

Analysis of the viability of using open-cast Tubulão in Goiania-GO

Jesus, A. S.¹; Faustino, J. A.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Resende, P. S. O.³

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ 20192002500032@pucgo.edu.br; ² 20172002500070@pucgo.edu.br; ³ pauloresende@pucgoias.edu.br

¹ arthur1simonton@gmail.com; ² g_t_n@hotmail.com; ³ preengenhaira@gmail.com

RESUMO: Sendo pauta de discussões quanto a sua viabilidade, tanto de segurança, custo, prazo e produtividade. Devido ao encamisamento obrigatório, o custo deste tipo de fundação aumentou de forma significativa, que somado ao seu prazo de conclusão e principalmente fatores de segurança. O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da execução de fundação de tubulão à céu aberto no município de Goiânia – GO, após a norma regulamentadora NR-18 de fevereiro de 2020. Que a partir de agosto de 2023, restringe totalmente algumas práticas na execução deste tipo de fundação. No trabalho foi realizado um estudo comparativo em vários aspectos, comparando os valores de alguns tipos de fundações baseados em preços de mercado atual e índices. Sendo avaliados dados para execução de forma mecanizada do processo o que gera menor tempo de execução e melhor segurança. Foram analisadas seis possibilidades de execução para o comparativo, chegando à conclusão que ainda pode haver aplicação de tubulão, dentro de determinados parâmetros, sendo que essa análise reflete especialmente para os solos do município de Goiânia que possuem características que tornam o tubulão ainda uma boa opção para execução de fundações em diversos aspectos, e entre eles a de segurança e custo.

Palavras-chaves: Tubulão, Viabilidade, Comparativo, Fundações, Custo.

ABSTRACT: The feasibility of this type of foundation has been the subject of debate, both in terms of safety, cost, time and productivity. Due to the compulsory encasement, the cost of this type of foundation has risen significantly, in addition to its completion time and, above all, safety factors. The aim of this work is to analyze the feasibility of executing open-cast pipe foundations in the municipality of Goiânia - GO, after the regulatory standard NR-18 of February 2020. As of August 2023, it totally restricts some practices in the execution of this type of foundation. A comparative study was carried out on various aspects, comparing the values of some types of foundations based on current market prices and indices. Data was evaluated for mechanized execution of the process, which generates less execution time and better safety. Six execution possibilities were analyzed for comparison, coming to the conclusion that tubulão foundations can still be applied, within certain parameters, and this analysis reflects especially on the soils of the municipality of Goiânia, which have characteristics that make tubulão foundations still a good option for execution in various aspects, including safety and cost.

Keywords: Tubulão, Feasibility, Comparative, Foundations, Cost.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil

1 INTRODUÇÃO

Os tubulões, que por muitos anos foram um dos métodos de execução mais utilizados em várias partes do Brasil, especialmente em regiões como o Centro Oeste, onde está localizada cidade de Goiânia no estado de Goiás (CARNEIRO, 1999), vem sendo pauta por parte das empresas quanto à sua viabilidade econômica e de execução decorrente de atualizações da norma de segurança do trabalho NR-18. (MTE, 2020)

Segundo Mattos (2006), a obra é uma atividade eminentemente econômica, sendo de suma preocupação o custo que está ligado à execução, e ao planejamento através da orçamentação que será realizada anteriormente às atividades, visando a estimativa de custos, controle de gastos e os possíveis lucros. (MATTOS, 2006)

A atividade também tem sido analisada pela segurança, já que possui riscos em sua execução que pode gerar diversos contratemplos no dia a dia da obra, interferindo também em sua produtividade.

O prazo de execução, que é um dos pontos mais relevantes quanto às atividades da construção civil, deve ser cuidadosamente analisado, já que interfere diretamente no custo final, devido à manutenção da equipe, encargos, locações, uso de equipamentos e ferramentas, entre outros. Comparando com outras fundações como a hélice contínua, os tubulões apresentam desvantagem neste ponto, o que pede a necessidade de modernização do processo com a mecanização da execução.

2. CONCEITUAÇÃO DE TUBULÕES

Os tubulões são caracterizados por serem fundações profundas com resistência de ponta, e sem resistência lateral, como ocorre com as estacas.

2.1. Tubulões à céu aberto

Sendo o tipo mais comum de tubulões utilizados, os tubulões de céu aberto são caracterizados segundo ABNT NBR 6122:2022 como:

“[...] uma fundação profunda, escavada manual ou mecanicamente, em que pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoal para alargamento de base ou limpeza de fundo, quando não há base.” (ABNT, 2022)

Este tipo de fundação possui vantagens e desvantagens, sendo que a partir da atualização da NR-18 passou a ter rígidas restrições sobre sua execução, impactando sua viabilidade. Na Figura 1, demonstra um esquema de execução de tubulão à céu aberto:

Figura 1 – Esquema de execução de tubulão à céu aberto



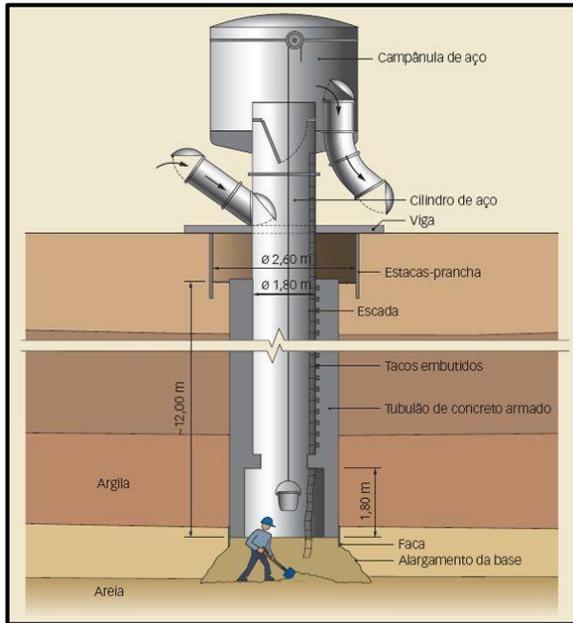
Fonte: Pereira, 2021

Neste tipo de tubulão tanto a escavação do fuste quanto a abertura da base são feitas de forma manual com a presença 100% do operário em todas as fases da escavação.

2.2. Tubulões a ar comprimido

Esse tipo de tubulão era muito utilizado em pontes e locais geralmente submersos, portos e outros locais com este tipo de intempérie. (HACHICH et al., 1998) Porém, devido às ocorrências de acidentes e problemas de saúde dos profissionais que trabalhavam manualmente neste tipo de execução, foram totalmente proibidos na última atualização da NR-18 ocorrida em 2020. (MTE, 2020) A Figura 2 demonstra um esquema de campânula de compressão para execução de tubulão a ar comprimido:

Figura 2 – Abertura manual de fuste de tubulão a ar comprimido



Fonte: Educa Civil, 2020

O tubulão de ar comprimido segundo ABNT NBR 6122:2022, assim como o tubulão à céu aberto, seria necessário ao menos na fase de alargamento de base a descida de um operário para execução manual desta etapa, sendo que deveriam ser atendidas a legislação em vigor que estabelece diretrizes para os trabalhos em ar comprimido. (ABNT, 2022)

Neste tipo de tubulão é utilizado uma torre com uma janela na parte de cima, para entrada e descida dos operários até o local de alargamento e limpeza, sendo comprimido por um compressor toda a área da torre o que impedia que a água ao redor infiltrasse no local de escavação e concretagem. (HACHICH et al., 1998)

3.EXECUÇÃO, VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TUBULÃO À CÉU ABERTO

3.1. Execução

Segundo a ABNT NBR 6122:2022, a execução do tubulão a céu aberto pode ser mecanizada ou manual, sendo que a mecanizada deve ser pelo menos na etapa de alargamento de base executada de forma manual. Porém, nos últimos anos, através dos estudos do engenheiro Wilson Roberto Texeira (PERSOLO, 2018), que pretendia diminuir os acidentes ocasionados por diversas causas em tubulões, foi desenvolvido um trado mecânico com estrutura para abertura mecanizada

de tubulões a céu aberto, o que descarta a necessidade de descida dos operários na base do tubulão, tornando a abertura de tubulões totalmente mecanizada, minimizando riscos de acidentes com trabalhadores nessa área. (ABNT, 2022)

3.1.1. Execução manual

A execução de forma totalmente manual dos tubulões a céu aberto é a forma mais clássica, que consiste na escavação manual do fuste até a base e também do alargamento da base através da descida de pessoal. É necessário lembrar que deve ser feita a escolha do tipo de fundação e execução com base na análise rigorosa de estudo de sondagem, de acordo com a ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020).

Esse tipo de execução de tubulões sofreu impacto com à última atualização da NR-18, uma vez que o tubulão é um tipo de fundação com riscos de desmoronamento, sendo que o fuste para a execução foi aumentado para no mínimo 90cm, e sendo necessário a utilização de encamisamento em toda a extensão do fuste, com o objetivo de não haver desmoronamento dos maciços de terra, o que pode ocasionar até mesmo na morte do funcionário. (MTE, 2020) A Figura 3 apresenta a abertura manual do fuste:

Figura 3 – Abertura manual de fuste de tubulão



Fonte: VWF Fundações, acesso 2024

3.1.2. Execução mecanizada parcialmente

Com o objetivo de melhorar a produtividade de abertura de tubulões à céu aberto, são utilizadas brocas para a abertura do fuste, gerando uma melhor velocidade no trabalho, entretanto, ainda é utilizado para alargamento da base do tubulão, funcionário que executa de forma manual tanto o alargamento quanto a limpeza de base conforme Figura 4, sendo necessária a aplicação das diretrizes impostas na NR-18.

