

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCO AURÉLIO CASTRO DOS SANTOS

**FUNDAÇÕES POR TUBULÃO A AR COMPRIMIDO:
UM ESTUDO SOBRE O TRABALHO EXECUTADO**

Goiânia, GO
2019

Marco Aurélio Castro dos Santos

**FUNDAÇÕES POR TUBULÃO A AR COMPRIMIDO:
UM ESTUDO SOBRE O TRABALHO EXECUTADO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na disciplina TCC II, do
curso de Engenharia Civil, do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil**

Orientador: Prof. DSc. Ênio Rodrigues Machado

**Goiânia, GO
2019**

Sa596f Santos, Marco Aurélio Castro dos.
Fundações por tubulão a ar comprimido: um estudo sobre o trabalho executado / Marco Aurélio Castro dos Santos. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2019.
62 f. : il.

Orientador: Prof. DSc. Ênio Rodrigues Machado.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Coordenação de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Inclui anexos.

1. Fundações – tubulão. 2. Segurança do trabalhador. 3. Saúde do trabalhador. I. Machado, Ênio Rodrigues (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 624.15

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Marco Aurélio Castro dos Santos

Matrícula: 20131011050212

Título do Trabalho: Fundações por tubulão a ar comprimido: um estudo sobre o trabalho executado

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 10/07/2019

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

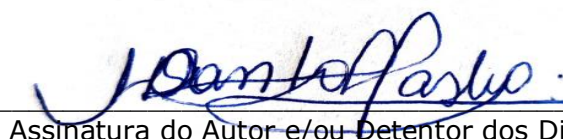
O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Local Goiânia, 03 / 07 / 2019.
Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Marco Aurélio Castro dos Santos

**FUNDAÇÕES POR TUBULÃO A AR COMPRIMIDO:
UM ESTUDO SOBRE O TRABALHO EXECUTADO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na disciplina TCC II, do
curso de Engenharia Civil, do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil**

Aprovado em 27 de novembro de 2019:



Ênio Rodrigues Machado, DSc. (IFG)
(Orientador)



Humberto Rodrigues Mariano, MSc.(IFG)



Wesley Pimenta de Menezes, Esp.(IFG)

Goiânia, GO
2019

DEDICATÓRIA

A toda minha família, em especial aos meus pais que são meu maior incentivo e motivo da minha determinação. Exemplos de dignidade e honestidade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível, graças ao auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Algumas de forma direta, outras indiretamente, contribuíram para conclusão deste estudo. Agradeço a todos, em especial:

Ao meu orientador, que com muita sabedoria e destreza buscou o meu empenho, fazendo-me acreditar que era possível.

À minha família: irmãos queridos e aos meus pais que tanto amo e são o motivo desta minha jornada.

Aos meus mestres, que contribuíram de forma significativa para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

A Deus, que sempre esteve comigo, dando força, revigorando meu ânimo, consolando-me nos momentos difíceis. É o real motivo para eu prosseguir.

Enfim, a todos que de certa forma fizeram parte deste trabalho.

EPÍGRAFE

“É melhor acender uma vela que amaldiçoar a escuridão!”
Confúcio

RESUMO

FUNDAÇÕES POR TUBULÃO A AR COMPRIMIDO: UM ESTUDO SOBRE O TRABALHO EXECUTADO

AUTOR: Marco Aurélio Castro dos Santos

ORIENTADOR: Ênio Rodrigues Machado

O trabalho em fundações por tubulão a ar comprimido requer cuidados especiais, no que diz respeito a atenção do trabalhador em relação a possíveis acidentes que possam ocorrer durante seu trabalho no interior do tubulão e, principalmente, em relação a sua saúde, uma vez que, para a execução deste tipo de fundação há a necessidade de que o ambiente de trabalho esteja submetido a pressões acima da atmosférica (em torno de 1 atm), ou seja, um ambiente hiperbárico. Foram analisadas através do estudo bibliográfico sobre o tema, as situações da execução e sua observância às normas de segurança relacionadas a esta atividade, bem como a discussão da sua exceção no rol de atividades constantes na norma que trata de atividades e operações perigosas. Pode-se concluir que o trabalho efetuado no interior desses tubulões é negligenciado em relação às prescrições normativas de segurança - considerando prescrições usuais do trabalho na construção civil - e salubridade, tanto por parte de funcionários efetivos da empreiteira da obra, quanto por parte, em geral, de uma empresa (subempreiteira) contratada para a execução da fundação por tubulões pneumáticos. A falta de uma diretriz de segurança e saúde do trabalhador mais específica para esse tipo de atividade e de uma maior observação prática de sua execução in loco, contribuem para a instalação de um ambiente propenso a ocorrência de acidentes de trabalho, bem como para o aumento da incidência de doenças ocupacionais, ocasionadas em virtude do alto grau de insalubridade relacionado a esta atividade.

Palavras-chave: Ar comprimido. Trabalho. Segurança. Insalubridade.

ABSTRACT

FOUNDATIONS BY COMPRESSED AIR PIPE: A STUDY ON THE WORK PERFORMED

AUTHOR: Marco Aurélio Castro dos Santos

ADVISOR: Ênio Rodrigues Machado

The work on foundations by compressed air pipes requires special care, with regard to the workers' attention in relation to possible accidents that may occur during their work inside the tubule and, mainly, in relation to their health. Since, for the execution of this type of foundation there is the need for the work environment to be subjected to pressures above the atmospheric (around 1 atm), that is, a hyperbaric environment. They were analyzed through the bibliographical study on the theme, the situations of execution and their observance of the safety norms related to this activity, as well as the discussion of their exception in the list of activities contained in the norm that deals with activities and dangerous operations. It can be concluded that the work carried out within these tubules is neglected in relation to the normative safety requirements-considering the usual prescriptions of work in civil construction-and salubrity, both by the employees of the contractor of the work, and on the part, in general, of a company (subcontractor) contracted for the execution of the foundation by pneumatic tubules. The lack of a more specific occupational safety and health guideline for this type of activity and a greater practical observation of its execution in loco, contribute to the installation of an environment prone to the occurrence of occupational accidents, as well as to the increased incidence of occupational diseases caused by the high degree of unhealthy health related to this activity.

Keywords: Compressed air. Work. Security. Unhealthy.

LISTA DE FIGURAS

Figura A - Fluxograma da metodologia aplicada	16
Figura 1.1 - Cravação da camisa de aço (Equipamento Benotto)	25
Figura 2.1 - Escavação inicial.....	31
Figura 2.2 - Colocação da fôrma e armadura.....	32
Figura 2.3 - Concretagem da primeira seção da camisa de concreto	32
Figura 2.4 - Montagem da campânula.....	33
Figura 2.5 - Escavação sob ar comprimido	34
Figura 2.6 - Alargamento da base	35
Figura 2.7 - Concretagem.....	35
Figura 3.1 - Descida do operário até a base do tubulão.....	41
Figura 3.2 - Fixação do cabo acoplado à campânula	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Normas de trabalho sob ar comprimido.....	24
Tabela 1.2 – Tempo de trabalho e tempo de descanso.....	25
Tabela 1.3 – Tempo de descompressão.....	25

LISTA DE SIGLAS

CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CIVILHIDRO	Companhia Nacional de Construções Cíveis e Hidráulicas
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
Engefusa	Engenharia de Fundações S.A.
NBR	Norma Brasileira
NRs	Normas Regulamentadoras
OIT	Organização Internacional do Trabalho
SIPAT	Semana Interna de Prevenção de Acidentes no Trabalho
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1	
O TRABALHO E AS REGULAMENTAÇÕES NA ATIVIDADE SOB AR	
COMPRIMIDO	18
1.1 EVOLUÇÃO E SEGURANÇA DO TRABALHO NO BRASIL	18
1.2 PERICULOSIDADE E INSALUBRIDADE	21
1.3 REGULAMENTAÇÕES DO TRABALHO HIPERBÁRICO	22
1.4 EFEITOS NA SAÚDE DO OPERÁRIO	27
CAPÍTULO 2	
ETAPAS CONSTRUTIVAS DO TUBULÃO A AR COMPRIMIDO	30
2.1 TERRAPLANAGEM E ESCAVAÇÃO PRELIMINAR	31
2.2 INSTALAÇÃO DAS FÔRMAS E MONTAGEM DAS ARMADURAS	31
2.3 CONCRETAGEM DA PRIMEIRA SEÇÃO	32
2.4 MONTAGEM DA CAMPÂNULA.....	32
2.5 ESCAVAÇÃO SOB AR COMPRIMIDO	33
2.5.1 Comunicação interna e externa	34
2.6 ALARGAMENTO DA BASE	34
2.7 CONCRETAGEM DA BASE E DO FUSTE.....	35
CAPÍTULO 3	
DISCUSSÃO DA PRÁTICA EM OBRAS DE	
TUBULÕES A AR COMPRIMIDO	36
3.1 CRAVAÇÃO DE CAMISAS DO FUSTE.....	36
3.2 ABERTURA E ALARGAMENTO DE BASES.....	38
3.2.1 Período de compressão	38
3.2.2 Permanência na pressão	39
3.2.3 Descompressão	42
CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46
ANEXOS	48

INTRODUÇÃO

O tubulão a ar comprimido é um tipo de fundação profunda, de base alargada, apropriada a obras com grandes solicitações dos carregamentos ou quando existe água no subsolo, devido à presença do lençol freático, rios e mares, onde há grande perigo de desmoronamento das paredes. Assim, a injeção de ar comprimido nos tubulões impede a entrada de água no interior dos mesmos, permitindo que sejam executados os trabalhos de escavação, alargamento da base e a concretagem.

É preciso encamisar as paredes do fuste com tubos de concreto ou aço, até alcançar a cota de profundidade, designada em projeto, para que se inicie a execução da base do tubulão. A camisa de concreto ou aço representa uma segurança ao operário durante o avanço da escavação manual. Também serve como apoio para a instalação da campânula, que é o equipamento de compressão e descompressão de ar que possibilita a atuação do operário (poceiro) abaixo do nível da água no subsolo.

Os problemas durante a execução dos tubulões pneumáticos, estão relacionados principalmente à segurança dos operários durante a pressurização e despressurização da campânula. O engenheiro de obra deve estar atento aos procedimentos de entrada e saída de ar no equipamento. Inspeccionar os registros, os compressores e as mangueiras também fazem parte dos procedimentos adotados para segurança do trabalhador. Tal atenção requer o conhecimento de normas e procedimentos da engenharia de segurança no trabalho sob ar comprimido.

Segundo Wolf (2012, p. 35), durante a compressão, o sangue humano absorve mais gases do que na pressão normal ou atmosférica. Se, posteriormente, a descompressão for feita rapidamente, o nitrogênio dissolvido é absorvido em excesso no sangue, podendo formar bolhas que, por sua vez, podem provocar dores e até morte por embolia - bolhas de ar que entram no sangue venoso ou arterial e podem bloquear pequenos vasos sanguíneos dos órgãos. Para evitar esse problema, antes de passar à pressão normal os trabalhadores devem sofrer um processo de descompressão lenta.

Para executar serviços sob alta pressão, os trabalhadores devem estar muito bem preparados e treinados, pois quanto maior a profundidade em relação ao nível d'água, maior será a pressão à qual serão submetidos.

As doenças descompressivas são um problema comum entre os operários de fundações sob ar comprimido. Para evitá-las é necessário o atendimento às normas específicas de segurança neste tipo de atividade, bem como a capacitação dos trabalhadores com cursos de treinamento e de segurança do trabalho.

Alves et al. (2013, p. 20) afirma: “Todos os dias, vários trabalhadores entram em tubulões pneumáticos, expondo-se aos barotraumas,” que são as manifestações patológicas provocadas pela exposição do trabalhador a variação de pressão, podendo manifestar-se tanto na compressão quanto na descompressão.

A proposta deste trabalho é mostrar um estudo sobre a execução de fundações por tubulão a ar comprimido, mostrando suas características construtivas, os detalhes quanto a possíveis riscos inerentes à atividade, e que possam desfavorecer a integridade física do trabalhador, identificando possibilidades de acidentes na obra e as previsíveis doenças adquiridas pelos efeitos da pressurização. Esse estudo será conduzido, trazendo conceituações sobre trabalho e suas relações com a temática desse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), conhecimentos sobre engenharia de segurança, com suas normas e procedimentos pertinentes a esse tipo de trabalho.

