de exposição, como o gás sulfídrico (H₂S) acima de 100 ppm.

Freqüentemente, as pessoas que trabalham em ambiente com forte odor dizem que acostumaram com o cheiro. Entretanto, não é bem isso que acontece, na verdade o que ocorre é a fadiga olfativa, isto é, células localizadas no epitélio perdem a sensibilidade.

A resposta olfativa do ser humano é rápida, bem sensível, mas temporária. Algumas substâncias são percebidas imediatamente pelo odor em baixíssimas concentrações, porém logo em seguida, a intensidade de percepção diminui. Isso acontece com substâncias tóxicas, alimentos e até perfumes.

A tabela 5 traz uma pequena relação de substâncias que possuem o limite de percepção acima do limite de tolerância. Nota-se que a relação entre o limite de percepção olfativa e o limite de tolerância da substância tetracloretano de carbono é 12,5, isto quer dizer que é necessário ultrapassar o limite de tolerância em 12,5 vezes para que o homem consiga sentir o cheiro da substância.

Portanto, deve-se ter atenção especial quando se avalia um local para evitar julgamentos precipitados da exposição aos agentes químicos.

Tabela 5 - Relação entre Limite de Tolerância e Limite de Percepção de Odor

Substância	Limite de tolerância - LT (ppm) (para exposição até 48 horas semanais)	Limite de percepção LPO (ppm)	Relação entre limite de percepção e limite de tolerância
Ácido clorídrico	4	10	2,50
Acroleína	0,08	0,21	2,63
Amoníaco	20	46,8	2,34
Tetracloretano de carbono	8	100	12,50

Fonte: Le Cloirec et al. (1991) (adaptada).

2.10.2 Riscos físicos

Os riscos físicos em um espaço confinado incluem riscos associados com energias mecânica, elétrica e hidráulica; engolfamento; problemas de comunicação; ruído e dimensões reduzidas dos acessos ao espaço confinado.

2.10.2.1 Engolfamento

Segundo a NR-33, engolfamento ou envolvimento é a condição em que uma substância sólida ou líquida, finamente dividida e flutuante na atmosfera, possa envolver uma pessoa e, no processo de inalação, possa causar inconsciência ou morte por asfixia.

Dentre os riscos físicos, o engolfamento é considerado uma das principais causas de mortes em espaços confinados.

Os riscos estão presentes nos trabalhos em grandes silos de grãos, areia, pedregulho, entre outros, sendo que o produto armazenado tem um comportamento instável, parecido como o da areia movediça.

O homem ao caminhar sobre o produto armazenado, dependendo das dimensões do silo e do produto estocado, poderá ser envolvido pelo produto, podendo vir a óbito em poucos minutos.

As dimensões dos espaços confinados e o produto armazenado são fatores que contribuem para este tipo de risco.

2.10.3 Riscos biológicos

Riscos biológicos ganham importância especial em razão de que seus efeitos podem levar a doenças que resultam no afastamento temporário ou definitivo de trabalhadores, por exemplo, a hepatite A e a leptospirose são doenças que podem ser adquiridas em galerias onde se faz reparo e manutenção de cabos telefônicos, elétricos ou em dutos de saneamento, sobretudo quando as chuvas inundam esses locais.

Além dos já citados, existem inúmeros outros riscos como: mordida de animais; picadas de moscas; mosquitos, abelhas, cobras, aranhas e escorpiões; ingestão de água ou alimento contaminado; presença de algas, fungos, vírus, bactérias e vermes

podendo causar doenças como tuberculose, tétano, doenças de Chagas, encefalite, raiva, malária e febre tifóide.

2.10.4 Outros riscos

Exemplos de riscos que freqüentemente são encontrados em espaços confinados:

- atividades em equipamentos elétricos ou mecânicos podem causar danos aos trabalhadores em um espaço confinado. Na realização de trabalhos, é essencial: fazer a desenergização e o bloqueio dos circuitos elétricos; fazer o travamento do movimento das partes da máquina que por ventura possam vir a se movimentar; e eliminar a pressão das linhas hidráulicas e pneumáticas;
- queda de objetos pode causar danos ao trabalhador, principalmente se o espaço confinado possuir entrada na sua parte superior; ferramentas, peças ou outros objetos podem cair, atingindo o trabalhador;
- quedas de alturas, principalmente durante as fases de entrada e saída, descida ou subida dos espaços confinados costumam produzir acidentes graves aos trabalhadores;
- temperaturas extremas podem ser encontradas dentro de um espaço confinado, por exemplo, após a limpeza de um tanque com vapor de água, a temperatura interna estará bastante elevada, a entrada somente poderá ser feita após o abaixamento da temperatura;
- superfícies molhadas ou escorregadias podem causar quedas e escorregões dentro dos espaços confinados, as superfícies molhadas podem aumentar a chance de eletroplessão do trabalhador, caso este entre em contato com equipamentos elétricos energizados;
- inundação do espaço confinado pode acontecer devida: chuva; ao transbordamento de água de chuva das galerias pluviais próximas ao espaço rompimento ou vazamento de tubulação dentro do ambiente, drenagem do terreno;
- iluminação deficiente ou total falta de iluminação podem acarretar ao trabalhador um tipo de desorientação espacial, tornando a locomoção difícil, aumentando o risco de quedas, entorses e até mesmo de lesões na pele devido contato com partes cortantes ou pontiagudas existentes dentro do espaço confinado.
- o ruído dentro de um espaço confinado pode ser amplificado devido às características acústicas do ambiente. O ruído excessivo não é o único risco para o

trabalhador, este pode também afetar a qualidade da comunicação verbal entre os trabalhadores, por exemplo, um aviso de advertência dito mesmo em voz alta, pode não ser reconhecido ou ouvido por um trabalhador; e

- posição incorreta, contorção do corpo, trabalho executado na posição deitada ou de cócoras são riscos ligados a ergonomia, que podem afetar o trabalhador, tendo como efeitos: cansaço físico; dores musculares, entorses; bem como doenças do esqueleto.

2.11 MEDIDAS DE PREVENÇÃO

No Brasil, os requisitos sobre trabalhos em espaços confinados podem ser consultados basicamente nas normas NR-33 e NBR 14787:2001.

Essas normas têm como objetivo, estabelecer os requisitos mínimos para identificação dos espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nestes espaços. Como estas normas têm caráter genérico, poderão ser adotadas medidas preventivas extras (desde que tecnicamente corretas) específicas para cada tipo de espaço confinado.

Para um trabalho seguro em espaço confinado, recomenda-se a leitura na íntegra das normas NR-33 e NBR 14787:2001.

Abaixo são apresentadas algumas das medidas preventivas a serem utilizadas em espaços confinados.

2.11.1 Antes de iniciar qualquer atividade em espaço confinado

Antes de iniciar qualquer atividade em espaço confinado, é importante analisar a possibilidade de execução do trabalho de forma segura pelo lado de fora do espaço confinado, desta forma serão evitadas entradas desnecessárias.

2.11.2 Período do dia para executar os trabalhos

Os trabalhos em espaços confinados devem ser executados na medida do possível durante o dia, com a presença da luz solar, evitando trabalhos noturnos.

2.11.3 Sinalização

A sinalização e identificação do espaço confinado evita que pessoas não autorizadas adentrem neste local. A figura 12 exemplifica um modelo de sinalização proposto pela NR-33 – anexo I – sinalização. Esta sinalização deverá ser fixada o mais próximo possível da tampa de acesso ao espaço confinado.

A tampa de acesso ao espaço confinado deverá ser mantida fechada, sendo aberta somente quando da necessidade de execução de trabalhos em seu interior.



Figura 12 - Modelo de sinalização proposto pela NR-33 – anexo I
Fonte: NR-33

2.11.4 Bloqueio e travamento de equipamentos

Todas as fontes de energia sejam elas mecânica, hidráulica, pneumática ou elétrica deverá ser controlada de tal forma que não apresente riscos aos trabalhadores que adentram no espaço confinado.

Para cada forma de energia, existe uma ou mais técnicas conhecidas para controlá-la, no caso da energia mecânica, poderão ser utilizadas travas como: correntes, cabos de aço, cavaletes, batentes mecânicos, suportes ou outros dispositivos que garantam que partes móveis de máquinas não se movimentem, atingindo o trabalhador.

O alívio da pressão do sistema deverá ser adotado em sistemas hidráulicos e pneumáticos, seguido do travamento dos registros e válvulas e quando possível proceder a abertura das linhas.

Após o bloqueio do equipamento, será necessário travá-lo, como exemplo, a figura 13 mostra uma das inúmeras maneiras de travar um registro de uma linha pneumática.

No caso da fonte de energia elétrica, deverão ser seguidos os procedimentos de segurança conforme a NR-10.

É possível encontrar em lojas especializadas ou até mesmo na rede mundial de computadores uma infinidade de dispositivos de trava.

Pela falta de padrão, muitos dispositivos de bloqueio, por exemplo, chaves elétricas, não possuem locais para utilizar os dispositivos de trava, neste caso deverão ser tomadas ações tais como a retirada dos fusíveis do equipamento, porém a medida correta será a substituição do dispositivo por outro que possibilite o travamento.



Figura 13 - Exemplo de travamento
Fonte: Seton

2.11.5 Lacramento

Após o travamento, estes deverão ser lacrados, evitando assim que um trabalhador inadvertidamente venha, por exemplo, abrir um registro ou religar uma chave elétrica.

Segundo a NR-33, lacres são braçadeiras ou outro dispositivo que precise ser rompido para abrir um equipamento.

No mercado, é possível encontrar vários tipos de lacres, desde simples presilhas plásticas, cadeados comuns, até mesmo um sistema de trava para múltiplos cadeados conforme pode ser visualizado na figura 14.

Este tipo de trava somente pode ser aberto após a retirada de todos os cadeados (no exemplo são seis cadeados), muito útil em trabalhos que envolvam mais de um trabalhador.



Figura 14 - Trava para múltiplos cadeados

Fonte: Seton

2.11.6 Etiquetagem

Conforme a NR-33, etiquetagem é a colocação de rótulo num dispositivo isolador de energia para indicar que o dispositivo e o equipamento a ser controlado não podem ser utilizados até a sua remoção.

A figura 15 - Aplicação do uso de etiqueta e cadeado em dispositivo elétrico ilustra um exemplo típico de aplicação da etiquetagem em um dispositivo de desligamento elétrico. Nota-se a aplicação da etiquetagem, inclusive com a fotografia do trabalhador, do cadeado e do sistema de travamento. Esses três elementos juntos impossibilitam o religamento do dispositivo elétrico.



Figura 15 - Aplicação do uso de etiqueta e cadeado em dispositivo elétrico
Fonte: Seton

2.11.7 A abertura do acesso ao espaço confinado

Deverão ser eliminadas quaisquer condições que os tornem inseguros no momento anterior à remoção da tampa de acesso ao espaço confinado.

Para tornar o trabalho seguro, é necessário fazer o isolamento da área, controlando a entrada de pessoas relacionadas ao serviço.

Este tipo de isolamento pode ser feito, por exemplo, utilizando cones sinalizadores e fita de isolamento tipo zebra, bem como telas, grades, biombos entre outros.

É aconselhável que os cones sinalizadores para trabalhos noturnos em área externa sejam do tipo refletivo e se possível iluminados.

Neste isolamento, deverá ser incluída sinalização conforme modelo proposto pela NR-33 – anexo I – sinalização.

O objetivo do isolamento é manter as pessoas não envolvidas no trabalho fora da área de risco, principalmente quando os espaços estão localizados em vias públicas.

A figura 16 - Isolamento através de cones sinalizadores e fita de isolamento ilustra um exemplo de isolamento, nota-se a presença dos cones sinalizadores, fita de isolamento e a sinalização conforme modelo de sinalização proposto pela NR-33 – anexo I – sinalização.

A distância entre a tampa de acesso ao espaço confinado e o isolamento deverá ser tal forma que, garanta que uma pessoa inadvertida não venha a sofrer acidente devido à abertura do espaço confinado.



Figura 16 - Isolamento através de cones sinalizadores e fita de isolamento
Fonte: Fundacentro - Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador

2.11.8 Avaliação da atmosfera

Após a retirada da tampa de acesso e antes de entrar no espaço confinado, a atmosfera interna deverá ser testada com um instrumento conhecido como oxi-explosímetro.

Este instrumento deve permitir a leitura de contaminantes em tempo real, serem calibrado e testado antes de cada uso, ser adequado para áreas potencialmente explosivas, intrinsecamente seguro, protegido contra emissões eletromagnéticas ou interferências de radiofreqüências, calibrado e testado.

Este monitoramento tem o objetivo de medir as concentrações de oxigênio; gases e vapores inflamáveis; e contaminantes do ar potencialmente tóxicos.

A NBR 14787:2001 identifica como condições para trabalhos em espaços confinados:

- concentração de oxigênio: maior que 19.5% e menor que 23%;
- presença de combustíveis: menor que 10% do LIE; e
- presença de gases tóxicos: monóxido de carbono ($LT < 35 \text{ ppm}$) ou outros produtos perigosos existentes no espaço confinado.

O oxi-explosímetro da figura 17 é um instrumento portátil, capaz de detectar o gás sulfídrico H₂S, o monóxido de carbono CO e o oxigênio O₂ e o LIE dos combustíveis em tempo real.



Figura 17 - Oxi-explosímetro portátil – modelo GasAlert Micro Clip
Fonte:Dpunion

Os cuidados na utilização de um oxi-explosímetro são:

- antes de cada uso, o trabalhador autorizado e treinado deverá fazer a calibração e testes do aparelho (segundo a NBR 14787:2001, trabalhador autorizado é o profissional com capacitação que recebe autorização do empregador, ou seu representante com habilitação legal, para entrar em um espaço confinado permitido);
- checar se o nível de proteção do aparelho está de acordo com o espaço confinado a ser adentrado;
- nenhum trabalhador poderá adentrar no espaço confinado antes da medição;
- devido às diferentes densidades existentes entre os gases, a medição deverá ser feita em várias alturas, iniciando com a introdução do aparelho próximo a tampa, seguindo para altura intermediária e finalizando próximo ao piso do espaço confinado, deverá haver um tempo para estabilização de cada leitura efetuada;
- caso algum valor medido esteja fora das recomendações das normas vigentes, deverá se executada a ventilação artificial;
- após a execução da ventilação, refazer as medições;
- em casos de trabalho em atmosfera IPVS ou potencialmente capaz de atingir níveis de atmosfera IPVS, os trabalhadores deverão estar treinados e utilizar EPI (equipamentos de proteção individual) que garantam sua saúde e integridade física de acordo com o Programa de Proteção Respiratória – PPR.

A figura 18 mostra um trabalhador autorizado fazendo a medição da atmosfera de um espaço confinado, nota-se que o trabalhador permanece do lado de fora enquanto faz a avaliação da atmosfera.



Figura 18 - Trabalhador fazendo o monitoramento da atmosfera
Fonte: Fundacentro - Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador

2.11.9 Ventilação artificial

Ventilação artificial ou forçada é o método no qual é feito ventilação do local com a utilização de um sistema motorizado, independente da ventilação natural.

Os dois diferentes tipos de ventilação artificial são: exaustão e insuflamento.

A escolha sobre o método a ser utilizado depende basicamente do tipo de contaminante existente no espaço confinado.

A exaustão ou também conhecida como ventilação local, é feita através de exaustores, estes fazem a aspiração de contaminantes no ponto de origem, removendo-os para fora do espaço confinado. Este tipo é aconselhável quando se quer controlar a presença de partículas tóxicas e gases inflamáveis de um espaço confinado, bem como durante trabalhos a quente ou no uso de solventes. A figura 19 - Uso do exaustor durante o serviço de solda mostra um exaustor sendo utilizado em um serviço de solda, nota-se a ausência de fumaça proveniente da solda dispersa no ambiente.



Figura 19 - Uso do exaustor durante o serviço de solda

Fonte: <http://www.nederman.com.br/pdf/exaustao_insulflamento_ambiente_confinado.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010

Um bom sistema de exaustão é capaz de eliminar as substâncias nocivas de um espaço confinado, liberando-as para a atmosfera, todavia o exaustor pode não ser a melhor técnica quando os contaminantes estão dispersos no ambiente. A localização e o formato do espaço confinado também podem restringir o uso do sistema de exaustão.

A ventilação por insuflamento, conhecida também como ventilação diluidora ou de diluição, como o próprio nome diz, dilui o ar contaminado através da mistura deste com o ar atmosférico isento de contaminantes. Muito utilizada em ambientes com deficiência de oxigênio, porém ineficiente em locais onde já existam contaminantes distribuídos na atmosfera do espaço confinado, tais como pós combustíveis.

A figura 20 mostra um insuflador de ar sendo utilizado em uma galeria.



Figura 20 - Uso do insuflador em uma galeria

Fonte: <http://www.nederman.com.br/pdf/exaustao_insulflamento_ambiente_confinado.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010

Em casos especiais poderão ser utilizados simultaneamente os dois sistemas, exaustão e insuflamento.

Não existem diferenças construtivas entre os equipamentos exaustor e insuflador, a maneira como são conectadas as mangueiras ao equipamento é o que o define, um exaustor pode ser transformado em insuflador ou vice versa simplesmente pela alteração do ponto de conexão da mangueira ao equipamento.

Finalmente, é necessário considerar as características gerais do exaustor/insuflador a ser utilizado, tais como: peso; mobilidade; nível de ruído; construção antifascante, à prova de explosão; curva vazão x pressão; flexibilidade e diâmetro das mangueiras; por último o tipo do bocal (no caso de exaustão localizada).