Pelo aumento do fuste para no mínimo 90cm conforme norma de segurança NR-18, o consumo total de concreto para execução do tubulão aumenta muito, gerando um incremento de custo para este tipo de fundação, além disso no processo de encamisamento são utilizados materiais com nome de camisas, que podem ser pré-moldadas ou de aço, conforme ABNT NBR 6122:2022, gerando um custo a mais para execução dos tubulões. (ABNT, 2022)

Figura 4 – Processo de coleta de solo de abertura de base tubulão



Fonte: Monticuco, 2014

3.1.3. Execução totalmente mecanizada

A execução totalmente mecanizada do tubulão foi uma solução patenteada pelo Engenheiro Wilson Roberto Teixeira em 2012, junto a empresa Persolo, que realiza sondagens, execução de fundações e contenções. A solução pretende retirar por completo a utilização de pessoal de atividades manuais envolvendo o tubulão, evitando acidentes e conseqüentemente por se tratar de uma execução mecanizada, não é afetada pelas diretrizes da NR-18, como o diâmetro mínimo de 90cm para o tubulão e o encamisamento obrigatório. (REZENDE et. al., 2019)

O sistema consiste em um dispositivo muito semelhante ao que simplesmente abre o fuste, porém vem com o acréscimo de um coletor de solo melhor dimensionado, e facas que são fixadas no mecanismo escavador, sendo estas facas responsáveis pela abertura de forma vertical e giro em horizontal alargando a base e realizando o nivelamento desta. (REZENDE et. al., 2019)

O procedimento de execução consiste primeiramente na abertura do fuste através do trado mecânico (conforme Figura 5), que também é utilizado na forma mais comum do tubulão inicialmente, logo após o dispositivo que a empresa Persolo denomina como BMT (Base Mecanizada para Tubulão), é descido até o fundo do fuste. (PERSOLO, 2018)

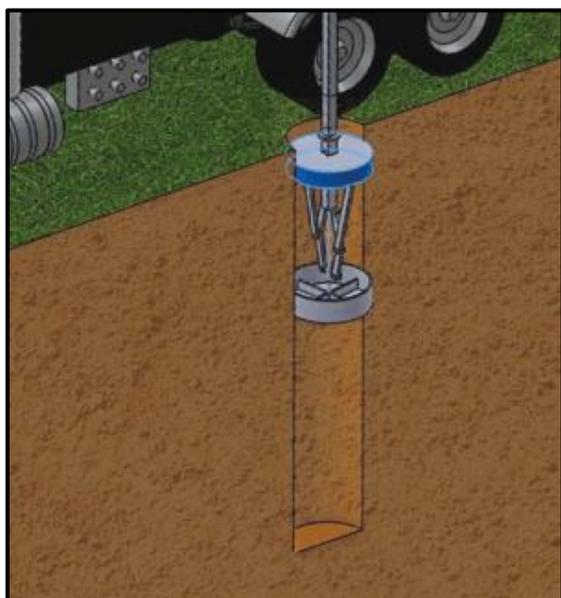
Figura 5 – Abertura de fuste do tubulão com trado mecânico



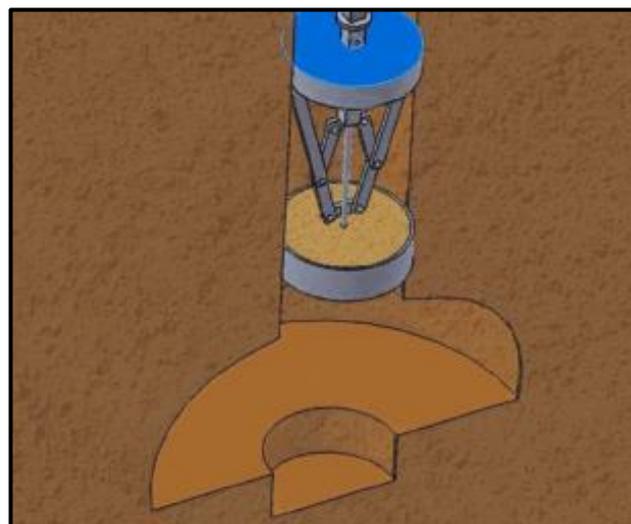
Fonte: Persolo, 2018

Ao atingir o fundo do fuste inicia-se o processo de alargamento com o BMT, e à medida que alargam a base o solo é impulsionado até o coletor que fica no centro do dispositivo. Esse procedimento é repetido quantas vezes for necessário para até que a base do tubulão esteja com as medidas de acordo com as especificadas em projeto. À medida que a base é alargada, o BMT também realiza o processo de limpeza e nivelamento da base, impulsionando também o resto dos resíduos para o coletor. (PERSOLO, 2018) O processo de execução é demonstrando nas Figuras 6, 7 e 8:

Figura 6 - Descido do dispositivo BMT para alargamento mecanizado de base

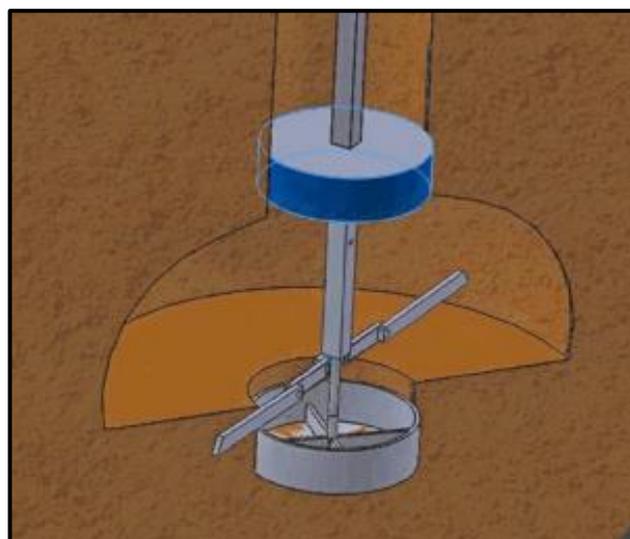


Fonte: Persolo, 2018



Fonte: Persolo, 2018

Figura 8 – Limpeza e nivelamento de base



Fonte: Persolo, 2018

Por fim, as dimensões bem como o volume de concreto do tubulão são devidamente analisadas in loco por um engenheiro responsável, sendo realizada a leitura das dimensões do tubulão e de seu volume através de um scanner 3D portátil, para que não haja descida quaisquer colaboradores na base do tubulão, conforme Figura 9, onde os resultados são gerados em tempo real para que sejam analisados e estando de acordo o tubulão poderá ser liberado para concretagem. (PERSOLO, 2018)

Figura 9 – Detalhamento do Scanner 3D



Fonte: Persolo, nd.

3.1.3.1. Pontos positivos do método

É um método inovador, segundo a empresa Persolo, o método traz um alto desempenho, reduzindo consideravelmente o tempo de execução, além de não expor trabalhadores aos problemas que possam vir a ocorrer no tubulão. Além disso, como é mecanizado o método não precisa atender às exigências da NR-18 sobre essa atividade, uma vez que o que consta na NR-18 refere-se à tubulões com abertura de bases de forma manual, sendo que o BMT pode se encaixar em aberturas de fuste de até no mínimo 40cm de diâmetro. (PERSOLO, 2018)

3.1.3.2. Pontos negativos do método

Por se tratar de uma patente consideravelmente recente e um equipamento que não possui grande quantidade no mercado ou empresas concorrentes, o preço de mobilização de equipamentos de uma cidade para outra acaba sendo alto, porém é uma atividade que poderá vir a crescer muito por seus benefícios.

3.2. Vantagens Gerais da Execução de Tubulões a Céu Aberto

Segundo Hachich et al. (1998), os tubulões possuem no geral muitas vantagens, tais como:

- Custos de mobilização e desmobilização de equipamentos, bem melhores do que por exemplo, as fundações que utilizam de equipamentos pesados como bate estacas;
- Produção de ruídos em baixas intensidades, o que seria melhor para edificações vizinhas, que não sofreriam grandes impactos posteriormente, o que poderia gerar indenizações;
- Pode ser apoiado um pilar em um único fuste o que tira a necessidade de execução de blocos de coroamento, como ocorre no caso das estacas;
- As escavações podem penetrar diversos tipos de rocha, etc. (HACHICH et al., 1998)

Além disso os tubulões também possui uma ótima resistência de ponta, fazendo com que tenham resistência para sustentar edifícios de vários pavimentos, mesmo não tendo muita profundidade como as estacas.

3.3. Desvantagens do tubulão à Céu aberto

Os tubulões a céu aberto não podem ser executados em solos com um lençol freático alto, muito saturados e colapsíveis, deve ser feito com imenso cuidado pois poderá apresentar comportamentos inadequados com o tempo.

A execução de tubulões em solos instáveis e porosos podem gerar acidentes durante execução, principalmente envolvendo desmoronamentos que ocorrem especialmente na fase de abertura da base.

O estudo de sondagem SPT, seguindo as diretrizes da ABNT NBR 6484:2020, é de suma importância para a melhor identificação do tipo de fundação a ser usada. A verificação do local onde está sendo construído é necessário para que se possa verificar uma possível margem poluidora nos lençóis freáticos que podem liberar gases através dos solos o que pode gerar intoxicação por parte dos trabalhadores ao realizarem o alargamento manual da base do tubulão. (PERSOLO, 2018)

4. OS TUBULÕES E AS NORMAS REGULAMENTADORAS

A Norma Regulamentadora NR-18 de Segurança e Saúde no Trabalho e na Indústria da Construção foi criada em 1978 e tem por objetivo:

“[...]estabelecer diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que visam à implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção.” (MTE, 2020)

Esta norma rege diretrizes para a segurança do trabalho em vários âmbitos dentro da indústria de construção civil, tais como regras de segurança, métodos de execução correta de atividades, exigências conforme atividade executada, etc.

Em 2020, a NR-18, em sua última atualização, alterou alguns parágrafos e itens referentes à execução de tubulões, tais como a proibição definitiva de tubulões de ar comprimido. Além disso nos tubulões à céu aberto, a abertura mínima de fuste saltou de 80 cm para 90 cm, a fim de tornar mais segura a descida do trabalhador até o fundo para abertura da base, porém isso aumenta o consumo de concreto do tubulão, aumentando o custo em cada um. (MTE,2020) Além disso é necessário o encamisamento do fuste para evitar o desmoronamento, o que gera mais um custo sobre a atividade. Segundo a Tabela 1 pode-se observar algumas mudanças relacionadas a tubulões pela NR-18:

Tabela 1 – Resumo de algumas alterações sobre tubulões na NR-18

VERSÃO ANTERIOR (2015)	VERSÃO VIGENTE (2020)
Diâmetro mínimo de fuste de 80cm	Diâmetro mínimo de fuste de 90cm
Encamisamento não era obrigatório	Obrigatoriedade do encamisamento em toda extensão do fuste.
Tubulões de ar comprimido ainda eram permitidos	Tubulões de ar comprimido estão definitivamente proibidos.
Possibilidade do diâmetro mínimo do tubulão ser de 70cm, justificado pelo RT.	O item foi removido da nova versão, sendo válido somente o diâmetro mínimo de 90cm

Adaptado CBIC, 2020 apud. NR-18 (MTE, 2020)

Os tubulões também estão sujeitos a norma regulamentadora NR-33, que aponta parâmetros de caracterização para espaços confinados e medidas de prevenção para garantir prevenção de acidentes e a

segurança dos trabalhadores sujeito à estas condições. (MTE, 2022)

Os tubulões se encaixam nos parâmetros da NR-33, pelo fato de possuírem um local de acesso limitado de entrada e saída, por não serem locais de ocupação humana contínua e por possuírem características atmosféricas adversas como possibilidade de gases perigosos, diferença de pressão (mesmo nos que são à céu aberto) e escassez de oxigênio. (MTE,2022)

4.1. Sobre o encamisamento de tubulões

Conforme NR-18 (2020), é de obrigatoriedade o devido encamisamento dos tubulões em toda a extensão do fuste, a fim de evitar possíveis desmoronamentos de terra. (MTE, 2020).

