

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
GUSTAVO GREGORUTTI DOS SANTOS**

**SEGURANÇA NA EXECUÇÃO DE TUBULÕES A AR-COMPRIMIDO:  
ESTUDO DE CASO DA CONSTRUÇÃO DE PONTES DE UMA  
RODOVIA**

**São Paulo  
2010**

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
GUSTAVO GREGORUTTI DOS SANTOS**

**SEGURANÇA NA EXECUÇÃO DE TUBULÕES A AR-COMPRIMIDO:  
ESTUDO DE CASO DA CONSTRUÇÃO DE PONTES DE UMA  
RODOVIA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção da aprovação na Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Área de Concentração:  
Engenharia de Segurança do Trabalho.

**São Paulo  
2010**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me fornecido condições de ingressar na Especialização de Engenharia de Segurança na USP. E hoje, por guiar meu caminho, me ajudando nesta reta final.

Agradeço aos meus pais, pelo apoio moral, pois sem eles eu não teria chegado até aqui.

Agradeço a minha namorada em especial, pois mesmo longe, ela sempre me apoiou, me incentivou e me ajudou e muito neste trabalho.

Agradeço a todos os professores que durante esses dois anos compartilharam de sua sabedoria, e principalmente, de sua paciência, para nos ensinar, além da matéria, a como ser um profissional melhor.

Agradeço a todos os que me auxiliaram na execução deste trabalho de conclusão de curso, seja direta, ou indiretamente.

## RESUMO

A utilização de Tubulão a Ar-Comprimido surge do princípio de atingir uma cota na qual consiga uma tensão no solo para atender aos esforços atuantes no pilar, sendo que o nível d'água está acima dessa cota. Esta monografia trata-se do processo executivo de tubulão a ar-comprido da construção de pontes de uma rodovia, focando na área de Segurança do Trabalho. Para se projetar a fundação de uma obra são levados em consideração diversos fatores tais como: vibração do equipamento de fundação, tamanho do equipamento (em relação a pé-direito das obras, quando houver), áreas confinadas, tipo do solo, presença de matacão, nível d'água, fator econômico, entre outros. Entre todos os tipos de fundação, o Tubulão a Ar-Comprido é considerado o de maior risco para os funcionários, pois se trabalha sob pressão. Fora o risco de pressão, foi acompanhado dentro da campânula do tubulão diversos riscos, aos quais os fiscais de segurança não conseguem acompanhar por permanecerem do lado de fora. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é identificar possíveis pontos críticos referente a riscos de segurança do trabalho que ocorrem na execução de tubulão a ar-comprimido na construção de pontes de uma rodovia. Sua relevância está no fato de servir de referencial para se recomendar melhorias em relação a segurança do trabalhador. Este trabalho é um estudo de caso e baseia-se no relato de experiência e levantamento bibliográfico de artigos e livros referentes à segurança no trabalho. Tem como resultado a constatação dos riscos dos trabalhadores de tubulões a ar comprimido e traz o alerta de se realizar treinamentos e efetivar a fiscalização para que se obtenha a redução de danos a esses trabalhadores, obedecendo assim, as normas de segurança.

**Palavras chave:** Tubulão a Ar-Comprimido. Engenharia de Segurança do Trabalho. Fundações.

## ABSTRACT

The use of Compressed-Air pipe emerges from the principle of achieving a quota in which a tension in the soil can meet the stresses within the pillar, and the water level is above this quota. This monograph comes from the executive process of compressed air pipe to the building of bridges of a highway, focusing on the area of Work Safety. To design the foundation of a work are taken into consideration various factors such as: vibration of equipment foundation, size of equipment (from the right foot of the works, if any), confined areas, soil type, presence of boulders, water level, economic factors, among others. Among all types of foundation, pipe-Compressed Air is considered the greatest risk to employees, because we work under pressure. Outside the risk of pressure, was accompanied within the bell of the pipe various risks to which the tax can not keep up security for staying outside. Therefore, the objective is to identify possible critical points related to work safety hazards that occur in the implementation of the compressed air pipe in the construction of a highway bridge. Its relevance is in fact serve as a reference to recommend improvements on worker safety. This work is a case study and is based on reported experience and literature review of articles and books related to work safety. Has resulted in the finding of the risks of workers in caisson and compressed air carries the warning to accomplish the training and supervision in order to obtain the reduction of damage to workers, thereby obeying the safety rules

**Keywords:** Pipe-Compressed Air, Engineering Work Safety, Foundations

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Sapatas isoladas .....	16
Figura 2 -	Sapata associada retangular .....	17
Figura 3 -	Sapata associada em divisa .....	17
Figura 4 -	Sapata corrida para pilares .....	18
Figura 5 -	Blocos apoiados diretamente no terreno .....	19
Figura 6 -	Radier com vigas superiores .....	20
Figura 7 -	Sapatas em planta a serem escavadas .....	22
Figura 8 -	Escavações de sapatas próximas.....	22
Figura 9 -	Riscos em escavações de sapata .....	24
Figura 10 -	Solda da estaca pré-moldada .....	31
Figura 11 -	Encaixe da estaca no capacete .....	32
Figura 12 -	Utilização de barra para retirada de lama do peso-sonda .....	34
Figura 13 -	Utilização do pé para retirada de lama do peso-sonda .....	35
Figura 14 -	Estaca Raiz .....	36
Figura 15 -	Instalação da armação da estaca Raiz .....	37
Figura 16 -	Limpeza da estaca Hélice Continua .....	39
Figura 17 -	Verificação da locação da estaca Hélice Continua .....	40
Figura 18 -	Estaca Hélice Continua com restos de solo .....	41
Figura 19 -	Abertura da caçamba para liberação da terra escavada .....	43
Figura 20 -	Aterro da estaca escavada no quinto dia após a concretagem ..	45
Figura 21 -	Mapa da cidade de São Paulo .....	50
Figura 22 -	Aterro e estrutura de madeiras para execução de tubulão .....	52
Figura 23 -	Estrutura de madeiras para execução de tubulão na água .....	53
Figura 24 -	Formas para concretagem do fuste .....	53
Figura 25 -	Formas para concretagem da camisa .....	54
Figura 26 -	Correção de desaprumo por cunha ou macaco mecânico .....	55
Figura 27 -	Esquema de escavação .....	56
Figura 28 -	Material utilizado para escavação do tubulão .....	57
Figura 29 -	Compressores do tubulão .....	58
Figura 30 -	Escora de madeira .....	59

Figura 31 - Parede do fuste com bicheira .....	60
Figura 32- Prego presente no teto do fuste .....	61
Figura 33 - Poceiro verificando prumo sem utilização de trava-quedas .....	63
Figura 34 - Parafusos e chanfros aonde o poceiro se apóia .....	64
Figura 35 - Verificação de armação .....	64
Figura 36 - Ar do tubulão cheio de partículas .....	65
Figura 37 - Improvisos nas tomadas .....	66
Figura 38 - Dificuldade de se verificar o manômetro .....	66

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Carga máxima em estaca metálica completamente enterrada .....	27
Tabela 2 - Tabela de compressão e descompressão para trabalhos sob ar-comprimido .....	67

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>APEMOL</b>	Associação Paulista de Empresas Executoras de Estacas Moldadas no Local
atm.	Atmosfera
cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
<b>CIPA</b>	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
<b>EPC</b>	Equipamento de proteção coletiva
<b>EPI</b>	Equipamento de proteção individual
<b>EPUSP</b>	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
<b>INMETRO</b>	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
kg	Quilo grama
kN	Quilo Newton
kgf/cm <sup>2</sup>	Quilo grama força por centímetro quadrado
kgf/m	Quilo grama força por metro.
kgf/m <sup>3</sup>	Quilo grama força por metro cubico.
m	Metros
N.A.	Nível D'água
<b>NBR</b>	Norma Brasileira Registrada
<b>NR</b>	Norma Regulamentadora
s.d.	Sem data
<b>SESMT</b>	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho
<b>UFC</b>	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVO DO ESTUDO .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1	FUNDAÇÕES .....	14
2.2	TIPOLOGIA DAS FUNDAÇÕES RASAS .....	15
2.2.1	SAPATAS .....	15
2.2.1.1	SAPATAS ISOLADAS .....	15
2.2.1.2	SAPATAS ASSOCIADAS .....	16
2.2.1.3	SAPATAS CORRIDA .....	17
2.2.2	BLOCOS .....	18
2.2.3	RADIERS .....	19
2.2.4	RISCOS PRESENTES NAS FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS ....	20
2.2.4.1	QUEDA DE FUNCIONÁRIO .....	21
2.2.4.2	DESMORONAMENTO DAS PAREDES DA SAPATA .....	23
2.2.5	RECOMENDAÇÕES .....	24
2.3	TIPOLOGIA DAS FUNDAÇÕES PROFUNDAS .....	25
2.3.1	ESTACAS .....	25
2.3.2	BROCAS .....	26
2.3.3	ESTACAS METÁLICAS .....	26
2.3.4	ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO .....	30
2.3.5	STACAS STRAUSS .....	32
2.3.6	ESTACA RAIZ .....	35
2.3.7	ESTACA HÉLICE CONTINUA .....	38
2.3.8	ESTACA ESCAVADA .....	41
2.3.9	TUBULÕES .....	45
2.3.9.1	TUBULÕES A CÉU ABERTO .....	46
2.3.9.2	TUBULÕES A AR-COMPRIMIDO .....	48
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>49</b>

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO - ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1 DESCRIÇÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2 PROCESSO EXECUTIVO .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 RISCOS .....</b>	<b>59</b>
4.3.1 FALHA DE CONCRETAGEM NOS FUSTES .....	60
4.3.2 RISCOS NO PROCESSO DE ESCAVAÇÃO .....	61
4.3.3 RISCOS NO GUINCHO PELA LOCOMOÇÃO DE POCEIROS ..	61
4.3.4 EXPLOSIVOS .....	62
4.3.5 RISCOS NA ENTRADA DA CAMPANULA .....	62
4.3.6 MÁ VEDAÇÃO DA CÂMARA DE TRABALHO .....	62
4.3.7 VERIFICAÇÃO DO PRUMO E DA ARMAÇÃO .....	63
4.3.8 NÃO UTILIZAÇÃO DE EPI'S E A FALTA DE SEGURANÇA .....	64
4.3.9 NÃO CUMPRIMENTO DE NORMAS PRÉ-ESTABELECIDAS ..	66
4.3.10 DOENÇAS DESCOMPRESSIVAS .....	67
<b>4.4 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>68</b>
4.4.1 TREINAMENTOS .....	68
4.4.2 FISCALIZAÇÃO NA UTILIZAÇÃO DE EPI'S .....	69
4.4.3 EVITAR SITUAÇÕES DE RISCOS .....	70
4.4.4 OBEDECER AS NORMAS DE SEGURANÇA .....	70
4.4.5 CUIDADOS COM ELETRICIDADES .....	72
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIA .....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, o setor de construção civil vem evoluindo no Brasil. Muitas tecnologias novas foram absorvidas na busca por melhores resultados, com menor custo e maior segurança.

Na construção civil é comum considerar-se que um programa voltado para a segurança e saúde no trabalho é algo muito complexo e às vezes até impossível de ser implantado, pelo curto espaço de tempo de execução da obra, a diversidade das construções e a elevada rotatividade da mão de obra. Porém este é um raciocínio absolutamente incorreto, uma vez que grande parte dos riscos origina-se de problemas técnicos e organizacionais, para os quais já foram encontradas soluções (MELO, 2001).

Na parte de fundação, que são os primeiros serviços a serem contratados, e normalmente com pouca fiscalização por parte da construtora, os funcionários acabam não se preocupando com a segurança, colocando em risco muitas vezes sua própria vida.

Porém com a atual atenção das construtoras com a segurança dos trabalhadores e com o aumento da fiscalização por meio do Governo com vistas a se evitar possíveis sanções, vem se investindo cada vez mais na segurança do trabalhador.

O estudo de caso deste trabalho trata-se de uma obra de construção de diversas pontes de uma rodovia – localizada no estado de São Paulo. Nesta obra, devido a grande quantidade de pontes localizadas tanto dentro de represas, quanto em sua proximidade, a fundação utilizada foi tubulão de ar-comprimido.

### 1.1. Objetivo do Estudo

**Geral:** Este estudo tem como objetivo identificar os possíveis pontos críticos referente a riscos de segurança do trabalho que ocorrem na execução de Tubulão a Ar-Comprimido na construção de pontes de uma rodovia.

**Específicos:**

- Analisar os possíveis pontos críticos referente a riscos de segurança do trabalho que ocorrem na execução de Tubulão a Ar-Comprimido.
- Recomendar mudanças de hábitos e fiscalização desses possíveis pontos críticos referente a riscos de segurança do trabalho que ocorrem na execução de Tubulão a Ar-Comprimido.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 FUNDACÕES

Sabe-se que a fundação é o elemento estrutural que transmite para o terreno as ações atuantes na estrutura. Uma fundação deve transferir e distribuir de maneira igual e segura as ações da superestrutura ao solo, de modo que não cause recalques diferenciais prejudiciais ao sistema estrutural ou ruptura do solo (VANDERLEI, 2000)

O estudo de uma fundação comprehende preliminarmente duas partes para a escolha do tipo de fundação: Cálculo das cargas atuantes e Análise do terreno.