2.11.10 Permissão de Entrada e Trabalho – PET

A Permissão de Entrada e Trabalho – PET é o documento escrito contendo o conjunto de medidas de controle visando à entrada e desenvolvimento de trabalho seguro, além de medidas de emergência e resgate em espaços confinados.

Este documento deve ser emitido pelo supervisor de entrada, antes do início das atividades. A PET é válida somente para cada entrada.

As normas NR-33 e NBR 14787:2001 trazem modelos de caráter informativo para elaboração de Permissão de Entrada e Trabalho - PET em espaço confinado.

O modelo da NR-33 é mais completo que o da NBR 14787:2001, pois exigem que os aparelhos elétricos e eletrônicos utilizados em trabalhos em áreas potencialmente explosivas sejam aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior).

Resumidamente, os principais campos a serem preenchidos na PET são: o objetivo da entrada; a data e duração da autorização da PET; os trabalhadores autorizados a entrar num espaço confinado, sendo estes relacionados e identificados pelo nome e pela função que irão desempenhar; assinatura e identificação do supervisor que autorizou a entrada; riscos do espaço confinado a ser adentrado; medidas usadas para isolar o espaço confinado e para eliminar ou controlar os riscos do espaço confinado antes da entrada.

2.11.11 Equipamentos utilizados

A NBR 14787:2001 item 6, relaciona os equipamentos que deverão estar disponíveis, sem custo aos trabalhadores, funcionando adequadamente e assegurando a utilização correta:

- a) equipamento de sondagem inicial e monitorização contínua da atmosfera, calibrado e testado antes do uso, adequado para trabalho em áreas potencialmente explosivas. Os equipamentos que forem utilizados no interior dos espaços confinados com risco de explosão deverão ser intrinsecamente seguros (Ex i) e protegidos contra interferência eletromagnética e radiofreqüência, assim como os equipamentos posicionados na parte externa dos espaços confinados que possam estar em áreas classificadas;
- b) equipamento de ventilação mecânica para obter as condições de entrada aceitáveis, através de insuflamento e/ou exaustão de ar. Os ventiladores que forem instalados no interior do espaço confinado com risco de explosão deverão ser adequados para trabalho em atmosfera potencialmente explosiva, assim como os ventiladores posicionados na parte externa dos espaços confinados que possam estar em áreas potencialmente explosivas;
- c) equipamento de comunicação, adequado para trabalho em áreas potencialmente explosivas;
- d) equipamentos de proteção individual e movimentadores de pessoas adequados ao uso em áreas potencialmente explosivas;
- e) equipamentos para atendimento pré-hospitalar;
- f) equipamento de iluminação, adequado para trabalho em áreas potencialmente explosivas.

2.11.12 Função dos trabalhadores

Para o desenvolvimento de trabalhos em espaços confinados são necessárias algumas funções específicas.

Essas funções são descritas na NR-33 – Anexo III como:

“Supervisor de entrada” é a pessoa capacitada para operar a PET com responsabilidade para preencher e assinar a PET para o desenvolvimento de entrada e trabalho seguro no interior de espaços confinados.

“Trabalhador autorizado” é aquele capacitado para entrar no espaço confinado, ciente dos seus direitos e deveres e com conhecimento dos riscos e das medidas de controle existentes.

“Vigia” é o trabalhador designado para permanecer fora do espaço confinado e que é responsável pelo acompanhamento, comunicação e ordem de abandono para os trabalhadores.

A figura 21 ilustra os trabalhadores participando de um trabalho em espaço confinado, pode-se entender como: o trabalhador da direita é o supervisor de entrada; o da esquerda é o vigia e os demais são os trabalhadores autorizados.



Figura 21 - Função dos trabalhadores
Fonte: Fundacentro - Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador

2.11.13 Treinamento

O empregador, ou seu representante com habilitação legal, deve providenciar treinamento inicial e periódico de tal forma que todos os trabalhadores envolvidos com a questão do espaço confinado adquiram capacitação, conhecimento e habilidades necessárias para o desempenho seguro de suas obrigações.

Não é permitida a entrada do trabalhador em um espaço confinado que não tenha sido aprovado no treinamento.

O treinamento do vigia e do trabalhador deverá ter carga horária de 16 horas, sendo reciclado anualmente, já o treinamento do supervisor de entrada deverá ter carga horária de 40 horas, não havendo necessidade de reciclagem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho foi desenvolvido em uma metalúrgica nacional de grande porte, situada no interior do estado de São Paulo, fabricante de rodas de aço para caminhões e tratores com pneu, chassis para caminhões e ônibus e peças estampadas em geral para as montadoras de veículos automotivos do mercado interno e externo.

O processo de fabricação de rodas utiliza máquinas convencionais e especiais, tais como: calandras; prensas mecânicas e hidráulicas; soldadoras especiais; rebarbadoras; laminadoras; furadeiras e máquinas de solda elétrica entre outras.

A roda normalmente é formada por duas peças, o aro e o disco, e somente passa a ser chamada roda após a montagem do disco dentro do aro (figura 22).



Figura 22 - Roda em aço de caminhão e seus componentes

O processo de fabricação do disco consiste transformar chapa plana de aço em disco com perfil de acordo com o aro. Neste processo são utilizadas prensas mecânicas ou hidráulicas com capacidade entre 800 kN a 20000 kN.

A figura 23 ilustra o processo esquemático de fabricação do disco para rodas em aço para caminhões e tratores com pneu.

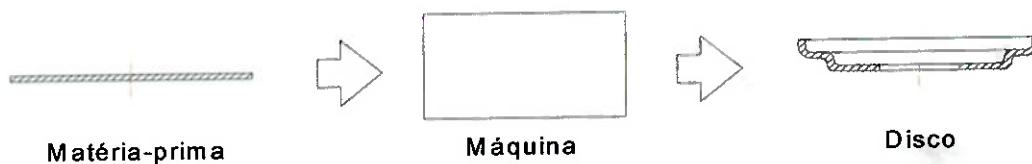


Figura 23 - Processo esquemático de fabricação do disco

A idade média das prensas utilizadas nesta metalúrgica é de 25 anos, algumas chegam há 57 anos.

Segundo a área de vendas desta empresa, na década de 80, algumas dezenas de tipo de rodas atendiam a demanda de todo o país. Naquela época eram produzidas milhares de peças de um único tipo de roda.

Este cenário foi modificado com o advento da globalização, da mecanização da agricultura e do aumento da capacidade de carga dos veículos.

Atualmente é necessário fabricar centenas de tipos de rodas diferentes, desta forma, os lotes de fabricação muitas vezes não ultrapassam 30 peças.

Automatizar um processo de fabricação com pequenos lotes de produção e enorme variabilidade dimensional dos produtos é um grande desafio, muitas vezes o custo da automatização inviabiliza qualquer modernização.

Praticamente todo o processo de abastecer e desabastecer peças das máquinas são executados pelo operador da máquina.

A cada mudança do tipo de disco a ser fabricado, é necessário fazer ajustes na máquina. Esses ajustes são feitos basicamente pelo homem (operador de máquina), soltar um parafuso, aliviar a pressão do ar, modificar a posição de um batente, adentrar em um espaço confinado para fazer uma regulagem, são exemplos da enorme quantidade de passos que pode compreender um ajuste.

Lotes pequenos implicam em uma grande quantidade de ajustes, uma grande quantidade de ajustes somada a grande quantidade de passos que compreende um ajuste, resulta em grande risco de acidente para o operador.

A tabela 6 mostra as diferenças entre a década de 80 e os tempos atuais. Pode-se verificar que o operador de máquina passou a fazer um maior número de ajustes comparado ao passado, ficando mais suscetível a acidentes de trabalho durante o ajuste da máquina.

Tabela 6 - Fabricação de rodas - diferenças entre a década de 80 e os tempos atuais

Época	Tipos veículos em circulação	Tamanho do lote	Quantidade de ajuste	Passos de um ajuste	Automação	Risco operador
Década de 80	Pouco	Grande	Pouco	Pouco	Nenhuma	Menor
Tempos atuais	Muito	Pequeno	Muito	Muito	Pouca	Maior

Fonte: Metalúrgica

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu especificamente na linha dedicada à produção de rodas de aço para caminhões e tratores com pneu.

Esta linha é responsável pela fabricação de 85% da demanda do mercado nacional de rodas de aço para caminhões e tratores com pneu (dados: metalúrgica). Conta com aproximadamente 250 funcionários, em sua maioria, operadores de máquina (termo utilizado para o trabalhador que opera a máquina e ou equipamento).

No geral, essas máquinas caracterizam-se pelo baixo nível de automação, exigindo uma grande quantidade de operadores de máquina.

Preocupada com a segurança dos operadores durante os ajustes, a Engenharia de Segurança do Trabalho, juntamente com as áreas de Produção, Processo e Manutenção, fizeram um trabalho de levantamento dos riscos de acidentes que envolvem as operações de ajustes das máquinas que integram a linha de produção de rodas de aço para caminhões e tratores com pneu.

A técnica utilizada neste levantamento foi o LPR – Levantamento Perigo e Risco.

A figura 24 mostra o cabeçalho do formulário de LPR utilizado, preenchido de forma incompleta.

LEVANTAMENTO PERIGO E RISCO - LPR												N.º:							
												Revisão:							
												Data:							
Objetivo: Nome da área/Posto de trabalho/máquina/equipamento/obra:																			
Instalações, máquinas, equipamentos, utilidades, ferramentas, acessórios utilizados:																			
Descrição atividade rotineira:																			
Código	Processo (Posto de trabalho)	Atividades	Descrição Perigo	Possíveis danos	S E V	Causa de falha em potencial (perigoso)	O C O	Medidas de controlo	D E T	N P R	Requisitos Legais	Aplicações preventivas reais/enunciadas	Análise individual responsável e data de implementação	Aplicações tomadas	E V	O C O	D E T	N P R	Status
								c										0 20% 40% 60% 80% 100%	

Figura 24 - Modelo do formulário de LPR utilizado pela empresa (preenchimento incompleto)
Fonte: Empresa

Através deste levantamento, percebeu-se que em uma das máquinas analisadas, o operador necessitava entrar no porão da máquina, local considerado como espaço confinado com certa frequência.

Sabendo dos riscos que o espaço confinado pode oferecer ao operador, decidiu-se estudar melhor o ajuste desta máquina.

3.2 A MÁQUINA

A figura 25 mostra a máquina que o operador faz o ajuste dentro do porão.

Esta máquina é uma prensa mecânica excêntrica, fabricada na Alemanha em 1977 pela empresa Erfurt, modelo PKZ1250-1500, com capacidade nominal de prensagem de 12500 kN a 33 mm antes do ponto morto inferior.

Possui um motor elétrico de 90 kW, capaz de movimentar através de um sistema biela – manivela, o martelo da prensa com velocidade de oito golpes por minuto em modo de funcionamento contínuo.

O sistema de freio e embreagem acionado por válvulas pneumáticas de segurança máxima, é responsável pelo controle do movimento do martelo a cada ciclo de prensagem.

Para aumentar a versatilidade, esta prensa conta com uma almofada pneumática instalada no porão e uma regulagem da altura do martelo via motor elétrico.

Com 7,9 m de altura medida a partir do piso da fábrica e 135000 kg de peso próprio, é considerada uma prensa de grande porte.

Durante a operação, são necessários quatro operadores de produção, um deles é considerado o operador principal.



Figura 25 - Prensa Erfurt – 1250 t
Fonte: Empresa

3.2.1 Função da prensa dentro do processo produtivo

Esta prensa tem a função de transformar matéria-prima em disco.

A matéria-prima normalmente tem o formato de disco plano de aço, onde após a conformação tem-se como produto o disco.

O disco produzido será posteriormente utilizado nas rodas de aço para caminhões e tratores com pneu.

A figura 26 mostra de forma esquemática a função da máquina no processo de fabricação de um disco.

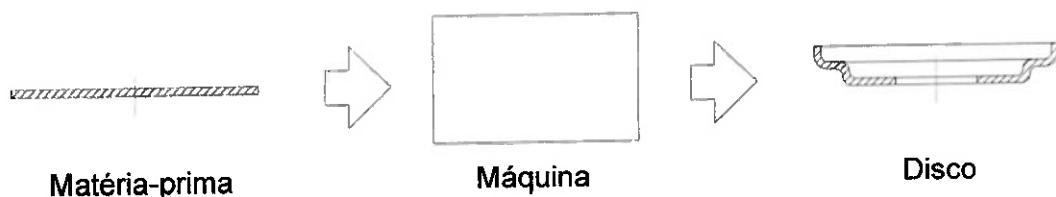


Figura 26 - Função da máquina no processo de fabricação de um disco

3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM DISCO

Basicamente existem dois processos para fabricar o disco.

O processo que utiliza uma ferramenta de corte e o processo que utiliza uma ferramenta de estampagem.

A escolha do processo depende do perfil do disco a ser fabricado.

A figura 27 - Tipos de processos utilizados na fabricação de um disco ilustra de forma esquemática os tipos de processos utilizados na fabricação do disco nesta máquina.

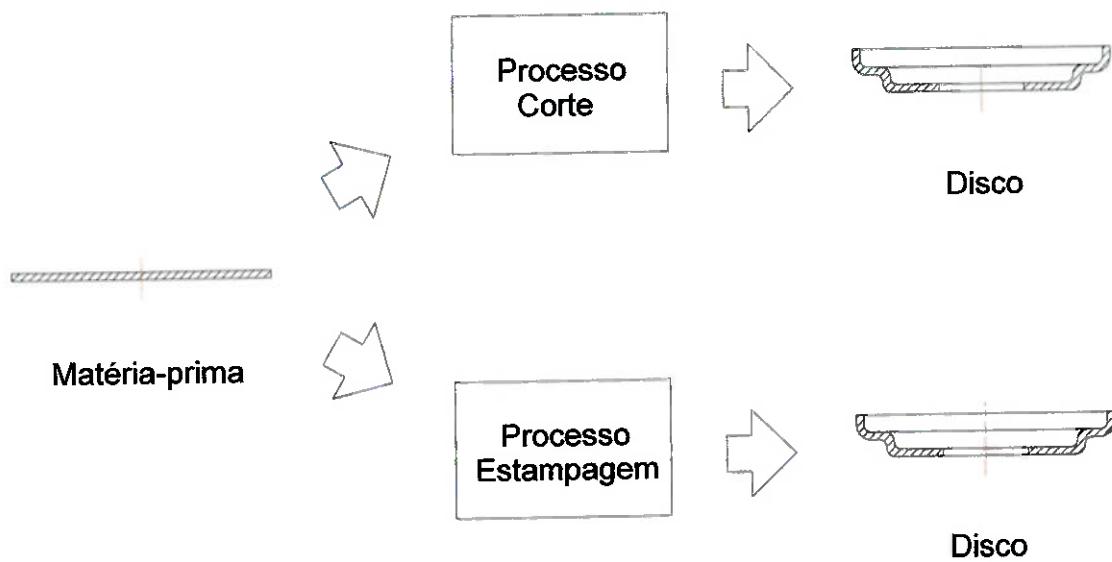


Figura 27 - Tipos de processos utilizados na fabricação de um disco

3.3.1 O processo de corte

O processo corresponde à obtenção de formas geométricas determinadas, a partir de chapas, submetidas à ação de uma ferramenta de corte, aplicada por intermédio de uma prensa que exerce pressão sobre a chapa apoiada na matriz.

No instante em que o punção penetra na matriz, o esforço de compressão converte-se em esforço de cisalhamento e ocorre o desprendimento brusco de um pedaço da chapa.

A figura 28 ilustra um exemplo típico de uma ferramenta de corte.

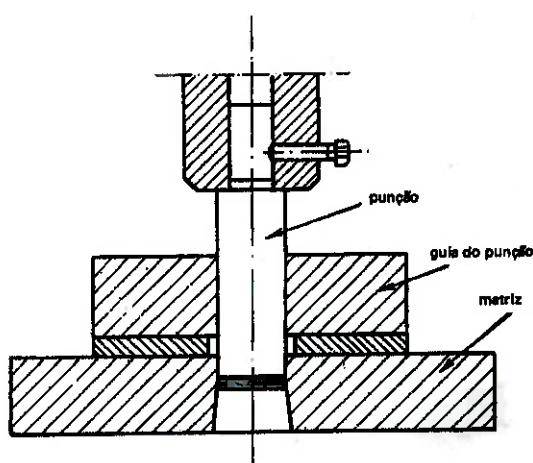


Figura 28 - Exemplo de ferramenta de corte
Fonte: SENAI

3.3.2 O processo de estampagem

Também conhecido como estampagem profunda, é o processo em que as chapas são conformadas na forma de copo, ou seja, um objeto oco. As aplicações mais comuns correspondem a cápsulas, carrocerias, paralamas de automóveis, entre outras.

A força é aplicada por intermédio de uma prensa que exerce pressão sobre a ferramenta de estampagem.

A figura 29 ilustra um exemplo típico de uma ferramenta de estampagem.

Nota-se a presença de uma mola de compressão E na parte inferior da ferramenta, esta tem a função de extrair a peça da matriz C.