Dessa forma, o título: “Fundações por tubulão a ar comprimido: um estudo sobre o trabalho executado” aponta para uma discussão no campo da engenharia civil, focada numa atividade específica de trabalho, envolvendo Técnicas de Execução, Segurança e Saúde do Trabalhador. Daí, temos a necessidade de escrever não somente sobre o Trabalho em si, mas também, sobre o trabalhador que o executa, como se apresentam as situações de trabalho no processo de execução de fundação por tubulão a ar comprimido, e como este trabalhador demonstra conhecimento frente aos procedimentos executivos e às normas de segurança.

Uma vez que os trabalhadores em tubulões pneumáticos estão submetidos a constante insalubridade e estão suscetíveis de se envolverem em algum evento de risco à sua integridade física durante o trabalho, esta pesquisa torna-se importante, a fim de identificar possíveis causas de acidentes e aquisição

de doenças, em decorrência da falta de conhecimento das normas e prevenções pertinentes a Segurança e Saúde do Trabalhador.

OBJETIVOS

A seguir, serão apresentados os objetivos geral e específicos do trabalho.

Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é fazer um estudo sobre o trabalho em condições de insalubridade e passível de envolver algum risco não previsto nas orientações da Norma que trata sobre periculosidade, NR-16, em especial à atividade laboral sob ar comprimido em tubulões, consultando as normas específicas desta atividade e sua vinculação com a área de segurança e saúde do trabalhador.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Consultar a literatura e normas pertinentes ao trabalho em fundações por tubulão a ar comprimido;
- Pesquisar, por meio de material publicado sobre o assunto, o conhecimento dos trabalhadores referente às normas e as condições reais de atividade laboral, no que diz respeito à segurança e saúde do trabalhador; e
- Analisar e comparar os dados obtidos, por meio da pesquisa bibliográfica, com as prescrições normativas.

METODOLOGIA

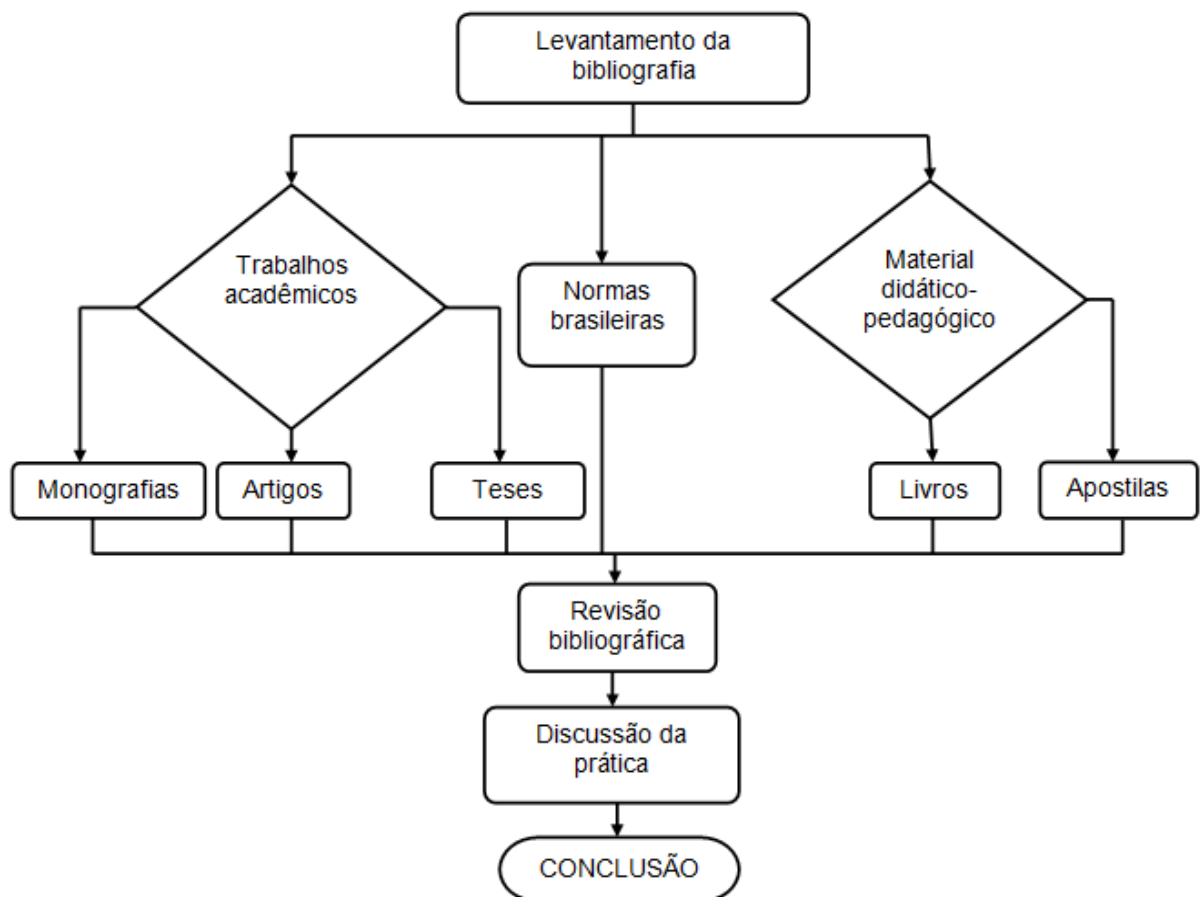
O método empregado para o desenvolvimento deste trabalho consiste, inicialmente, no levantamento e estudo de fontes bibliográficas e normativas, relacionadas ao trabalho e processos executivos, e a segurança e saúde do trabalhador em condições específicas de fundações por tubulão a ar comprimido.

Posteriormente, será feita uma revisão do material selecionado, contemplando o tema proposto e as particularidades normativas e de execução deste tipo de serviço.

Após a revisão bibliográfica, será discutida a prática realizada na atividade em tubulões pneumáticos, relacionando-a com as prescrições normativas, tendo como base teórica o estudo bibliográfico e documental de uma tese de mestrado sobre a execução de tubulões a ar comprimido, nas obras da linha vermelha, na cidade do Rio de Janeiro, e artigos científicos já publicados sobre o assunto.

Ao final, o estudo será direcionado aos elementos identificados na discussão da prática, fazendo-se referência à fundamentação teórica buscada nos autores citados no trabalho e às normas técnicas de execução, segurança e saúde pertinentes, concluindo-se então o presente trabalho.

Figura A - Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte: Próprio autor

ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido em 5 partes, sendo que a introdução traz uma apresentação do tema de pesquisa, os objetivos e a metodologia empregada no seu desenvolvimento a fim de que se tenha uma visão geral do mesmo.

O primeiro capítulo faz uma revisão da literatura, com fundamentação em autores que tratam do assunto, que nos guiará no discorrer sobre o tema.

No segundo capítulo é mostrada a sequência de execução do tubulão a ar comprimido, destacando etapas com a utilização de equipamentos e mão de obra necessários.

No terceiro capítulo, expõe-se uma discussão da prática em obras, baseada na pesquisa bibliográfica, em confronto com as normas que tratam de atividades insalubres e perigosas.

Por fim, a conclusão busca refletir acerca de todo desenvolvimento do trabalho, trazendo algumas considerações relevantes do autor deste TCC, acerca das discussões apresentadas nos capítulos.

CAPÍTULO 1

O TRABALHO E AS REGULAMENTAÇÕES NA ATIVIDADE SOB AR COMPRIMIDO

Neste capítulo, será feita uma revisão da literatura, que norteará, teoricamente, a obtenção e análise dos dados, segundo a metodologia proposta, para o desenvolvimento e a conclusão do trabalho.

1.1 EVOLUÇÃO E SEGURANÇA DO TRABALHO NO BRASIL

O trabalho visto por um observador externo parece se resumir naquilo que se consegue enxergar, trata-se de uma visão externa do trabalho alheio. Porém o que se consegue definir é apenas a hierarquização do trabalho, como forma de atender aos procedimentos técnicos de execução de determinada atividade. Este observador tem uma concepção de trabalho ideal, sem, contudo, aprofundar-se nas atividades concretas que o trabalhador desempenha no seu dia a dia. A rotina toma conta do trabalhador, que por sua vez, adquire uma autoconfiança, tornando-se displicente devido ao nível de conhecimento e cuidado que possui em relação a atividade que executa, como explica Alves e Machado (2016). Essa atitude pode tornar o seu ambiente laboral em um local passível de envolver algum evento de risco, mesmo que sua atividade não faça parte daquelas previstas na NR-16 (Atividades e Operações Perigosas). Também, o trabalhador pode deixar de lado atitudes relevantes, preconizadas em normas de segurança, saúde e medicina do trabalho, para minimizar os atos falhos e propícios de gerar acidentes.

Quando se dá um passo a entender a complexidade do trabalho, estamos caminhando numa nova etapa de análise, que “envolve situar o trabalho e o trabalhador em nosso modelo societal” (ALVES e MACHADO, 2016, p. 156). As relações no trabalho às vezes se mostram desiguais, entre chefes e subordinados, não havendo diálogo entre eles no sistema de trabalho. O trabalhador, assim como na organização científica do trabalho - taylorismo - torna-se um executor de tarefas.

Nesse contexto, o trabalhador torna-se limitado à simples execução de tarefas de trabalho e exercendo minimamente o pensamento consciente quanto a sua mão de obra e às condições no ambiente laboral. Tem-se então o

direcionamento de uma ideia que, “de um lado os trabalhadores, com seu corpo e suas patologias, e de outro lado, os especialistas” que se remetem a perspectiva tradicional da medicina do trabalho. Esta, um tanto individualista, deixando de fora o coletivo. (ALVES e MACHADO, 2016, p. 157).

Na contramão desta perspectiva tradicional, há uma visão de saúde coletiva, onde existe o pensar no trabalhador, como um todo, um elo. Nesta visão de saúde do trabalhador, é prudente estudar o processo de saúde e doença dos grupos humanos.

Nesse sentido, houve várias conquistas no campo da saúde, a fim de proteger a saúde ocupacional daqueles que vivem do trabalho.

[...] as conquistas [...] foram muitas desde então: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPAS), Mapas de Risco, Direito de Recusa [...]. Mas todos estes dispositivos legais ainda são insuficientes para garantir a vigilância em saúde do trabalhador, pois no contexto ‘privado’ das situações de trabalho brasileiras, apesar de tantos instrumentos criados, não há ancoragem numa organização forte pelo local de trabalho dos coletivos e da ação sindical para torná-los instrumentos das lutas individuais e coletivas. (ALVES e MACHADO, 2016, p. 172).

A CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) é um grupo formado por funcionários e representantes indicados pelo próprio empregador, que tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, tornando compatível, de forma permanente, o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador. Ela está prevista em norma regulamentadora designada para este fim, a NR-5, e tem como principais atribuições, as funções que estão voltadas a promoção anual da Semana Interna de Prevenção de Acidentes no Trabalho (SIPAT), com a realização de cursos, palestras e também treinamentos, que são voltados especialmente para a segurança do trabalho. A CIPA também é responsável pela elaboração do Mapa de Risco, que é a representação gráfica de um conjunto de fatores presentes nos locais de trabalho, com o objetivo de informar e conscientizar os funcionários, utilizando uma fácil visualização das ameaças presentes.

Direito de Recusa é um dispositivo legal, amparado pela Convenção 155 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) de 1981, que permite ao trabalhador recusar-se a desenvolver atividades laborais que impliquem riscos iminentes para si e/ou para outros nas situações de trabalho.

O trabalho no Brasil passou por inúmeras mudanças desde sua colonização até os dias atuais. Pouco se sabe da relação entre saúde, trabalho e segurança que eram tomadas na época da colonização, mas alguns fatos podem ser encontrados, como: sociedade pouco medicada; poucos médicos cuidando da força escrava; e as doenças e os sintomas eram apenas diagnosticados, sem se fazer nada para preveni-los. Apenas na segunda metade do século XIX, os proprietários passaram a se preocupar com o estado de saúde de seus escravos, mesmo sabendo que o seu valor era medido pela sua produtividade e pelo seu estado de saúde.

Com o crescimento da indústria em 1885 e com o início da República em 1889, houve um crescente número de imigrantes europeus abastecendo a mão de obra local. Porém a relação entre patrões e empregados não era vista como algo positivo.

Na constituição de 1891 houve um bloqueio para que o Estado não interviesse nas relações de trabalho, pois essas leis que regulamentariam as relações entre patrões e empregados eram ruins para os negócios de 'compra e venda' da força de trabalho. Em última instância os assuntos trabalhistas eram resolvidos pelo código penal. (BUSCHINELLI; ROCHA; RIGOTO, 1993, apud ESPÍNDOLA, 2016, p. 15).