1. As cargas estruturais devem ser transmitidas ao solo, este por sua vez, deve ser capaz de suportá-las sem ruptura ou recalque;
2. As deformações das camadas de solo abaixo das fundações devem ser compatíveis com a das estruturas;
3. A execução das fundações não deve causar danos às estruturas vizinhas, muitas vezes em situações precárias, tais como, trincas, fissuras, entre outros;
4. A escolha do tipo de fundação deve levar em consideração geral:
  - a. Sondagem para saber a profundidade em que a fundação será apoiada, o tipo de solo, presença de matações, e o nível do lençol freático;
  - b. A carga da estrutura a ser construída que será transmitida ao solo;
  - c. Edificações próximas, para que a vibração do bate estaca (quando este possui uma vibração considerável) não cause nenhum dano estrutural em prédios vizinhos;

- d. Se há restrições quando a utilização do bate estaca, tais como pé-direito baixo, área de confinamento, entre outros;
- e. Fator econômico.

De acordo com a NBR-6122 (1996) - NORMA BRASILEIRA REGISTRADA, Fundações; Teoria e Prática - podem ser as seguintes classes de fundações:

- Fundação superficial (rasa ou direta): Elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da mesma, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação as sapatas, as sapatas isoladas, as sapatas associadas, as sapatas corridas, os blocos e os radier.
- Fundação profunda: Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que sua ponta ou base esteja apoiada em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo três metros, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões (este último não descrito no trabalho, pois é muito pouco utilizado).

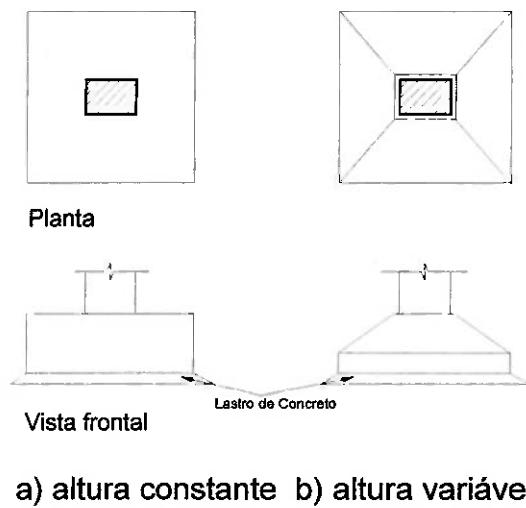
## 2.2 TIPOLOGIA DAS FUNDAÇÕES RASAS.

### 2.2.1 Sapatas.

São elementos de fundação superficial de concreto armado, posicionados em nível próximo da superfície do terreno, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura (NBR 6122, 1996).

### 2.2.1.1 Sapatas Isoladas.

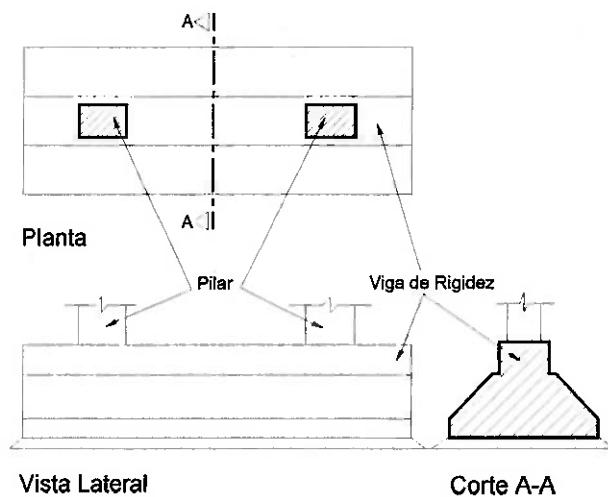
Transmitem ações de um único pilar. É o tipo de sapata mais freqüentemente utilizada. Estas podem receber ações centradas ou excêntricas. Podem ser quadradas, retangulares ou circulares. E podem ainda ter a altura constante (Figura 1a) ou variável (Figura 1b) (VANDERLEI, 2000).



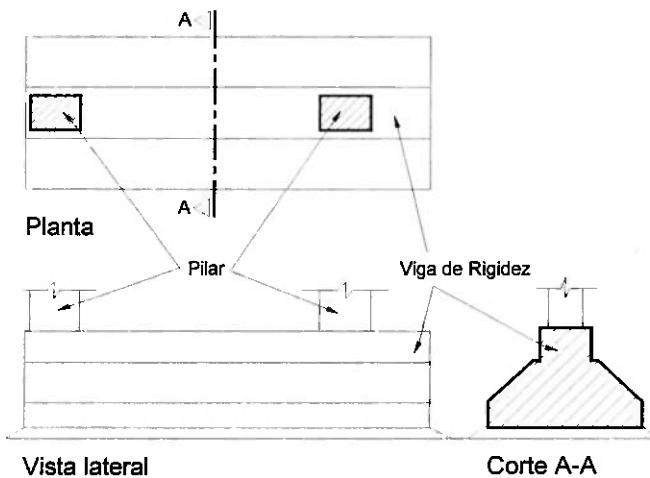
**Figura 1 -** Sapatas isoladas  
**Fonte:** VANDERLEI, 2000

### 2.2.1.2 Sapatas Associadas.

Transmitem ações de dois ou mais pilares adjacentes. São utilizadas quando a distância entre as sapatas é relativamente pequena, onde este tipo de fundação oferece uma opção mais econômica. Com condições de carregamento similares, podem ser assentes em uma sapata corrida simples (Figura 2), mas quando ocorrem variações consideráveis de carregamento, um plano de base trapezoidal satisfaz mais adequadamente à imposição de coincidir o centro geométrico da sapata como centro das ações. Podem ser adotadas também no caso de pilares de divisa, quando há um pilar interno próximo, onde a utilização de viga-alavanca não é necessária (Figura 3); a viga de rigidez funciona também como viga de equilíbrio (ou viga-alavanca) (VANDERLEI, 2000).



**Figura 2 -** Sapata associada rectangular  
**Fonte:** VANDERLEI, 2000

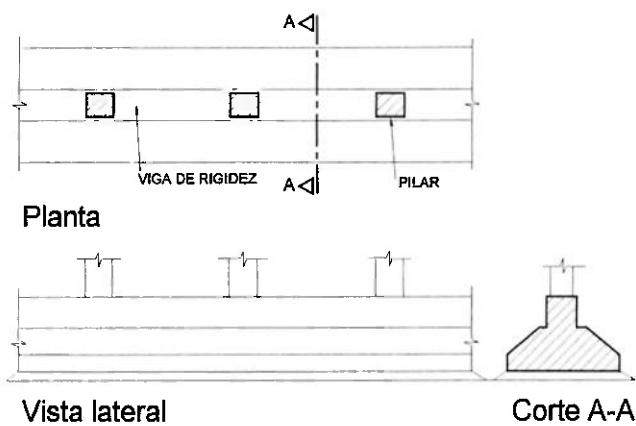


**Figura 3 -** Sapata associada em divisa  
**Fonte:** VANDERLEI, 2000

### 2.2.1.3 Sapata Corrida.

Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento. (NBR 6122, 1996). São utilizadas quando a distância entre as sapatas é relativamente pequena, onde este tipo de fundação oferece uma opção mais econômica. Com condições de carregamento similares, podem ser

assentes em uma sapata corrida simples (figura 4), mas quando ocorrem variações consideráveis de carregamento, um plano de base trapezoidal satisfaz mais adequadamente à imposição de coincidir o centro geométrico da sapata com o centro das ações. Podem ser adotadas também no caso de pilares de divisa, quando há um pilar interno próximo, onde a utilização de viga-alavanca não é necessária (Figura 4); a viga de rigidez funciona também como viga de equilíbrio (ou viga alavanca) (VANDERLEI, 2000).

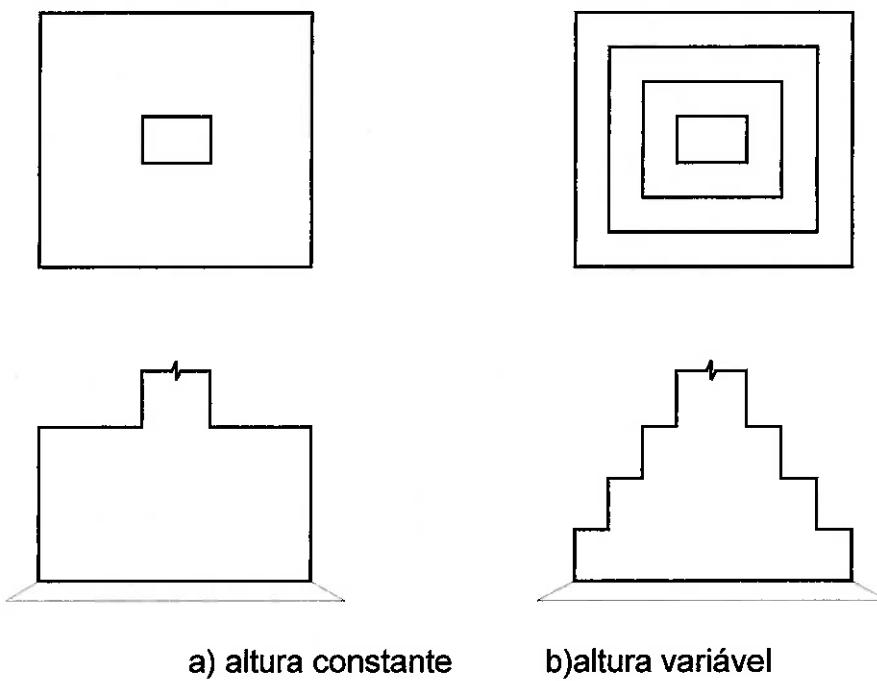


**Figura 4 -** Sapata corrida para pilares  
**Fonte:** VANDERLEI, 2000

## 2.2.2 Blocos.

Elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura (NBR 6122, 1996).

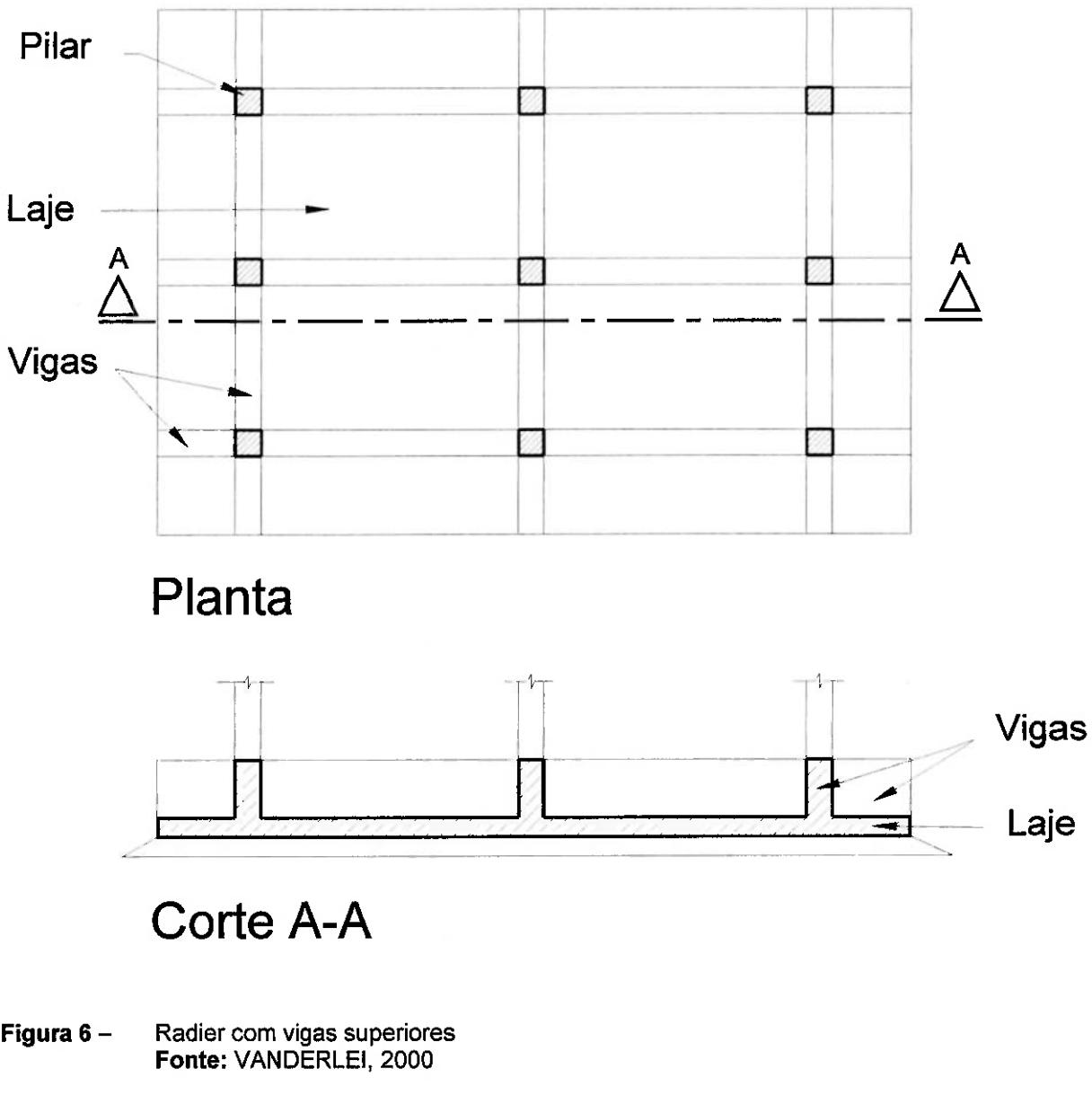
Este tipo de fundação é utilizado quando há atuação de pequenas cargas, como por exemplo, um sobrado. Os blocos são elementos estruturais de grande rigidez, ligados por vigas denominadas “baldrames”. Podem ser de concreto simples (não armado), alvenarias de tijolos comuns (Figura 5) ou mesmo de pedra de mão (argamassada ou não). Geralmente, usam-se blocos quando a profundidade da camada do solo está entre 0,5m a 1,0m de profundidade (BRITO, 1987).