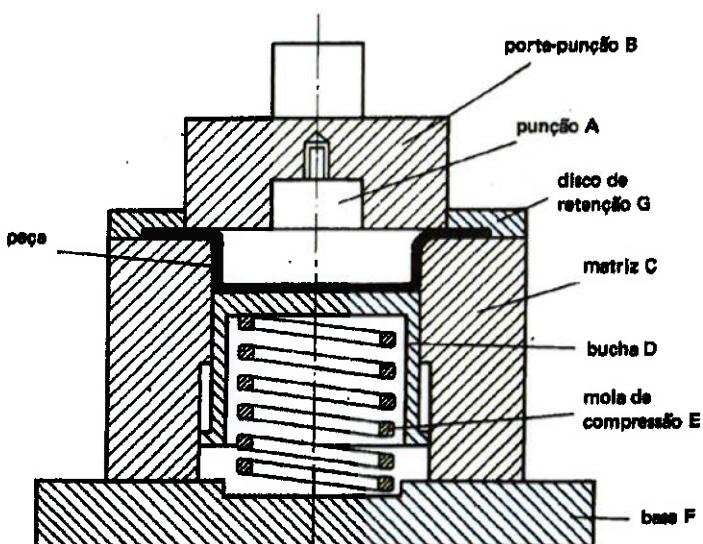


Figura 29 - Exemplo de ferramenta de estampagem
Fonte: SENAI

3.4 QUANTIDADE DE AJUSTE NA MÁQUINA

Para a produção de um novo tipo de disco, faz-se necessário proceder alguns ajustes na máquina.

Os ajustes podem variar de acordo com o tipo de processo utilizado (corte ou estampagem) para produzir o disco.

Quando a fabricação do disco envolve o processo de corte, o operador faz todos os ajustes ao nível do piso da fábrica.

Quando a fabricação do disco envolve o processo de estampagem, o operador faz ajustes tanto ao nível do piso da fábrica, quanto no porão da máquina.

Conforme dados da produção, a figura 30 mostra a quantidade de ajustes efetuados na máquina e o número de acessos ao porão da máquina pelo operador.

Foram considerados 12 meses consecutivos de produção, a última coluna à direita mostra a média aritmética dos 12 meses.

Nota-se que em média, foram 96 acessos ao porão por mês, totalizando 1152 acessos.

Considerando que esta máquina trabalha 600 horas por mês, concluímos que o operador faz um acesso ao porão a cada 6,3 horas.

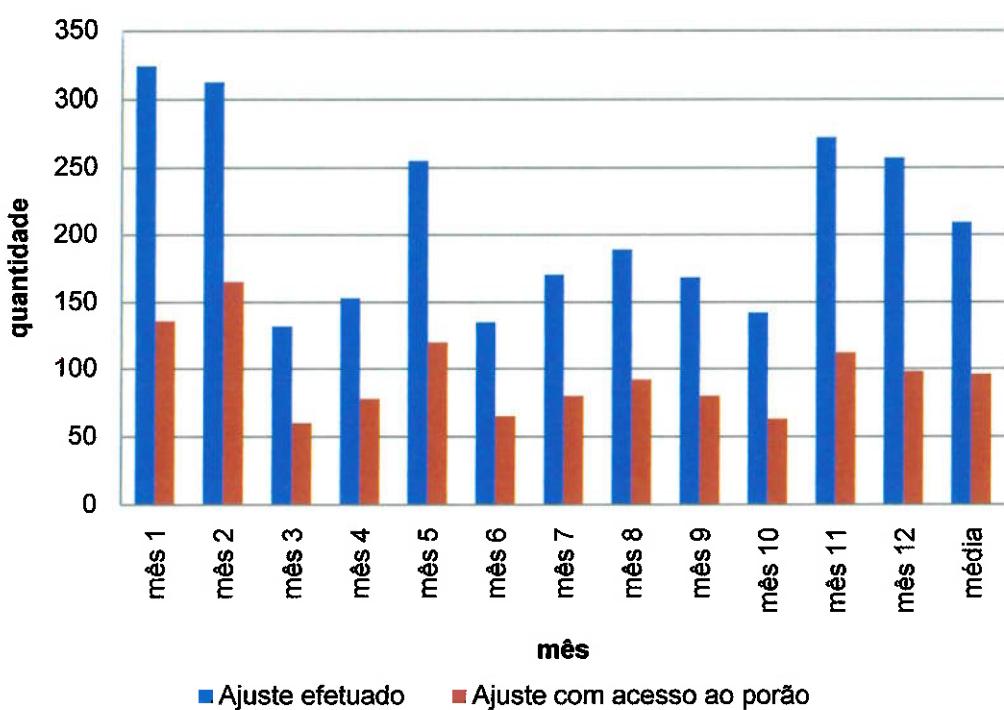


Figura 30 - Quantidade de ajustes x Quantidade de acessos ao porão
Dados – metalúrgica

3.5 COMPARAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE ACESSO AO PORÃO E PETs EMITIDAS

Foi feito um levantamento da quantidade de PETs emitidas durante o mesmo período considerado no subitem 3.4 – figura 30.

Comparando a quantidade de PETs emitidas com a quantidade de acessos ao porão (figura 31), notou-se uma diferença significativa entre as quantidades.

As quantidades de acesso ao porão são sempre maiores do que as PETs.

Em média foram 96 acessos ao porão e 68 PETs emitidas, desta forma 28,4% das entradas foram feitas sem a PET.

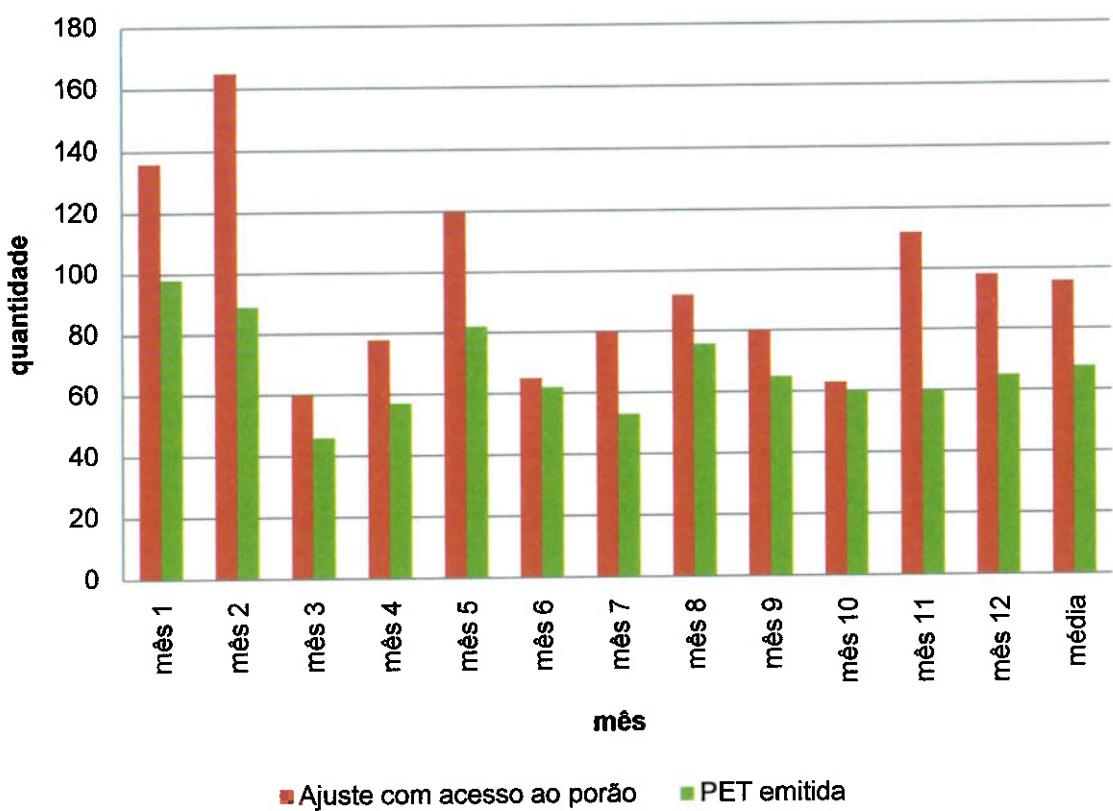


Figura 31 - Quantidade de acessos ao porão x PET emitida
Dados: Metalúrgica

3.6 O PROCESSO DE ESTAMPAGEM NA FABRICAÇÃO DO DISCO

O processo de estampagem exige que o ajuste da máquina seja efetuado através da entrada do operador no porão da máquina.

Através da figura 32 pode-se verificar o operador dentro do porão, no local onde é necessário fazer o ajuste da máquina.

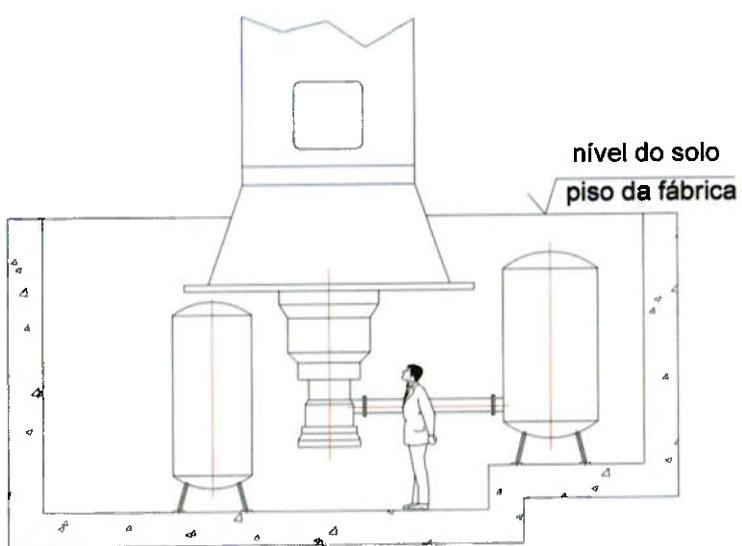


Figura 32 - Operador dentro do porão

3.6.1 Processo de estampagem - detalhes

Para melhor entendimento do ajuste da máquina dentro do porão, faz-se necessário conhecer o processo de estampagem do disco.

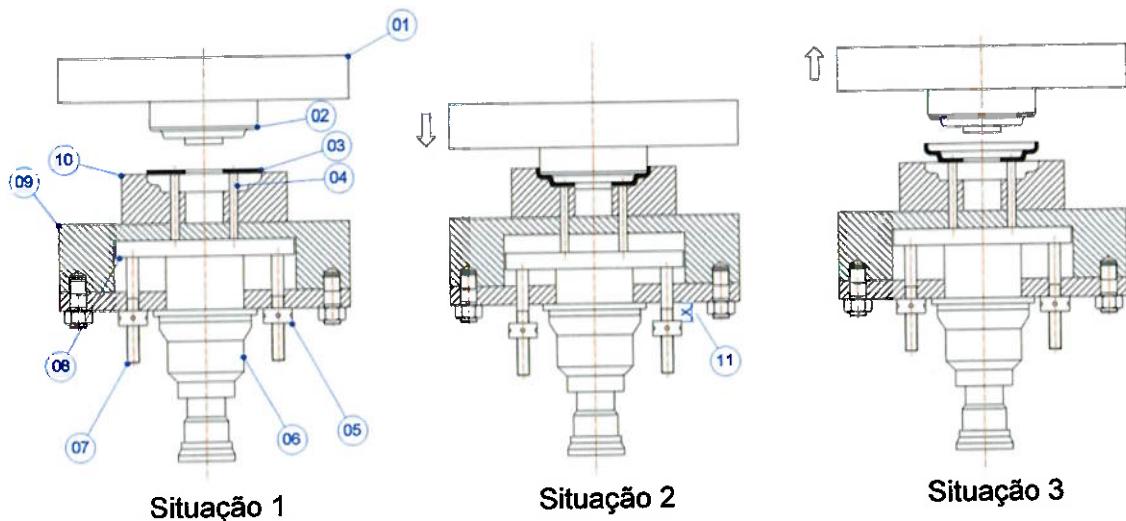
A figura 33 - Detalhes do processo de estampagem, ilustra o processo completo de estampagem de um disco, dividido em três situações:

Situação 1 – ferramenta abastecida com a matéria-prima, início da estampagem

Situação 2 – matéria-prima sendo estampada

Situação 3 – disco pronto, término da estampagem

A fase que antecede a situação 1 é o abastecimento da máquina com a matéria-prima e a fase que sucede a situação 3 é a retirada do produto acabado, isto é, o disco, estas fases não fazem parte do processo de estampagem propriamente dito.



Legenda	
Item 01 – martelo da prensa	Item 07 – parafuso de regulagem da almofada
Item 02 – ferramenta superior ou macho	Item 08 – placa de choque dos pinos extratores
Item 03 – disco, peça ou matéria-prima	Item 09 – mesa inferior
Item 04 – pino extrator	Item 10 – ferramenta inferior ou fêmea
Item 05 – porca de regulagem	Item 11 – folga da porca de regulagem
Item 06 – almofada	

Figura 33 - Detalhes do processo de estampagem

3.6.1.1 Situação 1 - ferramenta com a matéria-prima, início da estampagem

Nesta situação, o conjunto martelo da prensa (01) e ferramenta superior (02) encontra-se afastado dos demais itens, isto é no ponto morto superior, dizemos que a ferramenta está aberta.

O disco (03) considerado neste momento como matéria-prima a ser conformada, está simplesmente apoiado sobre os pinos extratores (04), estes pinos estão apoiados sobre placa de choque dos pinos extratores (08), a almofada (06) funciona como um cilindro pneumático de simples ação, empurrando para cima a placa de choque dos pinos extratores (08), a almofada (06) tem sua posição vertical limitada mecanicamente através dos parafusos de regulagem da almofada (07), estes estão fixados firmemente na placa de choque dos pinos extratores (08), as porcas de regulagem (05) têm a função de limitar a posição quando avançado da placa de choque dos pinos extratores (08), que por sua vez limitam a altura dos pinos extratores (04), desta forma é possível regular com razoável precisão a altura da matéria-prima (03).

3.6.1.2 Situação 2 - matéria-prima sendo estampada

Nesta situação, o conjunto martelo da prensa (01) e ferramenta superior (02) encontra-se no ponto morto inferior, dizemos que a ferramenta está fechada.

Nota-se que a matéria-prima (03) foi deformada mecanicamente através do processo de estampagem, o conjunto pinos extratores (04), placa de choque dos pinos extratores (08), parafuso de regulagem da almofada (07) e porca da regulagem (05) desceram sobre a ação mecânica do conjunto martelo da prensa (01) e ferramenta superior (02). Neste momento é possível verificar uma folga (11) entre a face superior da porca de regulagem (05) e a face inferior do conjunto mesa inferior (09).

3.6.1.3 Situação 3 - disco pronto, término da estampagem

Nesta situação, o conjunto martelo da prensa (01) e ferramenta superior (02) encontra-se de volta ao ponto morto superior, dizemos que a ferramenta está aberta. A matéria-prima (03), ora chamada de disco sobe através da força da almofada (06), que movimenta o conjunto pinos extratores (04), placa de choque dos pinos extratores (08), parafuso de regulagem da almofada (07) e porca da regulagem (05). Neste momento não é mais possível verificar a folga (11) entre a face superior da porca de regulagem (05) e a face inferior do conjunto mesa inferior (09).

A folga (11) entre a face superior da porca de regulagem (05) e a face inferior do conjunto mesa inferior (09) tem importância fundamental no processo. Esta folga (11) determina a posição vertical da matéria-prima ou disco (03) quando do abastecimento e desabastecimento da ferramenta.

3.7 A REGULAGEM DA PORCA DE REGULAGEM DA ALMOFADA

Quando da utilização de ferramentas de estampagem, o operador entra no porão da prensa para fazer a regulagem da folga (11) da figura 33 – situação 2.

Na figura 34 pode-se observar o operador fazendo a regulagem da porca de regulagem da almofada.

Essa operação é totalmente manual, não existe necessidade de ferramentas, as porcas giram sem dificuldade em torno do parafuso.

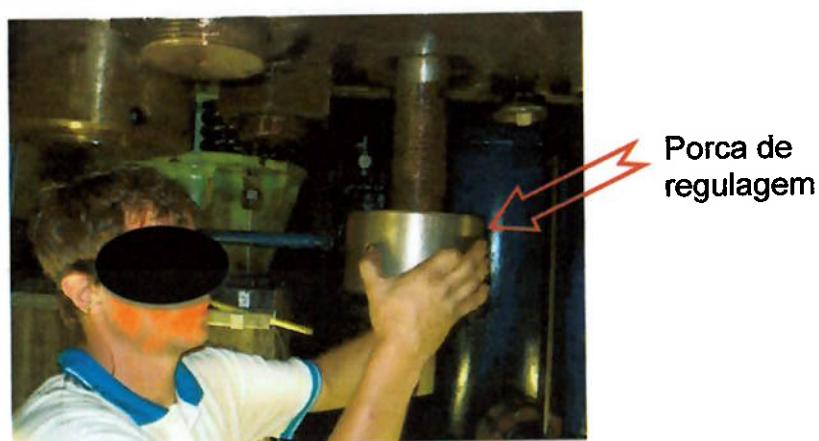


Figura 34 - Operador fazendo a regulagem da porca

Para a correta regulagem das porcas, o operador faz uso de uma trena para medir a folga (11) da figura 33 – situação 2.

Na figura 35 - Operador fazendo a medição da folga pode-se observar o operador fazendo a medição da folga entre a face superior da porca de regulagem e a face inferior do conjunto mesa inferior.