Enquanto isso, as associações possuíam poucos filiados, uma vez que quem fazia parte de associações e movimentos, sofria retaliações e punições por parte dos patrões. Os poucos associados tinham como reivindicação melhores salários, melhores condições de trabalho, jornada de 8 horas, indenização e prevenção de acidentes, além da regulamentação específica de trabalho para mulheres e crianças.

Em 1919, o Estado começa a intervir, devido às pressões da classe operária. Nesta época é assinado o tratado de Versalhes e com a pressão de vários países, as causas trabalhistas ganham corpo, sendo criada a primeira lei de acidente de trabalho, bem como as primeiras pensões e aposentadorias.

De 1930 a 1945, na Era Vargas, houve uma reordenação entre o Estado e a Sociedade, facilitando o movimento dos trabalhadores. No primeiro movimento, de 1930 a 1935, as reivindicações eram aposentadoria após 30 anos de serviço, salário, jornada de trabalho e melhores condições na tentativa de diminuir os acidentes de trabalho.

O desejo por melhorias também chegou no meio rural, como se pode notar na afirmação: “[...] então os trabalhadores rurais começaram a reivindicar os mesmos direitos dos trabalhadores urbanos, solicitando igualdade de direitos civis, trabalhistas, e assistência social”. (BUSCHINELLI; ROCHA; RIGOTO, 1993, apud ESPÍNDOLA, 2016, p. 16).

O período de 1964 a 1974 é conhecido como o milagre econômico. “Claro que isso não fazia tanto sentido, pois na verdade ocorreu uma intensificação do trabalho e piores condições para trabalhar”. (BUSCHINELLI; ROCHA; RIGOTO, 1993, apud ESPÍNDOLA, 2016, p. 17). Esta intensificação não ocorreu aliada a cursos de capacitação e treinamento, nem à qualificação profissional. Havia então, neste sentido, um despreparo e baixa escolaridade. O ano de 1970 foi recordista em acidentes de trabalho e a culpa era colocada nos trabalhadores. Esta situação desencadeou a responsabilização do Estado pelo descaso com o trabalhador. Então, a partir de 1974, com a crise política, o Estado passa a precisar do apoio dos trabalhadores e dá maior atenção às causas sociais. “A resposta do governo foi a criação de cursos de medicina do trabalho e engenharia e segurança além da criação da Lei n.6367 de acidentes de trabalho”. (BUSCHINELLI, ROCHA e RIGOTO, 1993 apud ESPÍNDOLA, 2016, p. 17).

1.2 PERICULOSIDADE E INSALUBRIDADE

A saúde ocupacional tradicional trata da periculosidade e insalubridade, identificando riscos presentes na situação de trabalho. Neste sentido, o trabalho torna-se nocivo, quando na sua execução são reduzidas as possibilidades da construção da saúde, executando-se um trabalho rígido, sem liberdade de ação, “tendo efeitos fisiológicos, cognitivos, afetivos ou sociais para o trabalhador”. (ASSUNÇÃO e LIMA, 2003, p. 2).

Contudo, o estudo da relação risco-doença é proveitoso quando se trata de fatores específicos, embora cada trabalhador seja único e a queixa de um, pode não ser a do outro. Nesta mesma linha de raciocínio, Assunção e Lima (2003, p. 3), afirmam: “A análise do trabalho pode ajudar a entender tais diferenças individuais, ela tenta explicar porque indivíduos expostos às mesmas condições de trabalho não apresentam necessariamente as mesmas queixas ou as mesmas patologias”.

A Engenharia de Segurança do Trabalho, apoia-se na confiabilidade dos sistemas técnicos. Quando há condições de se aplicar esses sistemas, tem-se um aumento de segurança na execução das tarefas. Entretanto, recentemente a engenharia de segurança reconheceu certas limitações dessas técnicas e passou a considerar o fator humano como “elo fundamental na operação dos sistemas sociotécnicos”. (ASSUNÇÃO e LIMA, 2003, p. 8).

Estes sistemas sociotécnicos, seriam um novo modelo da engenharia de segurança, diferente da convencional, de se estender ao comportamento humano, os mesmos princípios utilizados para analisar os dispositivos técnicos. Estes sistemas evidenciam a participação do homem, como trabalhador, na abordagem organizacional do trabalho. Seria, portanto, a interação entre pessoas e tecnologia no local de trabalho. Neste sentido, o trabalhador e suas atitudes influenciam na discussão dos princípios básicos de segurança do trabalho.

1.3 REGULAMENTAÇÕES DO TRABALHO HIPERBÁRICO

A fundação por tubulão a ar comprimido é recomendada em obras que exigem grandes solicitações e sobrecargas e também quando é necessária a expulsão da água, em locais onde se encontra o lençol freático, rios e até mares. Emprega-se ar comprimido, com pressão equivalente à pressão de água intersticial ou pressão neutra, que é a força exercida sobre as partículas sólidas do solo, pela água presente neste meio. A pressão equivalente do ar comprimido corresponde a pressão de altura da coluna d'água que esteja acima do nível considerado no avanço da escavação dos tubulões pneumáticos.

Em solos arenosos a pressão é ligeiramente superior, para compensar as perdas de carga e perdas de ar e também para favorecer a estabilidade. Para solos argilosos a pressão aplicada pode ser um pouco menor do que a pressão neutra. Essa diferença de pressão nestes diferentes tipos de solo é devido à coesão das partículas para manter as paredes do fuste estáveis.

Os tubulões a ar comprimido, com camisa de concreto, começaram a ser utilizados, no Brasil, na década de 1940. “A Companhia Nacional de Construções Civis e Hidráulicas (CIVILHIDRO), importou da França campânulas, usadas na execução de tubulões em obras-de-arte”. (HACHICH et al., 1996, p. 401).

Já, o primeiro instrumento utilizado na cravação de camisa metálica - equipamento Benotto - foi importado em 1954, pela Engenfusa – Engenharia de Fundações S.A.

Segundo Silva (2000, p. 20), “A primeira fundação em tubulão a ar comprimido foi executada em São Paulo. A partir daí, eles passaram a ser uma das fundações profundas mais executadas no país”.

Em relação a prevenção de acidentes e cuidados com a saúde dos trabalhadores foi criado, em 08 de junho de 1978, a Portaria nº 3.214, aprovando as Normas Regulamentadoras (NRs), que são normas relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, sendo seu cumprimento obrigatório pelas empresas regidas pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). As NRs fazem parte do Capítulo V, Título II – Da Segurança e Medicina do Trabalho, da CLT.

Dentre algumas normas importantes para o estudo do tema neste TCC, pode-se citar a NR 15, em seu Anexo 6, que trata das Atividades e Operações Insalubres, (ANEXO A, p. 47). Este anexo refere-se aos trabalhos submetidos em condições hiperbáricas, ou seja, trabalhos submersos ou aqueles que são executados sob ar comprimido. O foco de estudo deste trabalho refere-se a parte da Norma que trata da atividade sob ar comprimido, onde são explicitadas as diretrizes e condições para se efetuar o trabalho em tubulões a ar comprimido, entre elas, os limites de exposição, no que se refere ao tempo de trabalho e pressões máximas permitidas, bem como o tempo de compressão e descompressão, dentre outras prerrogativas necessárias a esta atividade.

A NR 15 determina que, neste tipo de obra que utiliza tubulões pressurizados, devem existir locais apropriados para tratamento das doenças descompressivas. No entanto, como afirma (ALVES et al., 2013, p. 21), essa exigência “ainda é um fato raro na maioria das cidades brasileiras, com exceção do Rio de Janeiro e de São Paulo, além de algumas localidades da região Sul”.

Alves et al. (2013), afirmam que: “cerca de 2 mil trabalhadores, na obra da Ponte Rio-Niterói, sofreram barotraumas”. Isso mostra a ineficiência na prevenção das doenças descompressivas. Ineficiência esta, que nos leva a imaginar que seu motivo pode ser tanto a negligência às normas de segurança, quanto em decorrência da carência de cursos e treinamentos específicos para a função. Nesse sentido, mostra-se importante a avaliação do conhecimento dos trabalhadores em tubulões pressurizados, em relação às normas regulamentadoras, objetivando evitar

situações que acarretem doenças descompressivas, e o conhecimento dos procedimentos que deverão ser tomados em caso de emergência.

Como o local de trabalho é pressurizado, os operários podem trabalhar sem a interferência da água. Segundo Pfeil (1979, p. 356): “Devido às dificuldades de trabalho sob pressões de ar elevadas, os tubulões a ar comprimido atingem profundidades até cerca de 30m abaixo do nível d’água”. Porém, podem atingir até 3,4 atm (340kPa), limitando sua profundidade a 34 m abaixo do nível da água, segundo a NR 15, Anexo 6, da Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho. Na Tabela 1.1, tem-se dados relativos às prescrições para o trabalho sob ar comprimido.

Tabela 1.1 - Normas de trabalho sob ar comprimido

Máxima pressão relativa (kg/cm ²)	Carga de água correspondente (m)	Tempo de um turno de trabalho (horas)	Tempo total de trabalho (horas)	Tempo de descanso (horas)	Tempo de descompressão (min)
1,25	12,5	4	8	0,5	9
1,80	18,0	3	6	1	18
2,25	22,5	2	4	2	33
3,00	30,0	1	2	4	43
3,50	35,0	0,5	1	6	50

Fonte: Caputo, v. 2, 1985.

A pressurização durante o trabalho permite que sejam executados tanto as escavações do fuste e da base alargada, quanto a concretagem de ambos. É feito o encamisamento do fuste com anéis de concreto armado ou tubos de aço metálico, a fim de evitar o desmoronamento das paredes do fuste, configurando uma segurança ao operário, sendo que a camisa metálica pode ser recuperável ou não, e a de concreto é perdida.

Quando se utiliza camisa de concreto, o avanço do processo de escavação e posterior concretagem do tubulão, são realizados sob ar comprimido, por serem requeridos serviços manuais. No caso de camisa de aço, a cravação pode ser feita a céu aberto e a escavação e concretagem sob ar comprimido, como mostra a Figura 1.1.

Figura 1.1 - Cravação da camisa de aço (Equipamento Benotto)



Fonte: <http://edificios.eng.br/TUBULOES%20seg%20sem%202014.pdf>

As Tabelas 1.2 e 1.3, a seguir, também trazem dados sobre o tempo por turma de trabalho, descanso e tempo de descompressão, levando em consideração a pressão reinante no ambiente de trabalho.

Tabela 1.2 - Tempo de trabalho e tempo de descanso

Pressão (atm)	0-1,22	1,22-1,77	1,77-2,24	2,24-2,58	2,58-2,92	2,92-3,26	3,26-3,40
Tempo por turma (horas)	4	3	2	1,5	1	0,75	0,5
Descanso (horas)	0,5	1	2	3	4	5	6

Fonte: Moraes, 1976. (Adaptação do autor)

Tabela 1.3 - Tempo de descompressão

Pressão (atm)	0,68-1,02	1,02-1,36	1,36-1,70	1,70-2,04	2,04-2,38	2,38-2,72	2,72-3,40
Tempo para descompressão (min)	10	20	30	35	40	45	50

Fonte: Moraes, 1976. (Adaptação do autor)

O trabalhador em tubulões pneumáticos deve passar por cursos de capacitação em segurança e prevenção de acidentes, além de estar com os exames médicos em dia e, ainda assim, somente adentrar no tubulão com autorização do

médico do trabalho, designado para este fim. Após a descompressão, deve permanecer no canteiro de obras, em observação, por um período não inferior a duas horas, segundo a NR 15, Anexo 6 (ANEXO A, p. 47).

O engenheiro de obra deve estar atento tanto na compressão, quanto na descompressão, pois devem ser seguidos os tempos de compressão e descompressão que a NR 15 determina em seu anexo 6, quadro III. A íntegra deste documento se encontra como ANEXO A, no final deste trabalho e pode ser consultado, quanto aos dados normatizados para o trabalho em tubulões pneumáticos.

Por outro lado, na prática da construção civil, nem sempre são seguidas prescrições normativas e orientações sobre segurança e medicina do trabalho, pertinentes a cada tipo de serviço executado, fatos contrários são comuns nas obras.

Mesmo com o progresso da engenharia civil, a maior parte dos trabalhadores não frequenta um curso que os instrua adequadamente com relação a todas as informações necessárias, de forma simples e objetiva, que lhes forneça condições ideais para executarem suas funções com segurança. (ALVES et al., 2013, p. 20).