**Figura 5 –** Blocos apoiados diretamente no terreno  
**Fonte:** VANDERLEI, 2000

### 2.2.3 Radier.

Elemento de fundação superficial que abrange parte ou todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos (NBR 6122, 1996). O Radier só é economicamente viável quando a soma das cargas de estrutura dividida pela taxa admissível no terreno excede da metade da área a ser edificada (Figura 6).



**Figura 6 –** Radier com vigas superiores  
**Fonte:** VANDERLEI, 2000

#### 2.2.4 Riscos presentes nas fundações superficiais.

As fundações chamadas de “fundações superficiais”, não possuem um grande enumerado de riscos. Como o próprio nome já diz são fundações sem grandes profundidades (inferior a 3,0m.), normalmente entre 0,50m. a 2,00 metros. Poucos são os casos que atingem altura superior a 2,00m.

Os maiores riscos aos quais já foram constatados em diversas obras acompanhadas são os riscos de queda de funcionário dentro de sapatas escavadas e o desmoronamento das paredes das fundações rasas, por vezes soterrando o funcionário que está escavando a fundação.

#### **2.2.4.1 Queda de funcionário.**

A queda de funcionários dentro de fundações escavadas ocorre devido às seguintes falhas por diversas vezes constatadas:

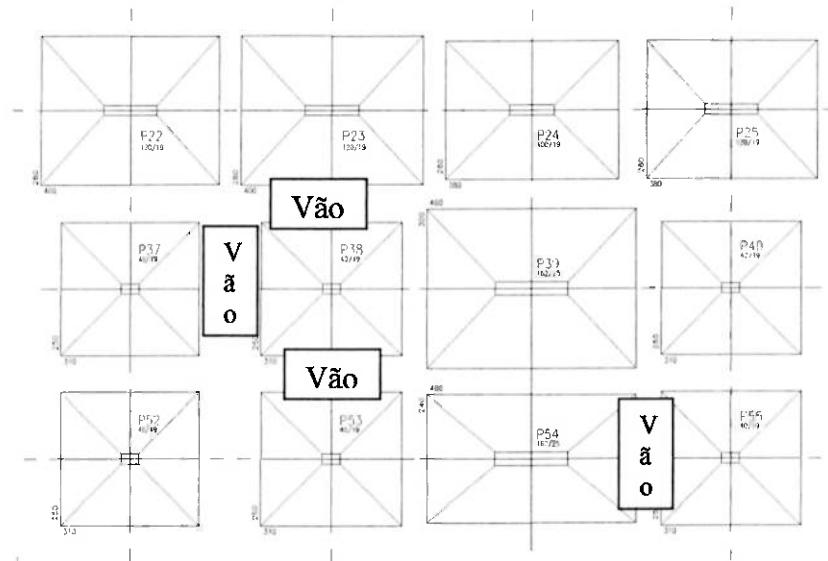
- **Falta de sinalização**

Por muitas vezes as sapatas são cobertas com chapas em madeira compensada após sua escavação e esses são cobertos por terra, que por vezes cobre a chapa em madeira por completo impossibilitando a sua visualização.

O funcionário desavisado e por não enxergar a chapa em madeira cobrindo as sapatas, acaba por pisar em cima e esta não suporta seu peso e quebra, podendo ferir o funcionário com a queda.

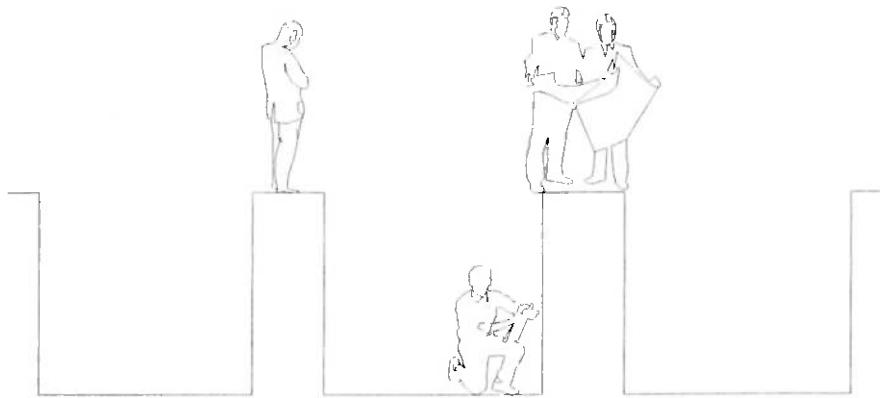
- **Abertura de sapatas próximas**

Por questão de querer adiantar uma parte da obra e se liberar mais frente de trabalho, o engenheiro da obra, normalmente solicita aos “poceiros” que escavem todas as sapatas de uma determinada região da obra (Figura 7), deixando para concretar todas as sapatas escavadas em um único dia.



**Figura 7 –** Sapatas em planta a serem escavadas  
**Fonte:** AUTOR, 2010

Ao se realizar esse tipo de serviço, acaba por dificultar possíveis locais de passagem dos funcionários e os mesmos são obrigados a se locomoverem por entre os pequenos vãos de terra, os quais não foram escavados (Figura 8). Por normalmente possuírem pouca largura, esses vãos não agüentam o acréscimo de peso do funcionário que está de passagem e cedem, podendo derrubar o funcionário e aterrar o que está escavando a sapata (Figura 8).



**Figura 8 –** Escavações de sapatas próximas.  
**Fonte:** AUTOR, 2010

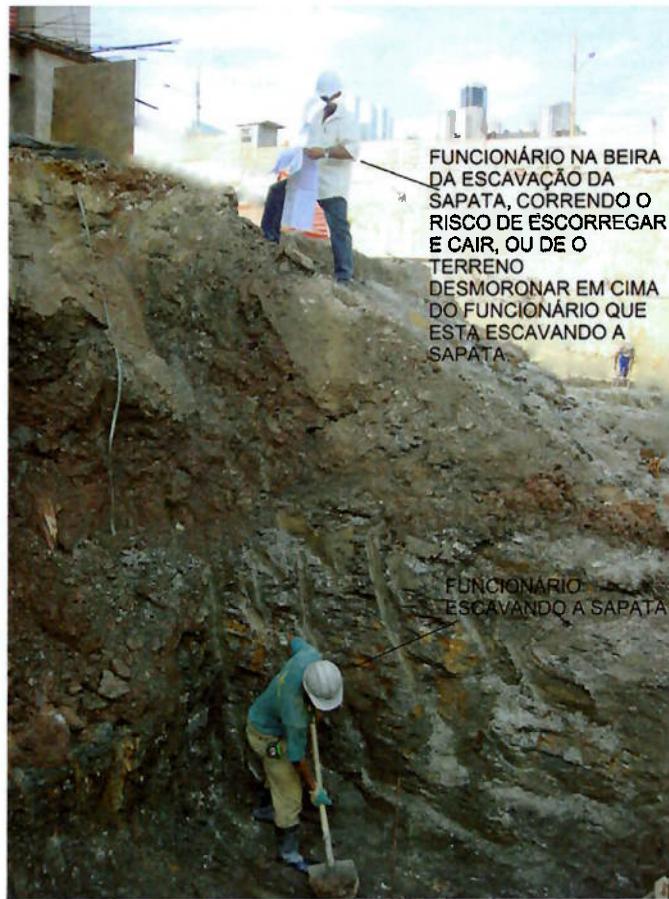
- **Falta de treinamento.**

Por falta de treinamento, muitos funcionários andam distraídos e às vezes até correndo dentro da obra. Sem olhar por onde pisam, acabam por pisar em uma chapa em madeira compensada que está tampando uma sapata, trafegam próximo a escavações, correndo o risco de se desequilibrar e cair.

#### **2.2.4.2 Desmoronamento das paredes da sapata**

O desmoronamento da sapata, normalmente ocorre devido a:

- Má qualidade do solo que não suporta a escavação a prumo das paredes da sapata;
- Grande movimento na borda da sapata, tanto de pessoas como, às vezes, até de veículos (tratores, caminhões, etc) (Figura 9);
- Devido a intempéries, o solo acaba perdendo sua resistência;
- Escavação da sapata em alturas maiores do que o recomendado, gerando assim maior empuxo no terreno (Figura 9).



**Figura 9 –** Riscos em escavação de sapata  
**Fonte:** AUTOR, 2010

### 2.2.5 Controle.

Após uma análise de diversas obras e sobre seus riscos, uma maneira preventiva para tentar diminuir ao máximo esses riscos seriam os seguintes:

- Treinamento para os funcionários, alertando sobre os riscos que os mesmos podem sofrer, indicando a melhor maneira de se locomover dentro da obra, para não correrem e não andarem na beirada das sapatas;
- Ao se escavar diversas sapatas, procurar sempre manter um espaçamento entre elas, deixando assim uma maior área de circulação para os demais funcionários;

- Melhorar a sinalização e não somente cobrir com chapa em madeira compensada e sim, delimitar a área com faixas de sinalização;
- Segundo a NBR-9061 – Segurança de Escavação a Céu Aberto, os pontos de acesso de veículos e equipamentos à área de escavação devem ter sinalização de advertência permanente. O tráfego próximo às escavações deve ser desviado. Quando não for possível, deve ser reduzida a velocidade dos veículos;
- Não escavar em dias de chuvas, pois é maior a chance de desmoronamento;
- Ao verificar que o terreno está com trincas ou começando a ceder, parar a escavação e avisar ao engenheiro para que o mesmo possa analisar as condições do terreno;
- Utilização de formas, pois assim acaba tendo uma segurança maior nas sapatas, pois essas sempre são escavadas com uma dimensão maior, para poder se colocar a forma e as escoras das formas, eliminando o risco de soterramento de funcionários, caso haja desmoronamento;
- Utilização de equipamento de proteção individual tais como: capacete de segurança, óculos de segurança, botas impermeáveis para terrenos encharcados e sapatos adequados (NBR 9061, 1985).

## 2.3 TIPOLOGIA DAS FUNDAÇÕES PROFUNDAS.

### 2.3.1 .Estacas.

Segundo a NBR-6122 de 1996, estaca é um elemento de fundação profunda executada inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* ou misto.

As fundações por estacas são realizadas por elementos prismáticos ou cilíndricos de grande comprimento, cravados ou moldados no próprio solo, as quais transmitem as cargas ao terreno, em parte por sua ponte, em parte, indiretamente através do atrito lateral.

### **2.3.2 Brocas.**

"Estas estacas são aceitáveis para pequenas cargas (de 50 a 100 kN) mesmo assim acima do N.A. (nível d'água). São de diâmetro variável, entre 15 e 25 cm e comprimento em torno de 3 metros" (ALONSO, 1983).

São estacas executadas *in loco*, sem molde, por perfuração no terreno manualmente com o auxílio de um trado (diâmetro de 15 a 30 cm), sendo o furo posteriormente preenchido com o concreto apiloado (FABIANI, s.d.).

O trado utilizado é composto de 04 facas, formando um recipiente acoplado a tubos de aço galvanizado. Os tubos são divididos em partes de 1,20 metros de comprimento e à medida que se prossegue a escavação eles vão sendo sucessivamente emendados. A perfuração é feita por rotação/compressão do tubo, seguindo-se da retirada da terra que se armazena dentro deste (EPUSP, 1996).