O tempo total destas duas operações, isto é, girar a porca e fazer a medição é da ordem de 1 minuto e 30 segundos

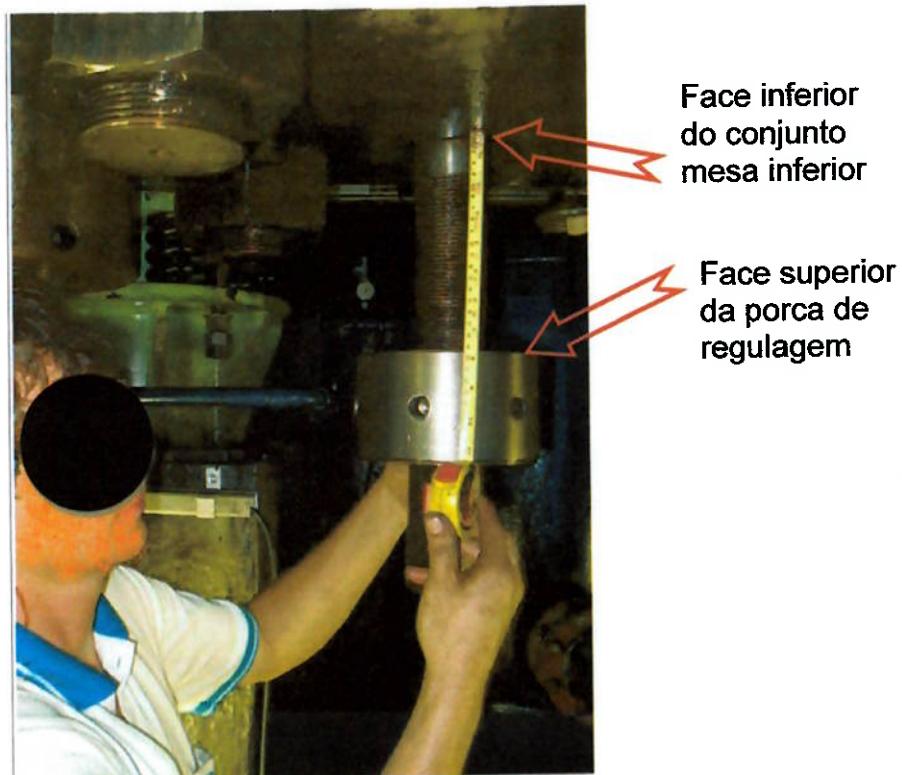


Figura 35 - Operador fazendo a medição da folga

3.8 O AMBIENTE NO PORÃO DA PRENSA

Dentro do porão, encontram-se além da almofada, mais dois outros equipamentos, o vaso de pressão da almofada e o vaso de pressão do contrabalanço, com suas respectivas tubulações.

A figura 36 mostra a disposição dos equipamentos dentro do porão.

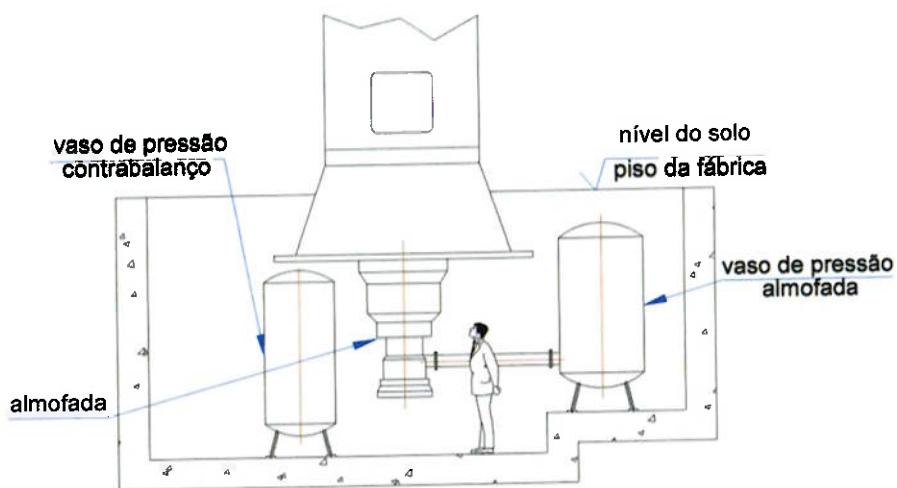


Figura 36 - Disposição dos equipamentos dentro do porão

3.8.1 Vaso de pressão da almofada

O vaso de pressão da figura 37 tem a função de armazenar ar comprimido para a almofada. Construído em chapa de aço carbono, tem volume interno de $1,02\text{ m}^3$ e pressão de operação de 5 kgf/cm^2 .

Pode-se verificar que a pintura do vaso encontra-se em péssimas condições.



Figura 37 - Vaso de pressão da almofada

A ligação pneumática esquemática deste vaso pode ser apreciada através da figura 38 - Ligação pneumática esquemática do vaso de pressão da almofada, nota-se que uma parte desta ligação encontra-se dentro do porão e a outra parte encontra-se acima do nível do piso da fábrica.

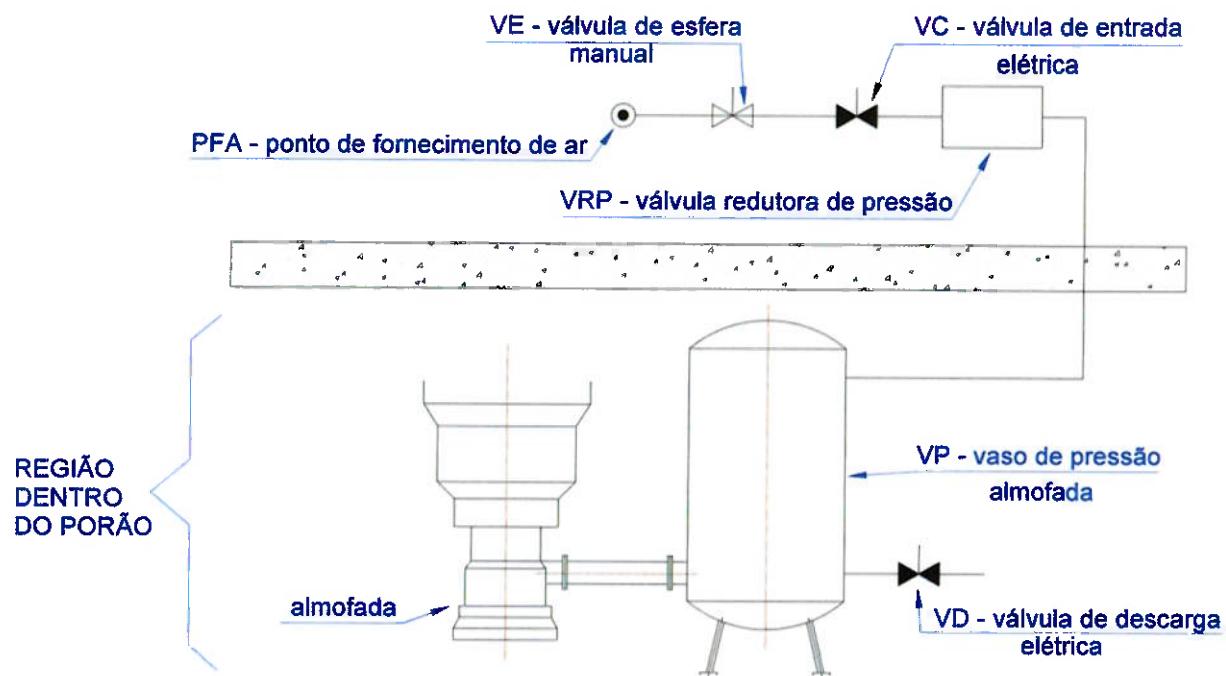


Figura 38 - Ligação pneumática esquemática do vaso de pressão da almofada

3.8.2 Vaso de pressão do contrabalanço

O vaso de pressão da figura 39 tem a função de armazenar ar comprimido para os cilindros de contrabalanço do martelo da máquina. Construído em chapa de aço carbono, tem volume interno $0,40\text{ m}^3$ e pressão de operação de 5 kgf/cm^2 .

Pode-se verificar que a pintura do vaso encontra-se em péssimas condições.



Figura 39 - Vaso de pressão do contrabalanço

A ligação pneumática esquemática deste vaso pode ser apreciada através da figura 40, nota-se que uma parte desta ligação encontra-se dentro do porão e a outra parte encontra-se acima do nível do piso da fábrica.

A válvula de esfera VE tem ação manual, em condições normais encontra-se na posição aberta, somente é fechada em caso de manutenção dos cilindros de contrabalanço.

A válvula de esfera VD tem ação manual, em condições normais encontra-se na posição fechada, somente é aberta em caso de manutenção dos cilindros de contrabalanço.

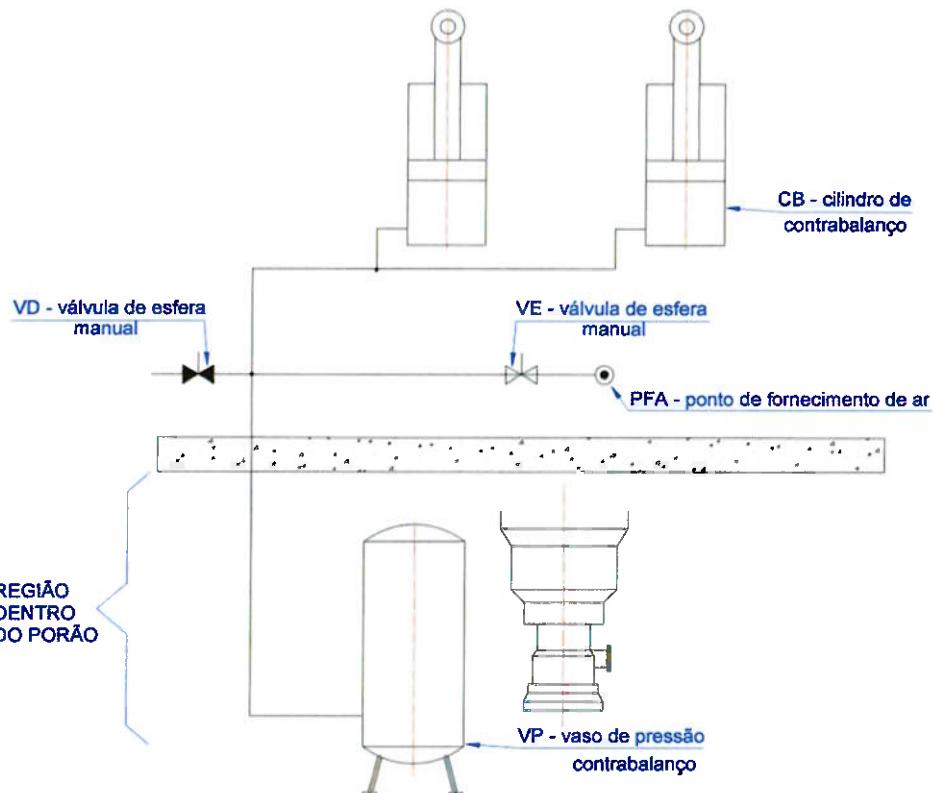


Figura 40 - Esquema pneumático do vaso de pressão do cilindro de contrabalanço

3.8.3 Iluminação do porão da prensa

A iluminação geral do ambiente é feita através de dois conjuntos de luminárias fluorescentes, fixados nas paredes laterais do porão, com quatro lâmpadas por conjunto, alimentadas por um circuito monofásico com tensão 220 Vac.

Na figura 41 é possível verificar o conjunto de luminária, nota-se a proteção plástica transparente da luminária contaminada com óleo e algumas lâmpadas queimadas.



Figura 41 - Luminária fluorescente dentro do porão

3.8.4 Organização do ambiente em geral

Na figura 42, pode-se notar a presença de uma escada em madeira deixada dentro do porão, provavelmente desde a época da instalação da máquina. A escada está simplesmente apoiada em uma das paredes.

As paredes são pintadas com tinta tipo epóxi na cor cinza claro e encontram-se impregnadas de óleo e poeira.



Figura 42 - Escada em madeira dentro do porão

Em outra região do porão encontra-se um compensado em madeira (figura 43), este material talvez também tenha sido deixado neste local desde a época da montagem da máquina.



Figura 43 - Material deixado dentro do porão

As figuras 44 e 45 mostram o estado precário da instalação elétrica, cabos desprotegidos, emendas expostas, luminária em péssimas condições.



Figura 44 - Emendas expostas e luminária em péssimas condições



Figura 45 - Cabos desprotegidos

3.9 ATIVIDADE DO OPERADOR DURANTE A REGULAGEM DAS PORCAS DA ALMOFADA E A ANÁLISE DE RISCOS

Para melhor entender a atividade do operador durante a regulagem das porcas da almofada, foi necessária dividi-la em etapas.

Essas etapas descrevem de forma cronológica, as ações executadas pelo operador durante a atividade.

Etapa 01 – alívio da pressão pneumática do vaso de pressão da almofada

Etapa 02 – liberação da área de acesso a tampa de acesso ao porão

Etapa 03 – retirada da tampa de acesso ao porão

Etapa 04 – descida até o nível do piso do porão

Etapa 05 – deslocamento até a região das porcas

Etapa 06 – regular as porcas

Etapa 07 – deslocamento até a região da escada tipo marinheiro

Etapa 08 – subida até o nível do piso do porão

Etapa 09 – fechamento da tampa de acesso ao porão

Etapa 10 – liberação da área de acesso a tampa de acesso ao porão

Etapa 11 – retorno da pressão pneumática do vaso de pressão da almofada

Neste levantamento, foi incluída a análise de riscos, conforme preconiza a NR-33 subitem 33.2.1 “c”.

A ferramenta escolhida para a análise dos riscos foi a APR Análise Preliminar dos Riscos, sendo a mais utilizada para avaliar riscos na grande maioria dos processos

industriais ou de serviços, principalmente no risco operacional. Através da figura 46, pode-se verificar a planilha APR – Análise Preliminar de Riscos adaptada para uso desta empresa, o preenchimento está incompleto.

APR – Análise Preliminar de Riscos		Data: 07/12/09 – Cruzeiro – SP				
Campo de aplicação: Prensa Erfurt – 1250 t						
Assunto: Levantar os riscos específicos do operador durante a atividade de regulagem das porcas da almofada – em situação normal e emergência						
Objetivo: Padronização da maneira segura de executar a atividade, identificar os riscos específicos, prever forma de controle e prevenção, identificar os equipamentos de proteções individuais e coletivos, bem como recomendar ações com o objetivo de minimizar os riscos de acidentes em situação normal e emergência durante a atividade do operador.						
Participantes: engenheiro de segurança do trabalho, coordenador de produção, engenheiro de processo, engenheiro de manutenção, operador de produção turno diurno e operador de produção turno noturno						
Etapa	Riscos	Formas de controle e prevenção	EPIs	EPCs	Referência	Recomendações

Figura 46 - Exemplo do formulário de APR utilizado (preenchimento incompleto)

Fonte: empresa

Com a finalidade de tornar a leitura mais agradável, decidiu-se apresentar a análise preliminar de riscos de forma descritiva, juntamente com a descrição da atividade.

Desta forma, logo após a descrição de cada etapa, serão apresentados de forma descritiva os seguintes itens: riscos que envolvem a etapa, formas de controle e prevenção, equipamento de proteção individual, equipamento de proteção coletiva, referência e recomendações.

Procurou-se formar uma equipe de trabalho com conhecimentos tais como: linha de produto fabricado, especificações técnicas, rotina da empresa, atividades fora do normal, situações de emergências vividas, conhecimento do funcionamento da máquina entre outros. A equipe escolhida foi então formada por um engenheiro de segurança do trabalho, um coordenador de produção, um engenheiro de processo, um engenheiro de manutenção e dois operadores, sendo um do turno diurno e outro do turno noturno.

A coordenação dos trabalhos ficou a cargo do engenheiro de segurança do trabalho.

3.9.1 Etapa 01 – alívio da pressão pneumática do vaso de pressão da almofada

O operador alivia a pressão (figura 47) através do painel de operação da máquina, localizado na estrutura da máquina, fora do espaço confinado.

Neste momento a válvula de entrada de ar (VC) é fechada e a válvula de descarga (DV) é aberta (figura 48 - Esquema pneumático do vaso de pressão da almofada em alívio).

O operador retira o plugue de segurança da tomada, inibindo qualquer funcionamento inadvertido da máquina e aciona o botão de emergência da máquina na porta do painel de operação.

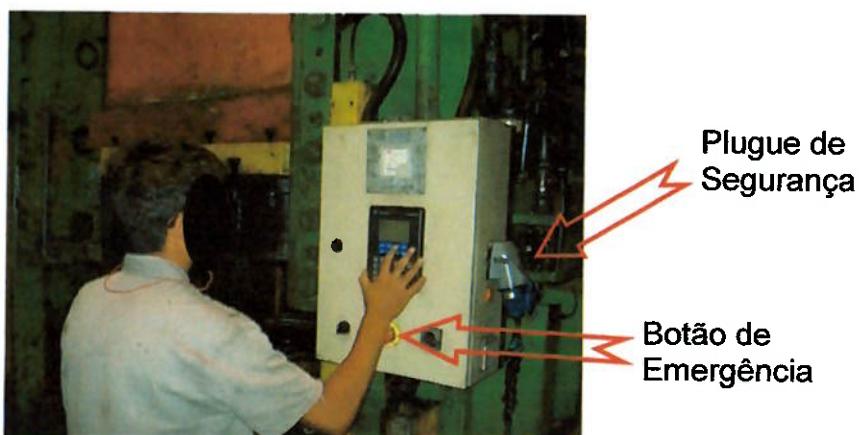


Figura 47 - Operador fazendo o alívio da pressão pneumática do vaso de pressão da almofada

Na falta de energia, a válvula de entrada VC mantém sua posição fechada, e a válvula de descarga VD mantém sua posição aberta, garantindo a pressão interna do vaso de pressão VP igual à zero.