A NR 18 trata das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção especificando as condições mínimas de segurança do trabalho para as obras de construção civil. No caso de tubulão a ar comprimido, a NR 18, em seu item 18.6.16, remete a NR 15, em seu Anexo 6. No item 18.20 (ANEXO B, p. 58), especifica as normas e diretrizes que se devem seguir no ambiente de trabalho em locais confinados, como é característica de execução dos tubulões.

Já a norma brasileira NBR 6122/09 que trata do Projeto e Execução de Fundações, fixa as condições a serem observadas no projeto de fundações de todas as estruturas da Engenharia Civil e em seu Anexo K (ANEXO C, p. 59), tem-se o normativo do processo executivo de fundações por tubulões a ar comprimido além de outros detalhes como especificar os insumos e detalhar as diretrizes construtivas (tipos de concreto e fazer o registro da qualidade dos serviços). Segundo esta NBR, pode-se definir a seguinte ordem, quanto ao procedimento executivo dos tubulões: escavação, alargamento da base, colocação da armadura, concretagem e preparo da cabeça e ligação com bloco de coroamento.

Segundo a NBR 6122/09, os trabalhos sob pressões superiores a 150 kPa, só podem ser executados, quando as seguintes providências forem tomadas:

- a) equipe permanente de socorro médico à disposição na obra;
- b) câmara de descompressão equipada disponível na obra;
- c) compressores e reservatórios de ar comprimido de reserva; e
- d) renovação de ar garantida, sendo o ar injetado em condições satisfatórias para o trabalho humano.

Estas prescrições condizem com o Anexo 6 da NR 15.

No caso da utilização de compressores elétricos, é importante manter no canteiro de obras, geradores para que na ausência de energia elétrica não ocorra uma descompressão rápida. Pode-se também fazer uso, além dos geradores, de compressores a diesel.

Assim, os operários de tubulões a ar comprimido, estão sujeitos a riscos, principalmente na compressão e descompressão. “Por isso, esse tipo de fundação vem sendo adotado apenas para construção de pontes, viadutos e obras com grandes carregamentos”. (WOLF, 2012, p. 33).

A norma brasileira NBR 7678 trata da Segurança na Execução de Obras e Serviços de Construção. Esta Norma fixa as condições exigíveis de segurança e higiene em obras e serviços de construção e os procedimentos e medidas, de caráter individual e coletivo, para manutenção dessas condições na execução de tarefas específicas. O trabalho sob ar comprimido é descrito no item 5.5 desta norma.

1.4 EFEITOS NA SAÚDE DO OPERÁRIO

Os trabalhadores em fundações por tubulões pressurizados são operários que trabalham em ambientes com pressão acima da atmosférica (1atm), por isto devem estar muito bem preparados e treinados, pois estarão submetidos a pressões de até 3,4 kg/cm² ou 3,4 atm. Portanto, este tipo de trabalho é considerado de alto risco, uma vez que, uma descompressão rápida e equivocada, pode trazer danos à saúde do trabalhador, desde uma embolia gasosa, enfisema subcutâneo e problemas articulares que, na maioria dos casos, deixam sequelas irreversíveis ou até mesmo levam a óbito.

Os trabalhadores nesses tubulões, quando sofrem qualquer tipo de acidente de trabalho, mesmo que não sejam propriamente os que desencadeiam os barotraumas, ficam predispostos a novos acidentes, em decorrência da ansiedade pós trauma. Isto requer um maior cuidado, na reinserção dos trabalhadores que sofreram algum tipo de acidente em decorrência de suas funções.

O trabalhador, quando da sua entrada no ambiente com ar comprimido ou permanência nele, geralmente não sente efeitos nocivos, embora ocorra ocasionalmente ruptura de vasos sanguíneos e tímpanos. Por isso, é necessário que o trabalhador esteja com os exames médicos em dia e atestado de saúde atualizado para que se possa efetuar o trabalho com maior segurança, pois como determina a NR 15, em seu Anexo 6, subitem 1.3.7, não podem adentrar ao tubulão pressurizado aqueles operários “[...] que apresentem sinais de afecções das vias respiratórias ou outras moléstias”. É o que também nos afirma, Moraes (1976, p. 76): “mesmo os homens mais experimentados, geralmente, encontram impossibilidade de entrar quando atacados de forte resfriado”.

Os maiores problemas e efeitos estão na descompressão, podendo ser citadas algumas sensações fisiológicas, na fase de descompressão, sentidas pelos operários quando estes trabalham no ar comprimido. Quais sejam:

- Ligeiras vertigens;
- Incapacidade de falar e dificuldade nos movimentos devido à densidade do ar, ambiente mais denso que o normal;
- Fortes dores nos ouvidos;
- Frio; e
- Forte comichão na pele.

Alguns procedimentos são tomados para amenizar os efeitos e até mesmo curá-los.

Para aliviar as dores nos ouvidos pode-se fechar a boca e tampar o nariz e ao mesmo tempo expelir o ar dos pulmões; pode-se também engolir em seco. Para o caso de frio exagerado a câmara de descompressão pode ser aquecida; pode-se dar aos trabalhadores café quente e mesmo vesti-los com roupa apropriada. (MORAES, 1976, p. 77).

Algumas doenças provocadas pelo ar comprimido, retiradas da literatura são:

- Dores nevralgias de várias intensidades;
- Suor frio abundante;
- Dor no estômago, acompanhada de vômitos;
- Paralisia ocasional de várias intensidades que atingem, principalmente, as pernas;
- Vertigens, visão dupla e falas desconexas; e
- Congestão cerebral, nos casos fatais.

Quando acometidos por doenças provocadas pelo ar comprimido, a recompressão lenta pode ser uma boa alternativa para a cura, por isto, aconselha-se manter uma câmara para este fim, no canteiro de obras, em prontidão, para os casos de emergência. Neste sentido a NR 15, Anexo 6, subitem 1.3.14, determina: “sempre que houver trabalho sob ar comprimido, deverá ser providenciada a assistência por médico qualificado, bem como local apropriado para atendimento médico”.

CAPÍTULO 2

ETAPAS CONSTRUTIVAS DO TUBULÃO A AR COMPRIMIDO

Este capítulo tem por objetivo, mostrar as etapas construtivas do tubulão a ar comprimido, tomando por base a norma brasileira de execução de fundações (NBR 6122) bem como outros materiais de autores que tratam da execução deste tipo de fundação.

A execução de tubulão a ar comprimido obedece a NBR 6122/09, em seu Anexo K (ANEXO C, p. 59), onde o fuste normalmente é feito com anéis de concreto armado com comprimentos não superiores a 3 m. Quando é utilizado anel metálico, o fuste geralmente é feito mecanicamente, utilizando trado mecânico, sendo feita manualmente somente a base alargada. À medida que a escavação vai avançando, os anéis vão descendo, acompanhando o solo firme. A espessura da camisa depende do material. Quando feita de concreto, sua espessura não pode ser inferior a 10 cm e, quando de metal, não inferior a 1 cm, “sendo que o diâmetro do fuste não pode ser inferior a 1,20 m.” (MORAES, 1976, p. 74). Tal valor corresponde ao diâmetro mínimo, pois pode ser considerado um diâmetro que permite a execução manual da escavação pelo operário, no interior do fuste. Os anéis são dimensionados para suportarem o ar comprimido. De acordo com a NBR 6122/09, a camisa deve ser dimensionada para suportar a pressão máxima de trabalho prevista, ou seja, aquela necessária em função do nível d’água existente acima da cota de assentamento da base do tubulão, com um coeficiente de majoração de 1,5 “os anéis serão dimensionados também para suportar a pressão do ar comprimido com um acréscimo de 50%”. (MORAES, 1976, p. 75).

Por se tratar de um longo processo, a execução dos tubulões pneumáticos é feita em etapas, que geralmente são divididas, sequencialmente, em: terraplanagem e escavação preliminar, instalação das fôrmas e montagem das armaduras - após a escavação preliminar - concretagem da primeira seção, instalação da campânula de ar comprimido, escavação sob ar comprimido, alargamento da base, concretagem da base e do fuste. Quando o nível da água já se encontra no solo, o serviço inicia-se com a cravação da camisa metálica ou de concreto pré-moldado e logo após é feita a montagem da campânula, para pressurização do ambiente de trabalho, a fim de dar início ao processo de

escavação. Quando o nível de água está abaixo do nível do solo, o serviço inicial de escavação pode ser feito a céu aberto, até atingir o nível d'água.

2.1 TERRAPLANAGEM E ESCAVAÇÃO PRELIMINAR

Após a demarcação do terreno, são executados a limpeza e os serviços de terraplanagem. Logo após, é feita uma escavação inicial (Figura 2.1), que segundo Oliveira e Amaro (2016, p. 20) compreende 1,5 a 2,0 m de profundidade, podendo ser mecânica ou manual, a fim de apoiar a fôrma do encamisamento. Nesse caso, não haveria interferência do nível d'água. No caso de solo mole, esta escavação geralmente é feita desde o início, mecanicamente, com cravação da camisa metálica. Então quando se trata de solo firme e coeso, a escavação pode ser manual até se atingir o nível de água, ou se o solo for instável ou estiver em uma região com presença de água, deve-se optar pela cravação da camisa metálica e fazer a escavação mecanicamente.

Figura 2.1 - Escavação inicial



Fonte: <https://sites.google.com/site/langeotecniaefundacao/contato/produtos>

2.2 INSTALAÇÃO DAS FÔRMAS E MONTAGEM DAS ARMADURAS

Quando a camisa é feita de concreto armado, a fôrma é colocada externamente, antes da armadura e, logo após a armadura, é colocado o fechamento da fôrma, como mostra a (Figura 2.2), na parte interna da circunferência, obedecendo a espessura de projeto, nunca inferior a 10 cm, de acordo com Moraes (1976, p. 74). A fôrma pode ser feita tanto de madeira, quanto de metal.

Figura 2.2 - Colocação da fôrma e armadura



Fonte: <https://sites.google.com/site/langeotecniaefundacao/contato/produtos>

2.3 CONCRETAGEM DA PRIMEIRA SEÇÃO

A Figura 2.3 mostra a concretagem da primeira seção da camisa de concreto. Após a cura, as formas são retiradas e colocada a campânula, através de chumbadores na parte superior da camisa.

Figura 2.3 - Concretagem da primeira seção da camisa de concreto



Fonte: <https://sites.google.com/site/langeotecniaefundacao/contato/produtos>

2.4 MONTAGEM DA CAMPÂNULA

A campânula é uma cápsula metálica colocada sobre a primeira seção de camisa, por um guindaste, como mostra a (Figura 2.4). É feita de várias peças montadas, parafusadas e vedadas, e serve para compressão e descompressão do tubulão, além de servir de câmara de transição para a entrada e saída de operários, solos da escavação, entrada de armadura, concreto. É necessário utilizar pelo

menos 2 compressores ligados a um reservatório de ar, filtros de ar e resfriador (para manter a temperatura no local de trabalho até no máximo 27°C, como determina a NR 15).

Figura 2.4 - Montagem da campânula

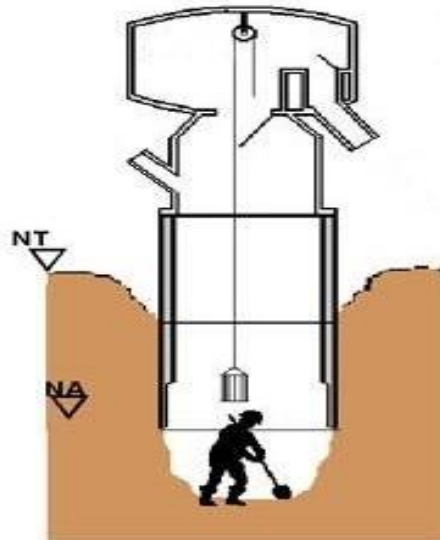


Fonte: <https://sites.google.com/site/langeotecniaefundacao/contato/produtos>

2.5 ESCAVAÇÃO SOB AR COMPRIMIDO

Os trabalhos de escavação sob ar comprimido são iniciados assim que haja necessidade de expulsar a água do interior do tubulão. A escavação, como mostra a Figura 2.5, é feita “geralmente em trechos de 1 m a 1,5 m” (OLIVEIRA e AMARO, 2016, p. 22) e , quando é retirada a campânula para fazer a concretagem da próxima seção do encamisamento, procedimento este que é feito com o mesmo arranjo de fôrmas internas e externas e ferragem da primeira seção. De acordo com a NBR 6122 o processo de escavação somente pode dar continuidade após o concreto da camisa atingir a resistência suficiente para suportar a escavação. A composição sequencial de tubos de concreto avança em profundidade, geralmente com o próprio peso. Este processo é feito, até atingir a profundidade de fuste do projeto.