### **Riscos na execução**

Por possuírem um diâmetro pequeno e utilizarem equipamentos simples, não há grandes riscos com esse tipo de fundação, pois as mesmas são escavadas e concretadas em seguida, sendo assim, não ficam buracos abertos pela obra.

### **2.3.3 Estacas metálicas.**

Estas estacas são constituídas principalmente por peças de aço laminado ou soldado tais como perfis de seção I e H, como também por trilhos (estes geralmente reaproveitados após sua remoção de linhas férreas quando estão desgastados) (Tabela 1). Embora atualmente seja o tipo de estaca mais cara, por unidade de carga (ALONSO, 1983), em várias situações a sua utilização se torna economicamente viável, pois podem atender a várias fases da construção da obra.

- Possuem facilidade em cravação evitando choques ou vibrações e possuem uma boa resistência;
- Não possuem problemas relativos a transportes, manipulação, cortes e emendas;
- São utilizadas como apoio aos pilares de divisa, pois eliminam o uso de vigas de equilíbrio e ajudam no escoramento, caso de subsolos com utilização de pracheamento (ALONSO, 1983).

**Tabela 1:** Cargas máximas em estacas metálicas completamente enterradas.

**Fonte:** RODRIGUES, s.d.

Tipo de perfil	Denominação	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (N/m)	Carga máxima(kN)
Perfis laminados CSN (1 alma)	H 6" x 6"	47,3	371	400
	I 8" x 4"	34,8	273	300
	I 10" x 4 <sub>5</sub> / <sub>8</sub> "	48,1	377	400
	I 12" x 5 <sub>1</sub> / <sub>4</sub> "	77,3	606	700
TRILHOS (CSN)	TR 25	31,4	246,5	250 (200)
	TR 32	40,9	320,5	350 (250)
	TR 37	47,3	371,1	400 (300)
	TR 45	56,8	446,5	450 (350)
	TR 50	64,2	503,5	550 (400)
	TR 57	72,6	569,0	600 (450)

Nota: Os valores entre parênteses referem-se a trilhos velhos com redução máxima de peso de 20% e nenhuma seção com redução superior a 40%.

Hoje em dia já não mais se questiona o problema de corrosão das estacas metálicas, pois quando permanecem inteira e totalmente enterradas em solo natural, não ocorre reação química, pois a quantidade de oxigênio encontrado em solos naturais é mínima.

### **Riscos presentes.**

Um dos principais riscos nesse tipo de fundação ocorre na solda oxiacetilênica entre estacas.

Os principais riscos das operações de soldagem são incêndios e explosões, queimaduras, choques elétricos, inalação de gases e fumos nocivos e radiação (Figueiredo)

Outro sério risco de acidentes advém das garrafas de oxigênio e de acetileno que operam sob pressão. No caso de uma falha estrutural seja da garrafa de oxigênio, seja da garrafa de acetileno, dificilmente a outra resistiria ao impacto e a probabilidade de explosão seguida de incêndio violento seria muito grande (EPUSP-PECE, 2009)

A presença de oxigênio em alta concentração, acima de 45%, ao encontrar roupas ou equipamentos sujos por óleo e/ou graxas, pode entrar em combustão espontânea.

### **Controles.**

Segundo Figueiredo, as preucações que devem ser tomadas para se evitar choque elétrico são:

- Aterrarr todo equipamento elétrico;
- Trabalhar em ambientes secos;
- Manter as conexões elétricas limpas e bem ajustadas;

- Usar cabos de dimensões corretas;
- Usar roupas e calçados secos.

Por normalmente as soldas das estacas serem em locais abertos e ventilados, o operador não corre o risco de inalação de gases e fumos metálicos nocivos à saúde.

Segundo o manual “Guias Básicos de Segurança – Solda”, as recomendações básicas são:

- Só utilizar equipamentos de boa qualidade e em perfeitas condições de uso;
- Manter o equipamento limpo e livre de óleo ou graxa. O oxigênio puro em contato com óleo ou graxa pode produzir uma explosão;
- Reservar um equipamento para trabalhar exclusivamente com oxigênio;
- Armazenar adequadamente os cilindros de gás;
- Os cilindros de gás devem ser transportados com cuidado para que não caiam ou sofram impactos. Os cilindros de acetileno devem ser transportados e utilizados sempre na posição vertical, se acidentalmente forem deixados na horizontal, só utilizá-los após permanecerem 24h na posição vertical;
- Periodicamente encaminhar maçarico, reguladores de pressão, canetas e bicos para que sejam testados pelo fabricante ou representante por ele indicado;
- As conexões devem estar adequadamente apertadas para evitar vazamentos. Ispencionar periodicamente o conjunto para detectar corte/pontos queimados nas mangueiras, desgasre por abrasão e outros defeitos;
- A mangueira para oxigênio deve ser verde e a do gás combustível vermelha;
- Reparos em maçaricos, reguladores e outros componentes só devem ser efetuados por pessoal especializado.

Os equipamentos de proteção individual (EPI) para solda são os seguintes:

- Máscara de proteção com viseiras para bloqueio de raios ultravioleta;
- Capacete de proteção ou blusão de raspa de couro para soldas sobre a cabeça, pois somente a máscara não dá conta de proteger o resto da cabeça;
- Avental longo de raspa de couro;
- Luvas de raspa de couro;
- Calçado de segurança com biqueira de aço ou de resina e com canos chegando perto dos joelhos e também com fechamento;
- Capuz de brim;
- A roupa deve estar livre de óleo e graxa

### **2.3.4 Estacas pré-moldadas de concreto.**

De todos os materiais de construção, o concreto é um dos que melhor se presta à confecção de estacas e em particular das pré-moldadas (ENGECON, 2009). Estas podem ser de concreto armado ou protendido e ter a seção quadrada com os cantos chanfrados, circular e poligonal.

Costumam ser pré-fabricadas em firmas especializadas, com suas responsabilidades bem definidas, ou no próprio canteiro, sempre num processo sob controle rigoroso (BRITO, 1987).

O comprimento de cravação real às vezes difere do previsto pela sondagem, levando a duas situações: a necessidade de emendas ou de arrasamento da cabeça da estaca.

O processo de cravação mais utilizado é o de cravação dinâmica, onde o bate-estaca utilizado é o de gravidade.

Dependendo do tamanho da estaca a ser cravada, essa pode necessitar de uma emenda a ser soldada. O tipo de solda mais usada nesse tipo de fundação é a solda elétrica.

## Riscos presentes.

Os principais riscos de segurança são o de soldagem, encaixe da estaca no “capacete” para se iniciar a cravação da mesma, e a possível queda de pedaços de concreto ao ser cravada.

O risco referente a solda elétrica é de provocar queimaduras sérias, até fatais, dado o nível de temperaturas que envolvem (até 3500 °C), e a possibilidade de danos por eletricidade (Figura 10).

Além dos problemas já descritos na solda oxiacetilênica, há que se considerar também que os arcos elétricos são potentes emissores de luz ultravioleta, cujo poder destrutivo sobre a retina humana constitui sério risco a saúde.



**Figura 10 –** Solda da estaca pré-moldada.  
**Fonte:** .Benaton, 25/10/09

O encaixe da estaca no capacete é realizada após a mesma ser levantada pelo próprio bate-estaca, em seguida um funcionário sobe pela torre guia e encaixa a estaca com as mãos sem a utilização de sinto de segurança (Figura 11)



**Figura 11 –** Encaixe da estaca no capacete.

**Fonte:** Autor, 2008

Ao iniciar a resistência à penetração da estaca, um funcionário se aproxima da mesma com um lápis e começa a marcar a nega na estaca, com isso o risco do martelo bater na estaca e se desprender um pedaço de concreto é grande, deixando o funcionário exposto.

### Controle dos riscos.

Além dos controles já mencionado referente a solda oxiacetilênica, há também que se prevenir utilizando os equipamentos de proteção individuais, tais como cinto de segurança, capacete, blusões de brim para proteção de queda de pedaços de concreto, protegendo também os braços.

#### 2.3.5 Estacas Strauss.

A estaca Strauss é uma fundação de concreto (protendido ou armado), moldada *in loco*, executada com revestimento metálico recuperável (EPUSP, 1996).

Essas estacas abrangem a faixa de carga compreendida entre 200 e 800kN. Apresentam a vantagem de não provocar vibrações, evitando desse modo danos às construções vizinhas. Quando executadas uma ao lado da outra (estacas justapostas), podem servir de cortina de contenção para a execução de subsolos (desde que devidamente armadas) (ALONSO, 1983).

Não é recomendável utilizar esse tipo de estaca abaixo do N.A., principalmente se o solo for arenoso, visto que pode se tornar inviável tirar a água dentro do tubo e, portanto, impedir a concretagem (que deve ser feita sempre a seco). Também no caso de argilas moles saturadas, não se recomenda esse tipo de estaca por causa do risco de “estrangulamento” do fuste durante a concretagem (ALONSO, 1983).

Por ser empregada de materiais simples tais como: tripé de madeira ou de aço; guincho acoplado a motor a explosão ou elétrico; sonda de percussão com válvula para retirada de terra na sua extremidade inferior; soquete de 300 kg (aproximadamente); tubos de aço com 2,0 a 3,0 metros de comprimento, rosqueável entre si; guincho manual para retirada da tubulação; roldanas, cabos e ferramentas; a estaca Strauss pode ser empregada em terrenos acidentados ou em locais confinados (EPUSP, 1996).

O processo executivo se inicia com a abertura de um furo no terreno, utilizando o soquete até 1,0 a 2,0m de profundidade para colocação do primeiro tubo dentado na extremidade inferior, chamado “coroa”. Após, coloca-se determinada quantidade de água dentro do tubo, ao mesmo tempo em que se retira a lama ali formada através de um peso-sonda. Em seguida aprofunda-se o furo com golpes sucessivos da sonda de percussão, retirando-se o solo abaixo da coroa. De acordo com a descida do tubo metálico, quando necessário é enroscado o tubo seguinte e prossegue-se na escavação até a profundidade determinada (APEMOL, s.d.).

Ao retirar-se o peso-sonda repleto de lama, o procedimento é virar o mesmo de ponta cabeça utilizando o próprio guincho, e assim a lama desce saindo pela válvula presente nele.

Dependendo do solo e da quantidade de água empregada, essa lama pode sair com certa facilidade, ou ter alguma resistência para sair por gravidade. Nesse

caso é aconselhável a utilização de um pedaço de ferro para utilizar como alavanca retirando a lama (Figura 12).



**Figura 12 –** Utilização de barra para retirada de lama do peso-sonda  
**Fonte:** Autor, 2008

### **Riscos presentes.**

Apesar de ser aconselhado a utilização de um pedaço de ferro para retirar a lama utilizando como alavanca, já foi verificado em algumas obras funcionário, retirando essa lama com o pé, podendo ocorrer o risco de a sonda virar e torcer o pé do funcionário (Figura 13).



**Figura 13 – Utilização do pé para retirada de lama do peso-sonda**  
**Fonte:** Autor, 2009

### **Controle.**

Maior controle orientando o funcionário a seguir as recomendações dadas para sua segurança, e providenciar algum pedaço de aço para o mesmo utilizar como alavanca.

### **2.3.6 Estaca Raiz.**

São estacas de pequeno diâmetro concretada *in loco*. Sua perfuração pode ser executada na direção vertical ou inclinada, mediante o uso de rotação ou roto-percussão que “se processa com um tubo de revestimento e o material escavado é eliminado continuamente, por uma corrente fluida (água, lama bentonítica ou ar) que

introduzida através do tubo refluí pelo espaço entre o tubo e o terreno" (Figura 14) (EPUSP, 1996)



**Figura 14 –** Estaca Raiz  
**Fonte:** Autor, 2005

Após completar a perfuração, inicia-se a instalação da armadura da estaca (Figura 15). Se a mesma for profunda, a própria máquina perfuradora, pode ajudar a conduzir a armação (Figura 15), onde a perfuradora erguia a armação através de cabos.



**Figura 15 –** Instalação da armação da estaca Raiz  
**Fonte:** Autor, 2005

Colocada a armação, concreta-se a estaca à medida que o tubo de perfuração é retirado para evitar estrangulamento do fuste ou mesmo entrada de água ou outros materiais. “A argamassa é constituída de areia peneirada e cimento, acrescida de aditivos fluidificantes adequados para cada caso” (BRITO, 1987).

O processo de perfuração, não provocando vibrações nem qualquer tipo de descompressão do terreno, em conjunto com o pequeno porte do equipamento torna este tipo de estaqueamento indicado para várias situações específicas como nos seguintes casos (ARQ 5662):

- Em áreas de pequeno espaço, local de difícil acesso, áreas confinadas, (dimensões reduzidas);
- Solos com presenças de matacões, rochas ou concreto;
- Em reforço de fundações;
- Para contenção lateral de escavações;
- Em locais onde haja necessidade de ausência de ruídos ou de vibrações;

- Quando são expressivos os reforços horizontais transmitidos pela estrutura às estacas de fundação (muro de arrimo, pontes, carga de vento, etc);
- Quando existe esforço de tração a solicitar o topo das estacas (ancoragem de lajes de subpressão, pontes rolantes, torres de linha de transmissão, etc.) (EPUSP, 1996).