Na NBR 6122:2022 são citados dois tipos de camisas para o processo de encamisamento de tubulões sendo estas: camisas de concreto e camisas de aço. (ABNT, 2022)

4.1.1. Camisa de concreto

Ainda segundo NBR 6122:2022, as camisas de concreto devem ser concretadas por trechos sobre a superfície do terreno e introduzida por escavação interna, sendo concretada logo em seguida, repetindo-se o processo até atingir o comprimento final esperado. (ABNT, 2022)

As camisas de concreto são concretadas ou inseridas em partes até que se atinja toda a extensão do fuste, além disso podem ser utilizadas as concretagens in loco das camisas de concreto, assim como, os pré-moldados que são geralmente utilizados para o serviço conforme Figuras 10 e 11:

Figura 10 – Esquema de encamisamento de tubulão com camisa de concreto pré-moldado:



Fonte: BRITO, 2017

Figura 11 – Camisas de concreto pré-moldado utilizadas no encamisamento de tubulões



Fonte: VTN, 2024

4.1.2. Camisas Metálicas

Prevista pela ABNT NBR 6122:2022, as camisas metálicas possuem características e dimensões que devem estar em acordo com ABNT NBR 8800:2008 (ABNT, 2008), devendo ser considerados os esforços de cravação, vibração, entre outros. (ABNT, 2022)

Na Figura 12 apresenta uma execução com camisa metálica:

Figura 12 – Tubulão com camisa metálica para escavação de base



Fonte: Marinho, 2020

4.2. Sobre a viabilidade do uso de tubulões pós atualização da NR-18

Viabilidade se refere a algo ser viável, e nem sempre este conceito refere-se somente a questão econômica e financeira, há que ressaltar que tratando-se de construção civil, principalmente em fases críticas da obra tais como estrutura e fundação, somente a verificação financeira e puramente de custo muitas vezes não reflete nem de perto a viabilidade como todo de execução de um tipo de fundação ou de outro serviço.

4.2.1 Viabilidade técnica e de segurança

Uma análise técnica apurada de segurança e de prazo deve ser realizada, e pode-se notar com o decorrer da análise que nem sempre um tipo de fundação com o menor custo a princípio ou a curto prazo possa indicar uma vantagem a longo prazo, por exemplo, se um projeto preliminar para estudo de viabilidade de fundações for realizado de forma incorreta ou de forma otimista como aponta Militsky et. al. (2008), em seu estudo de patologias de fundações, pode gerar uma série de problemas, como a falta de previsão de bulbos de tensões para transferência ao solo, o que pode gerar recalques, trincas e fissuras, além de gerar transferências de cargas em fundações próximas. (MILITSKY et. al., 2008).

Além disso como no caso dos tubulões, há que ressaltar a questão de parâmetros executivos, tais como execução inadequada de dois tubulões ao mesmo tempo muito próximo uns dos outros, que no caso de um projeto mal dimensionado que se adequou somente à

tubulões como estratégia de tipo de fundação, pode haver uma concentração anormal de tubulões em áreas com grandes intensidades de cargas o que dificulta seguir os parâmetros apontados pela NBR 6122:2022.

Além disso o tubulão não deve ser executado em ambientes com solos extremamente moles e colapsível, e principalmente com a presença de água em níveis de assentamento deste.

A execução inadequada pode levar a sérios riscos para a segurança, o que causa desvantagens ao tubulão, a alta exposição ao risco de desmoronamento é uma das maiores desvantagens do uso do tubulão principalmente do ponto de vista de segurança, ao fazer um projeto otimista com geração de diversos tubulões em locais que não são viáveis por acometer em diversas unidades, gerando proximidade entre eles, o risco de desmoronamento pode aumentar muito, o que pode gerar em uma fiscalizando um possível embargo da obra.

Dentro outros riscos estão gases, eletrocussão, ambientes com diferenças de pressão, entre outros, gerando ainda mais pontos desfavoráveis ao tubulão, tendo em vista a segurança.

A NR-18 foi feito com o intuito de melhorar a segurança dos colaboradores, com o aumento do diâmetro do fuste para 90 cm, houve melhoria na ergonomia, porém aumenta a chance de desmoronamento. O tubulão mais profundo é mais estável, porém restringe-se a 15 m por questões da falta de oxigênio.

4.3. Do ponto de vista financeiro e de prazo

Com a atualização da NR-18 e com o novo diâmetro de fuste, os tubulões passaram a ser discutidos como inviáveis financeiramente. Uma vez que, quanto maior o fuste mais concentração de aço e de concreto seriam necessárias para a execução dessa fundação, gerando um custo elevado. Também tem a questão do encamisamento, cujo custo médio está por volta dos R\$420,00/m³ de fuste escavado, sendo acrescentado um custo muito elevado à fundação junto ao serviço de escavação de fuste e abertura de base.

O custo do tubulão saltou consideravelmente após os novos requisitos da NR-18, gerando discursões sobre o possível desuso do tubulão, que geralmente ocasiona em obras optarem pela utilização de outros tipos de

fundação geralmente da estaca escavada ou da estaca hélice contínua.

Assim como as estacas, os tubulões podem necessitar em algumas circunstâncias da presença de blocos de concreto de coroamento para melhor transferência das cargas de um pilar que geralmente possa ser mais alargado e/ou com grande concentração de carga, isso ocorre especialmente nos “pilares parede” que são alargados suficiente para necessitarem de bloco de coroamento entre 2 ou mais tubulões para transferência adequada de carga. Esse bloco de coroamento geralmente pode possuir uma concentração grande de aço, gerando um custo ainda mais elevado sobre o valor dos tubulões, além de ter que ser executado uma escavação com um lastro de concreto nas partes de contato com o solo atendendo a NBR 6122:2022. (ABNT, 2022)

Os tubulões tem um prazo muito variável de execução, que dependendo de circunstâncias técnicas e de segurança podem estender ainda mais seu tempo de execução. Pode-se citar a questão de proximidade entre tubulões que não podem ser executados um ao lado do outro ao mesmo tempo, nesses casos devem ser executadas a escavação de um tubulão, liberado, e concretado, e após o concreto obter resistência, o tubulão ao lado poderá ser liberado para execução, evitando desmoronamentos. Isso demanda tempo o que compromete diretamente o prazo, por isso quando o projeto é otimista, havendo grande concentração de tubulões próximos uns dos outros, o prazo tende a estender proporcionalmente, sendo o que poderia ser feito em semanas em um tipo de fundação, no tubulão nessas circunstâncias supracitadas podem demandar meses.

Quanto maior a extensão de prazo no cronograma real traçado, maior é o custo de equipe, de manutenção de serviço na obra, de equipamentos e ferramentas, e de demandas de segurança, o que impacta diretamente sobre o custo geral da obra.

5. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi adotado duas estratégias principais, a primeira foi uma abordagem completa do tema baseado em referencial teórico de conhecimento específico, utilizando autores que estudaram de forma profunda o tema e especialmente te

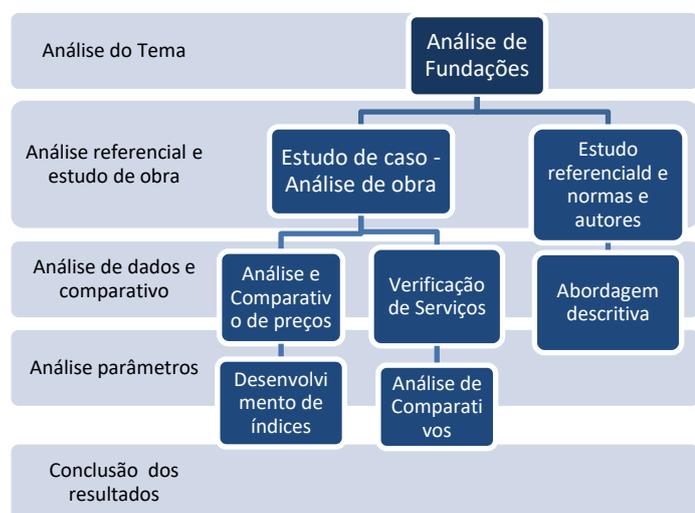
a utilização de normas técnicas especialmente a NBR 6122:2022, que aborda os procedimentos técnicos de execução de fundações, sendo verificado dentre muitas os tubulões, foco central do estudo. (ABNT, 2022) Foi verificada para fins de consideração de índice de preço/carga, e composição de custos, o tipo de solo sendo verificado sondagem de acordo com NBR 6484:2020. (ABNT, 2020)

Foram verificados preços e custos através de propostas comerciais cedidas por diversas empresas, de escavação de tubulões manuais, escavação de tubulões mecanizados, concreto, aço (corte e dobra), lastros, mobilização/desmobilização e custos de projeto, com base em preços entre finais de 2023 e maio de 2024.

Foi utilizado o método de estudo de caso, para comparativo de custos, prazo, índices, fatores técnicos e de segurança para análise de viabilidade das fundações analisadas com base em projetos em Anexo 1.

5.1. Fluxograma de pesquisa

Fluxograma 1 – Metodologia de Pesquisa



Fonte: Dos autores, 2024

5.2. Parâmetros para comparativo

Foi utilizado a distribuição de serviços com análise de preço unitário e traçado de gráficos para discursão de resultados. Para estudo de viabilidade das fundações foram utilizadas as visões de custo, prazo, métodos executivos, análises técnicas, baseado na NBR 6122:2022, segurança do trabalho baseado na NR-18 e NR-33, além de viabilidade de utilização de equipe de

execução e tipo de solo em que a obra está sendo empregada, permitindo um melhor resultado para o comparativo.

6. ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE OS TIPOS DE FUNDAÇÕES

Foi elaborado um estudo de caso para discutir a viabilidade não só do tubulão, como também de alguns outros tipos de fundação que são comuns, tanto profundas como rasas. Na obra em questão originalmente foi adotado um sistema misto de fundações com base na análise de alguns parâmetros, tais como prazo, segurança, custo, tipo de solo através da análise de sondagem, e análise técnica de projetos. O tubulão foi tomado como peça central deste comparativo e análise quanto a viabilidade.

Os preços foram atualizados conforme últimas atualizações de mercado concentradas entre final de 2023 a maio de 2024, considerando perda de concreto, aço, taxas de bombeamento, encargos de serviços, ART, realização de projeto executivo, mobilidade e outras atividades. Ver detalhamento completo no Apêndice 1.

6.1. Fundações executadas de forma mista com tubulões mecanizados e sapatas

Com base nos estudos de Teixeira (apud. PERSOLO, 2018), foi desenvolvido o sistema de escavação de fuste e abertura e limpeza mecanizada de base com sistema de facas que giram em torno do eixo da broca, realizando uma abertura totalmente mecanizada da base sem a necessidade da descida de trabalhadores no fundo da base.