Figura 2.5 - Escavação sob ar comprimido



Fonte: <https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi/liberacao-de-base-de-tubuloes> (editada)

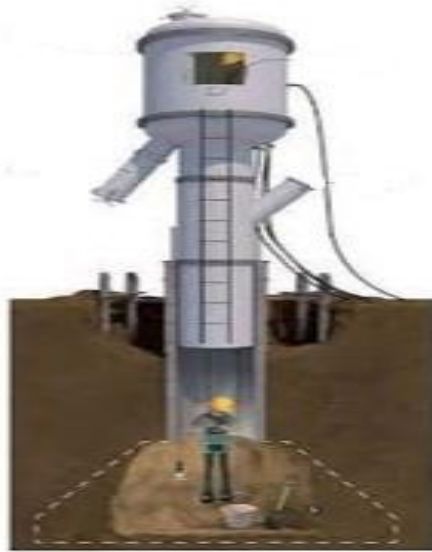
2.5.1 Comunicação interna e externa

Quando há necessidade do poceiro se comunicar com o operador da campânula, esta comunicação deverá ser por meio de dispositivo telefônico ou similar. Porém, de acordo com conversas com profissionais da área, foi constatada ainda a utilização do código Morse – combinações de batidas na campânula utilizando pedaços de ferro, traduzindo uma comunicação entre os trabalhadores envolvidos - como meio de comunicação entre o poceiro e o encarregado de pressurização. Esta comunicação torna-se um tanto arriscada, tendo em vista que um pequeno erro de comunicação ou falha na utilização da codificação das batidas, pode ocasionar em sérios acidentes no ambiente de trabalho, que se encontra pressurizado.

2.6 ALARGAMENTO DA BASE

Quando atingida a profundidade de escavação do fuste definida no projeto, é feito o alargamento da base, como mostra a Figura 2.6, caso esta esteja prevista. Para se efetuar o alargamento, deve-se fazer o escoramento da camisa para evitar sua descida, de acordo com a NBR 6122. Esta situação de alargamento da base é comum quando na fundação é previsto grandes solicitações de esforços, e a base (diâmetro) do próprio fuste não é suficiente para suportar as solicitações.

Figura 2.6 - Alargamento da base



Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/tubulao-a-ar-comprimido/>

2.7 CONCRETAGEM DA BASE E DO FUSTE

Conforme a Figura 2.7, após o alargamento, é feita a concretagem da base e do fuste lançando o concreto através do cachimbo da campânula. Segundo a NBR 6122, o concreto tem que ter uma dosagem que propicie uma resistência característica de pelo menos 20MPa e sua plasticidade tem de ser o suficiente para preencher adequadamente todo o volume da base. Deve ser feita a concretagem até no máximo 24 horas do alargamento da base e manter o tubulão pressurizado pelo menos 6 horas após a concretagem.

Figura 2.7 - Concretagem



Fonte: <https://sites.google.com/site/langeotecniaefundacao/contato/produtos>

CAPÍTULO 3

DISCUSSÃO DA PRÁTICA EM OBRAS DE TUBULÕES A AR COMPRIMIDO

Neste momento, o presente trabalho traz o estudo da execução de fundações por tubulão a ar comprimido, retirado da pesquisa bibliográfica, procurando relacioná-lo com as diretrizes levantadas das referências normativas dos capítulos anteriores.

Neste sentido, este capítulo tem por objetivo, fazer uma discussão dos procedimentos executivos dos tubulões pneumáticos nos subsolos da construção da Linha Vermelha, na cidade do Rio de Janeiro, considerando como referência a Dissertação de Mestrado, do autor Marcelo G. Figueiredo, de 1995, pela UFRJ. Ainda, busca-se confrontar o conteúdo da pesquisa de campo realizada pelo autor e descrita em sua dissertação, com o que é estabelecido nas normas técnicas de segurança, especificamente a Norma de Regulamentação – NR 15 – Atividades e Operações Insalubres – Anexo 6, item 1.

Os próximos tópicos serão direcionados para analisar as discussões e considerações contidas na dissertação sobre a obra de fundações da Linha Vermelha, buscando evidenciar as etapas construtivas de fundações por tubulão a ar comprimido que utilizam a mão de obra de operários (poceiros), a fim de se descartar ou tão somente confirmar a probabilidade de se ter um ato, ambiente ou condição insegura, nos serviços executados. Oportunamente, o autor deste TCC fará inserções com comentários necessários, fundamentadas em autores pesquisados para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 CRAVAÇÃO DE CAMISAS DO FUSTE

Desde o início do trabalho nas obras da Linha Vermelha, os trabalhadores evitavam deixar o alojamento no canteiro de obras da construtora, devido a violência local e também a da própria cidade do Rio de Janeiro. Esta situação acabava fazendo com que eles cada vez mais se predispusessem ao trabalho além do seu expediente. Além disso, o prazo apertado para a entrega da primeira etapa contribuía para as longas jornadas de trabalho, desrespeitando não somente às

regulamentações trabalhistas, às normas de segurança no trabalho, mas também o limite do tolerável pelo ser humano.

Em certos momentos, extrapolam-se os limites humanos e atropelam-se as normas de segurança. [...] Trabalham e operam em ritmo intenso, desafiando o perigo. O resultado é que em três meses, três operários acabaram sendo vítimas fatais de acidente do trabalho [...]. Uma vida por mês. (FIGUEIREDO, 1995, p. 76).

O trabalho de cravação das camisas metálicas, iniciou-se logo após os serviços preliminares, desapropriação, limpeza e locação dos tubulões.

Foram utilizados tubos metálicos de 7 metros de comprimento aproximadamente, porém os tubulões chegaram a 25 metros de profundidade, sendo necessária neste caso, a soldagem das seções de tubos metálicos que compõem o encamisamento do tubulão.

A equipe foi composta por :

- um encarregado;
- um operador de guindaste;
- um soldador;
- um capataz;
- três especialistas.

Juntamente com o serviço de cravação, foi feita a escavação do fuste do tubulão, processo este, todo mecanizado. Porém, se por um lado, diminuía o serviço braçal dos operários, por outro, de acordo com os depoimentos dos trabalhadores, “havia uma alta incidência de falhas, panes e quebras no maquinário e demais equipamentos envolvidos nas operações, conferindo ao sistema uma baixa confiabilidade técnica”. (FIGUEIREDO, 1995, p.98).

Este fato mostra a precariedade do serviço efetuado, bem como a inobservância da ergonomia adequada ao trabalho. Além de, em muitos casos, ser o próprio operário o responsável pelos reparos nos equipamentos, como cita Figueiredo (1995, p. 99): “Um capataz com 17 anos de experiência chegou a afirmar que ‘a gente só não mexe em motor, o que tiver fora a gente mexe’”.

3.2 ABERTURA E ALARGAMENTO DE BASES

Esta etapa do trabalho se inicia com a presença do poceiro no interior do tubulão. Uma etapa, segundo Figueiredo (1995), “um pouco mais lúgubre”. Este termo utilizado pelo autor parece caracterizar um ambiente em que possa causar certa apreensão do poceiro, quanto à manutenção de sua própria integridade física, durante o trabalho – um ambiente sinistro que causa medo.

Para que seja realizado o processo de escavação e alargamento da base, tem-se a necessidade de pressurizar o ambiente de trabalho, expulsando a água do seu interior, temos então um processo de trabalho em condição hiperbárica.

Em virtude dos detalhes do processo, esta etapa foi dividida em três partes, a saber:

1. Período de compressão;
2. Permanência na pressão; e
3. Descompressão.

3.2.1 Período de compressão

Nesta parte do processo, na obra da Linha Vermelha, observou-se um trabalho sob pressão entre 1,8 atm e 2,5 atm, em pouquíssimos casos maiores que este.

Cada equipe, em seu turno de trabalho, composta por 4 trabalhadores: sendo três responsáveis pela tarefa no interior do tubulão - 1 capataz e 2 poceiros (ou 1 capataz, 1 poceiro e 1 servente) - e um responsável pelo serviço fora do tubulão – 1 sinaleiro.

Observou-se nesta etapa, um acúmulo de funções por parte do trabalhador externo. “[...] era o próprio sinaleiro o responsável pelo cachimbo de saída do material de escavação [...]” (FIGUEIREDO, 1995, p. 108).

Outra situação observada, contrária à norma, foi o controle de pressão no interior do tubulão sendo feito pelo capataz na parte interna do sistema, fato este que não assegura a conduta correta de observar os tempos mínimos de compressão e descompressão exigidos, além das aferições preconizadas em norma, não serem obedecidas, como exige a NR 15, Anexo 6 no seu subitem 1.3.15.2:

As manobras de compressão e descompressão deverão ser executadas através de dispositivos localizados no exterior da campânula ou eclusa pelo operador das mesmas. Tais dispositivos deverão existir também internamente, porém serão utilizados somente em emergências. No início de cada jornada de trabalho, os dispositivos de controle deverão ser aferidos.

Outro relato, é que existiam brincadeiras para com os trabalhadores novatos, fazendo-se um tempo de compressão e descompressão menor que o necessário, ato propício para desencadear insegurança no trabalho, surgindo os efeitos em virtude das condições de diferença de pressão - os barotraumas. Essas atitudes, em muitos casos terminavam em acidentes.

Não raro, algumas dessas brincadeiras terminam em acidentes, principalmente no caso das descompressões, onde os riscos são maiores. É como se houvesse uma necessidade de transgredir, ou mesmo ridicularizar algumas normas elementares de segurança. (FIGUEIREDO, 1995, p. 110).

3.2.2 Permanência na pressão

Tempo correspondente ao 'período de trabalho', definido pela norma NR 15, Anexo 6, subitem 1.2, alínea h: "É o tempo durante o qual o trabalhador fica submetido a pressão maior que a do ar atmosférico excluindo-se o período de descompressão". O período de permanência está especificado também nesta mesma norma e varia de acordo com a pressão de trabalho aplicada.

É imprescindível, durante o período de trabalho, a comunicação entre o interior da campânula e o exterior. Esta comunicação, segundo a norma, é feita por meio de sistema de telefonia ou similar. Porém, segundo Figueiredo (1995), este tipo de comunicação não foi empregado em momento algum durante os trabalhos nos tubulões da obra citada.

A saída era a utilização de código Morse. Porém, o que se notou, segundo Figueiredo (1995), foi a não padronização da combinação das batidas.

O próprio encarregado da subempreiteira em questão, preocupado com uma das bases onde já havia ocorrido um pequeno desbarrancamento, e não tendo como obter a informação que pretendia empregando as 'batidas' na campânula (códigos), subiu na mesma e aos gritos conseguiu se comunicar com o capataz. (FIGUEIREDO, 1995 p. 125).

É importante salientar que um simples erro de comunicação ou de entendimento por parte do ouvinte, no limite do inesperado, pode se traduzir em acidentes fatais. Nesse sentido, há iminência de risco, indicando que o trabalho em tubulões pneumáticos pode se tornar perigoso.

Observou-se na obra em questão, um revezamento dos operários que estavam dentro da campânula no serviço de escavação, empregando martelo pneumático, picareta e pá. Todo o processo de escavação, subida de material escavado através do guincho interno, colocação deste material no cachimbo até que esteja cheio, fechamento do cachimbo para posterior descompressão até a pressão atmosférica, abertura do cachimbo pela parte externa à campânula para queda do material escavado, fechamento do cachimbo pela parte externa à campânula e recompressão do cachimbo, são feitos com a utilização dos sinais sonoros. Esta operação é repetida até que a base do tubulão esteja de acordo com a definida em projeto. Percebe-se que, nesta operação é feita a comunicação entre o meio interno e externo, pelo menos duas vezes e que o erro de transmissão ou interpretação dos sinais, pode acarretar em sérios acidentes.

Quanto às condições ambientais de trabalho no interior dos tubulões, pode-se citar alguns fatores que deixam claro a falta de ergonomia, tendo em vista que sua preocupação é baseada no conforto, prevenção de doenças ocupacionais e manutenção da saúde do trabalhador: a) Os tubulões, quase que em sua maioria, ficaram abaixo dos 20 metros do nível do terreno, com um espaço de trabalho restrito, 1,40 m de diâmetro, existindo casos de diâmetros menores, caracterizando trabalho em ambiente confinado; b) O uso do martelo pneumático, quando necessário, provocava fortes vibrações e ruídos, fato evidenciado por Figueiredo (1995, p. 133): “[...] alguns martelos do tipo pneumático chegam a produzir ruídos da ordem de 130dB, pouco abaixo do limiar da percepção dolorosa (140dB), podendo acarretar danos ao aparelho auditivo”.