## Riscos presentes

Sobre esse tipo de fundação não tenho nenhum relato de acidente ou incidente, e nem através de análises foi constatadas nenhuma irregularidade em relação a prevenção e a segurança.

### 2.3.7 Estaca Hélice Continua.

“Tipo de fundação profunda constituída por concreto, moldada *in loco* e executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto pela própria haste do trado” (NBR 6122, 1996).

A execução da estaca hélice contínua pode ser dividida em três fases: perfuração, concretagem simultânea à extração da hélice do terreno e colocação da armadura.

A perfuração consiste na introdução da hélice no terreno por meio de movimento rotacional, “com um torque apropriado para que a hélice vença a resistência do solo, alcançando a profundidade determinada em projeto”. A perfuração é contínua sem que em nenhum momento a hélice seja retirada da perfuração. “O torque é aplicado por meio de uma mesa rotativa situada no topo da hélice” (NETO e KOCHEN, 2003).

A haste de perfuração é composta de chapas em espiral que se desenvolvem, como uma hélice, responsável pela retirada de solo, “e um tubo central solidarizado a esta hélice” (NETO e KOCHEN, 2003). A hélice possui em sua extremidade inferior dentes, que permitem cortar o terreno facilitando sua penetração no solo, “e de uma tampa destinada a impedir a entrada de solo no tubo central durante a escavação e permitir a saída de concreto durante a concretagem” (UFC, s.d.).

Atingindo o comprimento estipulado no projeto de fundações, inicia-se a concretagem, através de bombeamento do concreto pelo interior da haste da hélice que é retirada sem girar ou girada lentamente no mesmo sentido da perfuração, e conforme a mesma é retirada, um funcionário com a utilização de uma pá vai limpando as hélices, retirando a camada de solo que fica presa na mesma (Figura 16).

“Tanto a velocidade de extração quanto a de execução da hélice do terreno como a pressão de injeção do concreto devem ser constante” (HACHICH, 1996). A estaca hélice tem sua armadura instalada após a concretagem.



**Figura 16 –** Limpeza da estaca Hélice Continua.  
**Fonte:** Autor, 2008

"A armação, em forma de gaiola é introduzida na estaca por gravidade ou com auxílio de um pilão para compressão com pequena carga ou vibração" (HACHICH, 1996).

## Riscos presentes

Como já explicado em seu método executivo, a concretagem ocorre pelo interior da haste, retirando a hélice ao mesmo tempo. Porém, nos últimos metros, a chance da estaca sair do buraco e respingar concreto em alta pressão nos funcionários acaba sendo grande, por esse motivo os últimos 3,00m, os mesmos param de "limpar" a hélice, deixando ela cheia de concreto ou solo (Figura 17).

Ao se verificar a locação da estaca (Figura 17), um funcionário com um prumo verifica se o centro da estaca está conforme a marcação em campo. Porém, com a hélice cheia de material preso, ocorre o risco de se desprender e feri-lo, pois normalmente os mesmos utilizam somente capacetes, óculos e luvas, sem nenhuma proteção no braço que fica exatamente em baixo da estaca.



**Figura 17 –** Verificação da locação da estaca Hélice Continua.  
**Fonte:** Autor, 2009

Outro fator de risco que correm os funcionários é na hora da concretagem. Ao retirar a hélice, o funcionário com utilização de pá vai retirando todo o solo presente nela. Porém, sempre fica restos de solo presos na hélice que podem desprender e cair de grandes alturas (Figura 18).



**Figura 18 –** Estaca Hélice Continua com restos de solo.  
**Fonte:** Autor, 2008

## Controle

Para se prevenir de quedas de solo, a utilização de EPI's é indispensável, tais como capacete, capuz de brim, casaco de brim

Outra medida de controle seria a limpeza geral da estaca, após a sua execução, até dos últimos metros, pois assim diminui o risco de queda de solo.

### 2.3.8 Estaca Escavada.

Segundo Alonso (1983), essas estacas, também chamadas de estacão, são executadas geralmente com o uso de lama bentonítica e usadas para cargas elevadas (acima de 1500kN), competindo em custo com os tubulões de ar comprimido. Não causam vibração podendo assim ser executadas próximos a obras de estabilidade precária, porém necessitam de área relativamente grande para a instalação dos equipamentos necessários a sua execução.

“A perfuração pode ser realizada à seco, nos casos particulares de terreno fortemente impermeável ou com ausência de N.A. e coesivo, seja mediante a contenção das paredes do furo”(ESTACA ESCAVADA, 1981). “No caso de sistema de contenção das paredes da escavação pode ser realizado de duas maneiras:

- Mediante a cravação de tubo metálico de revestimento de utilização temporária (recuperável) ou perdido (camisa incorporada);
- Mediante o emprego de lamas bentoníticas (ESTACA ESCAVADA, 1981).

Os processos de execução usuais das estacas escavadas podem ser divididos nas seguintes operações básicas: escavação do terreno com preenchimento da perfuração com lama bentonítica (quando necessário). Após atingida a cota de projeto, coloca-se uma bomba para a troca da lama (quando necessário). Em seguida, faz-se a colocação da armação com roletes espaçadores para garantir o cobrimento do aço. Esta armadura é colocada com auxílio do guindaste, do tubo de concretagem e da bomba de submersão, em seguida, inicia-se a concretagem submersa (ALONSO, 1979).

Para estaca escavada, o equipamento de escavação consta essencialmente de uma mesa rotativa acoplada num guindaste convencional de esteira, que aciona uma haste telescópica (*Kelly Bar*) (HACHICH, 1996), com comprimento necessário para atingir as cotas de fundação previstas em projeto. Esta haste, tem acoplada em sua extremidade inferior a ferramenta de perfuração, cujo tipo varia em função da natureza do terreno a perfurar: trado, caçamba ou coroa (EPUSP, 1996).

À medida que penetra no solo por rotação, a ferramenta se preenche gradualmente e, quando cheia, a haste é levantada e a caçamba se esvazia automaticamente por abertura do fundo e no caso do trado, por força centrífuga (Figura 19).



**Figura 19 –** Abertura da caçamba para liberação da terra escavada  
**Fonte:** Autor, 2006

Algumas vantagens da estaca escavada:

- Rápida execução, capacidade de suportar cargas elevadas (até 1270 kgf/cm<sup>2</sup>);
- O solo fica livre de deformação, inclusive nas vizinhanças da obra, visto que não há vibração. Não é capaz de afetar estruturas vizinhas;
- O comprimento das estacas é grande, podendo atingir até 70 metros de profundidade, além de prontamente alterado conforme conveniência, de furo para furo do terreno;
- O solo, à medida que se escava, pode ser inspecionado e comparado com dados de investigação do local;
- A armadura não depende do transporte ou das condições de cravação.

Por outro lado, as estacas escavadas possuem as seguintes desvantagens:

- Necessidade de local nas proximidades para deposição de solo escavado;
- Susceptível a estrangulamento da seção em caso de solos compressíveis;

- Dificuldade na concretagem submersa, pois há impossibilidade de verificar e inspecionar posteriormente o concreto. Falta de confiança que oferece o concreto fabricado *in situ* (quando for o caso), depois de pronta a estaca. Nunca se sabe como os materiais nela se encontram;
- Entrada de água pode causar danos ao concreto. Caso não tenha ainda ocorrido a pega, a água subterrânea pode lavar o concreto ou pode reduzir a capacidade de carga da estaca por alteração do solo circundante. Quando a estaca fica abaixo do lençol freático e a vedação inferior da estaca depender apenas do concreto, este deve ser compacto e impermeável (concretos com baixa relação água/cimento).

O emprego das lamas bentoníticas, no caso de estacas escavadas passou a ser não só aceito como em alguns casos insubstituível (Estaca Escavada, 1981).

A coluna de lama exerce sobre as paredes da vala uma pressão que impede o desmoronamento, formando uma película impermeável denominada *cake*, a qual dispensa o uso de revestimento (Estaca Escavada, 1981).

## Riscos presentes

Os principais riscos presentes nesse tipo de fundação são em relação ao movimento de rotação da mesa rotativa para retirada do solo presente na caçamba, pois essa rotação da mesa acoplada ao guindaste pode rotacionar com caçamba em baixa altura (por descuido do operador) podendo atingir algum funcionário em seu movimento, ou ao ser içada a caçamba, a mesma estar muito cheia de solo e cair algum pedaço de solo em cima de alguém, durante seu movimento de rotação.

Estas estacas geralmente são executadas sem a escavação dos subsolos, e o concreto normalmente para um pouco acima da cota do fundo de bloco, para depois poder ser arrasado, e retirado todo tipo de bicheira presente no concreto da estaca. Isso ocorre deixando normalmente o concreto da estaca obter sua cura, para em seguida a estaca ser aterrada (em média a estaca fica de 3 a 5 dias sem ser

aterrada). Porém, já foi observado que nesse espaço de tempo, a estaca estava sem nenhum tipo de sinalização, podendo ocorrer algum acidente (Figura 21).



**Figura 20 –** Aterro da estaca escavada no quinto dia após a concretagem  
**Fonte:** Autor, 2006

## Controle

Treinamento orientando o funcionário sobre a altura mínima para se erguer a caçamba e sobre a rotação da mesma.

Providenciar sinalização ao redor da estaca escavada enquanto ela aberta, evitando o risco de alguém cair no buraco podendo sofrer graves riscos.

### 2.3.9 Tubulões.

Os tubulões são elementos estruturais de fundação profunda, geralmente dotada de uma base alargada, construídos concretando-se um poço (revestido ou não) aberto no terreno, com um tubo de aço de diâmetro mínimo de 70 cm de modo a permitir a entrada e o trabalho de um homem pelo menos em sua etapa final, (RODRIGUES, s.d.) e sempre devem ser dimensionados de forma tal que, pelo menos, a maior parte da carga, seja transmitida diretamente ao solo a grande profundidade, através de sua base. Diferenciam-se das estacas porque em pelo menos na sua etapa final, há descida de operário para executar o alargamento de base ou pelo menos a limpeza do fundo da escavação (HACHICH, 1996).

Os tubulões se dividem em dois tipos básicos: a céu aberto, normalmente sem revestimento e não armados, e de ar comprimido (ou pneumático), estes sempre revestidos, podendo este revestimento ser constituído por camisa de concreto armado ou por camisa de aço (metálica), que neste caso pode ser recuperada ou não (HACHICH, 1996). Os tubulões a ar-comprimido são utilizados em solos onde haja presença de água e que não seja possível esgotá-la. O fuste do tubulão é sempre cilíndrico enquanto as bases alargadas, cuja distância entre centros seja inferiores a duas vezes o diâmetro ou dimensão da maior base especialmente quando se trata de tubulões de ar comprimido (RODRIGUES, s.d.).

### **2.3.9.1 Tubulões a céu aberto.**

Este tipo de fundação é executado acima do nível da água natural ou rebaixado, ou em casos especiais, em terrenos saturados onde seja possível bombear a água sem risco de desmoronamento. No caso de existir apenas carga vertical, este tipo de tubulão não é armado, colocando-se apenas uma ferragem de topo para ligação com o bloco de coroamento ou de capeamento (ALONSO, 1983).

Os tubulões podem ser escavados nos seguintes modos:

- Manual: escavados com pá e picareta, com um homem escavando dentro do poço e transportando o material escavado para cima, por meio de balde e guincho. Quando o terreno tende a desmoronar,

reveste-se o furo com alvenaria de tijolo, tubo de concreto ou tubo de aço cravado à medida que a escavação progride (VARGAS, 1982).

- Mecânico: escavados com perfuradoras a trado mecânico que perfuram por rotação e levantam o material escavado entre as pás do trado; eventualmente usando tubos de aço para revestir o furo, e com alargamento da base por meio de ferramentas alargadora especial (VARGAS, 1982).

Após ser escavado, o furo do tubulão é concretado já com sua armadura dentro do furo, este tempo de abertura e concretagem do tubulão, não pode ultrapassar de 24 horas, caso isto ocorra, há a necessidade de no dia seguinte haver uma nova inspeção na base do tubulão para averiguar se não houve nenhum desmoronamento.

### **Riscos presentes**

Seus riscos são de desmoronamento tanto do fuste, quanto da abertura da base, podendo soterrar o funcionário por inteiro.

Presença de gás gerado por matéria orgânica em decomposição (podendo matar o funcionário presente no tubulão, por falta de oxigênio).

Má sinalização podendo algum funcionário cair dentro do tubulão aberto.

Material retirado permanecer na borda, correndo o risco de cair em cima do poceiro.