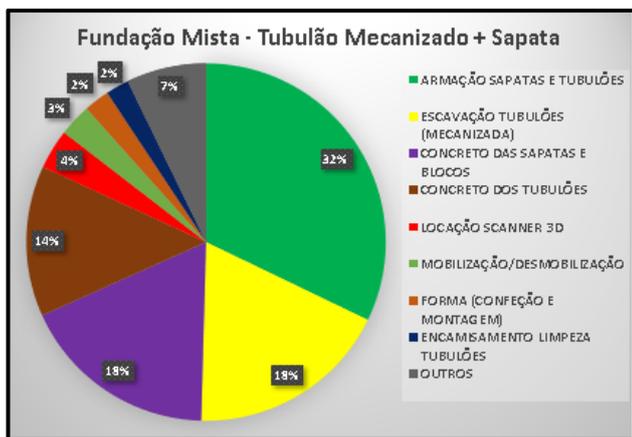
O estudo foi desenvolvido com base nos preços dessa abertura totalmente mecanizada, porém a abertura com limpeza efetiva de fundo de base ocorre com bases até 3,0m de diâmetro, ultrapassando esta medida os tubulões deverão ser encamisados normalmente, porém serão cobrados apenas serviços relacionados a limpeza de fundo da base e não a abertura, pois o alargador de base poderá realizar esse serviço, neste caso são inclusos os preços de encamisamento por parte da obra contratante. (PERSOLO, 2018)

No caso dos tubulões mecanizados foi incluída a locação do Scanner 3D responsável pela validação computadorizada do tubulão junto ao engenheiro

responsável, e o custo de mobilização/desmobilização dos equipamentos desde o estado de São Paulo. (PERSOLO, 2018)

Baseado nestes parâmetros, a fundação mecanizada com sapatas decorrente do projeto original da obra tem os valores prescritos na Figura 13:

Figura 13 – Composição de custos fundação mista Sapatas e Tubulões Mecanizados (Projeto Original)



Fonte: Dos autores, 2024

No Anexo 1 verifica-se sapatas com grandes proporções que resulta em grande concentração de aço, tornando o projeto mais caro por essas circunstâncias. Nos arredores da torre em questão observa-se a utilização de tubulões à céu aberto, alguns com uma base muito grande pela concentração alta de carga, sendo que em alguns pontos os tubulões precisaram de blocos de coroamento para a distribuição de carga.

6.2. Fundações executadas somente com tubulões mecanizados

Foi desenvolvido um projeto preliminar para análise de tubulão mecanizado, para execução do projeto preliminar foram verificados os estudos de sondagem seguindo os requisitos da NBR 6484, sendo verificado a possibilidade de utilização do encamisamento em locais que havia bases maiores que 3m, conforme requisitos no manual do fabricante. (PERSOLO, 2018) (NBR 6484,2020)

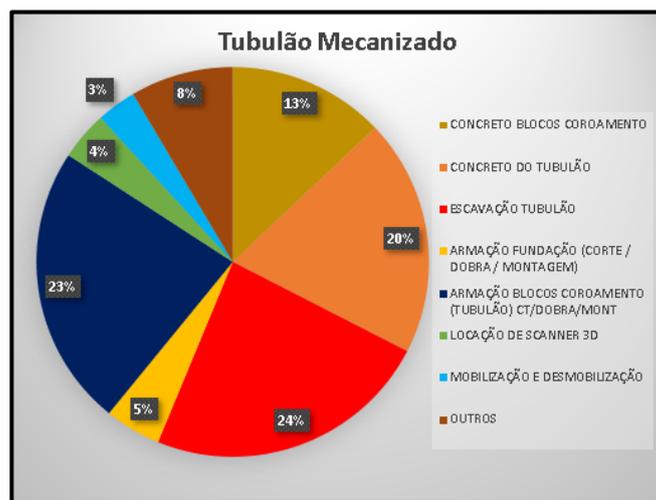
Há que ressaltar que o projeto foi desenvolvido com base em parâmetros anteriores a atualização da NR-18, sendo utilizados em diversos tubulões fustes com diâmetros inferiores à 90cm, prescrito pela norma regulamentadora, sendo realizada de forma totalmente mecanizada com exceções descritas anteriormente

quanto ao diâmetro máximo de base e limpeza. (PERSOLO, 2018) (MTE, 2020)

Conforme visto no Anexo 1, o projeto em questão obteve um dimensionamento otimista, o que poderia comprometer o tempo de execução e a qualidade técnica, sendo considerado inviável do ponto de vista técnico e de segurança, mesmo sendo melhor no quesito custo. Conforme Figura 14 e planilhas do Apêndice 1, pode-se verificar a distribuição de custo na execução deste tipo de fundação, sendo observado um custo grande no aço e concreto dos blocos que foram necessários para a distribuição de carga sobre os tubulões.

Há uma concentração tão grande de tubulões no projeto que o risco de desmoronamento aumenta, e a execução passa a ser um desafio ainda maior.

Figura 14 – Composição de Custos de Fundação com Tubulão Mecanizado



Fonte: Dos autores, 2024

6.3. Fundações executadas em Hélice Contínua

As estacas hélice contínua tem ganhado cada vez mais espaço na construção civil e tem sido utilizada cada vez mais como substituta dos tubulões em tipos de construções que estes eram muito presentes, seja pela viabilidade de segurança, ou de aumento considerável de custo em comparação ao tubulão tradicional.

Mesmo tendo um custo elevado, o tempo de execução de estacas hélice contínua ganha e muito dos tubulões, uma vez que o tempo de execução de uma obra do porte da que está sendo estudada costuma ser de 30 dias, e no tubulão pode chegar a dois meses dependendo das circunstâncias. Tratando-se de segurança a estaca

também fica à frente do tubulão de abertura manual de base, sendo muito mais seguro, uma vez que os trabalhadores não estão sujeitos às atividades em espaços confinados, além de que as estacas podem ser executadas em locais com presença de lençol freático alto, diferente dos tubulões.

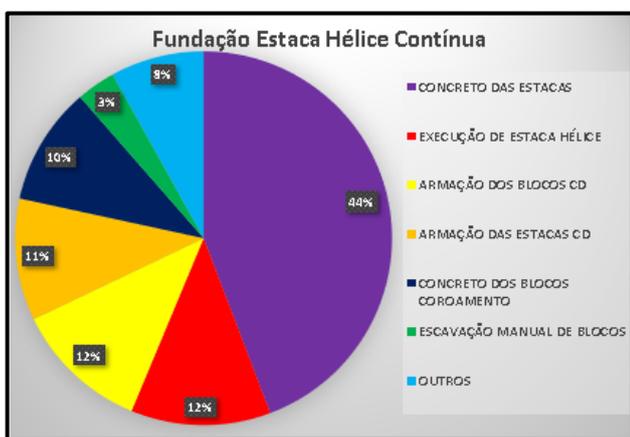
Em uma análise de custo, pode-se ver que um dos principais pontos negativos da estaca hélice contínua é sua grande quantidade de concreto, já que pode atingir grandes profundidades, que trabalha com resistência de ponta e atrito lateral, diferente do tubulão que atua com resistência somente na ponta, além de que para distribuição mais segura e precisa de cargas os tubulões precisam muita das vezes de blocos de coroamento já que são poucas as vezes que o pilar poderá ligar-se diretamente às estacas. O custo com os blocos de coroamento nas estacas geralmente tende a ser bem maior que nos tubulões, quando estes são dimensionados corretamente para o solo e carga, geralmente é bem mais fácil os pilares serem ligados diretamente ao fuste, coisa que não ocorre com a estaca.

Também é necessária uma grande quantidade de estacas para receber a carga de apenas um pilar gerando também um bloco maior, e conseqüentemente aumentando a quantidade de concreto e aço.

De acordo com a NBR 6122:2022, foram utilizadas para estacas concreto com fck 30MPa. e consumo de 350kg/m³ conforme NBR 12655:2022 (ABNT, 2022a) (ABNT, 2022b)

Devido a estes parâmetros, a distribuição de custo das estacas hélice contínua consta de acordo com Apêndice 1 e Figura 15:

Figura 15 – Composição de custo estaca hélice contínua



Fonte: Dos autores, 2024

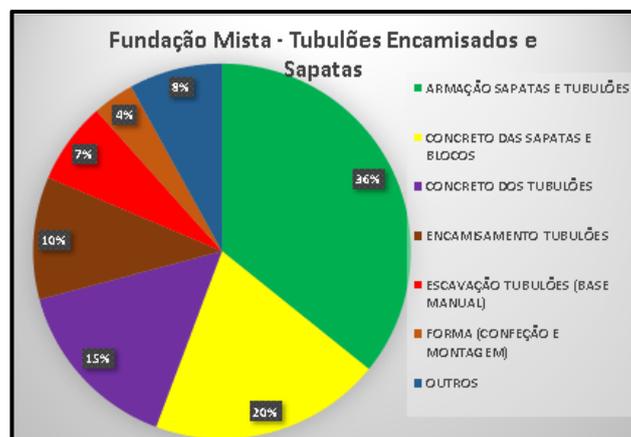
6.4. Fundações mista tubulão manual encamisado e sapatas

Seguindo o mesmo projeto de fundação mista (Tubulão e Sapata) contemplado no Anexo 1, foi orçado para os tubulões uma execução que está de acordo com a NR-18, encamisados em toda a extensão do fuste. O preço de encamisamento dos tubulões são dados por preço/m³ escavado de fuste, o que pode deixar essa parte do serviço relativamente cara conforme descrito em planilha de composição de custo no Apêndice 1.

O preço do encamisamento foi baseado em projeto de Anexo 1, porém os tubulões com fustes menores que 90cm foram simulados para este diâmetro para que seja o mais atual possível a análise. Segundo considerações pode-se notar um alto custo de armação, pela presença de sapatas e pelos fustes com grande diâmetro dos tubulões.

Conforme Figura 16, os preços de armação, concreto, escavação e encamisamento detém grande parte do custo. O preço do encamisamento pode ser considerado até mesmo junto ao preço de escavação, já que é uma atividade necessária para que esta etapa seja executada com segurança e obedecendo a NR-18. (MTE, 2020).

Figura 16 – Composição de Custo – Fundação Mista (Tubulão de Base Manual Encamisado e Sapata)



Fonte: Dos autores, 2024

Como observado na Figura 16, é alto o custo somente para escavação, pois envolvem o serviço da própria abertura de fuste, abertura manual e o encamisamento para a realização de serviço.

Comparando os custos da fundação mista com tubulões mecanizados na Figura 14, em questão de custo de escavação os tubulões tendo abertura de base manual e

com encamisamento são mais baratos, porém deve ser verificada alguns quesitos que o mecanizado vence totalmente os tubulões com abertura de base manual, que é a questão do tempo, segundo proposta cedida pela empresa Persolo no Anexo 2, o prazo médio de execução para o serviço de escavação mecanizado é de 20 dias, o que geralmente não ocorre em tubulões com abertura manual de base, que até por conta do encamisamento podem chegar a dois meses para finalizar a execução no caso desta obra em questão. (PERSOLO, 2018)

Mesmo encamisado, os tubulões podem ainda ter altos riscos de segurança para os trabalhadores que estarão sujeitos a um espaço confinado, o que não ocorre com o mecanizado que somente em tubulões com bases superiores a 3m de diâmetros será necessário o encamisamento e a limpeza do fundo da base dos tubulões. (PERSOLO, 2018)

6.5. Simulação de custo tubulões anterior pré-atualização da NR-18

Antes da NR-18 de 2020, os tubulões não tinham necessidade de encamisamento e o fuste mínimo era de 70cm de diâmetro, o que permitiria a este projeto do Anexo 1, ser executado sem quaisquer restrições. (CBIC apud. MTE,2020). Com base nesses fatores decidiu-se realizar um comparativo de custo simulando como seria caso a NR-18 não tivessem tais atualizações, verificando atualização no custo do serviço de escavação manual de tubulões.