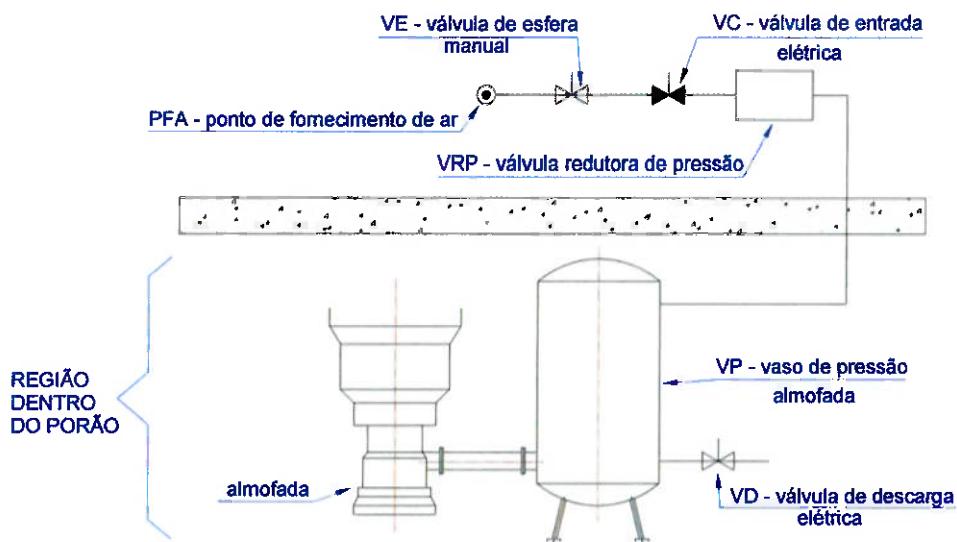


Figura 48 - Esquema pneumático do vaso de pressão da almofada em alívio

3.9.1.1 Riscos

- engano - erro de seqüência - o operador pode selecionar opção inversa ao alívio de pressão, mantendo pressurizado o vaso de pressão
- falha da válvula de entrada VC – travar aberta
- falha da válvula de descarga VD – travar fechada
- ruído contínuo (escape de ar válvula de descarga VD)
- modificação do estado de alívio de pressão por pessoa não autorizada
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)

3.9.1.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo, intensificar a limpeza do piso
- manutenção preventiva nas válvulas
- utilizar cartão de identificação e bloqueio
- retirar plugue de segurança
- acionar botão de emergência

3.9.1.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo

3.9.1.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

Não aplicado

3.9.1.5 Referência

NR-6, NR-8, NR12, NR15 – anexo no. 1,

3.9.1.6 Recomendações

- implantar limpeza periódica do piso
- rever projeto da tela do painel de operação
- implantar manutenção preventiva nas válvulas
- desenvolver cartão de identificação e bloqueio para uso da produção
- instalar silenciador na saída da válvula de descarga VD

3.9.2 Etapa 02 – liberação da área de acesso a tampa de acesso ao porão

É comum a presença de caçambas sobre a tampa de acesso ao porão. Estas caçambas têm a função de armazenar discos e retalhos de chapas que acabaram de ser processados do próprio processo de fabricação.

A movimentação das caçambas somente é possível através de talha ou empilhadeira.

A figura 49 - Vista aérea da região de acesso ao porão da prensa mostra um exemplo típico da movimentação das caçambas, dependendo do tipo de produto a ser fabricado, a quantidade de caçamba poderá variar.

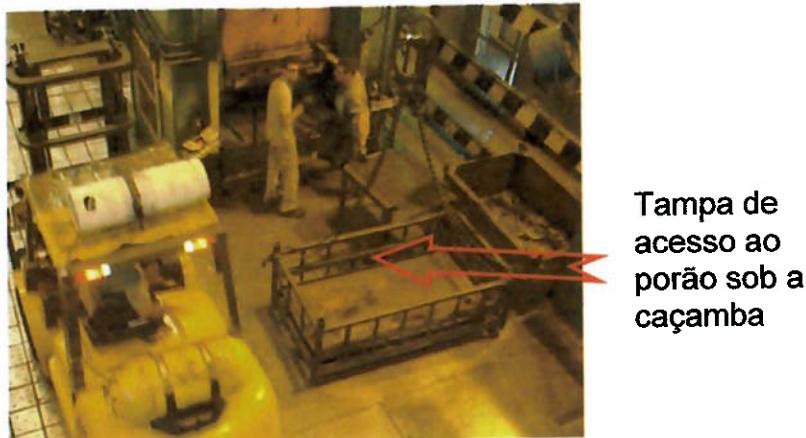


Figura 49 - Vista aérea da região de acesso ao porão da prensa

3.9.2.1 Riscos

- posição ergonômica incorreta
- atropelamento
- batida contra (cabeca)
- absorção por contato/pele de óleo (óleo da corrente)
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- aprisionamento dos membros (superiores e inferiores)
- impacto de pessoas contra objetos parados ou em movimento
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)
- acidente no manuseio, içamento, movimentação e transporte de material
- capacidade inadequada
- falta de habilidade

3.9.2.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo
- limitar movimentação de outras empilhadeiras durante esta etapa
- treinamento para operação de talhas e pontes
- treinamento para operar empilhadeira
- treinamento para postura correta
- boa comunicação entre o operador de máquina e o operador da empilhadeira
- manter no local somente as caçambas em uso, evitando excessos
- equipamentos de movimentação de carga com sinais sonoros e luminosos

3.9.2.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio

3.9.2.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

Não aplicado

3.9.2.5 Referência

NR6, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1

3.9.2.6 Recomendações

- manter no local somente as caçambas em uso, evitando excessos
- verificar possibilidade de modificar posição da tampa de acesso ao porão ou modificar posição das caçambas

3.9.3 Etapa 03 – retirada da tampa de acesso ao porão

O acesso ao local onde estão as porcas de regulagem é feito através de uma abertura ao nível do solo ou piso da fábrica, o qual é fechado por uma tampa de aço, com peso aproximado de 15 kg.

Na figura 50 é possível apreciar a abertura no nível do solo e a tampa de aço que fecha este acesso. Nota-se que a retirada da tampa é feita com o auxílio de uma talha de corrente.



Figura 50 - Retirada da tampa de acesso ao porão da prensa

O acesso ao porão tem dimensões reduzidas, conforme mostra a figura 51, são 0,56 m de largura e 0,62 m de comprimento, perfazendo uma área de $0,35 \text{ m}^2$. Para a entrada é necessário a contorção do operador.



Figura 51 - Dimensões da entrada do espaço confinado

3.9.3.1 Riscos

- posição ergonômica incorreta
- atropelamento
- absorção por contato/pele de óleo
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- aprisionamento dos membros (superiores e inferiores)
- impacto de pessoas contra objetos parados ou em movimento

- impacto sofrido por pessoa, de objetos que cai ou outras forma de movimento
- queda de pessoa com diferença de nível
- queda de pessoa de mesmo nível
- aprisionamento em, sob ou entre os objetos em movimento, máquinas e equipamentos
- acidente no manuseio, içamento, movimentação e transporte de material

3.9.3.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo
- limitar movimentação de empilhadeiras
- o operador da máquina tem autorização para utilizar talhas
- manter a tampa após a retirada em local padronizado
- isolar área
- checar funcionamento da talha
- fazer inspeção de segurança dos equipamentos de movimentação

3.9.3.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio

3.9.3.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones sinalizadores
- fita zebra de isolamento

3.9.3.5 Referência

NR6, NR11, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1

3.9.3.6 Recomendações

- demarcar área padronizada para colocar a tampa de acesso após a retirada

3.9.4 Etapa 04 – descida até o nível do piso do porão

Logo após a passagem pela abertura no nível do piso, depara-se com uma escada fixa tipo marinheiro, lance único, com 90º em relação ao piso, confeccionada com tubos de aço e fixada na estrutura de concreto, contando com guarda corpo.

A figura 52 mostra a escada tipo marinheiro vista pela abertura no nível do piso.

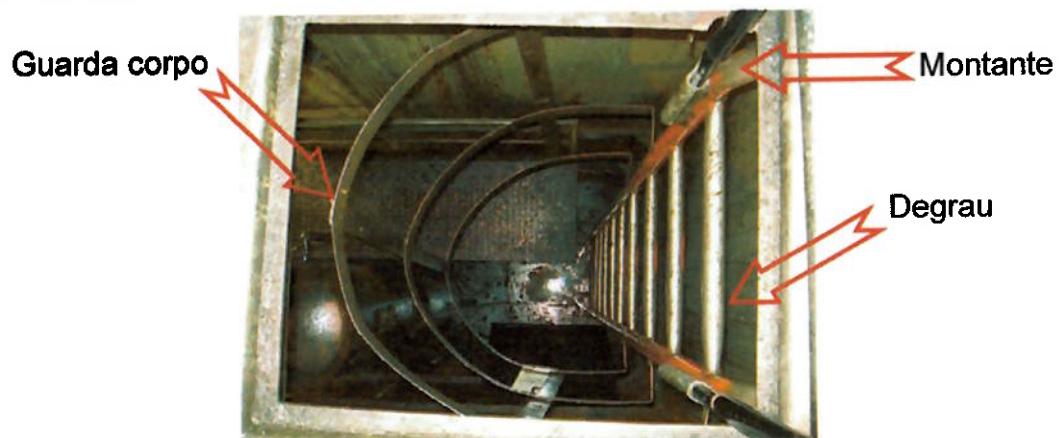


Figura 52 - Escada tipo marinheiro vista pelo lado de fora do porão

A figura 53 - Escada tipo marinheiro vista pelo lado de dentro do porão mostra a escada tipo marinheiro vista pelo lado de dentro do local da regulagem das porcas. Nota-se o estado precário do guarda corpo e as dimensões principais da escada, sendo a distância entre montantes (500 mm) e distância entre degraus (340 mm).

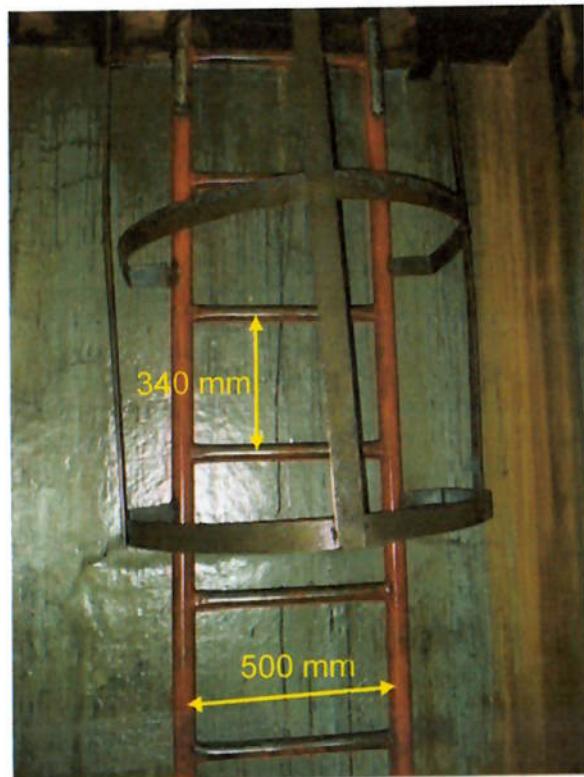


Figura 53 - Escada tipo marinheiro vista pelo lado de dentro do porão

Verifica-se na figura 54, que a altura da parte inferior do guarda corpo é mais baixa que altura do trabalhador. O trabalhador da figura tem 1,8 m de altura e está em pé sobre o piso do local da regulagem das porcas. A altura da parte inferior do guarda corpo até o piso do local da regulagem das porcas é de 1,6 m.



Figura 54 - Altura do guarda corpo da escada tipo marinheiro x altura do trabalhador

Na figura 55 pode-se notar com maiores detalhes a interferência entre o operador e o guarda corpo. O operador precisa inclinar o corpo para passar por baixo do guarda corpo.

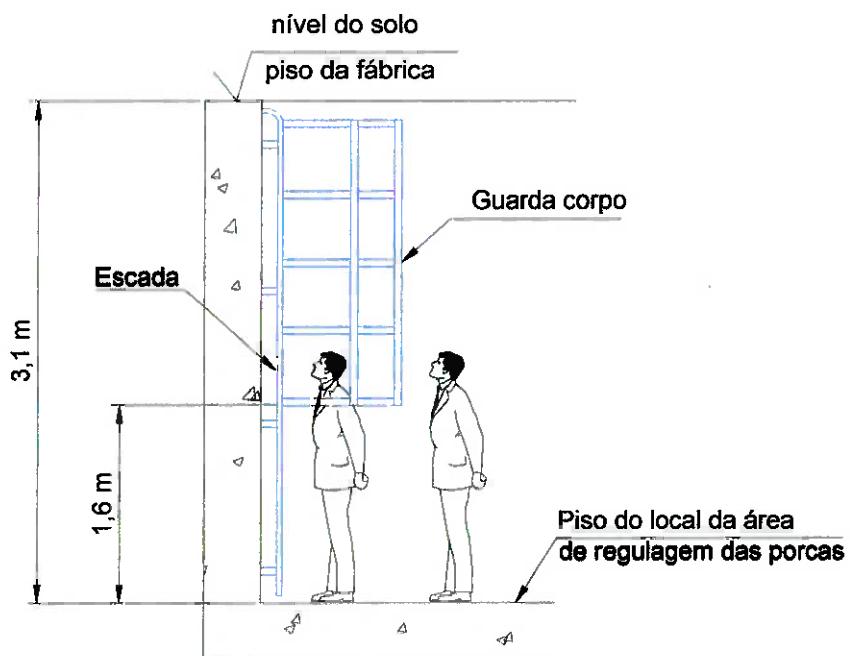


Figura 55 - Detalhe do guarda corpo da escada tipo marinheiro

Em caso de acidente, o guarda corpo da escada tipo marinheiro dificulta a retirada do trabalhador autorizado acidentado com a maca de resgate para serviço vertical. A figura 56 - Guarda corpo dificulta o resgate do acidentado mostra a dificuldade em caso de resgate do acidentado.

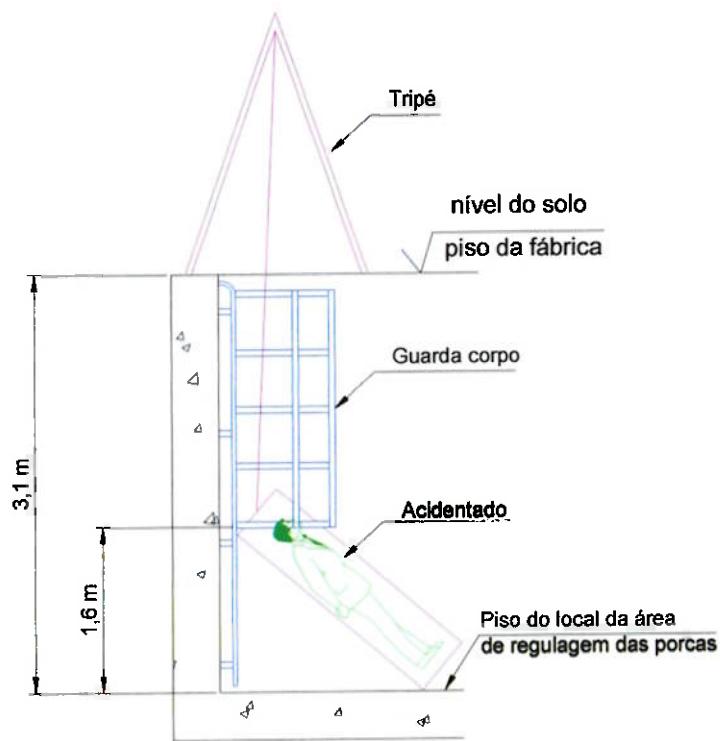


Figura 56 - Guarda corpo dificulta o resgate do acidentado

A figura 57 ilustra a parte inferior da escada tipo marinheiro, fim da descida, vista pelo lado de dentro do local da regulagem das porcas. Observa-se que a escada termina na sua parte inferior em um piso de chapa de aço não uniforme, faltando uma parte do piso.

A região está impregnada com óleo lubrificante da própria máquina, na parte mais baixa, encontra-se uma razoável camada de água proveniente da drenagem do terreno, provavelmente do lençol freático.