### **Controle**

Ao verificar qualquer instabilidade do solo escavado, o procedimento imediato é interromper os serviços, solicitado a vistoria de consultores de solo para os mesmos darem seu parecer referente a possibilidade de escavação ou não.

A presença de gás dentro dos tubulões é proveniente de aterros ou argila orgânica, nesse caso há a necessidade de ventoinha para adicionar oxigênio suficiente e retirar o gás para que os funcionários consigam realizar o serviço de escavação.

A presença de gás podem ser identificadas com medidores, tais como os modelos Solaris e Pulsar, ambos da marca MSA, entre outros.

Os materiais retirados da escavação devem ser depositados a uma distância superior à metade da profundidade, medida a partir da borda da escavação (NR 18)

### **2.3.9.2 Tubulões a ar comprimido.**

Esse tipo de fundação será mais bem descrito no estudo de caso.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho é um estudo de caso e baseia-se no relato de experiência e levantamento bibliográfico de artigos e livros referentes à segurança no trabalho, focando os respectivos riscos sofridos pelos trabalhadores e as medidas de prevenções dos mesmos.

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO - ESTUDO DE CASO

A obra em questão trata-se da construção de pontes de uma rodovia localizada no estado de São Paulo (Figura 21).



**Figura 21 –** Mapa da cidade de São Paulo  
**Fonte:** ISAUDE, 11/06/2007

## 4.1 Descrição.

Pretendendo-se executar tubulões em solos onde haja água e não seja possível esgotá-la devido ao perigo de desmoronamento das paredes do fuste, (HACHICH, 1996), utilizam-se os tubulões a ar comprimido com pressão equivalente à pressão da água intersticial (também denominados de pneumáticos). Com camisa de concreto ou de aço, onde a injeção de ar comprimido nos tubulões impede a entrada de água, pois a pressão interna é maior que a pressão da água, sendo a

pressão empregada no máximo de 3atm, limitando a profundidade em 30m abaixo do nível d'água (EPUSP, 1996), isto permite que sejam executados normalmente os trabalhos de escavação, alargamento do fuste e concretagem.

Segundo a NR 15 Atividades e Operações Insalubres, para fins de aplicação deste item, define-se

- **Câmara de trabalho** – É o espaço ou compartimento sob ar comprimido, no interior da qual o trabalho está sendo realizado;
- **Campânula** – É uma câmara através da qual o trabalhador passa do ar livre para a câmara de trabalho do tubulão e vice-versa;
- **Período de Trabalho** – É o tempo durante o qual o trabalhador fica submetido a pressão maior que a do ar atmosférico excluindo-se o período de descompressão;
- **Pressão de Trabalho** – É a maior pressão de ar à qual é submetido o trabalhador no tubulão ou túnel durante o período de trabalho;
- **Túnel Pressurizado** – É uma escavação, abaixo da superfície do solo, cujo maior eixo faz um ângulo não superior a 45° (quarenta e cinco graus) com a horizontal, fechado nas duas extremidades, em cujo interior haja pressão superior a uma atmosfera;
- **Tubulão de Ar Comprimido** – É uma estrutura vertical que se estende abaixo da superfície da água ou solo, através da qual os trabalhadores devem descer, entrando pela campânula, para uma pressão maior que atmosférica. A atmosfera pressurizada opõe-se à pressão da água e permite que os homens trabalhem em seu interior.

## 4.2 Processo Executivo

Após o término da terraplenagem removendo todo obstáculos presentes tais como entulho, blocos de rocha, entre outros, procede-se a locação dos tubulões e inicia-se a escavação preliminar, que consiste em um poço com profundidade entre 1,50m a 2,00m com diâmetro do fuste 80cm maior que servirá de escoramento lateral para as concretagens subsequentes (ROCA, 2010).

Em locais onde houve presença d'água no terreno que impediu a escavação de 2,00m. como por exemplo, a beira da represa foi executado um aterro (Figura 22) para eliminar a água e uma estrutura de madeira para o escoramento do tubulão. Essa estrutura também foi realizada dentro da represa, onde era impossível a realização de aterro (Figura 23).

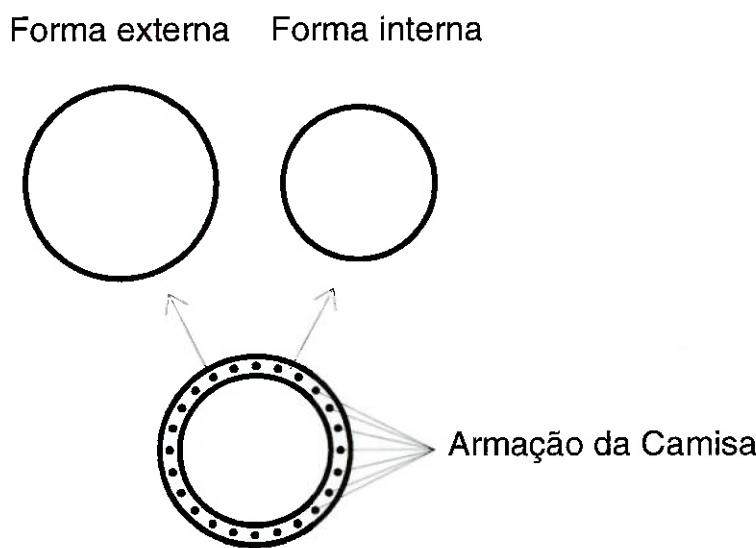


**Figura 22 –** Aterro e estrutura de madeiras para execução de tubulão  
**Fonte:** Autor, 2008



**Figura 23 –** Estrutura de madeiras para execução de tubulão na água  
**Fonte:** Autor, 2008

Após a locação topográfica e a abertura dos primeiros metros, é iniciada a concretagem da camisa que irá revestir o tubulão. Essa camisa é concretada utilizando-se duas formas, uma menor que o diâmetro do fuste e uma do mesmo diâmetro do fuste em projeto (Figura 24 e 25):



**Figura 24 –** Formas para concretagem do fuste.  
**Fonte:** Autor, 2009



**Figura 25 –** Formas para concretagem da camisa  
**Fonte:** Autor, 2008

Após a montagem das formas, as mesmas são presas entre si por parafusos de diâmetro  $1\frac{1}{2}$ ", para evitar que a forma embrigue durante a concretagem ou não suporte o peso do concreto e estourem por consequência. Durante a concretagem são utilizados vibradores para melhor adensar o concreto.

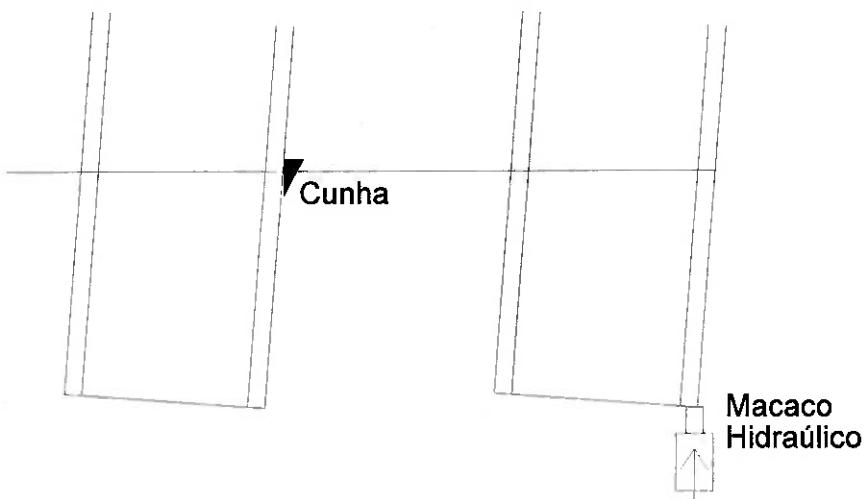
Em seguida, ocorre a desforma da camisa do tubulão e inicia-se a escavação do terreno. Enquanto não se encontrar o nível d'água, a escavação é feita a céu aberto. Ao se encontrar o lençol freático é inserida a campânula onde irão se iniciar os serviços com ar-comprimido.

As escavações são executadas entre 1,00m a 1,50m abaixo da camisa de concreto dependendo do terreno (caso um terreno de má qualidade) poderá ser executada com 0,50m., para que se consiga controlar melhor o prumo do fuste. E para ajudar a manter o prumo, é utilizado também escoras na camisa controlando assim a sua descida.

Vale lembrar que conforme ocorre a descida da camisa do tubulão o encarregado é responsável pelo seu prumo, tanto externa quanto internamente, pois

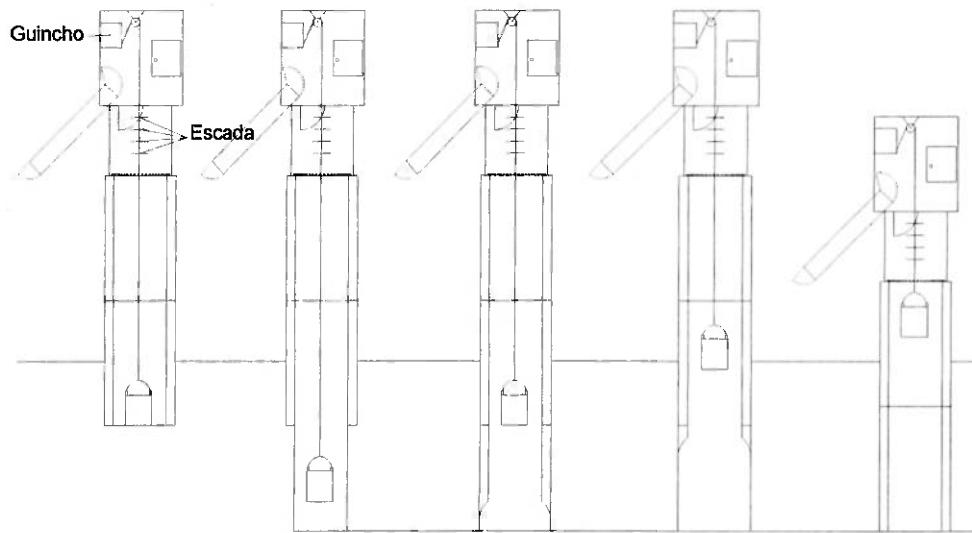
pode ser levantada a hipótese de a camisa interna ter sido má concretada e somente a mesma estar fora de prumo.

Possíveis desaprumsos podem ser corrigidos com cunhas de madeiras colocadas no lado do desaprumo que tende a cair ou na utilização de macacos mecânicos (Figura 26).



**Figura 26 –** Correção de desaprumo por cunha e macaco mecânico.  
**Fonte:** Autor, 2010

A escavação (Figura 27) é feita acompanhando o diâmetro interno da camisa, após atingir a profundidade estipulada (entre 0,5m. a 1,50m.) inicia-se a escavação lateral do terreno no mesmo diâmetro da camisa externa de baixo para cima. Antes de chegar na camisa, aproximadamente uns 30cm abaixo da mesma, o poceiro sobe pelo balde puxado por um guincho com capacidade para 300kg, em seguida é fechado o alçapão com auxílio do guincho, pois a pressão da campânula ficará maior que a pressão da câmara de trabalho, e portanto irá forçar o alçapão para baixo. Sendo assim, o guincho é essencial para manter o alçapão fechado. Pelo lado de fora, é aberta a válvula de pressão da câmara de trabalho, os 30cm de terreno, cedem, descendo o tubulão até o piso escavado.



**Figura 27 –** Esquema de escavação  
**Fonte:** Autor, 2008

Ao terminar a descida do tubulão, pelo lado externo, é fechada a válvula, e inicia a compressão da câmara de trabalho, salvo relembrar que a pressão dentro da campânula não varia nesse período de tempo. Após a câmara de trabalho atingir a pressão da campânula, o alçapão é aberto e é reiniciado o serviço até a descida dos 4,00m da camisa de concreto. Em seguida retira-se a campânula e inicia-se uma nova concretagem da forma do fuste, para em seguida colocar-se a campânula e iniciar-se novamente os serviços de escavação. Esse serviço acontece até atingir a cota de apoio prevista do tubulão.

A escavação do tubulão (Figura 28) é realizada por pás, picaretas, martelete elétrico e no caso de rochas, com uso de explosivos. A retirada desse material é feita pelo balde, que sobe e armazena o solo retirado no cachimbo de saída, que quando cheio é fechado do lado interno da campânula e aberto pelo lado externo, após a retirada do ar-comprimido do mesmo.



**Figura 31 –** Material utilizado para escavação do tubulão  
**Fonte:** Autor, 2008

Após a campânula montada e funcionando, a mesma será pressurizada através de no mínimo 02 compressores de 250 pcm conectados a um reservatório de ar (pulmão), filtros e resfriador. O número de compressores (Figura 29) poderá ser aumentado em função da permeabilidade do terreno escavado (ROCA, 08/01/2010).