6.5.1. Projeto original – Tubulões com abertura manual de base e sapatas

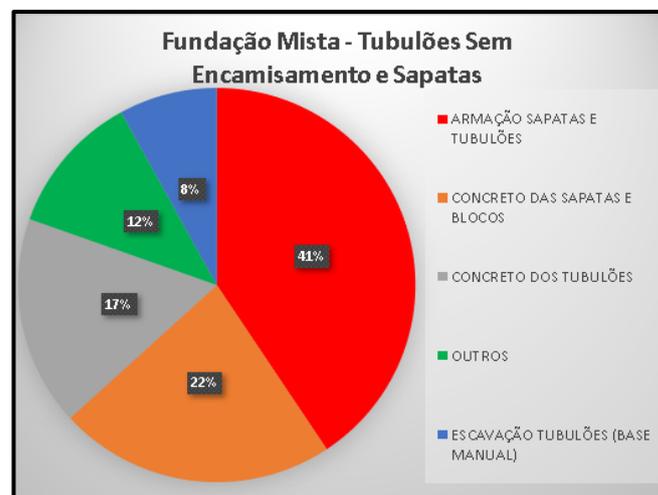
Conforme Anexo 1, as sapatas foram executadas com escavação mecanizada, até o limite imposto pela NBR 6122, que prevê a paralisação a no mínimo 30 cm acima da cota de assentamento, sendo necessária a parcela final, ser removida com escavação manual, o que também foi contabilizado na composição de custos. (ABNT, 2022)

A escavação manual da base e abertura de fuste dos tubulões foi orçado com preços atualizados para o ano de 2024, o preço do concreto usinado foi orçado com base na última atualização de preço de concreto usinado com uso recorrente na região metropolitana de Goiânia/GO, local da obra analisada.

No caso da empresa designada para a escavação dos tubulões, não houve cobrança de Mobilização/Desmobilização.

Distribuição de custos no serviço com base na Figura 17 e em planilhas do Apêndice 1.

Figura 17 – Simulação de Composição de Custo sem atualização NR-18



Fonte: Dos autores, 2024

Conforme visto na Figura 17, nota-se que antes da NR-18, no quesito custo, a escavação demandava um percentual bem menor no custo geral, pois não havia encamisamento obrigatório, o que gerou um aumento considerável após a NR-18.

6.5.2. Tubulões com base manual sem encamisamento

Por fim, foi analisado, se fosse possível, quanto seria o custo geral da fundação da obra, considerando a adesão total de tubulões na composição, e feitos de maneira anterior à atualização da NR-18.

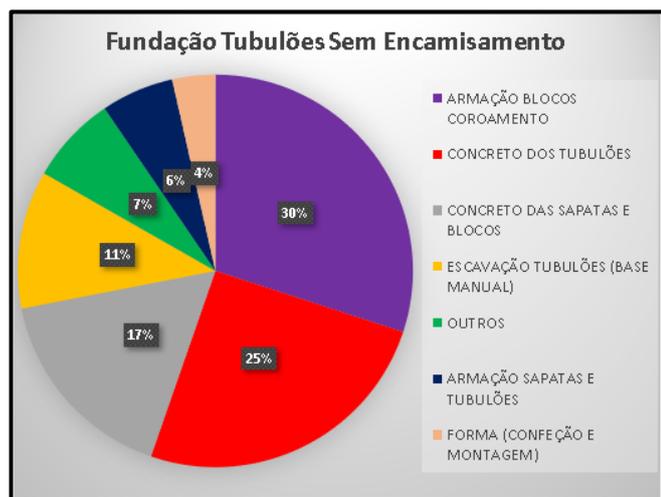
Sobre perspectiva custo, os tubulões sem encamisamento tiveram um desempenho melhor que todos os outros métodos, evidenciando ainda mais o impacto de preço na utilização do encamisamento em tubulões à céu aberto.

Porém, como relatado, o projeto descrito em Anexo 2 é um projeto otimista que provavelmente não seria viável de ser executado do ponto de vista técnico e de segurança. O projeto tem grande concentração de tubulões na parte central do edifício, onde se concentra a maior quantidade de cargas gerando uma proximidade que compromete diretamente o fator executivo e a segurança já que o risco de desmoronamento aumenta

muito com isso. Além disso, se fosse respeitado o fator de segurança da concretagem de tubulões impostas pela NBR 6122:2022, o prazo de execução se estenderia por mais de dois meses, considerando o tempo de resistência necessária do concreto, sendo inviável em prazo, segurança e técnica.

Os parâmetros de custo que compõem esse serviço podem ser verificados na Figura 18 e no Apêndice 1.

Figura 18 – Simulação de composição de custo sem atualização da NR-18



Fonte: Dos autores, 2024

6.6. Análise e desenvolvimento de índices

Para o estudo dos serviços, materiais, equipamentos e ferramentas contemplados no estudo de caso comparativo, foram utilizados alguns índices com base em estudo de índices orçamentários.

6.6.1. Índice de aço e concreto

Para estudo orçamentário de projetos preliminares foi considerado índice de aço e concreto para cálculo dos parâmetros. Vale ressaltar que em algumas análises foram retirados de projeto e não utilizados índices sendo predominantes em estaca e blocos de coroamento. Adotado um valor de aço de acordo com Quadro 1:

Quadro 1 – Índice de aço para fundações

Estaca Hélice	22kg/m ³ de concreto
Blocos de Coroamento	90kg/m ³ de concreto

Fonte: Dos autores, 2024

6.6.2. Desenvolvimento de índice de carga

Foram desenvolvidos índices de carga com base em comparativo com volume de concreto (m³), com aço e preço, observando todos os meios de execução de fundação e métodos estudados: Tubulão Mecanizado (TMECA), Tubulão Mecanizado com Sapata (TMECAS), Estaca Hélice Contínua (EHC), Tubulão Encamisado e Sapata (TMES), Tubulão Sem Encamisamento e Sapata (TMS) e Tubulão sem Encamisamento (TM). Na Tabela 2, são apresentados índices de custo com base na carga imposta sobre a fundação:

Tabela 2 – Índice Custo/Carga

TIPO DE FUNDAÇÃO	ÍNDICE CUSTO/CARGA (R\$/tf)
EHC	R\$77,14
TMECAS	R\$71,95
TMES	R\$64,63
TMECA	R\$64,31
TMS	R\$56,93
TM	R\$50,02

Fonte: Dos autores, 2024

Os índices desenvolvidos na tabela 2, demonstrou ser variável em diferentes tipos de solos, tendo que ser semelhante ao que foi verificado, para ter realidade.

Os itens em vermelho remetem às simulações de preço para as fundações com presença de tubulões sem encamisamento para identificação de como seria sem a atualização da NR-18. Nas tabelas 3 e 4 são apresentados índices com quantidade de aço e concreto, em função da carga empregada:

Tabela 3 – Índice Aço/Carga

TIPO DE FUNDAÇÃO	ÍNDICE AÇO/CARGA (kg/tf)
TMECAS	2,91
TMS	2,91
TMES	2,91
TM	2,21
TMECA	2,21
EHC	2,10

Fonte: Dos autores, 2024

Tabela 4 – Índice concreto/carga

TIPO DE FUNDAÇÃO	ÍNDICE CONCRETO/CARGA (m ³ /tf)
EHC	0,070
TMECAS	0,039
TMES	0,039
TMS	0,039
TMECA	0,036
TM	0,036

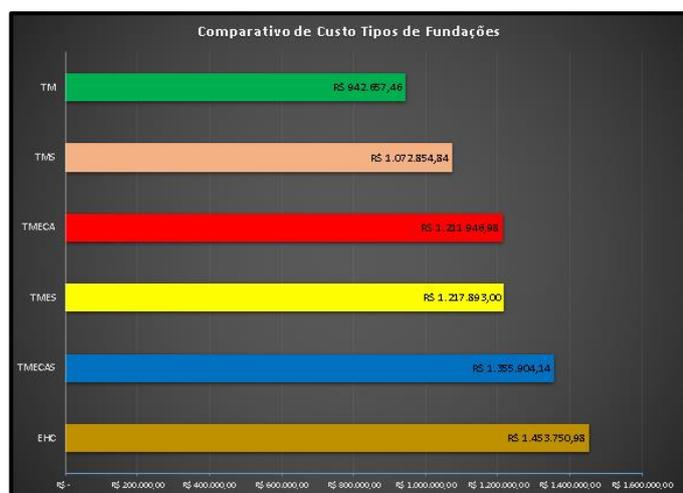
Fonte: Dos autores, 2024

7.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o fim do comparativo traça-se alguns pontos de reflexão para a tomada de decisão para a melhor fundação. A questão é que para essa fundação seria mais viável a utilização da fundação do tipo mista, com tubulões e sapatas.

Com base em comparativo de custo, pode-se verificar na Figura 19:

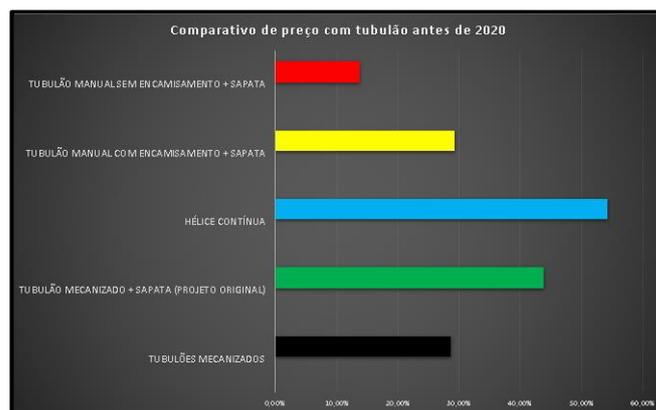
Figura 19 – Comparativo final de custo de fundações



Fonte: Dos autores, 2024

Foi feito também um comparativo de preço com base na obra apenas com tubulão sem encamisamento, para avaliar o aumento de preço com a atualização da NR-18, de acordo com a Figura 20:

Figura 20 – Comparativo de aumento de preço em relação ao tubulão sem encamisamento



Fonte: Dos autores, 2024

7.1. Pontos de defesa do resultado

A fundação original mista com tubulões e sapatas com base em análise é a mais viável com base em pontos de vista técnico, segurança, de prazo e de custo, desde que seja feita de forma mecanizada nos tubulões. Isso ocorre, pois, à estaca hélice contínua em comparação a um tubulão realizado de forma inteiramente mecanizada, pode-se ser realizada em menos de 1 mês com base na média descrita pela fabricante. A fundação em hélice contínua possui um tempo curto de execução e uma praticidade muito melhor que vários métodos incluindo o último citado, porém, o alto custo e a demanda grande de concreto, em especial para este empreendimento, faz com que a opção de tubulão mecanizado com sapata seja a escolha mais viável.

Em contrapartida, as estacas hélice contínua em empreendimentos com solos levemente mais moles que o da obra analisada verificada nos laudos de sondagem do Anexo 2 seria a opção mais viável, pois pode haver uma necessidade de maior profundidade e uma necessidade de uma fundação que receba sem interferências a maior quantidade de carga imposta.

A solução com encamisamento em tubulões e a utilização de sapatas se torna inferior se comparada à hélice contínua pela sua demanda de tempo, equipe e gestão de segurança, o que acaba não compensando a longo prazo.

A solução somente com tubulões, mesmo que encamisados é inviável do ponto de vista técnico, de

prazo e principalmente de segurança o que torna a pior solução que possa ser tomada.