Quanto a segurança dos trabalhadores contra algum acidente que possa haver, Figueiredo (1995) assinala que, para apenas um engenheiro dos quatro entrevistados, durante a execução da obra da Linha Vermelha, esta atividade não pode ser considerada perigosa, enquanto que os outros três engenheiros especialistas em fundações e com larga experiência profissional, discordam totalmente desta visão a respeito do trabalho em fundações por tubulão a ar comprimido.

Nas entrevistas com os operários da obra em questão, quando falaram dos acidentes já vivenciados por eles, em outras obras, muitos relataram que o medo não permitiu que eles continuassem na execução da obra.

Um fato rotineiro nesta atividade é que permeia grande possibilidade de ocorrência de acidente é quando da descida do poceiro. Os mesmos cabos que são utilizados para retirada de material escavado, são também o meio pelo qual os operários descem até a base do tubulão para fazer o seu alargamento (Figura 3.1 e Figura 3.2). Estes cabos deveriam ser inspecionados diariamente, porém não é o que acontece.

Figura 3.1 - Descida do operário até a base do tubulão



Fonte: <https://natgeologic.wordpress.com/2013/06/03/liberando-tubulao/>

Figura 3.2 - Fixação do cabo acoplado à campânula



<https://felicianoengenharia-com-br.webnode.com/nossa-historia/>

Segundo Alves et al. (2013, p. 21), a maioria dos acidentes hiperbáricos não são divulgados, o que inviabiliza fazer uma análise quantitativa dos acidentes

nesta atividade. Em sua obra, Figueiredo (1993, p. 152) relata a conversa com um poceiro, onde o mesmo descreve um acidente em decorrência da pane no motor do guincho no interior da campânula, sendo necessária a intervenção com uma corda para resgatá-lo.

Pode-se averiguar além dos atos inseguros, relatados pelos trabalhadores que também algumas condições inseguras contribuem para a ocorrência dos acidentes de trabalho, como é o caso do acidente com o técnico de segurança do trabalho, registrado nos canteiros da Linha Vermelha.

O cabo do guincho partiu em algum ponto próximo ao local em que o fiscal segurava o cabo, fazendo com que este despencasse de uma altura de aproximadamente 12 metros. [...] o acidentado sofreu diversas fraturas (braço, bacia, fêmur, tíbia), tendo se submetido até ali (fevereiro de 1993) a oito intervenções cirúrgicas. (FIGUEIREDO, 1995, p. 154).

3.2.3 Descompressão

É o período que corresponde ao tempo entre o período de trabalho até o retorno às condições normais de pressão. O procedimento é feito obedecendo a seguinte sequência: o trabalhador que se encontrava na câmara de trabalho deve subir para campânula e ficar junto com os outros dois; o tampão, que separa o tubo da campânula é puxado e é controlada a descompressão no interior da campânula por uma válvula interna.

Mais uma vez, há o desrespeito a NR 15, Anexo 6, subitem 1.3.15.2 (ANEXO A, p. 47) em se tratando do controle da descompressão por uma válvula interna, pelo capataz, sendo que tal controle deveria ser feito pelo encarregado externo a campânula que, segundo Figueiredo (1995, p. 173) “não raramente, acabam deixando de lado o rigor necessário nesta etapa do trabalho, e como resultado de descompressão inadequada os trabalhadores podem ser acometidos pela doença descompressiva”.

O tempo de descompressão deve estar de acordo com o que prevê a norma, NR 15, Anexo 6, Quadro III (ANEXO A, p. 47). No caso da Linha Vermelha, de acordo com o período de trabalho e a pressão submetida pelo trabalhador, o tempo de compressão ficava em torno de 110 minutos. Neste período, os trabalhadores permaneciam na campânula, que ficava exposta ao sol, e que o principal meio de reduzir o desconforto térmico no interior, era jogando água no teto

da campânula. No verão, a temperatura chegava a 42° C, como afirma Figueiredo (1995). Portanto, em desacordo com a NR 15, Anexo 6, subitem 1.3.15.5, alínea b (ANEXO A, p. 47) que prevê a temperatura máxima no interior da campânula ou eclusa possa ser de até 27°C.

“Algumas equipes cometiam verdadeiras ‘loucuras’. Chegou-se a executar uma descompressão cujo tempo total deveria ser de pelo menos 85 minutos em apenas 15 minutos” (FIGUEIREDO, 1995, p. 179).

As doenças descompressivas nesta etapa da obra foram bastante severas. Segundo Figueiredo (1995), vários fatores contribuíram para esta incidência, como as altas pressões, tempo de permanência sob pressão, modalidade de descompressão, ausência do exame pré-admissional, falta de instalações apropriadas à assistência médica, falta de inspeção médica na primeira etapa, situações exigidas pela NR 15, Anexo 6 (ANEXO A, p. 47). E ainda conclui, “É como se as subempreiteiras estivessem assinando o atestado de produção insegura”. (FIGUEIREDO, 1995, p. 178).

Outro fator em desacordo com a norma está no que se refere à instrução dos trabalhadores quanto aos riscos inerentes da atividade e às precauções a serem tomadas, além da ausência da câmara de recompressão, pelo menos no início da obra.

Observa-se então a exposição do trabalhador aos diversos fatores ambientais, configurando um ambiente insalubre de grau 3, como previsto na NR 15.

O trabalhador executa o seu ofício convivendo com agentes agressivos de naturezas diversas (acústicos, térmicos, atmosféricos, tóxicos). Os ruídos, vibrações, elevadas temperaturas, presença de lama, condições de poluição atmosférica, mau odor e até mesmo a ocorrência de gases tóxicos, foram notadamente identificadas neste tipo de atividade, tornando o seu ambiente de trabalho insalubre, gerando o desconforto.

A forma como são executados os trabalhos, em desacordo com as normas, ausência de inspeção de cabos e compressores, a falta de meios adequados para descida de operários, meio de comunicação deficiente e passível de ser entendido de forma equivocada, são atributos que enfatizam a probabilidade de ocorrência de acidentes. Um simples erro de comunicação pode acarretar numa descompressão acelerada ocorrendo acidentes que em muitos casos podem ser fatais.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o tema proposto buscando referências bibliográficas e normativas no que diz respeito a fundamentação teórica e prática da atividade laboral em fundações por tubulão a ar comprimido.

Foi verificado, em inúmeros casos, a negligência do processo executivo no que diz respeito a observância da norma NR 15 - Atividades e Operações Insalubres – Anexo 6, item 1. Esta inobservância foi constatada tanto por parte dos profissionais ligados à execução e dos trabalhadores, quanto das empresas subempreiteiras para efetuar este tipo de obra.

A negligência se traduz, quase sempre em acidentes, conferindo a atividade uma peculiaridade de um certo grau de insegurança, tendo em vista que algumas ocasiões acontecem o que se pode chamar de ato inseguro.

Embora a atividade objeto deste TCC não esteja prevista na NR 16 – Atividades e Operações Perigosas - o que se pode dizer com a pesquisa bibliográfica realizada é que o ato inseguro traz à tona a condição e o ambiente inseguro. A atividade está prevista na NR 15, o que por certo pode ser constatado devido às inúmeras doenças ocupacionais que são ocasionadas no exercício desta função, em virtude da grande exposição aos agentes físicos, químicos e biológicos. Esta situação corrobora com o aumento de ocorrência de acidentes de trabalho, tendo em vista que as doenças trazem limitações de cunho físico e até psíquico aos trabalhadores que, porventura, possam continuar exercendo atividades em tubulões pneumáticos.

É notório a necessidade de se revisar a NR 16 e inserir nesta norma, a atividade laboral dos trabalhadores de fundação por tubulão a ar comprimido, em especial, a atividade do poceiro. Até mesmo porque, em muitos casos, faz-se uso de explosivos para detonação de blocos de rocha dentro do próprio ambiente de escavação, onde se encontram os operários.

Sugestão para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se buscar numa pesquisa de campo, registrar estatisticamente, os inúmeros acidentes de trabalho e doenças

ocupacionais, que ocorrem no decorrer de uma obra de execução de tubulão a ar comprimido, a fim de se dimensionar a probabilidade de incidência desses fatores.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. M. P. et al. **Avaliação do Conhecimento das Normas de Segurança no Trabalho por Trabalhadores em Tubulões Pressurizados**. Revista Brasileira de Medicina do Trabalho. 2013, p. 19-26. Disponível em <<http://www.rbmt.org.br/details/62/pt-BR/avaliacao-do-conhecimento-das-normas-de-seguranca-no-trabalho-por-trabalhadores-em-tubuloes-pressurizados>> acesso em 23 jun. 2018.

ALVES, W. F.; MACHADO, M. M. **Trabalho & Saber: questões e proposições na interface entre formação e trabalho**. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2016, p. 153-177.

ASSUNÇÃO, A. A.; LIMA, F. P. A. **A contribuição da ergonomia para identificação, Redução e Eliminação da Nocividade do Trabalho**. Do livro de RENÉ MENDES (org). Patologia do Trabalho. Rio de Janeiro: Ed. Atheneu, 2003, p. 1769-1789.

BRASIL. NBR 6122. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 1996 – Atualizada em 2009.

BRASIL. NBR 7678. **Segurança na execução de obras e serviços de construção**. Rio de Janeiro, 1983.

BRASIL. NR 5. **Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**. Ministério do Trabalho. Publicada em 08 de junho de 1978 – Atualizada em 2011.

BRASIL. NR 15. **Atividades e Operações Insalubres**. Ministério do Trabalho. Publicada em 08 de junho de 1978 – Atualizada em 2011.

BRASIL. NR 16. **Atividades e Operações Perigosas**. Ministério do Trabalho. Publicada em 08 de junho de 1978 – Atualizada em 2014.

BRASIL. NR 18. **Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Publicada em 08 de junho de 1978 – Atualizada em 2011.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Vol 2. 5ª. Ed. rev. e ampliada. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1985.

ESPINDOLA, Camila Xavier. **Análise de saúde e segurança do trabalho do assentador de blocos na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171621/tcc%20PDFA%20final%20repositório.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> acesso em 31 out. 2018.

FIGUEIREDO, Marcelo Gonçalves. **O trabalho em tubulões a ar comprimido: nos subterrâneos da linha vermelha**. Tese de Mestrado, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1995.

HACHICH, et al. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1996.

MORAES, Marcello da Cunha. **Estruturas de fundação**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1976.

OLIVEIRA, Cintia Araújo; AMARO, Maria Rafaela Gonçalves. **Dimensionamento de tubulão a ar comprimido**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2016. Disponível em <<http://biblioteca.univap.br/dados/000030/000030c2.pdf>> acesso em 01 nov. 2018.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

SILVA, Carlos Eduardo Ferreira. **Estudo da distribuição de cargas ao longo do fuste e na base do tubulão**. Tese (Pós-Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2000. Disponível em <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11284/texto%20completo.PDF?sequence=1&isAllowed=y>> acesso em 31 out. 2018.

WOLF, N. S. **Sistema de Gerenciamento da Execução e Inspeção de Obras de Infraestruturas Pública Viária**. Trabalho de Conclusão de Curso (Relatório final das atividades desenvolvidas no estágio supervisionado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, Santa Catarina, 2012. Disponível em <<http://docplayer.com.br/18469223-Universidade-do-planalto-catarinense-departamento-de-engenharia-civil-natalino-da-silva-wolf.html>> acesso em 24 jun. 2018.

ANEXOS

ANEXO A

NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES - ANEXO 6

ANEXO N.º 6

TRABALHO SOB CONDIÇÕES HIPERBÁRICAS

(Título alterado pela Portaria SSMT n.º 24, de 14 de setembro de 1983)

Este Anexo trata dos trabalhos sob ar comprimido e dos trabalhos submersos.

1. TRABALHOS SOB AR COMPRIMIDO

(Alterado pela Portaria SSMT n.º 05, de 09 de fevereiro de 1983)

1.1 Trabalhos sob ar comprimido são os efetuados em ambientes onde o trabalhador é obrigado a suportar pressões maiores que a atmosférica e onde se exige cuidadosa descompressão, de acordo com as tabelas anexas.