**Figura 29 –** Compressores do tubulão.  
**Fonte:** Autor, 2008



Após atingida a cota de apoio do tubulão estipulada em projeto, ocorre a descida de um Geólogo ou um Engenheiro de solos para verificação das tensões atingidas na cota de apoio e comprovar se atendem as solicitadas em projeto, juntamente com o prumo do fuste. Caso esses pré-requisitos estejam liberados, ocorre a liberação para abertura da base. Se a tensão verificada em solo for menor que a de projeto, é solicitado o aprofundamento do tubulão, para em seguida ser realizada uma nova análise do solo. Caso o desaprumo esteja maior que 1%, o mesmo deverá ser encaminhado para o projetista estrutural dar o seu paracer em relação aos esforços adicionais atuantes. Em seu parecer, ele pode aprovar liberando a abertura da base sem necessidade de reforço, ou solicitar o aumento da ferragem. Em ultimo caso, pode solicitar a retirada das camisas de concreto, reaterrando o tubulão e o re-início dos serviços. Dependendo da pressão exercida no tubulão, poderá haver três turnos de trabalho.

Após liberação do alargamento da base é instalada escoras de madeiras (Figura 30) no pé da camisa, para ajudar a segurar e evitar que a mesma não desça. Em seguida, as escavações da base são realizadas para uma nova inspeção por parte de Geólogo ou Engenheiro de solos, para verificação das dimensões e

geometria da base. Caso seja solicitado pela construtora é conferida também a armação da base.



**Figura 30 –** Escora de madeira  
**Fonte:** Autor, 2008

Após liberação dos serviços, os mesmos são concretados através do cachimbo encerrando assim os serviços no tubulão.

Conforme informa o site da Roca, o tubulão deverá permanecer comprimido durante 6 horas após a concretagem da base visando preservar a qualidade do concreto lançado, que poderá ser danificado por pressões do lençol freático ou presença de interferências geradas pela presença de ar comprimido de escavações próximas.

#### **4.3 Riscos.**

Nesse tipo de fundação foi presenciado diversos riscos, desde falhas na concretagem dos fustes, falta da utilização de EPI's, não seguimento dos procedimentos de segurança como do tempo de descompressão, entre outros que serão descritos a seguir.

#### **4.3.1 Falha na concretagem do fuste.**

A falha na concretagem do fuste deixa algumas bicheiras (Figura 31) que podem ferir o funcionário que sobe e desce pelo guincho, podendo raspar as costas. Outro defeito foi um prego da forma (Figura 32), que por falta de atenção ficou preso no concreto do fuste, e o mesmo não foi retirado.



**Figura 31 –** Parede do fuste com bicheiras  
**Fonte:** Autor, 2009



**Figura 32 –** Prego presente no teto do fuste  
**Fonte:** Autor, 2009

#### **4.3.2 Riscos no processo de escavação.**

Durante o processo de escavação os poceiros correm o risco de o solo não agüentar o peso da camisa e o mesmo descer podendo ferir-los. Outro risco ocorre durante a subida da caçamba: cair solo da mesma, de grandes alturas, atingindo o poceiro.

#### **4.3.3 Riscos no guincho pelo locomoção de poceiros.**

Foi constatado que durante a descida e a subida dos funcionários pelo guincho, os mesmos não utilizam cinto trava-quedas ou nenhum outro tipo de cinto de segurança. Esse equipamento é essencial na prevenção contra queda do funcionário, pois pode ocorrer de o funcionário cair devido a perca de equilíbrio, má funcionamento das polias do guincho e falha na presilha que prende o cabo de aço do guincho no balde.

#### **4.3.4 Explosivos**

Na utilização de explosivos devem ser observadas algumas recomendações tais como:

- Pessoal treinado;
- Não fumar, acender isqueiro, fósforo ou qualquer tipo de chama ou centelha próximo dos explosivos;
- Não utilizar o martelete ou nenhum tipo de ferramenta que possa produzir faísca após a instalação dos explosivos;
- Utilização de calçados apropriados.

#### **4.3.5 Riscos na entrada da campânula**

Normalmente a campânula é escorada por uma estrutura de madeira, conforme já foi descrito anteriormente, e em muitos casos os funcionários utilizam essa estrutura para conseguir alcançar a porta de entrada da campânula, podendo o mesmo escorregar e dependendo da localização do tubulão, cair na correnteza de um rio podendo se afogar, ou no solo podendo sofrer alguma escoriação no corpo, com a queda. Poucos são os encarregados que fazem escadas para a subida até a campânula.

#### **4.3.6 Má vedação da câmara de trabalho**

A vedação da câmara de trabalho deve ocorrer para que a pressão existente dentro do tubulão não vaze por entre a camisa de concreto e o solo do disparo da base. Caso isso ocorra, o primeiro procedimento é de o funcionário tentar conter esse vazamento, reforçando a vedação, pois caso ele não faça isso, durante a sua subida, a falha na vedação pode aumentar, comprometendo ainda mais a sua

segurança. Se o poceiro verificar que a vedação do tubulão está comprometida, e vendo que o mesmo não conseguirá conter o vazamento, ele deve subir até a campânula o mais rápido possível, para evitar a sua completa descompressão fora do tempo recomendado.

#### 4.3.7 Verificação do prumo e da armação.

Para se verificar o prumo do tubulão, um funcionário deve ficar no topo do concreto, onde com a utilização de uma cruzeta, achará o centro do fuste, para a descida do prumo. (Figura 33) Porém o mesmo, em alguns casos constatados, não utilizam cinto trava-quedas e o espaço ao qual eles se apóiam é restrito (Figura 34). A verificação da armação também é de extrema dificuldade, visto que o funcionário desce no tubulão pelo guincho, sendo que a qualquer tipo de movimento, o mesmo pode esbarrar na ferragem e se cortar (Figura 35). Foi verificado também, a falta de EPI's por esses funcionários.



**Figura 33 –** Poceiro verificando prumo sem utilização de trava-quedas.  
**Fonte:** AUTOR, 2009



**Figura 34 –** Parafusos e chanfros aonde o poceiro se apóia.  
**Fonte:** AUTOR, 2009



**Figura 35 –** Verificação da armação  
**Fonte:** AUTOR, 2009

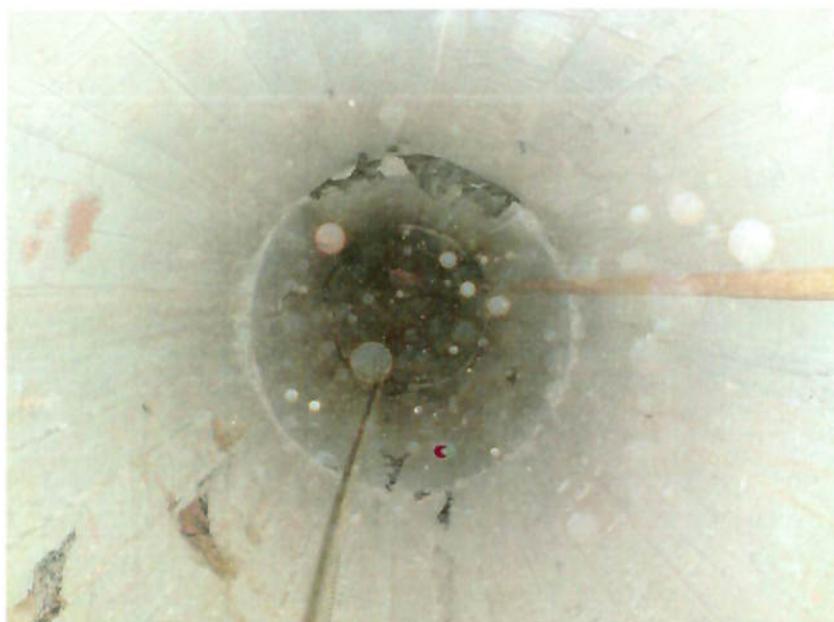
#### 4.3.8 Não utilização de EPI's, e a falta de segurança

É comum verificar nesse tipo de serviço, a falta da utilização de EPI's, tais como capacete, luva, protetor auricular, máscara de respiração, e as vezes até bota. O calor produzido pelo ar-comprimido, juntamente com o calor dos rompedores,

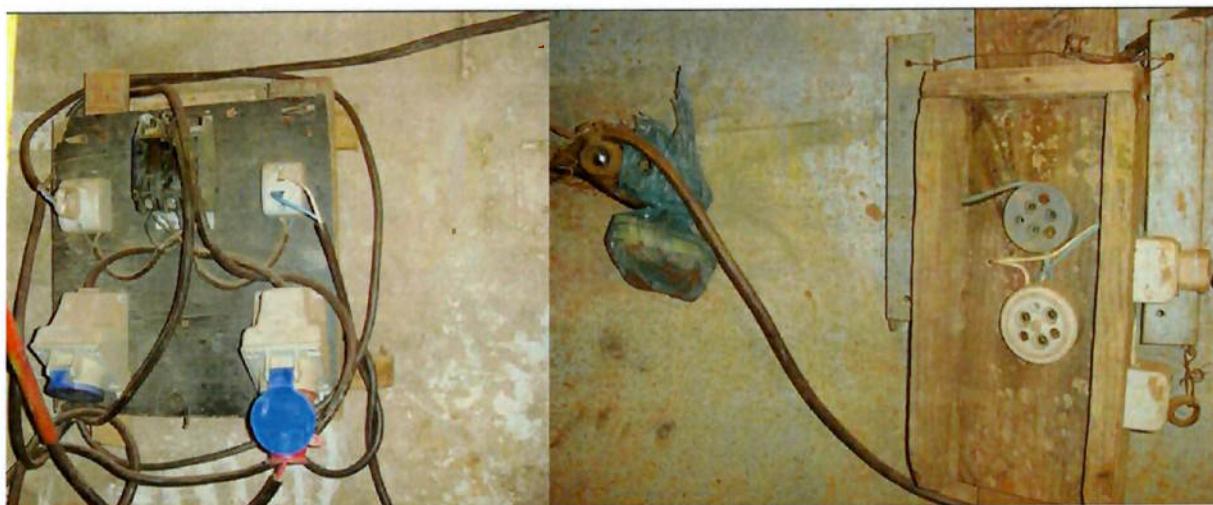
acaba propiciando para que muitos poceiros trabalhem descalços e sem camisa. Por não ter uma fiscalização mais eficaz, os funcionários entram na campâula vestidos com os EPI's, porém logo em seguida, retiram os mesmos devido ao calor.

Devido a utilização de rompedores para escavação do terreno, o mesmo lança no ar partículas (Figura 36), e foi verificado a falta de respiradores purificador de ar.

A falta de segurança foi verificada também dentro dos tubulões, com ligações de energia sem os plugs machos, conectados diretamente com a fiação na energia. Manômetros (Figura 37 e 38) os quais era impossível verificar a pressão devido ao vidro com diversos riscos.



**Figura 36 –** Ar do tubulão cheio de partículas.  
**Fonte:** AUTOR, 2009



**Figura 37 –** Improvisos nas tomadas  
**Fonte:** AUTOR, 2009



**Figura 38 –** Dificuldade de se verificar o manômetro.  
**Fonte:** AUTOR, 2009

#### 4.3.9 Não cumprimento de normas pré-estabelecidas

Há empresas que acertam pagamentos com os poceiros dependendo da produtividade. Com isso, o poceiro sempre querendo ganhar mais dinheiro, acaba

ultrapassando os limites de trabalho sob ar-comprimido (Tabela 2), e fazendo a descompressão mais rápido. Durante a compressão, o sangue dos operários absorve mais gases do que na pressão normal. Se a descompressão for feita muito rapidamente, o gás absorvido em excesso no sangue pode formar bolhas, que por sua vez podem provocar dores e até morte por embolia. Para evitar esse problema, antes de passar à pressão normal, os trabalhadores devem sofrer um processo de descompressão lenta (nunca inferior a 15 minutos) numa câmara de emergência (BRITO, 1987).

**Tabela 2:** Tabela de Compressão e Descompressão para Trabalhos sob Ar-Comprimido

**Fonte:** ROCA, 08/01/2010

Pressão de Trabalho (kg/cm <sup>2</sup> )	Tempo de Compressão (min.)	Período de Trabalho (hora/min)	Estágio de Descompressão (kg/cm <sup>2</sup> )									Tempo de Descompressão (min.)
			1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
0,0 a 1,0	3	7 h 40 min								3	14	17
1,0 a 1,2	4	6 h 00 min									20	20
1,2 a 1,4	5	6 h 00 min								5	35	40
1,4 a 1,6	6	6 h 00 min							5	20	40	65
1,6 a 1,8	6	6 h 00 min							10	30	45	85
1,8 a 2,0	7	6 h 00 min						5	20	35	45	105
2,0 a 2,2	7	5 h 43 min					5	10	25	40	50	130
2,2 a 2,4	8	5 h 17 min					10	20	30	40	55	155
2,4 a 2,6	8	4 h 52 min					15	25	30	45	60	180
2,6 a 2,8	10	4 h 25 min				5	20	25	30	45	70	205
2,8 a 3,0	10	3 h 45 min				10	20	30	40	50	80	245

#### 4.3.10 Doenças Descompressivas.

Albano (1974) define Doença Descompressiva como um quadro causado por três fatores: a profundidade (compressão), a duração e o tempo de descompressão do tubulão.