7.2. Comparativo de impacto de preço dentro do orçamento de obra

Para concluir as discursões, deve ser verificado o impacto gerado pelo preço das fundações dentro do orçamento de obra, sendo que foi tomado como base o INCC de fevereiro de 2019, data de encerramento da obra em comparação a maio de 2024.

Em fevereiro de 2019 foi constatado que a obra possuía um valor de orçamento igual a R\$24.125.915,80, sendo recalculado ao INCC atual consta um total de R\$ 35.726.313,99, conforme Apêndice 1. A variação de custo dentro do orçamento é mostrada na figura 21:

Figura 21 – Comparativo de variação de custo na composição do orçamento em relação ao tubulão sem encamisamento



Fonte: Dos autores, 2024

A linha vermelha do gráfico representa a variação de custo que a obra terá em relação à opção mais barata (Fundação somente com tubulões manual sem encamisamento), e sua variação de custo em relação ao custo geral de obra.

8. CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho conclui-se que o tubulão tem viabilidade econômica e de segurança, e

que já existem técnicas para atender as exigências da atualização da NR-18, trabalhando de forma mecanizada, aumentando a produtividade e garantindo a segurança.

8.1. Sugestões de trabalhos futuros

Este estudo fornece uma visão momentânea de parâmetros de tomada de decisão na escolha do tipo de fundação para o empreendimento e terreno específico, apresentando um resultado financeiro que serve de balizador para tomada de decisão dos empreendedores, não encerrando o assunto, devido às limitações desta pesquisa, mas deixa como pontos de melhoria:

- Analisar outros tipos de encamisamento, por exemplo o uso de formas de papelão;
- Analisar o projeto 100% em sapata devido ao alto SPT;
- Execução de projeto em estaca hélice contínua;
- Estudar com tubulões com diâmetro de base até 3 m;

9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT-_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento. Rio de Janeiro, 2022, 22 p.

ABNT-_____. NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT-_____. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BRITO, Diego. Tubulão a céu aberto – Tubulão a ar comprimido. Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC), Vitória da Conquista, novembro de 2017. Disponível em <[FUNDAÇÕES PROFUNDAS \(wordpress.com\)](https://www.fundacoesprofundas.wordpress.com)> Acesso em 29 de maio de 2024.

CARNEIRO, Benedito. Comportamento de tubulões à céu aberto, instrumentados, em solo-não saturado,

colapsível, 1999. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, dezembro de 1999. Disponível em <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-16062015-](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-16062015-103300/publico/Carneiro_BJI_Tese.pdf)

103300/publico/Carneiro_BJI_Tese.pdf > Acesso em 28 de março de 2024.

HANCHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico; SAES, José; FROTA, Régis; CARVALHO, Celso; NIYAMA, Sussumu. Fundações: Teoria e Prática. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998. P. 302-322 e 400-408.

MARINHO, Filipe. Fundações profundas: tubulões. Guia da Engenharia, 2020. Disponível em <[Fundações profundas: tubulões – Guia da Engenharia](#)> Acesso em 20 de maio de 2024.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. São Paulo. Editora: Pini, 2006.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo; SCHNAID, Fernando. Patologia das Fundações, 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 33 – Segurança E Saúde Nos Trabalhos Em Espaços Confinados. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022.

MONTICUCO, Deogledes. Coleção MONTICUCO Fascículo N° 100 Engenharia de Segurança e Meio Ambiente do Trabalho - Considerações e fotos tubulão à céu aberto. Foto tirada em 2006. DOCPLAYER, 2014. Disponível em <<https://docplayer.com.br/34922152-Colecao-monticuco-fasciculo-no-100-engenharia-de-seguranca-e-meio-ambiente-do-trabalho-consideracoes-e-fotos-tubulao-e-fuste-a-ceu-aberto.html>> Acesso em 21 de maio de 2024.

NR-18: Planilha Comparativa. CBIC, 2020. Disponível em <[Planilha compara Norma Regulamentadora nº 18 vigente com a nova - CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção](#)> Acesso em 20 de abril de 2024.

O que são fundações profundas? Saiba mais sobre. Educa Civil, 2020. Disponível em <[O que são fundações profundas? Saiba mais sobre – EDUCA CIVIL](#)> Acesso em 20 de maio de 2024.

PEREIRA, Caio. Tubulão à céu aberto. Escola Engenharia, 2021. Disponível em <[Tubulão a céu aberto - Escola Engenharia](#)> Acesso em 20 de maio de 2024.

PERSOLO. PERSOLO, 2018. Disponível em <[Home - Persolo](#)> Acesso em 15 de março de 2024.

Poceiros. VWF Fundações, nd. Disponível em <<https://vwffundacoes.com.br/poceiros/>> Acesso em 22 de maio de 2024.

REZENDE, Diego; HAUCK, Roger. Tubulões: Abertura de base pelo método mecanizado, 2019. Monografia (Curso de Engenharia Civil). Faculdade Doctum Juiz de Fora. Juiz de Fora/Minas Gerais, 2019. Disponível em <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3021/1/TUBULA%C3%87%C3%95ES%20ABERTURA%20DE%20BASE%20PELO%20METODO%20MECANIZADO.pdf>> Acesso em 29 de março de 2024.

Tubulões encamisados, tubulões pré-fabricados de concreto. VTN, nd. Disponível em <<http://www.vtn.com.br/pre-moldados-e-fundacoes/tubuloes-pre-fabricados/tubuloes-encamisados.php>> Acesso em 15 de abril de 2024.

10. ANEXO 1

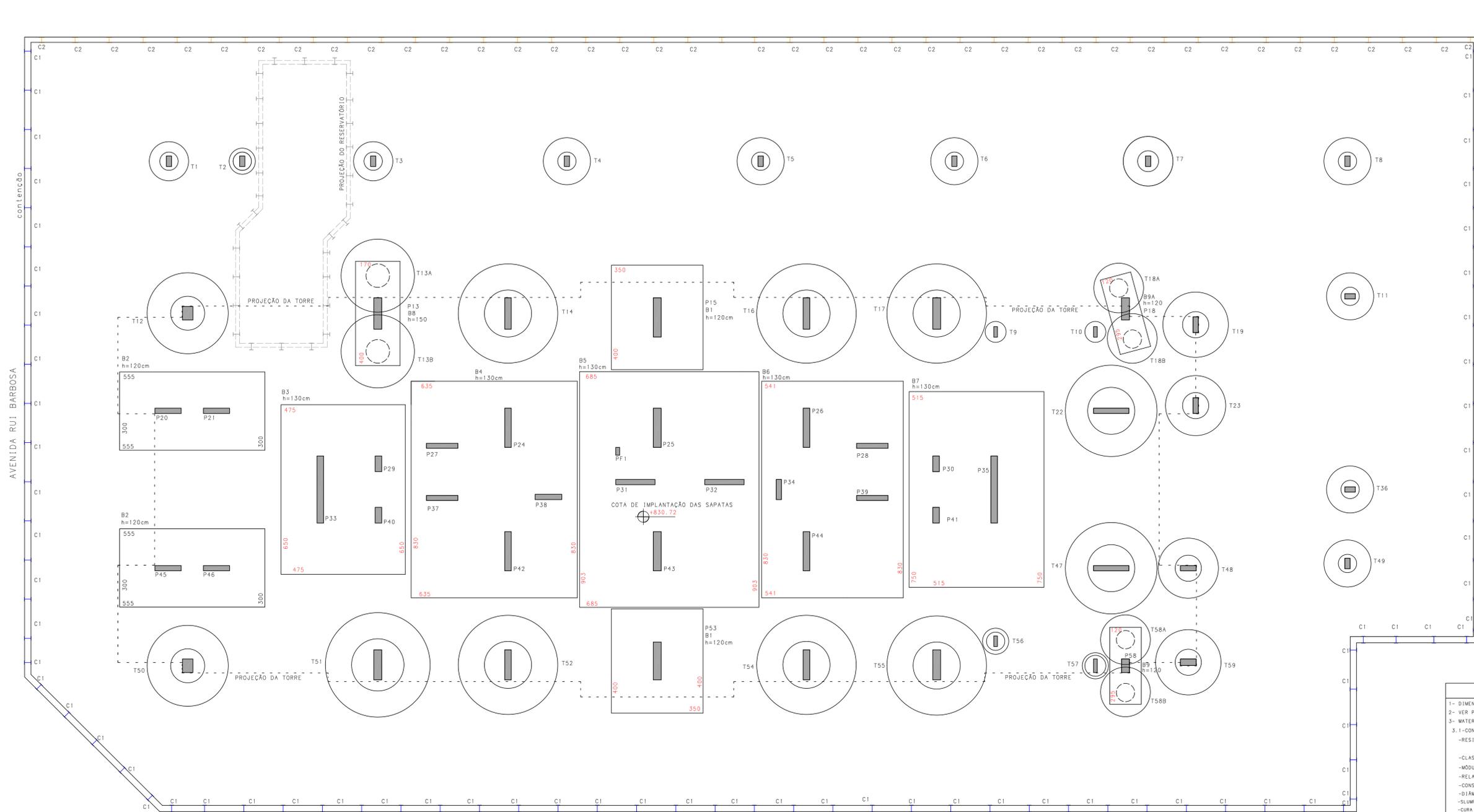
Projeto de Fundação Original da obra analisada em estudo de caso, constando fundação mista, tubulão e sapatas, e de projeto preliminar contendo somente tubulões.

11. ANEXO 2

Proposta comercial com base em projeto executado e ao laudo de sondagem e ao croqui de localização dos furos, para a verificação do solo, referente ao furo com resistência à maior profundidade. Características gerais do solo da obra: Solo com Silte rico em Sica, Silte Arenoso, Argilo-Arenoso. Sondagem para consideração de estudo de fundação a partir de 6,12m, cota de fundo do segundo subsolo da obra.

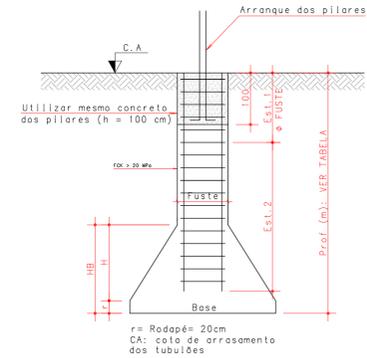
12.APÊNDICE 1

Planilhas gráficas utilizados no estudo de caso, com dados de distribuição de serviço, preço unitário com base em propostas comerciais.