1.2 Para fins de aplicação deste item, define-se:

- a) **Câmara de Trabalho** - É o espaço ou compartimento sob ar comprimido, no interior da qual o trabalho está sendo realizado;
- b) **Câmara de Recompressão** - É uma câmara que, independentemente da câmara de trabalho, é usada para tratamento de indivíduos que adquirem doença descompressiva ou embolia e é diretamente supervisionada por médico qualificado;
- c) **Campânula** - É uma câmara através da qual o trabalhador passa do ar livre para a câmara de trabalho do tubulão e vice-versa;
- d) **Eclusa de Pessoal** - É uma câmara através da qual o trabalhador passa do ar livre para a câmara de trabalho do túnel e vice-versa;
- e) **Encarregado de Ar Comprimido** - É o profissional treinado e conhecedor das diversas técnicas empregadas nos trabalhos sob ar comprimido, designado pelo empregador como o responsável imediato pelos trabalhadores;
- f) **Médico Qualificado** - É o médico do trabalho com conhecimentos comprovados em Medicina Hiperbárica, responsável pela supervisão e pelo programa médico;
- g) **Operador de Eclusa ou de Campânula** - É o indivíduo previamente treinado nas manobras de compressão e descompressão das eclusas ou campânulas, responsável pelo controle da pressão no seu interior;
- h) **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;
- i) **Pressão de Trabalho** - É a maior pressão de ar à qual é submetido o trabalhador no tubulão ou túnel durante o período de trabalho;
- j) **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;
- l) **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.

1.3 O disposto neste item aplica-se a trabalhos sob ar comprimido em tubulões pneumáticos e túneis pressurizados.

1.3.1 Todo trabalho sob ar comprimido será executado de acordo com as prescrições dadas a seguir

e quaisquer modificações deverão ser previamente aprovadas pelo órgão nacional competente em segurança e medicina do trabalho.

1.3.2 O trabalhador não poderá sofrer mais que uma compressão num período de 24 (vinte e quatro) horas.

1.3.3 Durante o transcorrer dos trabalhos sob ar comprimido, nenhuma pessoa poderá ser exposta à pressão superior a 3,4 kgf/cm², exceto em caso de emergência ou durante tratamento em câmara de recompressão, sob supervisão direta do médico responsável.

1.3.4 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/cm²; a 6 (seis) horas em pressões de trabalho de 1,1 a 2,5 kgf/cm²; e a 4 (quatro) horas, em pressão de trabalho de 2,6 a 3,4 kgf/cm².

1.3.5 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.

1.3.5.1 O local adequado para o cumprimento do período de observação deverá ser designado pelo médico responsável.

1.3.6 Para trabalhos sob ar comprimido, os empregados deverão satisfazer os seguintes requisitos:

- a) ter mais de 18 (dezoito) e menos de 45 (quarenta e cinco) anos de idade;
- b) ser submetido a exame médico obrigatório, pré-admissional e periódico, exigido pelas características e peculiaridades próprias do trabalho;
- c) ser portador de placa de identificação, de acordo com o modelo anexo (Quadro I), fornecida no ato da admissão, após a realização do exame médico.

1.3.7 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.

1.3.7.1 É vedado o trabalho àqueles que se apresentem alcoolizados ou com sinais de ingestão de bebidas alcoólicas.

1.3.8 É proibido ingerir bebidas gasosas e fumar dentro dos tubulões e túneis.

1.3.9 Junto ao local de trabalho, deverão existir instalações apropriadas à Assistência Médica, à recuperação, à alimentação e à higiene individual dos trabalhadores sob ar comprimido.

1.3.10 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.

1.3.11 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.

1.3.12 As turmas de trabalho deverão estar sob a responsabilidade de um encarregado de ar comprimido, cuja principal tarefa será a de supervisionar e dirigir as operações.

1.3.13 Para efeito de remuneração, deverão ser computados na jornada de trabalho o período de trabalho, o tempo de compressão, descompressão e o período de observação médica.

1.3.14 Em relação à supervisão médica para o trabalho sob ar comprimido, deverão ser observadas as seguintes condições:

- a) sempre que houver trabalho sob ar comprimido, deverá ser providenciada a assistência por médico

qualificado, bem como local apropriado para atendimento médico;

- b) todo empregado que trabalhe sob ar comprimido deverá ter uma ficha médica, onde deverão ser registrados os dados relativos aos exames realizados;
- c) nenhum empregado poderá trabalhar sob ar comprimido, antes de ser examinado por médico qualificado, que atestará, na ficha individual, estar essa pessoa apta para o trabalho;
- d) o candidato considerado inapto não poderá exercer a função, enquanto permanecer sua inaptidão para esse trabalho;
- e) o atestado de aptidão terá validade por 6 (seis) meses;
- f) em caso de ausência ao trabalho por mais de 10 (dez) dias ou afastamento por doença, o empregado, ao retornar, deverá ser submetido a novo exame médico.

1.3.15 Exigências para Operações nas Campânulas ou Eclusas.

1.3.15.1 Deverá estar presente no local, pelo menos, uma pessoa treinada nesse tipo de trabalho e com autoridade para exigir o cumprimento, por parte dos empregados, de todas as medidas de segurança preconizadas neste item.

1.3.15.2 As manobras de compressão e descompressão deverão ser executadas através de dispositivos localizados no exterior da campânula ou eclusa, pelo operador das mesmas. Tais dispositivos deverão existir também internamente, porém serão utilizados somente em emergências. No início de cada jornada de trabalho, os dispositivos de controle deverão ser aferidos.

1.3.15.3 O operador da campânula ou eclusa anotará, em registro adequado (Quadro II) e para cada pessoa o seguinte:

- a) hora exata da entrada e saída da campânula ou eclusa;
- b) pressão do trabalho;
- c) hora exata do início e do término de descompressão.

1.3.15.4 Sempre que as manobras citadas no subitem 1.3.15.2 não puderem ser realizadas por controles externos, os controles de pressão deverão ser dispostos de maneira que uma pessoa, no interior da campânula, de preferência o capataz, somente possa operá-lo sob vigilância do encarregado da campânula ou eclusa.

1.3.15.5 Em relação à ventilação e à temperatura, serão observadas as seguintes condições:

- a) durante a permanência dos trabalhadores na câmara de trabalho ou na campânula ou eclusa, a ventilação será contínua, à razão de, no mínimo, 30 (trinta) pés cúbicos/min./homem;
- b) a temperatura, no interior da campânula ou eclusa, da câmara de trabalho, não excederá a 27°C (temperatura de globo úmido), o que poderá ser conseguido resfriando-se o ar através de dispositivos apropriados (resfriadores), antes da entrada na câmara de trabalho, campânula ou eclusa, ou através de outras medidas de controle;
- c) a qualidade do ar deverá ser mantida dentro dos padrões de pureza estabelecidos no subitem 1.3.15.6, através da utilização de filtros apropriados, colocados entre a fonte de ar e a câmara de trabalho, campânula ou eclusa.

1.3.15.6

CONTAMINANTE	LIMITE DE TOLERÂNCIA
Monóxido de carbono	20 ppm
Dióxido de carbono	2.500 ppm
Óleo ou material particulado	5 mg/m ³ (PT>2kgf/cm ²) 3 g/m ³ (PT<2kgf/cm ²)
Metano	10% do limite inferior de explosividade
Oxigênio	mais de 20%

1.3.15.7 A comunicação entre o interior dos ambientes sob pressão de ar comprimido e o exterior deverá ser feita por sistema de telefonia ou similar.

1.3.16 A compressão dos trabalhadores deverá obedecer às seguintes regras:

- a) no primeiro minuto, após o início da compressão, a pressão não poderá ter incremento maior que 0,3 kgf/cm²;
- b) atingido o valor 0,3 kgf/cm², a pressão somente poderá ser aumentada após decorrido intervalo de tempo que permita ao encarregado da turma observar se todas as pessoas na campânula estão em boas condições;
- c) decorrido o período de observação, recomendado na alínea "b", o aumento da pressão deverá ser feito a uma velocidade não-superior a 0,7 kgf/cm², por minuto, para que nenhum trabalhador seja acometido de mal-estar;
- d) se algum dos trabalhadores se queixar de mal-estar, dores no ouvido ou na cabeça, a compressão deverá ser imediatamente interrompida e o encarregado reduzirá gradualmente a pressão da campânula até que o trabalhador se recupere e, não ocorrendo a recuperação, a descompressão continuará até a pressão atmosférica, retirando-se, então, a pessoa e encaminhando-a ao serviço médico.

1.3.17 Na descompressão de trabalhadores expostos à pressão de 0,0 a 3,4 kgf/cm², serão obedecidas as tabelas anexas (Quadro III) de acordo com as seguintes regras:

- a) sempre que duas ou mais pessoas estiverem sendo descomprimidas na mesma campânula ou eclusa e seus períodos de trabalho ou pressão de trabalho não forem coincidentes, a descompressão processar-se-á de acordo com o maior período ou maior pressão de trabalho experimentada pelos trabalhadores envolvidos;
- b) a pressão será reduzida a uma velocidade não superior a 0,4 kgf/cm², por minuto, até o primeiro estágio de descompressão, de acordo com as tabelas anexas; a campânula ou eclusa deve ser mantida naquela pressão, pelo tempo indicado em minutos, e depois diminuída a pressão à mesma velocidade anterior, até o próximo estágio e assim por diante; para cada 5 (cinco) minutos de parada, a campânula deverá ser ventilada à razão de 1 (um) minuto.

1.3.18 Para o tratamento de caso de doença descompressiva ou embolia traumática pelo ar, deverão ser empregadas as tabelas de tratamento de VAN DER AUER e as de WORKMAN e GOODMAN.

1.3.19 As atividades ou operações realizadas sob ar comprimido serão consideradas insalubres de grau máximo.

1.3.20 O não-cumprimento ao disposto neste item caracteriza o grave e iminente risco para os fins e efeitos da NR-3.

QUADRO I

MODELO DE PLACA DE IDENTIFICAÇÃO PARA TRABALHO EM AMBIENTE SOB AR COMPRIMIDO

	FRENTE
4 cm	EM CASO DE INCOSNCIÊNCIA OU MAL DE CAUSA INDETERMINADA TELEFONAR PARA O N.º _____
	E ENCAMINHAR O PORTADOR DESTA PARA _____
	6 cm

4 cm	VERSO
	NOME DA CIA
	NOME DO TRABALHADOR
	ATENÇÃO: TRABALHA EM AR COMPRIMIDO
	6 cm

ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL DA PLACA:
Alumínio com espessura de 2 mm

QUADRO II

FOLHA DE REGISTRO DO TRABALHO SOB AR COMPRIMIDO

FIRMA							DATA	
OBRA				NOME DO ENCARREGADO				
NOME	FUNÇÃO	COMPRESSÃO		DESCOMPRESSÃO				
		PRESSÃO DE TRABALHO	HORA DE ENTRADA	PERÍODO DE TRABALHO	INÍCIO	TÉRMINO	DURAÇÃO	OBS.

QUADRO III

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Pressão de Trabalho de 0 a 0,900 kgf/cm²

PERÍODO DE TRABALHO (HORAS)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO	TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO
	0,3 kgf/cm ²	
0 a 6:00	4 min.	7 min.
6 a 8:00	14 min.	17 min.
+ de 8:00**	30 min.	33 min.