Figura 57 - Parte inferior da escada tipo marinheiro – dentro do porão

3.9.4.1 Riscos

- posição ergonômica incorreta (entorse)
- queda de pessoa na região do piso faltante – término da escada
- corpo estranho nos olhos
- exposição à resíduo (água da drenagem do terreno)
- deficiência de oxigênio
- eletroplessão
- condições ambientais (iluminação reduzida, falta de iluminação)
- absorção por contato/pele de graxa (montante da escada)
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- impacto de pessoas contra objetos parados
- queda de pessoa com diferença de nível

Em caso de emergência

- falta de energia elétrica
- necessidade de retirar o trabalhador com maca para resgate na posição vertical

3.9.4.2 Formas de controle e prevenção

- evitar o acesso em período noturno
- manter escada limpa
- checar estado da escada
- isolar área
- preencher a PET
- verificar se o detector de gases está funcionando corretamente, realizando o zero calibração em ar atmosférico livre de interferências
- inserir o detector de gases em três níveis diferentes de forma a verificar a qualidade do ar nos níveis superior, médio e inferior
- as condições atmosféricas devem estar de acordo com os limites estabelecidos nas normas NR-33 – anexo II e NBR 14787:2001
- a medida em cada ponto deverá ocorrer com a estabilização dos sensores
- caso algum dos gases esteja fora dos limites estabelecidos, a entrada será proibida
- neste caso proceder a ventilação mecânica por no mínimo 15 minutos

- refazer as medições
- a entrada será liberada somente quando os níveis medidos se encontrarem dentro das condições normais (limites especificados)
- monitoramento da atmosfera deverá ser contínuo, através da fixação do medidor de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- montagem do tripé com guincho
- opção: uso do radio comunicador (trabalhador x vigia)
- comunicação fácil e ágil entre vigia e a equipe de resgate (telefone)
- checar funcionamento do telefone do vigia, bem como a carga da bateria
- equipamentos de resgate em boas condições, em local de fácil acesso

Em caso de emergência

- uso de lanternas (falta de energia elétrica)

3.9.4.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- cinto de segurança contra quedas em trabalho em altura tipo pára-quedista

3.9.4.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones de sinalização
- fita zebra de sinalização
- tripé para resgate
- guincho mecânico para resgate

3.9.5.5 Referência

NR6, NR10, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1, NR33, NBR 14787

3.9.5.6 Recomendações

- implantar inspeção periódica da escada marinheiro
- implantar drenagem periódica da água dentro do porão
- implantar inspeção periódica da iluminação do porão
- colocar piso faltante no final da escada marinheiro

3.9.5 Etapa 05 – deslocamento até a região das porcas

O deslocamento até a região das porcas é feito sobre uma plataforma em aço, com guarda corpo em toda a sua volta, é comum o piso estar impregnado de graxa e ou óleo sobre a plataforma. A distância entre o ponto de descida e a região das porcas de regulagem é da ordem de 4 m, não existindo restrição de espaço para a movimentação do operador, a movimentação é feita na posição ereta.

A figura 58 mostra o piso da plataforma em aço e o guarda corpo da plataforma, nota-se um desnível de 500 mm entre piso da plataforma e o piso de concreto do porão.



Figura 58 - Piso da plataforma em aço dentro do porão

3.9.5.1 Riscos

- corpo estranho nos olhos
- exposição à resíduo (água da drenagem do terreno)
- eletroplessão
- condições ambientais (iluminação reduzida, falta de iluminação)

- impacto de pessoas contra objetos parados
- deficiência de oxigênio
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)

3.9.5.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo da plataforma do porão
- monitoramento da atmosfera deverá ser contínuo, através da fixação do detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- opção: uso do radio comunicador (trabalhador x vigia)
- comunicação fácil e ágil entre vigia e a equipe de resgate (telefone)

3.9.5.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- cinto de segurança contra quedas em trabalho em altura tipo pára-quedista

3.9.5.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones de sinalização
- fita zebra de sinalização
- tripé para resgate
- guincho mecânico para resgate

3.9.5.5 Referência

NR6, NR10, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1, NR33, NBR 14787

3.9.5.6 Recomendações

- implantar limpeza periódica do piso da plataforma do porão
- implantar inspeção periódica da iluminação do porão
- implantar inspeção periódica da iluminação de emergência

3.9.6 Etapa 06 – regular as porcas

Para regular a altura das porcas, basta o operador girar as porcas com a própria mão, para a direita ou esquerda, dependendo da medida desejada.

Na figura 59 pode-se observar o operador fazendo a regulagem da porca de regulagem da almofada, nota-se que as porcas estão localizadas em uma altura confortável para o operador.

Essa operação é totalmente manual, não existe necessidade de ferramentas, as porcas giram sem dificuldade em torno do parafuso.

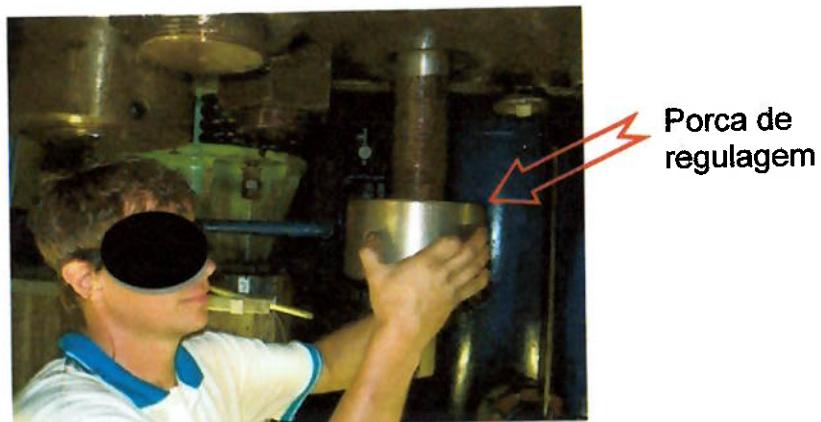


Figura 59 - Operador fazendo a regulagem da porca em posição confortável

Na figura 60 pode-se observar o operador fazendo a medição da folga entre a face superior da porca de regulagem e a face inferior do conjunto mesa inferior.

Para a correta regulagem das porcas, o operador faz uso de uma trena para medir a folga (11) da figura 33 – situação 2.

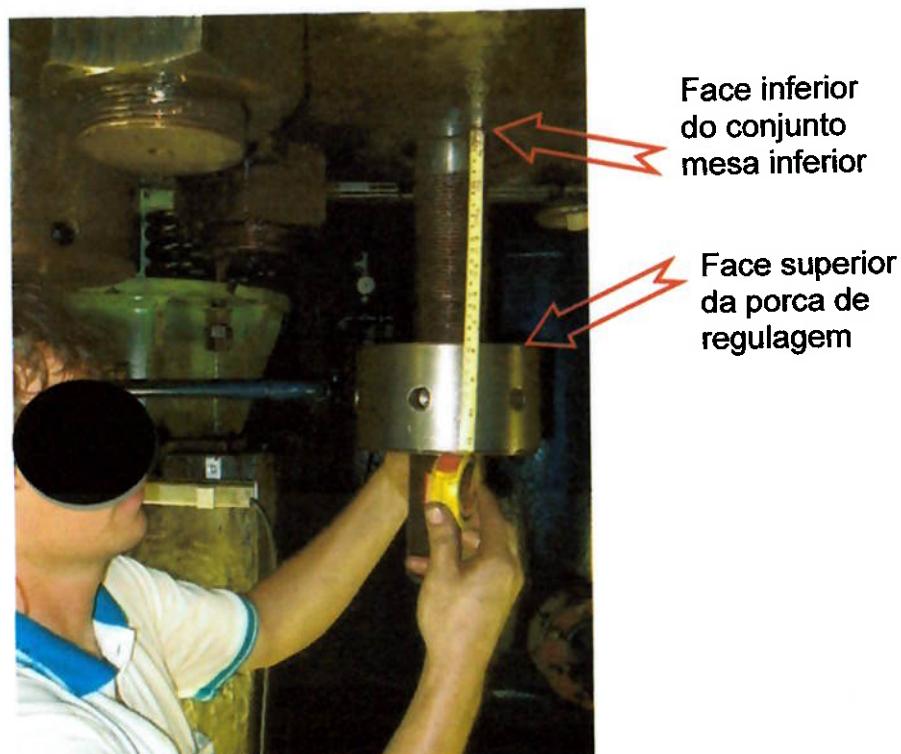


Figura 60 - Operador fazendo a medição com o uso da trena em posição confortável

3.9.6.1 Riscos

- corpo estranho nos olhos
- exposição à resíduo (água da drenagem do terreno)
- eletroplessão
- condições ambientais (iluminação reduzida, falta de iluminação)
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- impacto de pessoas contra objetos parados
- deficiência de oxigênio
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)

3.9.6.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo da plataforma do porão

- monitoramento da atmosfera deverá ser contínuo, através da fixação do detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- opção: uso do radio comunicador (trabalhador x vigia)
- comunicação fácil e ágil entre vigia e a equipe de resgate (telefone)

3.9.6.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- utilizar detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- cinto de segurança contra quedas em trabalho em altura tipo pára-quedista

3.9.6.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones de sinalização
- fita zebrada de sinalização
- tripé para resgate
- guincho mecânico para resgate

3.9.6.5 Referência

NR6, NR10, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1, NR33, NBR 14787

3.9.6.6 Recomendações

- implantar limpeza periódica do piso da plataforma do porão

3.9.7 Etapa 07 – deslocamento até a região da escada tipo marinheiro

O deslocamento até a região da escada tipo marinheiro é feito sobre uma plataforma em aço, com guarda corpo na sua volta, é comum o piso estar impregnado de graxa e ou óleo sobre esta plataforma. A distância entre o ponto de regulagem das porcas e a região escada tipo marinheiro é da ordem de 4 m, não existindo restrição de espaço para a movimentação. Esta etapa acontece de forma inversa a etapa 05.

3.9.7.1 Riscos

- corpo estranho nos olhos
- exposição à resíduo (água da drenagem do terreno)
- eletroplessão
- condições ambientais (iluminação reduzida, falta de iluminação)
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- impacto de pessoas contra objetos parados
- deficiência de oxigênio
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)

3.9.7.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo da plataforma do porão
- monitoramento da atmosfera deverá ser contínuo, através da fixação do detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- opção: uso do radio comunicador (trabalhador x vigia)
- comunicação fácil e ágil entre vigia e a equipe de resgate (telefone)

3.9.7.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio

- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- utilizar detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- cinto de segurança contra quedas em trabalho em altura tipo pára-quedista

3.9.7.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones de sinalização
- fita zebra de sinalização
- tripé para resgate
- guincho mecânico para resgate

3.9.7.5 Referência

NR6, NR10, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1, NR33, NBR 14787

3.9.7.6 Recomendações

3.9.8 Etapa 08 – subida até o nível do piso do porão

A subida é feita através uma escada em aço tipo marinheiro, o desnível entre os pisos é de 3,1 m. No início da escada (dentro do porão), existe uma falha no piso. A altura do guarda corpo é incompatível com o trabalhador de estatura mediana, havendo necessidade de o operador inclinar o corpo para passar por baixo do guarda corpo.

Esta etapa acontece de forma inversa a etapa 04.

3.9.8.1 Riscos

- posição ergonômica incorreta (entorse)
- queda de pessoa na região do piso faltante – término da escada
- corpo estranho nos olhos
- exposição à resíduo (água da drenagem do terreno)
- deficiência de oxigênio
- eletroplessão

- condições ambientais (iluminação reduzida, falta de iluminação)
- absorção por contato/pele de graxa (montante da escada)
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- impacto de pessoas contra objetos parados
- queda de pessoa com diferença de nível

Em caso de emergência

- falta de energia elétrica
- necessidade de retirar o trabalhador com maca para resgate na posição vertical

3.9.8.2 Formas de controle e prevenção

- manter escada limpa
- checar estado da escada
- isolar área
- monitoramento da atmosfera deverá ser contínuo, através da fixação do medidor de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- opção: uso do radio comunicador (trabalhador x vigia)
- comunicação fácil e ágil entre vigia e a equipe de resgate (telefone)

Em caso de emergência

- uso de lanternas (falta de energia elétrica)

3.9.8.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- utilizar detector de gases junto ao corpo do trabalhador autorizado
- cinto de segurança contra quedas em trabalho em altura tipo pára-quedista

3.9.8.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones de sinalização
- fita zebra de sinalização
- tripé para resgate
- guincho mecânico para resgate

3.9.8.5 Referência

NR6, NR10, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1, NR33, NBR 14787

3.9.8.6 Recomendações

3.9.9 Etapa 09 – fechamento da tampa de acesso ao porão

A tampa é encaixada na região de acesso ao porão no piso, seu peso é da ordem de 15 kg, para facilitar a movimentação é utilizada uma talha já existente no local.

Esta etapa acontece de forma inversa a etapa 03.

3.9.9.1 Riscos

- posição ergonômica incorreta
- atropelamento
- absorção por contato/pele de óleo
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- aprisionamento dos membros (superiores e inferiores)
- impacto de pessoas contra objetos parados ou em movimento
- impacto sofrido por pessoa, de objetos que cai ou outras forma de movimento
- queda de pessoa com diferença de nível
- queda de pessoa de mesmo nível
- aprisionamento em, sob ou entre os objetos em movimento, máquinas e equipamentos
- acidente no manuseio, içamento, movimentação e transporte de material

3.9.9.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo
- limitar movimentação de empilhadeiras
- o operador da máquina tem autorização para utilizar talhas
- manter a tampa após a retirada em local padronizado
- isolar área
- checar funcionamento da talha

3.9.9.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio

3.9.9.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

- cones sinalizadores
- fita zebra de isolamento

3.9.9.5 Referência

NR6, NR11, NR12, NR17, NR15 – anexo no. 1, NR33, NBR 14787

3.9.9.6 Recomendações

3.9.10 Etapa 10 – liberação da área de acesso a tampa de acesso ao porão

Todas as caçambas retiradas quando da liberação da área de acesso a tampa de acesso ao porão deverão ser retornadas nas suas posições originais.

Devido ao peso e dimensões elevadas, somente é possível movimentar estas caçambas através de talhas ou empilhadeira.

Esta etapa acontece de forma inversa a etapa 02.

3.9.10.1 Riscos

- posição ergonômica incorreta
- atropelamento
- batida contra (cabeça)
- absorção por contato/pele de óleo (óleo da corrente)
- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- aprisionamento dos membros (superiores e inferiores)
- impacto de pessoas contra objetos parados ou em movimento
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)
- acidente no manuseio, içamento, movimentação e transporte de material
- capacidade inadequada
- falta de habilidade

3.9.10.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo
- limitar movimentação de outras empilhadeiras durante esta etapa
- treinamento para operação de talhas e pontes
- treinamento para operar empilhadeira
- treinamento para postura correta
- boa comunicação entre o operador de máquina e o operador da empilhadeira
- manter no local somente as caçambas em uso, evitando excessos
- equipamentos de movimentação de carga com sinais sonoros e luminosos

3.9.10.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo
- luva de segurança contra agentes cortantes e perfurantes
- capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio

3.9.10.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

3.9.10.5 Referência

NR6, NR12, NR15 – anexo no. 1

3.9.10.6 Recomendações

3.9.11 Etapa 11 – retorno da pressão pneumática do vaso de pressão da almofada

O operador recoloca o plugue de segurança e libera o botão de emergência.

Na seqüência, a pressão é retomada através do comando do operador (figura 61) no painel de operação da máquina.

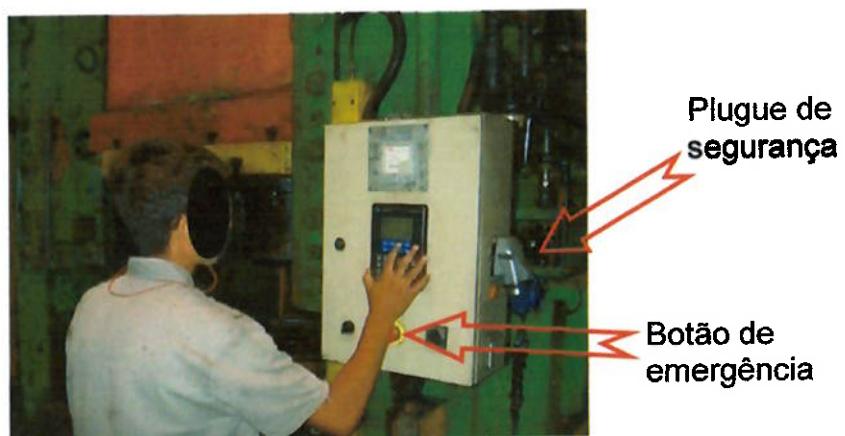


Figura 61 - Operador retornando a pressão pneumática do vaso de pressão da almofada

Neste momento a válvula de entrada de ar (VC) é aberta e a válvula de descarga de ar (VD) é fechada (figura 62).

Esta etapa acontece de forma inversa a etapa 01.

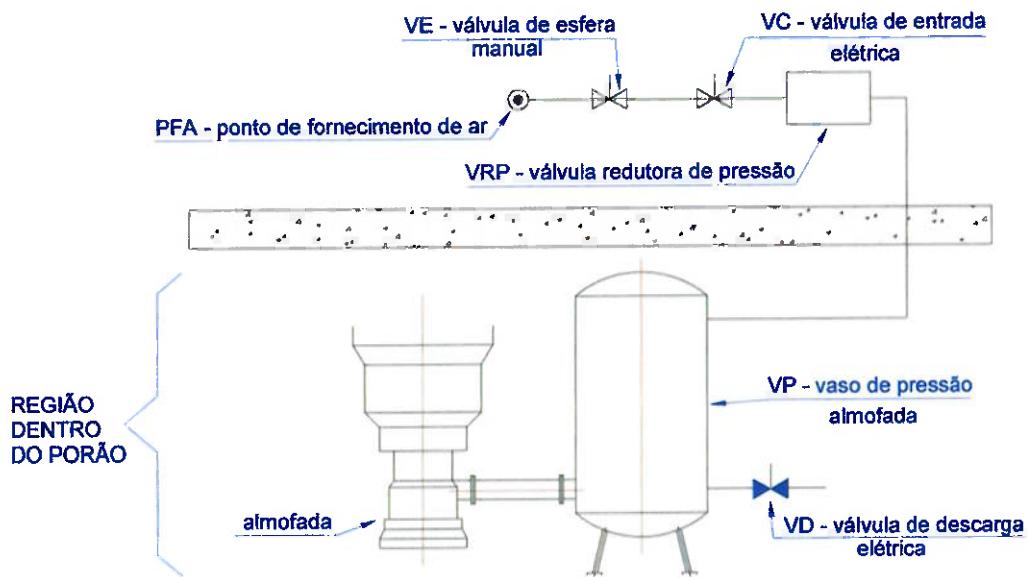


Figura 62 - Esquema pneumático do vaso de pressão da almofada com pressão

3.9.11.1 Riscos

- exposição à ruído contínuo e/ou intermitente
- queda de pessoa de mesmo nível (piso escorregadio)

3.9.11.2 Formas de controle e prevenção

- manter piso limpo

3.9.11.3 Equipamento de Proteção Individual - EPI

- calçado de segurança para proteção contra impactos
- óculos de segurança incolor
- protetor auditivo

3.9.11.4 Equipamento de Proteção Coletiva – EPC

não aplicado

3.9.11.5 Referência

NR-6, NR-8, NR12, NR15 – anexo no. 1,

3.9.11.6 Recomendações

- implantar limpeza periódica do piso

3.10 PLANO DE AÇÃO – 5W1H

As recomendações levantadas na análise preliminar de riscos foram listadas em uma planilha conhecida como 5W1H, onde as letras W e H são as iniciais das palavras de origem inglesa, *What, Who, When, Why, Where, How*, cuja tradução na língua portuguesa é respectivamente O quê, Quem, Quando, Por que, Onde e Como.