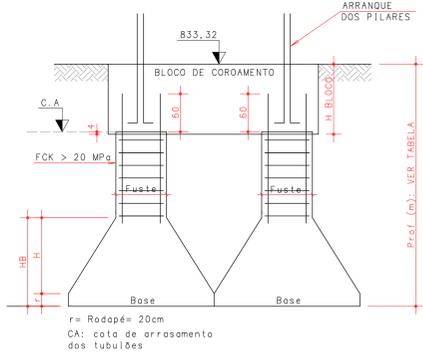


Planta de locação das fundações
Escala 1:100

CORTE GENÉRICO DOS TUBULÕES
Sem escala



CORTE GENÉRICO DOS TUBULÕES COM BLOCO
Sem escala



NOTAS TUBULÕES/BLOCOS DE COROAMENTO

- MATERIAIS:
 - CONCRETO PARA TUBULÕES/BLOCOS DE COROAMENTO:
 - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESSÃO TUBULÕES: $F_{ck}=20MPa$;
 - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESSÃO BLOCOS DE COROAMENTO: $F_{ck}=25MPa$;
 - MÓDULO DE ELASTICIDADE MÍNIMO: DE ACORDO COM A NBR 6118:2014 EM FUNÇÃO DO AGREGADO GRAUADO UTILIZADO COM O MÍNIMO DE 21287 MPa;
 - RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO MÁXIMA = 0,60;
 - CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO POR m³: 300kg;
 - DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO DO AGREGADO GRAUADO = 19mm;
 - SLUMP: 12 + 1;
 - CURA ÚMIDA RIGOROSA POR 7 DIAS.
 - ACÓ ESTRUTURAL CASO/CA60 - $F_y=500MPa$ - $F_y=600MPa$. (MARCA GERDAU, BELGO MINEIRA OU SIMILAR)
- COBRIMENTO DAS PEÇAS ESTRUTURAIS: (CONTROLE RIGOROSO - GARANTIDO POR ESPACADORES PLÁSTICOS)
 - TUBULÕES/BLOCOS = 5 cm.
- TENSÃO DO SOLO $\geq 4,0$ kgf/cm². O APOIO SERÁ SOBRE O SOLO COMPACTADO.
- PROFUNDIDADE DOS TUBULÕES: VER TABELA.
- A EXECUÇÃO DOS TUBULÕES DEVE SEGUIR RIGOROSAMENTE OS PRECÍTIOS DITADOS NO "ANEXO A" DA NBR 6122:2010, COM DESTAQUE AO ITEM 4.2, EM QUE AS NORMAS DE SEGURANÇA DA PORTARIA 3214 E NR-18 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO SÃO IMPRESCINDÍVEIS.
- NO CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO DEVERÁ SER OBEDECIDA A NBR 12655:2015.
- O CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO DEVERÁ SER DO TIPO RIGOROSO.
- A LIBERAÇÃO PARA CONCRETAGEM DOS TUBULÕES DEVERÁ SER FEITA PELO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO, QUE CONFIRMARÁ IN LOCO A CAPACIDADE DE SUPORTE DO MATERIAL.

TABELA DOS TUBULÕES

TUBULÃO	PILARES	PROFUNDIDADE (m)	FUSTE (cm)	BASE (cm)	HB (cm)	QUANT.	Volume de Concreto(m ³)	Cota de Implantação do Base	Cota de Arrasamento do Fuste
T1/T3	P1/P3	4,00	70	150	90	2	4,48	829,50	833,32
T2/T56	P2/P56	4,00	70	100	50	2	3,35	829,50	833,32
T4/T5/T6	P4/P5/P6	4,00	70	180	120	3	8,68	829,50	833,32
T7	P7	5,00	80	190	120	1	3,99	828,50	833,32
T8/T11/T36/T49	P8/P11/P36/P49	5,00	70	180	120	4	13,11	828,50	833,32
T12/T50	P12/P50	4,00	130	310	180	2	21,70	829,50	833,32
T13A/T13B	P13	4,00	90	280	190	2	15,80	829,50	831,86
T14/T16/T52/T54	P14/P16/P52/P54	4,00	180	380	200	4	75,65	829,50	833,32
T17/T51/T55	P17/P51/P55	4,00	200	400	200	3	65,97	829,50	833,32
T9	P9	4,00	80	80	-	1	2,01	829,50	833,32
T10	P10	5,00	80	80	-	1	2,51	828,50	833,32
T18A/T18B	P18/P58	5,00	70	190	130	4	12,68	828,50	832,16
T19/T59	P19/P59	5,00	100	250	150	2	14,10	828,50	833,32
T22/T47	P22/P47	5,00	180	350	170	2	37,76	828,50	833,32
T23/T48	P23/P48	5,00	100	230	140	2	12,71	828,50	833,32
T57	P57	5,00	80	100	40	1	2,60	828,50	833,32

QUANTITATIVOS - FUNDAÇÃO:

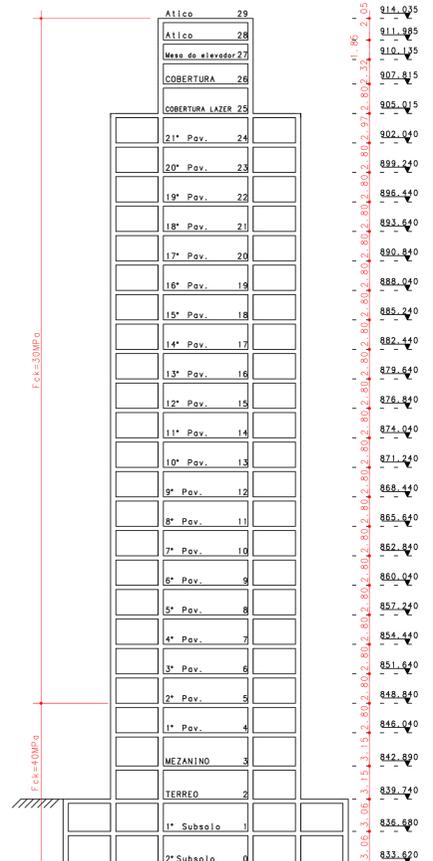
	SAPATAS/BLOCOS	BLOCOS DE COROAMENTO
CONCRETO (m ³)	370,85	18,70
FORMA (m ²)	254,00	37,10

NOTAS BLOCOS

- DIMENSÕES EM CENTÍMETROS, ELEVACÕES EM METRO.
- VER PLANTA DE IMPLANTAÇÃO, DO PROJETO DE ARQUITETURA, PARA LOCAÇÃO.
- MATERIAIS:
 - CONCRETO:
 - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESSÃO:
 - BLOCOS: $F_{ck}=30MPa$;
 - CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL II;
 - MÓDULO DE ELASTICIDADE MÍNIMO: DE ACORDO COM A NBR 6118:2014
 - RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO MÁXIMA = 0,55;
 - CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO POR m³: 300kg;
 - DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO DO AGREGADO GRAUADO = 19mm;
 - SLUMP: 8 + 1;
 - CURA ÚMIDA RIGOROSA POR 7 DIAS.
 - ACÓ ESTRUTURAL CASO/CA60 - $F_y=500MPa$ - $F_y=600MPa$. (MARCA GERDAU, BELGO MINEIRA OU SIMILAR)
- COBRIMENTO DAS PEÇAS ESTRUTURAIS: (CONTROLE RIGOROSO - GARANTIDO POR ESPACADORES PLÁSTICOS)
 - SAPATAS / BLOCOS = 5,0 cm.
- APÓS A VERIFICAÇÃO DO INÍCIO DA PEGA DO CONCRETO, AS PEÇAS DEVERÃO ESTAR SEMPRE MOLHADAS.
- NÃO USAR ADITIVOS A BASE DE CLORETO.
- AS FORMAS DE MADEIRA DEVERÃO SER MOLHADAS ATÉ O ENCHARCAMENTO INSTANTÂNEO ANTES DA CONCRETAGEM.
- NO CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO DEVERÁ SER OBEDECIDA A NBR 12655:2015.
- CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO DEVERÁ SER DO TIPO RIGOROSO.
- CASO SE UTILIZE DESMOLHANTES, ESTES DEVERÃO SER APLICADOS ANTES DA DISPOSIÇÃO DAS ARMADURAS.
- CASO SEJA NECESSÁRIO A REALIZAÇÃO DE JUNTA DE CONCRETAGEM POR INTERUPÇÃO DE LANÇAMENTO, CONSULTAR O CALCULISTA PARA DETALHES DE LOCALIZAÇÃO E TRATAMENTO DA MESMA.
- A EXECUÇÃO DEVERÁ SER ACOMPANHADA DOS DESENHOS DE ARQUITETURA.
- NENHUMA ALTERAÇÃO NO PROJETO ESTRUTURAL PODERÁ SER EFETUADA SEM A AUTORIZAÇÃO DO PROJETISTA.

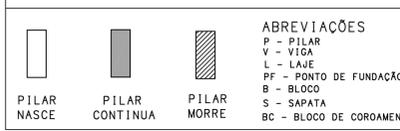
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

- NBR 6118 - PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
 - NBR 6120 - CARGAS PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES
 - NBR 6123 - FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES
 - NBR 8881 - AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS
 - NBR 6122 - PROJETO DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES
- EXECUÇÃO:**
- TODAS AS INTERFERÊNCIAS DO PROJETO ESTRUTURAL COM OS DEMAIS PROJETOS, ASSIM COMO AS COTAS E OS NÍVEIS DAS FORMAS, DEVERÃO SER VERIFICADOS E ACEITADOS PELO RESPONSÁVEL TÉCNICO DA OBRA OU PELO RESPONSÁVEL PELA COMPATIBILIZAÇÃO.