Em um tubulão, se o funcionário realizar a descompressão lentamente, o excesso de nitrogênio dos tecidos será conduzido gradativamente pelo sangue aos pulmões e eliminado para o meio ambiente. Numa descompressão precipitada, como se abrissemos uma garrafa de refrigerante, o gás entra subitamente em supersaturação. Formam-se bolhas que obstruem a circulação sanguínea de órgãos importantes, ocasionando a Doença Descompressiva (Pangrácio, 1999).

O sintoma mais comum da Doença Descompressiva é a dor que se instala lentamente e gradativamente, podendo aumentar até se tornar insuportável. Essa dor atinge as articulações de ombro, cotovelo, joelho e principalmente quadril. Podem ocorrer manifestações neurológicas, principalmente a medular com seqüelas de hemiplegia, tetraplegia, paraplegia ou monoplegia, espasticidade e distúrbios esfínterianos, além das manifestações pulmonares cutâneas, etc (Pangrácio, 1999)

#### **4.4 Recomendações**

Algumas recomendações básicas para a minimização dos riscos identificados seriam:

##### **4.4.1 Treinamentos**

Todos os empregados devem receber treinamentos admissional e periódico, visando a garantir a execução de suas atividades com segurança (NR 18)

Segundo a NR 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, o treinamento admissional deve ter carga horária mínima de 6 (seis) horas, ser ministrado dentro do horário de trabalho, antes de o trabalhador iniciar suas atividades, constando de:

- Informações sobre as condições e meio ambiente de trabalho;
- Riscos inerentes a sua função;
- Uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual – EPI
- Informações sobre os Equipamentos de Proteção Coletiva – EPC, existentes no canteiro de obra.

Nos treinamentos, os trabalhadores devem receber cópias dos procedimentos e operações a serem realizadas com segurança. (NR 18)

#### **4.4.2 Fiscalização na utilização de EPI's**

Segundo a NR 6 Equipamento de Proteção Individual, cabe ao empregador quanto ao EPI.:

- Adquirir o adequado ao risco de cada atividade
- Exigir seu uso
- Fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho
- Orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
- Substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- Responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e
- Comunicar ao TEM qualquer irregularidade observada.

E segundo a NR 6, cabe ao empregado quanto ao EPI:

- Usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- Responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- Comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para o uso; e,
- Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

#### **4.4.3 Evitar situações de risco.**

Mesmo sendo uma frase lógica, é difícil de tornar-se algo habitual para o funcionário. O exemplo deste tópico seria a simples construção de escada para utilização ao contrário da própria estrutura de madeira. Por mais que se peça para ele evitar tal situação, utilizar EPI's, entre outros, o mesmo o faz na sua frente. Ao virar as costas, ele volta para sua rotina de trabalho já habituada. Por isso que se faz necessário uma educação continuada desse trabalhador, mostrando os riscos a que estão sujeitos e a importância de mudanças de hábitos de risco.

#### **4.4.4 Obedecer as normas de segurança.**

Segundo a NR 15;

- O trabalhador não poderá sofrer mais que uma compressão num período de 24 (vinte e quatro) horas.
- Durante o transcorrer dos trabalhos sob ar comprimido, nenhuma pessoa poderá ser exposta à pressão superior a 3,4 kgf/cm<sup>2</sup>, exceto em caso de emergência ou durante tratamento em câmara de recompressão, sob supervisão direta do médico responsável;
- A duração do período de trabalho sob ar comprimido não poderá ser superior a 8 (oito) horas, em pressões de trabalho de 0 a 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>; a 6 (seis) horas em pressões de trabalho de 1,1 a 2,5 kgf/cm<sup>2</sup>; e a 4 (quatro) horas, em pressão de trabalho de 2,6 a 3,4 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Após a descompressão, os trabalhadores serão obrigados a permanecer, no mínimo por 2 (duas) horas, no canteiro de obra, cumprindo um período de observação médica;
- Para trabalhos sob ar comprimido, os empregados deverão satisfazer os seguintes requisitos;

- Ter mais de 18 (dezoito) e menos de 45 (quarenta e cinco) anos de idade;
- Ser submetido a exame médico obrigatório, pré-admissional e periódico, exigido pelas características e peculiaridades próprias do trabalho;
- Antes da jornada de trabalho, os trabalhadores deverão ser inspecionados pelo médico, não sendo permitida a entrada em serviço daqueles que apresentem sinais de afecções das vias respiratórias ou outras moléstias.
- É vedado o trabalho àquele que se apresentem alcoolizados ou com sinais de ingestão de bebidas alcoólicas;
- É proibido ingerir bebidas gasosas e fumar dentro dos tubulões e túneis;
- Todo empregado que vá exercer trabalho sob ar comprimido deverá ser orientado quanto aos riscos decorrentes da atividade e às precauções que deverão ser tomadas, mediante educação audiovisual;
- Todo empregado sem prévia experiência em trabalhos sob ar comprimido deverá ficar sob supervisão de pessoa competente, e sua compressão não poderá ser feita se não for acompanhado, na campânula, por pessoa hábil para instruí-lo quanto ao comportamento adequado durante a compressão;
- As turmas de trabalho deverão estar sob responsabilidade de um encarregado de ar comprimido, cuja principal tarefa será a de supervisionar e dirigir as operações.

Segundo a NR 33 Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados;

- Os equipamentos fixos e portáteis, inclusive os de comunicação e de movimentação vertical e horizontal, devem ser adequados aos riscos dos espaços confinados;
- Em áreas classificadas os equipamentos devem estar certificados ou possuir documento contemplado no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade – INMETRO

- As avaliações atmosféricas iniciais devem ser realizadas fora do espaço confinado.
- A permissão de Entrada e Trabalho é válida somente para cada entrada.
- Os procedimentos para trabalho em espaço confinados e a Permissão de Entrada e Trabalho devem ser avaliados no mínimo uma vez ao ano e revisados sempre que houver alteração dos riscos, com a participação do Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho – SESMT e da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA.
- Os procedimentos de entrada em espaços confinados devem ser revistos quando da ocorrência de qualquer uma das circunstâncias abaixo:
  - Entrada não autorizada num espaço confinado;
  - Identificação de riscos não descritos na Permissão de Entrada e Trabalho;
  - Acidente, incidente ou condição não prevista durante a entrada;
  - Qualquer mudança na atividade desenvolvida ou na configuração do espaço confinado;
  - Solicitação do SESMT ou da CIPA; e
  - Identificação de condição de trabalho mais segura.

É de grande importância explicar para os poceiros os perigos que os mesmos correm caso não cumpram com as normas de segurança, tais como obedecer aos tempos de compressão e descompressão. Essas itens citados foram apenas alguns dos inúmeros que estão na NR 15 e NR 33.

#### **4.4.5 Cuidados com elétricidades**

Segundo a NR 10 Instalações e Serviços em Eletricidade, as proteções contra o risco de contato devem ser:

- Todas as partes das instalações elétricas devem ser projetadas e executadas de modo que seja possível prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico e todos os outros tipos de acidentes;
- As partes de instalações elétricas a serem operadas, ajustadas ou examinadas, devem ser dispostas de modo a permitir um espaço suficiente para trabalho seguro;
- As partes das instalações elétricas, não cobertas por material isolante, na impossibilidade de se conservarem distâncias que evitem contatos casuais, devem ser isoladas por obstáculos que ofereçam, de forma segura, resistência a esforços mecânicos usuais.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se com esse trabalho que a engenharia de segurança do trabalho é de extrema importância para realizações de serviços como este de tubulão a ar-comprimido.

Acidentes do trabalho e doenças ocupacionais são calamidades que podem ser combatidas, porém a garantia de segurança nunca é certa.

A eficácia da segurança depende da conscientização e comprometimento de todos os funcionários em seguir as normas pré-estabelecidas, que visam prevenir os acidentes. Com essa união minimiza-se a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais.

Esses riscos identificados e analisados no trabalho de tubulão a ar-comprimido não abrange todos os riscos presentes nesse tipo de serviço insalubre. Mas para cada risco identificado, há uma maneira de controla-lo impedindo assim que esse risco se torne em um acidente.

Diversos projetistas se recusam a utilizar em seus cálculos tubulões a ar-comprimido. Apesar de em alguns casos ser a solução mais viável, há outros tipos de fundação que podem substituir o tubulão de ar comprimido, evitando assim colocar em risco a saúde dos funcionários.

Apesar de ser um tipo de fundação difícil de fiscalizar, se faz necessário uma conscientização dos próprios engenheiros e profissionais que trabalham nesse ramo, de que a minimização dos acidentes nessa estrutura dependem de alguns pontos básicos. Um dos principais, sem dúvida, é o *check up* geral inicial, avaliando todo o serviço em si, procurando resolver possíveis pontos críticos, além de acompanhamentos periódicos. O outro é a adequação instrução teórica prática sobre as técnicas e manobras de entrada e saída do tubulão e dos equipamentos de segurança. Desta forma acredito que se consiga prevenir os acidentes e doenças relacionadas a atividades que envolvem tubulões de ar comprimido.

## REFERÊNCIAS

ALBANO, G - **Fisiologia della Respirazione Iperbárica** Gli Scambi Gasosi, Annali di Medicina Navale, LXXIX, fasc. I (33-62), 1974.

ALONSO, Urbano Rodrigues. **Palestras: Fundações e Infraestruturas.** São Paulo: Franki, 1979.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de Fundações.** São Paulo: Edgard Blucher, 1983

APEMOL, Associação Paulista de Empresas Executoras de Estacas Moldadas no Local. **Especificação da execução de estacas tipo Strauss.** São Paulo, s.d.

ARQ 5662. **Tecnologia da Edificação II.** s. d.

BENATON, Benaton Fundações: Disponível em: <[www.benaton.com.br](http://www.benaton.com.br)>. Acesso em 25 de outubro de 2009.

BRITO, José Luis Wey de. **Fundações do edifício.** São Paulo, EPUSP, 1987.

ENGECON **FUNDAÇÕES.** Suzano: Disponível em: <<http://www.engeconfundacoes.com.br>>. Acesso em 15 de outubro de 2009.

EPUSP, ESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **PCC-2435 Fundações.** Revisão Professora Mercia Barros, Abril de 1996.

EPUSP, ESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUA, - **Prevenção e Controle de Riscos em Máquinas, Equipamentos e Instalações, Parte B,** 2009

ESTACA ESCAVADA, **Clube de Engenharia, Departamento de Atividades Técnicas, Divisão Técnica Especializada de Geotecnia.** Franki, 1981.

FABIANI, Breno. **Fundações.** S.d.

FIGUEIREDO, Kléber Mendes de. **Tecnologia da Soldagem**, 2005:

HACHICH, Waldemar e OUTROS. **Fundações: Teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1996.

Guias Básicos de Segurança nº 7 – Solda. ITSEMAP do Brasil, Serviços Tecnológicos MAPFRE. s.d.

ISAUDE, São Paulo s.d. Disponível em:  
[<http://www.isaude.sp.gov.br/observatorio/mapa\\_grande\\_sao\\_paulo.jpg>](http://www.isaude.sp.gov.br/observatorio/mapa_grande_sao_paulo.jpg). Acesso em 01 de junho 2007

MELO, Maria Bernadete Fernandes Vieira de. **Influência da cultura organizacional no sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho em empresas construtoras**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001

NBR 6122. **Fundações: teoria e prática**: Rio de Janeiro: 1996.

NBR 9061 **Segurança de escavação a céu aberto**, 1985

NR 6, **Equipamentos de Proteção Individual**.

NR 10, **Instalações e Serviços em Eletricidade**.

NR 15, **Atividades e Operações Insalubres**.

NR 18, **Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**

NR 33, **Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaço Confinados**.

NETO, José Albuquerque de Almeida e KOCHEN, Roberto. **Estaca hélice contínua e ômega: aspectos executivos**. Engenharia Fundações, Engenharia 556, 2003.

PANGRÁCIO, Marília Beatriz Guimarães. **Mergulho: Problemas auditivos acidentais e outras doenças em mergulhadores**. Monografia de Audiologia Clínica – recife – 1999

ROCA, Roca Fundações. Disponível em: <[www.rocafundacoes.com.br/](http://www.rocafundacoes.com.br/)>. Acesso em 08 de Janeiro de 2010.

RODRIGUES, Edmundo. **Técnica das Construções: Capítulo 2, Estudo das Fundações.** S.d.

UFC, UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Projeto e construção de edifícios, relatório número 1.** s.d.

VANDERLEI, ROMEL DIAS. **Projeto estrutural de sapatas isoladas, SET 408 – Estruturas de Fundações:** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 07 de agosto de 2000,

VARGAS, Milton. **Fundações de Edifícios.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1982