A figura 63 - Plano de ação - 5W1H mostra a planilha 5W1H, preenchida de acordo com as recomendações geradas na APR – Análise Preliminar de Riscos.

Plano de ação – 5W1H						
Atividade: Regulagem das porcas da almofada da prensa Erfurt - 1.250 t						
Equipe: Segurança, Processo, Manutenção, Produção						revisão: 01
Data: 15/12/09						
It.	O quê	Quem	Quan do	Por que	Onde	Como
1	Limpeza periódica do piso	Prod.	10/01/10	em torno da prensa	risco de queda, atender NR12 - subitem 12.1.1	incluir no contrato da empresa de limpeza
2	Rever projeto da tela de operação	Manut.	10/01/10	painel de operação	risco de o operador confundir, atender NR12 - subitem 12.2.1 - d)	através de software - projetar nova tela
3	Desenvolver cartão de identificação e bloqueio para a produção	Segur.	10/01/10	Prensa	atender as normas de segurança	melhorar modelo existente, introduzir foto do trabalhador
4	Manter no local somente as caçambas em uso, evitando excessos	Proc.	10/01/10	Prensa	risco de acidente, melhoria do ambiente, atender NR12	retirando caçambas fora de uso
5	Verificar possibilidade de modificar posição da tampa de acesso ao porão ou modificar posição das caçambas	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t	risco de acidente, melhoria do ambiente, atender NR12	analisar novo local ou modificar local das caçambas
6	Demarcar área padronizada para colocar a tampa de acesso após a retirada	Prod.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t	risco de acidente, melhoria do ambiente, atender NR12	informar local padronizado aos operadores de produção
7	Implantar inspeção periódica escada marinheiro	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente, atender as normas de segurança	incluir no plano de inspeção da manutenção
8	Implantar drenagem periódica da água no porão	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente, melhoria do ambiente	incluir no contrato da empresa de limpeza

continua

It.	O que	Quem	Quan do	Por que	Onde	Como
9	Implantar inspeção periódica da iluminação do porão	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente, melhoria do ambiente, manter a condição da NR33 - subitem 13.7.2 d)	incluir no plano de inspeção da manutenção
10	Colocar piso faltante no final da escada marinheiro	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente	montar piso novo
11	Instalar sistema de iluminação de emergência	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente, atender NR13 - item 13.7.2 e)	montar iluminação de emergência
12	Retirar guarda corpo da escada marinheiro	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	dificulta resgate do trabalhador autorizado, não necessita de guarda corpo (ver NR12 - subitem 18.12.5.10)	retirar guarda corpo
13	Implantar limpeza periódica da plataforma do porão	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de queda, atender a NR12 - subitem 12.1.1	incluir no contrato da empresa de limpeza
14	Implantar inspeção periódica da iluminação de emergência	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente, manter a NR13 - subitem 13.7.2 e	incluir no plano de inspeção da manutenção
15	Adequar vasos de pressão	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	risco de acidente – NR13	atender NR13
16	Motorizar regulagem das porcas	Manut.	10/01/10	Prensa Erfurt 1250 t - porão	necessidade de acesso ao porão frequentemente, evitar acidente	estudar possibilidade de motorização

Figura 63 - Plano de ação - 5W1H

3.11 AÇÕES IMPLEMENTADAS.

Baseado nas informações levantadas no Plano de Ação – 5W1H (figura 63), mais especificamente no campo *How*, foram implementadas várias ações com o objetivo de minimizar o risco de acidente do operador.

Item 01 – limpeza periódica do piso

Foi incluída limpeza diária em torno da máquina no plano de limpeza da fábrica.

Item 02 – rever projeto da tela de operação

Foi incluída na tela digital a pergunta “você tem certeza que deseja pressurizar a almofada?”

Item 03 – desenvolver cartão de identificação e bloqueio para a produção

Foi desenvolvido um cartão de identificação e bloqueio personalizado, conforme pode ser visto na figura 64.

Além dos dados de identificação do operador, foi incluído o número do telefone de emergência, no verso foram colocadas frases voltadas à segurança. Foi utilizada a cor de fundo amarela com o objetivo de facilitar a visualização do cartão na máquina.



Figura 64 - Cartão de identificação e bloqueio

Item 04 – manter no local somente as caçambas em uso, evitando excessos

Para manter no local somente as caçambas em uso, evitando excessos foram implantadas regras como, somente substituir uma caçamba cheia por uma vazia; as caçambas cheias deverão ser encaminhadas para fora da área região da máquina.

Item 05 – verificar possibilidade de modificar posição da tampa de acesso ao porão ou modificar posição das caçambas

Item ainda não definido.

Item 06 – demarcar área padronizada para colocar a tampa de acesso após a retirada

Chegou-se a conclusão que não existe necessidade de demarcar a área, mas sim orientar os operadores sobre a posição padrão para colocar a tampa.

Item 07 – implantar inspeção periódica da escada marinheiro

Foi incluído no plano de manutenção da máquina.

Item 08 – implantar drenagem periódica da água no porão

Foi incluído no plano de limpeza da fábrica.

Item 09 – implantar inspeção periódica da iluminação do porão

Foi incluído no plano de manutenção da máquina.

Item 10 – colocar piso faltante no final da escada marinheiro

O piso faltante foi recolocado

Item 11 – instalar sistema de iluminação de emergência

O sistema de iluminação foi instalado próximo a escada tipo marinheiro, pode-se verificar através da figura 65 que a luminária de emergência utiliza lâmpadas do tipo fluorescente.



Figura 65 - Luminária de emergência

Item 12 – retirar guarda corpo da escada marinheiro

A gaiola de proteção foi retirada.

Item 13 – implantar limpeza periódica da plataforma do porão

Foi incluído no plano de manutenção de limpeza da máquina.

Item 14 – implantar inspeção periódica da iluminação de emergência

Foi incluído no plano de manutenção da máquina.

Item 15 – adequar vasos de pressão

Para a adequação dos vasos de pressão quanto à segurança, seguiram-se as orientações da NR-13.

Por se tratar de uma norma relativamente extensa, somente algumas ações serão abordadas neste trabalho.

Foi instalado manômetros para medição da pressão interna dos vasos de pressão conforme preconizado na NR13 subitem 13.1.4 “b”.

A figura 66 mostra o manômetro instalado no vaso de pressão da almofada.

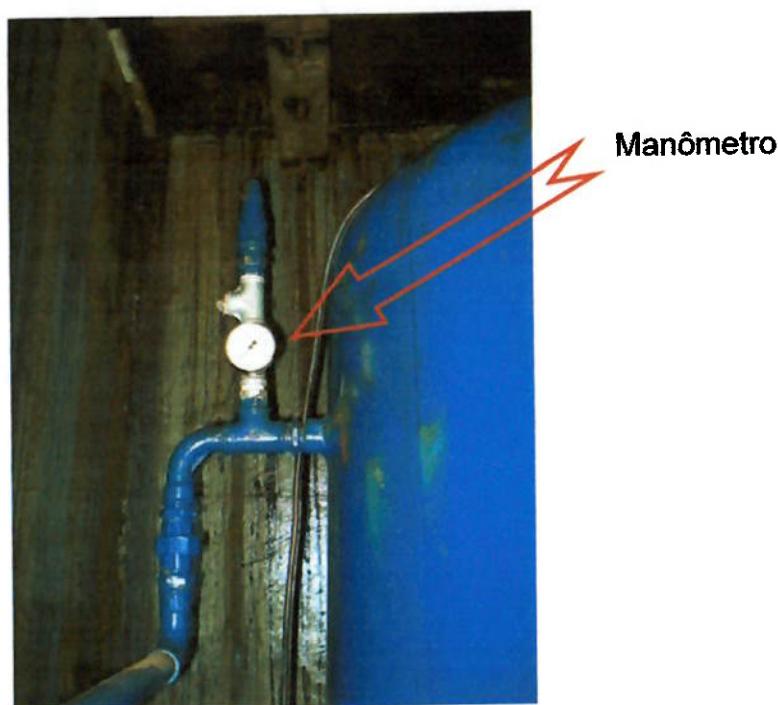


Figura 66 - Manômetro montado no vaso de pressão da almofada

Foi feita a substituição das antigas válvulas de segurança por novas válvulas com pressão de abertura ajustada em valor igual à pressão máxima de trabalho admissível PMTA conforme determina a norma NR13 item 13.1.4 “a”.

Os valores de PMTA foram obtidos através dos relatórios de inspeção do vaso de pressão arquivados na área de manutenção.

A figura 67 mostra a válvula de segurança em um dos vasos de pressão, nota-se a existência de uma numeração no corpo da válvula (figura 68), a qual permite fazer a rastreabilidade da válvula de segurança.

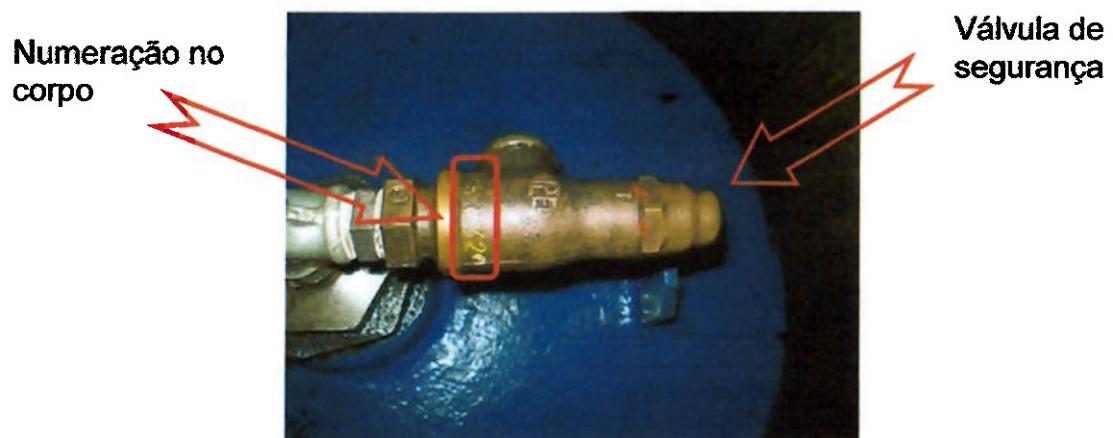


Figura 67 - Válvula de segurança montado no vaso de pressão

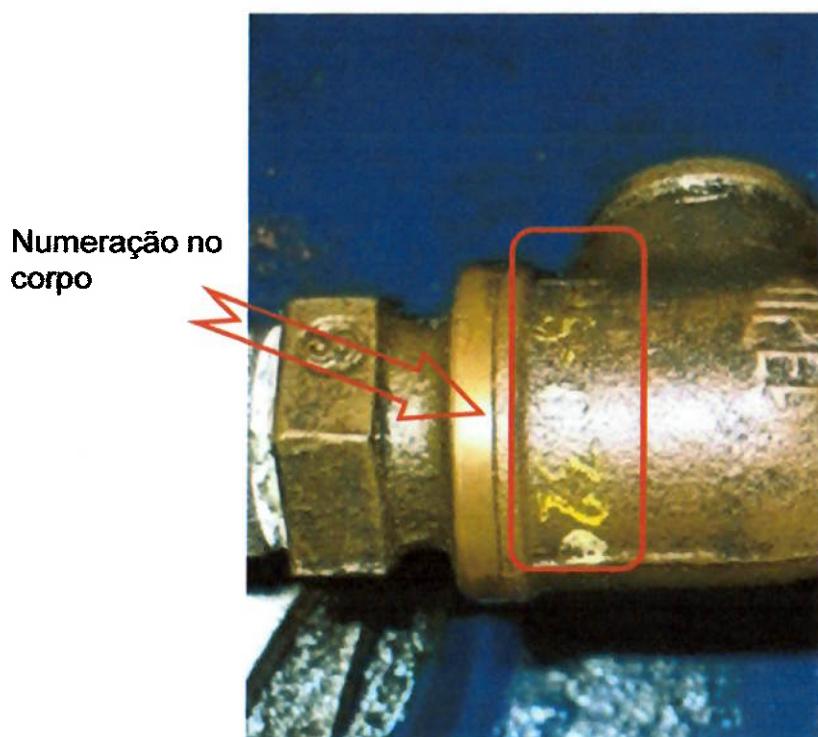


Figura 68 - Detalhe da válvula de segurança

Para atender a norma NR-13 subitem 13.1.5, foi solicitada a fabricação de placas de identificação para ambos os vasos de pressão.

Foi realizada a pintura dos vasos de pressão e suas respectivas tubulações, minimizando o risco de corrosão conforme pode ser visto na figura 69. A cor azul utilizada seguiu as recomendações das normas NR26 – Sinalização de Segurança – subitem 26.1.5.6 e NBR 6493:1994 – Emprego de cores para identificação de tubulações.



Figura 69 - Vaso de pressão da almofada - pintura em fase final

Item 16 – motorizar regulagem das porcas

Entre todas as ações listadas, esta é considerada a mais importante, para tanto, será explicada em maiores detalhes nos itens 2.11.1 à 2.11.6.

3.11.1 Estudo para motorização da regulagem das porcas da almofada

Diante de toda a atividade descrita para regular as porcas da almofada, foi notado que a etapa que o operador realmente faz a regulagem da porca (subitem 3.9.6 - etapa 06) é simples e rápida, as demais etapas são de certa forma complicada, exigem mobilização de pessoal, investimentos em equipamentos de proteção individuais e coletivos, treinamentos específicos, entre outros.

Do ponto de vista da produção, o tempo total desta atividade é grande, impactando no preço final do produto.

É sabio que mesmo com a implantação de todas as recomendações de segurança existentes e conhecidas, o risco de acidente não é zero.

Diante do exposto, foi iniciado um estudo para motorizar a regulagem das porcas da almofada.

3.11.2 O projeto de motorização – características básicas

A primeira fase do projeto de motorização foi determinar as características básicas a serem alcançadas na motorização das porcas de regulagem da almofada.

Nesta primeira fase, as áreas de Segurança do Trabalho, Processo, Produção e Manutenção definiram características básicas a serem seguidas no projeto de motorização.

Algumas das características básicas foram: alta confiabilidade do sistema, fácil instalação, atender as normas de segurança da NR-12, evitar serviço de solda ou similar dentro do porão da máquina, as peças deverão ser leves, tempo máximo de regulagem total não deverá ultrapassar dois minutos, a regulagem deverá ser feita por apenas um operador, o operador deverá ter acesso ao valor da medida da altura da porca em local de fácil acesso, não necessitar entrar no porão da máquina, o operador deverá utilizar o mínimo esforço físico e em caso de falhas do sistema, o operador precisa ser informado.

3.11.3 O projeto de motorização – projeto preliminar

Diante das características básicas, a Engenharia de Manutenção desenvolveu um projeto preliminar, o qual foi finalizado e analisado pelas três áreas, Segurança do Trabalho, Processo e Produção, nesta análise foram feitas algumas observações.

3.11.4 O projeto de motorização – projeto final

Depois de feitas as modificações observadas no projeto preliminar chegaram-se ao projeto final.

O projeto final de motorização da regulagem das porcas da almofada utiliza para a movimentação de cada porca um motoredutor fixado em uma base chamada de base do conjunto da motorização, a medição da posição da porca da almofada é

feita através de um transdutor de posição, a posição da porca é mostrada em tempo real através de uma tela digital fixada no painel de operação da máquina, neste mesmo local, o operador aciona a porca para cima ou para baixo através do teclado alfanumérico, sem necessidade de entrar no porão.

A figura 70 mostra o projeto final da motorização da porca da almofada, nota-se a preocupação com as proteções das partes móveis do conjunto.

A peça mais pesada do conjunto tem 9 kg, sendo o peso total do conjunto estimado em 30 kg, não existe serviço de solda na montagem do conjunto dentro do porão.