NOTAS: A velocidade de descompressão entre os estágios não deverá exceder a 0,3 kgf/cm² por minuto;

* incluído tempo de descompressão entre os estágios;

** somente em casos excepcionais, não podendo ultrapassar 12 horas.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de ½ a 1 hora.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2										-
1,2 a 1,4										-
1,4 a 1,6									5	5
1,6 a 1,8									10	10
1,8 a 2,0								5	15	20

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 1h a 1 ½ hora

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2										-
1,2 a 1,4									5	5
1,4 a 1,6									10	10
1,6 a 1,8								5	15	20
1,8 a 2,0								5	20	35

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 1h 30 min. a 2 horas

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO (min.) **
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2									5	5
1,2 a 1,4									10	10
1,4 a 1,6								5	20	25
1,6 a 1,8								10	30	40
1,8 a 2,0							5	15	35	55

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 2h a 2h 30 min.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO (min.) **
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2									5	5
1,2 a 1,4									20	20
1,4 a 1,6								5	30	35
1,6 a 1,8								15	40	55
1,8 a 2,0							5	25	40	70

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 2½ a 3 horas

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO (min.) **
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2									10	10
1,2 a 1,4								5	20	25
1,4 a 1,6								10	35	45
1,6 a 1,8							5	20	40	65
1,8 a 2,0							10	30	40	80

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 3 a 4 horas

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO (min.)**
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2									15	15
1,2 a 1,4								5	30	35
1,4 a 1,6								15	40	55
1,6 a 1,8							5	25	45	75
1,8 a 2,0						5	15	30	45	95

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 4 a 6 horas ****

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*									TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO (min.)**
	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1,0 a 1,2									20	20
1,2 a 1,4								5	35	40
1,4 a 1,6							5	20	40	65
1,6 a 1,8							10	30	45	85
1,8 a 2,0						5	20	35	45	105

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

**** Até 8 (oito) horas para pressão de trabalho de 1,0 Kg/cm² e até 6 (seis) horas para as demais pressões.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 0 a ½ hora.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2								5	5
2,2 a 2,4								5	5
2,4 a 2,6								5	5
2,6 a 2,8								5	5
2,8 a 3,0							5	5	10
3,0 a 3,2							5	5	10
3,2 a 3,4							5	10	15

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho ½ a 1:00 hora.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2							5	15	20
2,2 a 2,4							5	20	25
2,4 a 2,6							10	25	35
2,6 a 2,8						5	10	35	50
2,8 a 3,0						5	15	40	60
3,0 a 3,2					5	5	20	40	70
3,2 a 3,4					5	10	25	40	80

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subsequentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 1 a 1 ½ hora.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2						5	10	35	50
2,2 a 2,4						5	20	35	60
2,4 a 2,6						10	25	40	75
2,6 a 2,8					5	10	30	45	90
2,8 a 3,0					5	20	35	45	105
3,0 a 3,2				5	10	20	35	45	115
3,2 a 3,4				5	15	25	35	45	125

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subsequentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 1 ½ a 2:00 horas.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2						5	25	40	70
2,2 a 2,4					5	10	30	40	85
2,4 a 2,6					5	20	35	40	100
2,6 a 2,8				5	10	25	35	40	115
2,8 a 3,0				5	15	30	35	45	130
3,0 a 3,2			5	10	20	30	35	45	145
3,2 a 3,4			5	15	25	30	35	45	155

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subsequentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 2:00 a 2 ½ horas.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2					5	10	30	45	90
2,2 a 2,4					5	20	35	45	105
2,4 a 2,6				5	10	25	35	45	120
2,6 a 2,8				5	20	30	35	45	135
2,8 a 3,0			5	10	20	30	35	45	145
3,0 a 3,2		5	5	15	25	30	35	45	160

3,2 a 3,4		5	10	20	25	30	40	45	175
-----------	--	---	----	----	----	----	----	----	-----

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 2 ½ a 3:00 horas.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2					5	15	35	40	95
2,2 a 2,4					10	25	35	45	115
2,4 a 2,6				5	15	30	35	45	130
2,6 a 2,8			5	10	20	30	35	45	145
2,8 a 3,0			5	20	25	30	35	45	160
3,0 a 3,2		5	10	20	25	30	40	45	175
3,2 a 3,4	5	5	15	25	25	30	40	45	190

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 3:00 a 4:00 horas.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2					10	20	35	45	110
2,2 a 2,4				5	15	25	40	45	130
2,4 a 2,6			5	5	25	30	40	45	150
2,6 a 2,8			5	15	25	30	40	45	160
2,8 a 3,0		5	10	20	25	30	40	45	175
3,0 a 3,2	5	5	15	25	25	30	40	45	190
3,2 a 3,4	5	15	20	25	30	30	40	45	210

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

TABELA DE DESCOMPRESSÃO

Período de trabalho de 4 a 6 horas.

PRESSÃO DE TRABALHO *** (kgf/cm ²)	ESTÁGIO DE DESCOMPRESSÃO (kgf/cm ²)*								TEMPO TOTAL DE DESCOMPRESSÃO** (min.)
	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
2,0 a 2,2				5	10	25	40	50	130
2,2 a 2,4				10	20	30	40	55	155
2,4 a 2,6			5	15	25	30	45	60	180

2,6 a 2,8		5	10	20	25	30	45	70	205
2,8 a 3,0		10	15	20	30	40	50	80	245 ****

NOTAS:

(*) A descompressão tanto para o 1º estágio quanto entre os estágios subseqüentes deverá ser feita a velocidade não superior a 0,4 kgf/cm²/minuto.

(**) Não está incluído o tempo entre estágios.

(***) Para os valores limite de pressão de trabalho use a maior descompressão.

(****) O período de trabalho mais o tempo de descompressão (incluindo o tempo entre os estágios) não deverá exceder a 12 horas.

ANEXO B

NR 18 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, ITEM 18.20

18.20 Locais Confinados

18.20.1 Nas atividades que exponham os trabalhadores a riscos de asfixia, explosão, intoxicação e doenças do trabalho devem ser adotadas medidas especiais de proteção, a saber:

- a) treinamento e orientação para os trabalhadores quanto aos riscos a que estão submetidos, a forma de preveni-los e o procedimento a ser adotado em situação de risco;
- b) nos serviços em que se utilizem produtos químicos, os trabalhadores não poderão realizar suas atividades sem a utilização de EPI adequado;
- c) a realização de trabalho em recintos confinados deve ser precedida de inspeção prévia e elaboração de ordem de serviço com os procedimentos a serem adotados;
- d) monitoramento permanente de substância que cause asfixia, explosão e intoxicação no interior de locais confinados realizado por trabalhador qualificado sob supervisão de responsável técnico;
- e) proibição de uso de oxigênio para ventilação de local confinado;
- f) ventilação local exaustora eficaz que faça a extração dos contaminantes e ventilação geral que execute a insuflação de ar para o interior do ambiente, garantindo de forma permanente a renovação contínua do ar;
- g) sinalização com informação clara e permanente durante a realização de trabalhos no interior de espaços confinados;
- h) uso de cordas ou cabos de segurança e armaduras para amarração que possibilitem meios seguros de resgate;
- i) acondicionamento adequado de substâncias tóxicas ou inflamáveis utilizadas na aplicação de laminados, pisos, papéis de parede ou similares;
- j) a cada grupo de 20 (vinte) trabalhadores, dois deles devem ser treinados para resgate;
- k) manter ao alcance dos trabalhadores ar mandado e/ou equipamento autônomo para resgate;
- l) no caso de manutenção de tanque, providenciar desgaseificação prévia antes da execução do trabalho.

ANEXO C

NBR 6122 - PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES- ANEXO K

Anexo K (normativo)

Tubulões a ar comprimido – Procedimento executivo

K.1 Introdução

Este anexo tem por objetivo:

- a) descrever os procedimentos executivos;
- b) complementar o item 8;
- c) especificar os insumos;
- d) detalhar as diretrizes construtivas.

K.2 Características gerais

Trata-se de uma fundação profunda escavada manual ou mecanicamente, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoal para alargamento da base ou limpeza do fundo quando não há base. Neste tipo de fundação as cargas são transmitidas essencialmente pela base a um substrato de maior resistência.

Este tipo de solução é empregado sempre que se pretende executar tubulões abaixo do nível d'água em solos que não atendam às condições do item J.2. A escavação do fuste destes tubulões é sempre realizada com auxílio de revestimento que pode ser de concreto ou de aço (perdido ou recuperado).

K.3 Trabalho sob ar comprimido

Em qualquer etapa de execução dos tubulões deve-se atender a legislação trabalhista em vigor para trabalho em ambiente sob ar comprimido.

Só se admitem trabalhos sob pressões superiores a 0,15 MPa quando as seguintes providências forem tomadas:

- a) equipe permanente de socorro médico à disposição na obra;
- b) câmara de descompressão equipada disponível na obra;
- c) compressores e reservatórios de ar comprimido de reserva;
- d) renovação de ar garantida, sendo o ar injetado em condições satisfatórias para o trabalho humano.

K.4 Escavação

Inicialmente deve ser concretado o primeiro segmento ou aprumado o revestimento metálico diretamente sobre a superfície do terreno ou em uma escavação preliminar de dimensões maiores que o diâmetro do revestimento (poço primário).

A sequência deve ser feita com a concretagem ou soldagem sucessiva dos segmentos metálicos de revestimento à medida que a escavação manual vai sendo executada. Revestimentos de concreto só podem ser introduzido no terreno depois que o concreto estiver com resistência suficiente para suportar a escavação.

Quando o nível d'água for atingido, deverá ser instalado no topo da camisa a campânula de ar comprimido o que permite a execução a seco dos trabalhos. Para camisas de concreto, a aplicação da pressão de ar comprimido só pode ser feita quando o concreto atingir a resistência especificada em projeto.

Deve-se evitar a aplicação de pressão excessiva para eliminar água eventualmente acumulada no tubulão.

K.5 Alargamento da base

A base é escavada manualmente. Durante esta operação, a camisa deve ser escorada de modo a evitar sua descida.

Antes da concretagem, o material de apoio das bases deverá ser inspecionado por engenheiro que confirmará in loco a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção poderá ser feita com penetrômetro de barra manual. Atingida a cota prevista para a implantação da camisa abre-se a base.

Quando a base do tubulão for assente sobre rocha inclinada, vale o exposto em 8.2.2.4 e 7.5.1.

K.6 Colocação da armadura

A armadura de ligação fuste-base é colocada pela campânula e montada no interior do tubulão.

K.7 Concretagem

Em obras dentro d'água a camisa pode ser concretada sobre estrutura provisória e descida até o terreno com auxílio de equipamento, ou concretada em terra e transportada para o local de implantação. O mesmo procedimento pode ser adotado para camisas metálicas.

Em casos especiais, principalmente em obras em que se passa diretamente da água para rocha, a camisa de concreto pode ser confeccionada com a forma e dimensão da base. Neste caso devem ser previstos recursos que assegurem a ligação ou vedação de todo o perímetro da base com a superfície da rocha, a fim de evitar fuga ou lavagem do concreto.

Sempre que a concretagem não for feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita, limpando-se cuidadosamente o fundo da base e removendo-se a camada eventualmente amolecida pela exposição ao tempo ou por água de infiltração.

O concreto é lançado através do cachimbo de concretagem da campânula, devendo-se planejar cuidadosamente esta operação de forma a não interrompê-la antes do previsto.

O concreto é lançado sob ar comprimido, no mínimo até uma altura que impeça o seu levantamento pelo empuxo hidrostático.

Não é necessário o uso de vibrador. Por esta razão o concreto deve ter plasticidade suficiente para assegurar a ocupação de todo o volume da base.

K.8 Seqüência executiva

Quando previstas cotas variáveis de assentamento entre tubulões próximos, a execução deve ser iniciada pelos tubulões mais profundos, passando-se a seguir para os mais rasos.

Não pode ser feito trabalho simultâneo em bases alargadas em tubulões cuja distância, de centro a centro, seja inferior a 2.5 vezes o diâmetro da maior base.

K.9 Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

Os tubulões devem ser concretados até a cota de arrasamento.

No caso de tubulões com concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento ou cujo topo resulte abaixo da cota de arrasamento prevista, deve-se fazer a demolição do comprimento e recompô-lo até a cota de arrasamento. O material a ser utilizado na recomposição dos tubulões deve apresentar resistência não inferior à do concreto do tubulão. O topo do tubulão acima da cota de arrasamento deve ser demolido. A seção resultante deverá ser plana e perpendicular ao eixo do tubulão e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos. Nesta operação pode-se empregar martelotes de maior potência (Potência >1000 Watts). O acerto final do topo até a cota de arrasamento, deverá ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

K.10 Concreto

A dosagem do concreto deve ser tal que se obtenha resistência característica a compressão de pelo menos 20 MPa, conforme ABNT NBR 12655, devendo ter um consumo mínimo de 300 kg/m³ e abatimento de tronco de cone de 10 + 1 cm conforme ABNT NBR 7223.

K.11 Registros da qualidade dos serviços

Deve ser preenchida diariamente, para cada tubulão, a ficha de controle devendo conter pelo menos as seguintes informações:

- a) identificação da obra e local, e nome do contratante e do executor;
- b) data e horário do início e fim da concretagem;
- c) data de término da escavação da base;
- d) identificação ou número do tubulão;
- e) nível d'água;
- f) dimensões do fuste e da base;
- g) profundidade ou cota de apoio da base;
- h) consumo de materiais por tubulão;
- i) desaprumo e desvio de locação;
- j) identificação das características do equipamento (compressores, campânulas, etc);
- k) tempos de compressão e de descompressão; jornadas de trabalho;
- l) especificação dos materiais e insumos utilizados;
- m) volume de concreto real e teórico;
- n) anormalidades de execução;
- o) observações pertinentes.