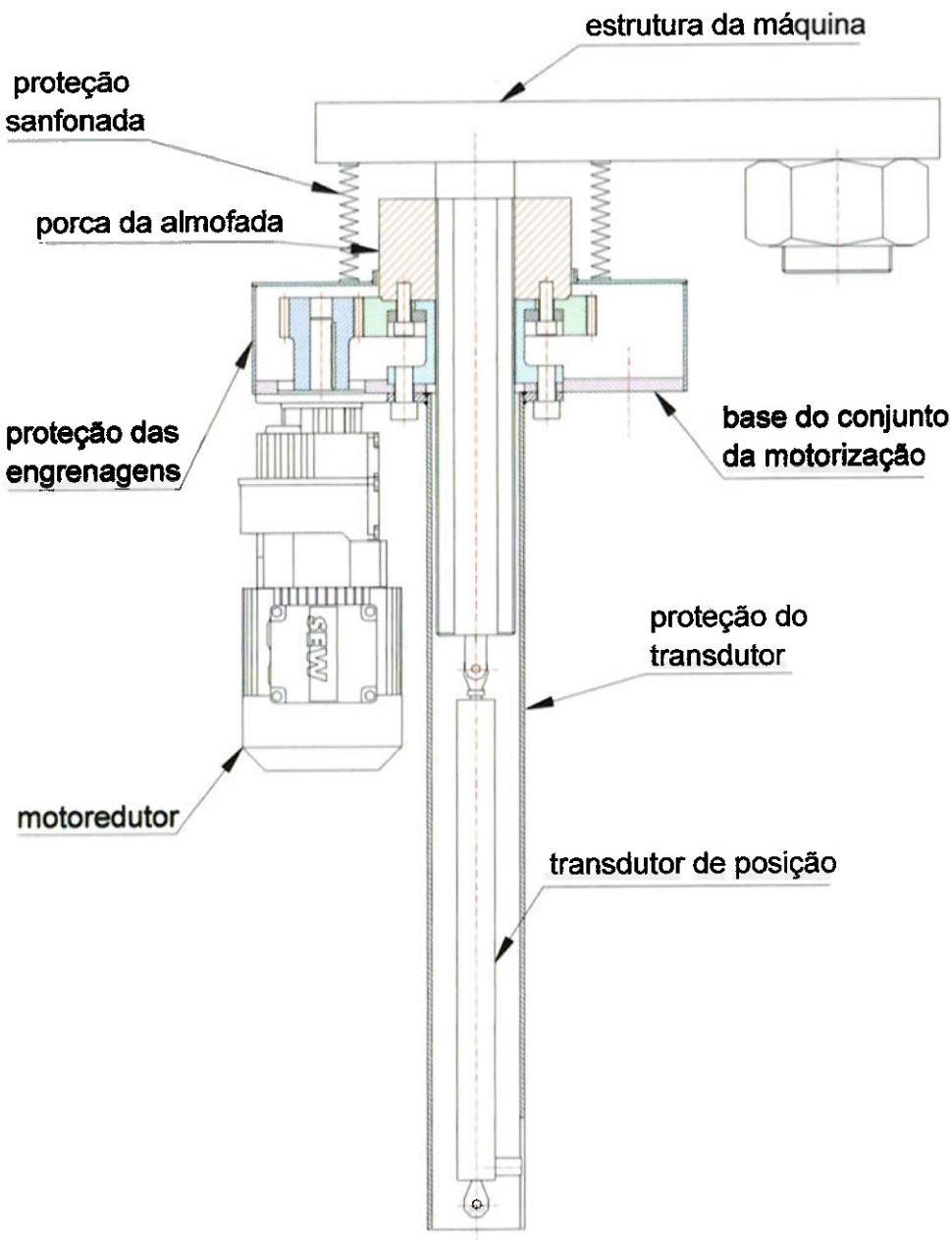


Figura 70 - Projeto final de motorização da regulagem das porcas da almofada

3.11.5 A construção da motorização das porcas da almofada

Após aprovação do projeto final, foi iniciada a construção, o valor total foi de R\$ 11.000,00 (base: janeiro/10).

A figura 71 mostra algumas peças construídas, notam-se as proteções na cor laranja, conforme NR26, subitem 26.1.5.8 – partes móveis de máquinas e equipamentos.



Figura 71 - Peças do conjunto de motorização da regulagem das porcas da almofada

3.11.6 A montagem da motorização das porcas da almofada

A montagem do conjunto das porcas da almofada foi executada pela Manutenção, em várias etapas, sempre com a máquina desligada.

Para a montagem dentro do porão da prensa seguiu-se as recomendações das normas NR-33 e NBR 14787:2001.

Na figura 72 - Mecânico fazendo a fixação do conjunto da motorização das porcas da almofada, nota-se o mecânico fazendo o uso dos equipamentos de proteção individual, óculos de segurança incolor, protetor auditivo, capacete de segurança para proteção contra impactos sobre o crânio, creme protetivo contra agentes químicos, cinto de segurança contra quedas em trabalho em altura tipo pára-quedista, calçado de segurança para proteção contra impactos e detector de gases junto ao corpo, sendo que os dois últimos não aparecem na figura.



Figura 72 - Mecânico fazendo a fixação do conjunto da motorização das porcas da almofada

A figura 73 ilustra o conjunto de motorização das porcas da almofada em fase de montagem.

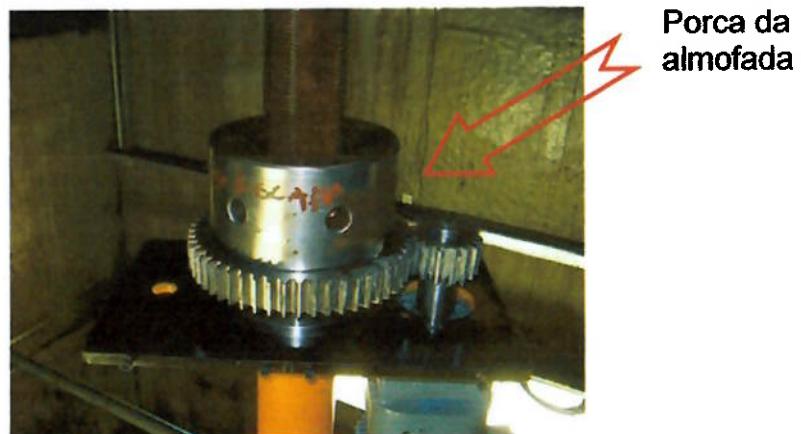


Figura 73 - Detalhe do conjunto de motorização das porcas da almofada em fase de montagem

4 DISCUSSÃO

A diferença encontrada entre a quantidade de acessos ao porão e quantidade de PETs emitidas (figura 31) mostrou a falta de obediência à NR-33 subitem 33.5.3, a qual proíbe a entrada e a realização de qualquer trabalho em espaços confinados sem a emissão da Permissão de Entrada e Trabalho (PET).

Esta diferença deveu-se principalmente ao elevado nível de produção, exigindo ajustes cada vez mais rápidos, justificando que a emissão da Permissão de Entrada e Trabalho (PET) é perda de tempo, mesmo sabendo dos riscos que envolvem os trabalhos em espaços confinados.

Esta afirmação pode ser confirmada através da figura 34, nota-se o operador fazendo a regulagem da porca sem o uso dos equipamentos de proteção individuais. Através da Análise Preliminar de Riscos (APR), foi possível levantar os riscos envolvidos neste ajuste, alguns deles foram eliminados com ações simples e de baixo custo, outras necessitaram de investimentos mais significativos, como exemplo, a motorização das porcas da almofada.

4.1 A ATUAL ATIVIDADE DO OPERADOR

Com a introdução do sistema de motorização das porcas da almofada, o operador passou a fazer a regulagem das porcas via painel de operação da máquina, sem a necessidade de entrar no porão da máquina.

A figura 74 mostra o operador da máquina fazendo a regulagem das porcas, percebe-se a simplicidade da regulagem

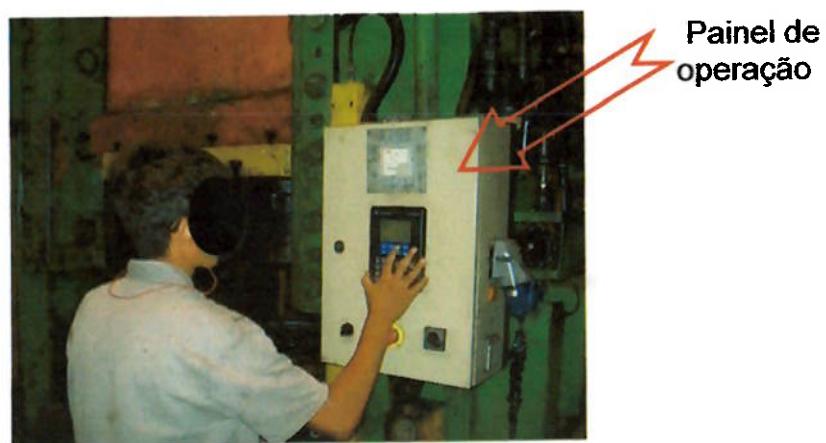


Figura 74 - Operador fazendo a regulagem das porcas via teclado

A figura 75 – vista da tela digital e do teclado de operação da máquina – regulagem das porcas e a figura 76 – detalhe da tela digital de operação da máquina mostram com detalhes a tela digital de operação da máquina, nota-se que toda a informação necessária encontra-se na mesma tela.

Para movimentar as porcas, basta apertar a tecla correspondente à operação desejada, no caso, as teclas F2 ou F6 e F3 ou F7.

Os valores da pressão de ar da almofada e da folga podem ser vistos na parte inferior da tela em tempo real (ver figura 76 – detalhe da tela digital de operação da máquina).

O tempo médio de ajuste das porcas é da ordem de 1 minuto e 20 segundos.

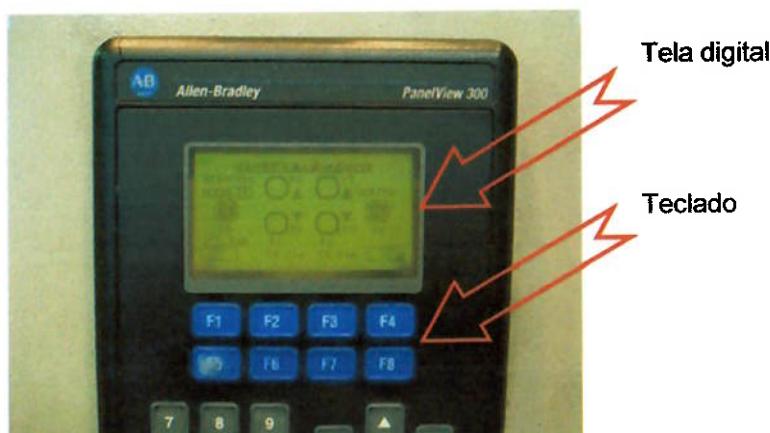


Figura 75 - Vista da tela digital e do teclado de operação da máquina – regulagem das porcas

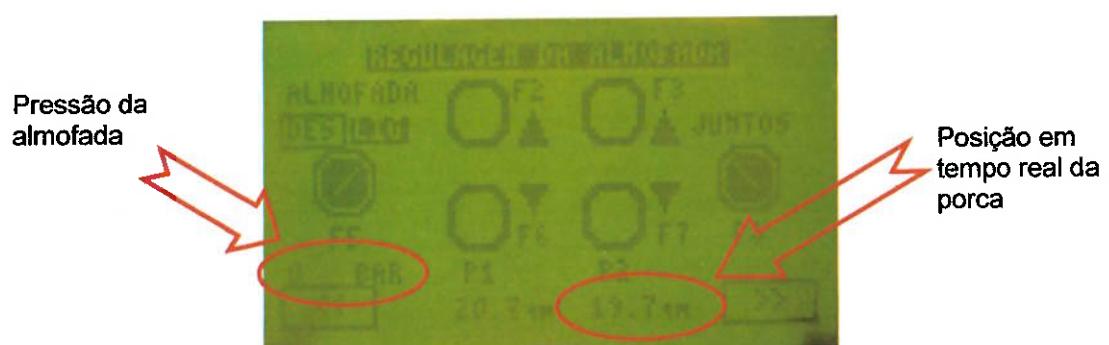


Figura 76 - Detalhe da tela digital de operação da máquina

5 CONCLUSÕES

A globalização trouxe muitas mudanças na forma de produzir, a diversificação de produtos e a concorrência foram algumas delas, exigindo das empresas agilidade e diversidade de produtos.

Quanto as máquinas, essas mudanças não aconteceram da mesma forma, basta observar que a idade média das prensas nesta metalúrgica é da ordem de 25 anos. No Brasil, as normas de segurança relacionadas com os trabalhos em espaços confinados são basicamente as normas NBR 14787:2001 e NR 33, aprovada em 2006.

A maioria das prensas desta metalúrgica foi produzida antes destas normas, portanto necessitam de adequações para atender as atuais normas.

A prensa escolhida neste trabalho é um exemplo de máquina que necessitava receber adequações a fim de atender aos requisitos legais destas normas.

Apesar da atividade de ajuste parecer ser simples, girar uma porca e fazer uma medição com o uso de trena, a Análise Preliminar de Riscos – APR mostrou que o operador estava exposto a uma grande quantidade de riscos.

Dentre as recomendações feitas através da APR, pode-se dizer que a mais importante foi a motorização da regulagem das porcas.

A motorização da regulagem das porcas modificou a maneira de fazer o ajuste da máquina, toda a regulagem passou a ser feita sem a necessidade do operador entrar no porão da máquina, além de diminuir o tempo de ajuste, aumentando a produtividade da máquina.

Com esta motorização foi possível atender o primeiro nível da hierarquia das medidas de controle utilizadas na Engenharia de Segurança do Trabalho, eliminar o operador da área de risco, neste caso, o espaço confinado.

REFERÊNCIAS

Agricola G [1556/1950]. *Concerning things of metal*. Traduzido do texto em latim *De re Metallica* of 1556 por Hoover C, and Hoover LH. New York: Dover Publications, p. 215.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. TLV's e BEI's: limites de exposição para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição. São Paulo: ABHO, 2007. 260 p.

ANALISE comparativa entre a NR-33 e a NBR 14787 de espaços confinados. **Revista Cipa**, São Paulo, V.29, n. 339, p. 22-43, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12543**: Equipamentos de proteção respiratória – Terminologia. Rio de Janeiro, 1999. 45 p.

_____. **NBR 14606**: Postos de serviço – entrada em espaço confinado. Rio de Janeiro, 2000. 4 p.

_____. **NBR 14787**: Espaço confinado – prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

AUSTRALIAN STANDARD. Worksafe Australia National Standard. **AS 2865**: Safe working in a confined space. 1995. 45 p. Disponível em:
<http://www.safeworkaustralia.gov.au/NR/rdonlyres/92C22B3D-478B-43B4-8E11-6F3392726124/0/ConfinedSpaces.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras. **NR-3**: Embargo e interdição. Disponível em:
http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_03_at.pdf. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-6**: Equipamento de proteção individual – EPI. Disponível em:
http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06.pdf. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-8**: Edificações. Disponível em:
http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_08.pdf. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-10**: Segurança em instalações e serviço em eletricidade. Disponível em:
http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_10.pdf. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-11:** Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais.

Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_11.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-12:** Máquinas e Equipamentos. Disponível em:

http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_12.pdf. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-13:** Caldeiras e vasos de pressão. Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_13.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-15:** Atividades e operações insalubres. Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.asp>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-17:** Ergonomia. Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_17.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-18:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.

Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_18.asp>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-28:** Fiscalização e penalidades. Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_28.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

_____. **NR-33:** Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados.

Disponível em:

<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_33.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

ESTADOS UNIDOS. National Institute for Occupational Safety and Health. **Working in confined spaces.** Washington, 1979. 68 p. (NIOSH. Pub. N. 80-106).

ESTADOS UNIDOS. National Institute for Occupational Safety and Health. **A guide to safety in confined spaces.** Washington, 1987. 20 p. (NIOSH. Pub. N. 87-113).

ESTADOS UNIDOS. National Institute for Occupational Safety and Health. **Worker deaths in confined spaces.** Washington, 1994. 273 p. (NIOSH. Pub. N. 94-103).

FERNANDES, C.; SANTOS, C.E.O.; GARCIA, M.P. **Trabalho em espaço confinado:** estudo de procedimentos de segurança do trabalho para atividades de manutenção em cabos ópticos localizados em galerias subterrâneas. São Paulo: PECE, 2006. 85 p. Monografia (Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

KULCSAR NETO, F.; GARCIA, S.A.L. Análise comparativa entre a NR-33 e a NBR-14787 de espaços confinados [Entrevista a Francisco Kulcsar Neto e Sérgio Augusto Letízia Garcia]. **Revista Cipa**, São Paulo, v. 29, n. 339, p. 22-43, 2008.

KULCSAR NETO, F.; POSSEBON, J.; AMARAL, N.C. **Alguns exemplos de espaços confinados típicos**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2009. Folheto 03-Espaços confinados típicos. Disponível em:
<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Folheto03.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

LE CLOIREC, P.; FANLO, J. L.; DEGORGE-DUMAS, J. R.. **Odeurs et desodorisation industrielles**. Alès: Ecole des Mines D'Alès, 1991. 266 p.

NEW ZEALAND. Department of Labour. Occupational Safety and Health Service. **Safe working in a confined space**. Wellington, [199-?]. Information Sheets nºs 1-11. Disponível em: <http://www.osh.govt.nz/order/catalogue/pdf/confined.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.

REKUS, J.F. **Complete confined spaces handbook**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 381 p.

TORLONI, M. (Coord.) **Programa de proteção respiratória, recomendações, seleção e uso de respiradores**. 3. ed. São Paulo: Fundacentro, 2002. 127 p.

TORLONI, M.; VIEIRA, A.V. **Manual de proteção respiratória**. São Paulo: ABHO, 2003. 518 p.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service. **29 CFR, 1910.134 - Respiratory protection**. Washington, 1998.