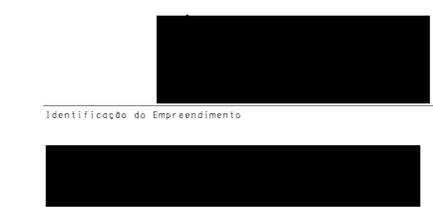


Corte esquemático
Escala 1:350

CONVENÇÕES PLANTA DE FORMA



Eng. responsável: _____ Proprietário: _____

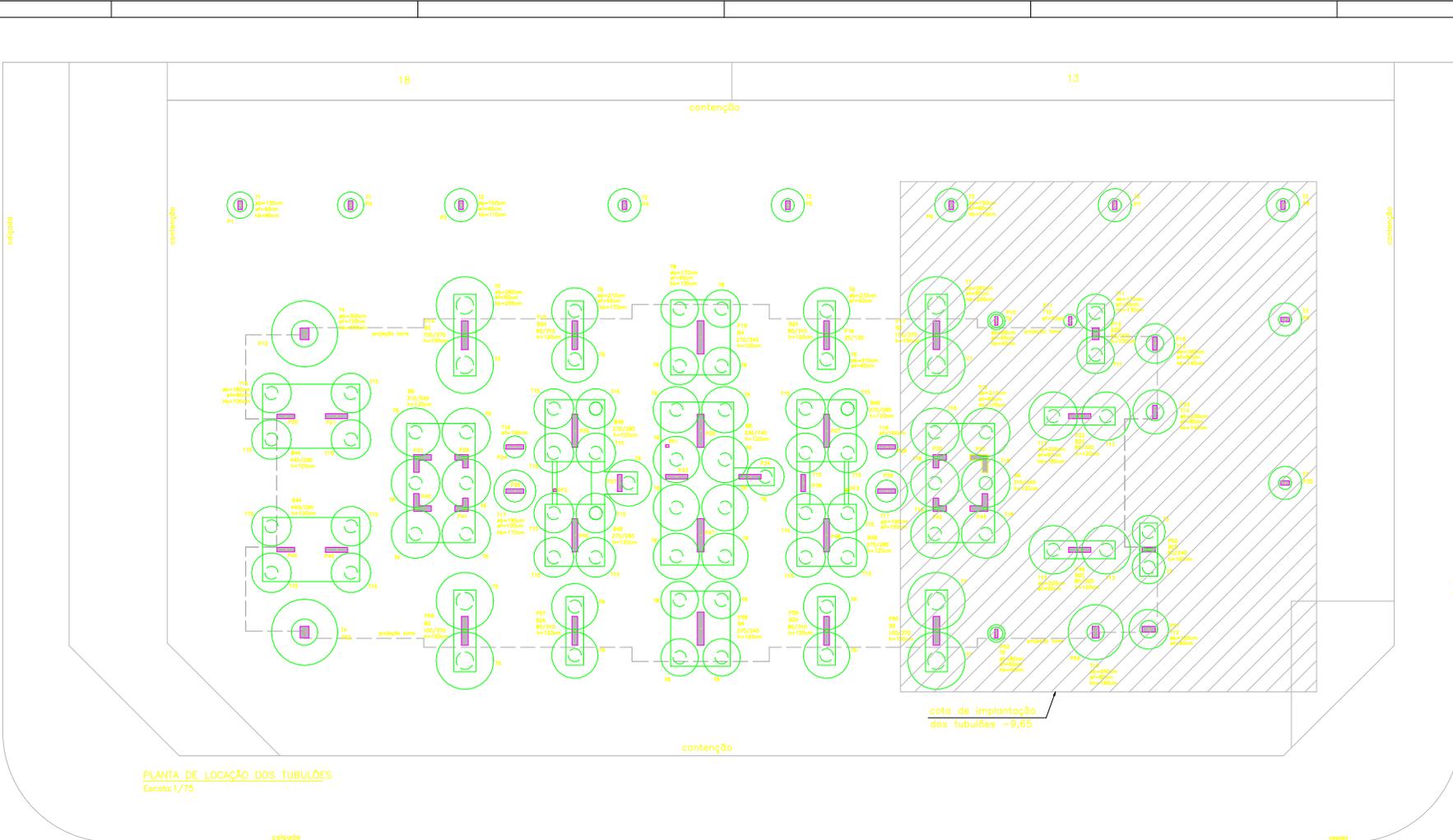


ENDERECO CLIENTE
Avenida T-5, Esq c/avenida Rui Barbosa, bairro Serrinha
GOIÂNIA - GO
Título do desenho
FUNDAÇÃO

PLANTA DE LOCAÇÃO DA FUNDAÇÃO

Escola	Fase	No. rev.
INDICADAS	EXECUTIVO	R08
No. do desenho RTB-FUN-101-PE-PLA-LOC-R08		
Escala gráfica		
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10cm		

AVENIDA RUI BARBOSA



PLANTA DE LOCAÇÃO DOS TUBULÕES
Escala: 1/75

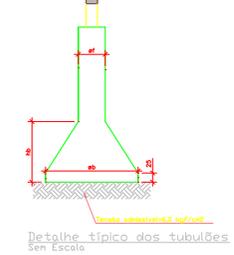
AVENIDA T-5

- NOTAS**
- 1- DIMENSÕES EM CENTÍMETROS, ELEVADORES EM METROS
 - 2- VER PLANOS DE SUPORTE, DE PROJETO DE ARQUITETURA, PARA LOCALIZAÇÃO DE MATERIAIS
 - 3- CONCRETO PARA ALARMAZ
 - 4- CONCRETO CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO Fc=10MPa
 - 5- REFORÇO CARACTERÍSTICO À COMPRESSÃO Fc=10MPa
 - 6- MÓDULO DE ELASTICIDADE MÍNIMO DE AÇO COM A MESH ESTRELA
 - 7- EM FUNÇÃO DO MÓDULO ELÁSTICO UTILIZADO EM A MESH DE AÇO MESH, REALIZAR ADEQUADO AÇO À MESH
 - 8- DIMENSÃO MÍNIMO DE CENTRO PARA MESH
 - 9- MÓDULO MÍNIMO CARACTERÍSTICO DO MÓDULO ELÁSTICO = 190000 N/mm²
 - 10- MESH SEM REDEIRA POR 3 MIL
 - 11- DIMENSÃO CIRCUNFERÊNCIA CIRCUNFERÊNCIA F=1000MPa - F74-000MPa
 - 12- MESH SEM REDEIRA MESH MESH DO CÍRCULO
 - 13- MESH SEM REDEIRA MESH MESH DO CÍRCULO
 - 14- CONCRETO À 28 DIAS ESTIMADO
 - 15- MESH MESH - MESH MESH POR ESPALHADORES PLÁSTICOS
 - 16- MESH MESH - MESH MESH
 - 17- MESH MESH - MESH MESH
 - 18- LIGAR O FUNDADO E FUNDADO EM LOCALIZADO DOS FUNDADOS
 - 19- O CENTRO DE GRAVIDADE DAS SAPATAS CONCRETO COM O CENTRO DE GRAVIDADE DAS FUNDADOS
 - 20- NO CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO DEVERÁ SER OBSERVADO A MESH MESH
 - 21- NO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO DEVERÁ SER O TIPO RESISTENTE
 - 22- LIGAR PARA CONCRETAR DAS SAPATAS DEVERÁ SER FEITA PELO CONCRETO RESISTENTE, PARA EVITAR DA FUNDADO
 - 23- TODOS OS TUBULÕES SERÃO IMPLANTADOS NA COTA = 9,65 COM ENCLAVADO DOS TUBULÕES EM FUNDADO

- DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**
- EMBR 848 - PROJETO DE ESTRUTURA DE CONCRETO
 - EMBR 849 - PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDADOS
 - EMBR 850 - CORTES E SESSÃO NAS ESTRUTURAS

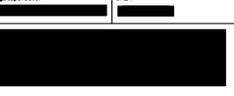
EXECUÇÃO

TODAS AS DIMENSÕES EM METROS ESTIMADAS, COM OS TUBULOS IMPLANTADOS NA COTA DE 9,65 M, COM MESH SEM REDEIRA MESH MESH DO CÍRCULO



Detalhe típico dos tubulões sem Escala

Eng. Responsável	CREA



Identificação do Empreendimento

RESIDENCIAL TERRAZZO BUENO
GOIÂNIA - GO

PROJETO CLIENTE: [Redacted] e [Redacted] - Rua [Redacted] - [Redacted] - [Redacted] - [Redacted]

Título do Desenho: Fundação

PLANTA DE LOCAÇÃO DOS TUBULÕES

Cota de esgoto sanitário

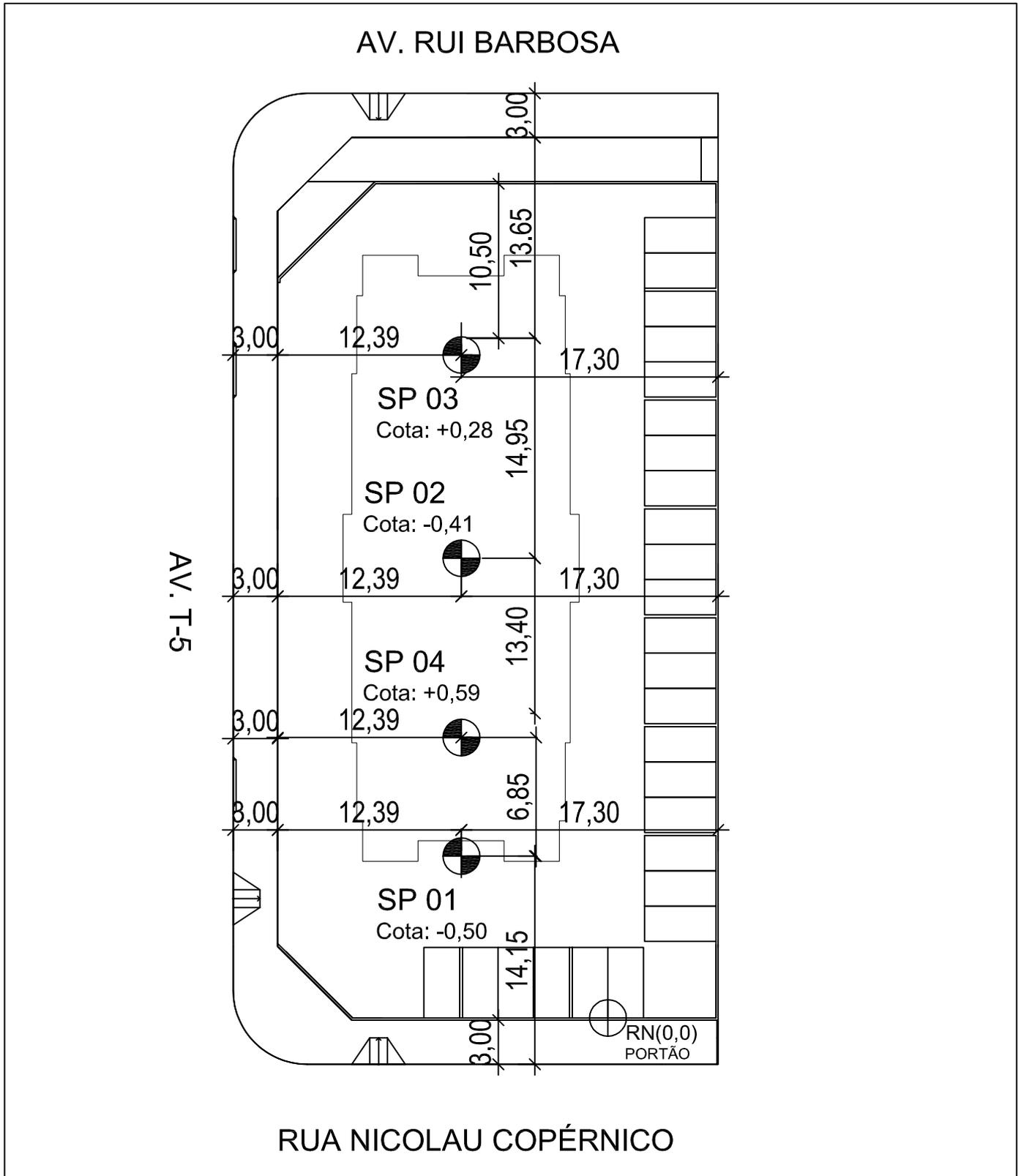
Escala	INDICADA	Fase	BÁSICO	No. rev.
				ROO

No. do desenho: RTB-FUN-PB-201-PLA-ZSS-ROO

Escala gráfica



LOCAÇÃO DOS FUROS DE SONDAGEM CROQUI SEM ESCALA



DESCRIÇÃO DO MATERIAL GRANULOMETRIA, PLASTICIDADE, COR, E ORIGEM.	PROFUNDIDADE DA SONDAGEM (m)	COTA (m)		T.C.	T.H.	C.A.	NÍVEL D'ÁGUA (m)	ENSAIO DE PENETRAÇÃO											
		+0,28						PESO PADRÃO DE 65 kg ALTURA DE QUEDA = 75cm											
		Nº GOLPES						— 1ª E 2ª PENETRAÇÕES											
		1ª+2ª	2ª+3ª					-----2ª E 3ª PENETRAÇÕES											
		10	20	30	40	50	AMOSTRA												
Argila marrom.	0.00 - 1.00	-	-				00												
Argila marrom, muito mole a mole.	1.00 - 1.45	03	02				01												
Argila marrom c/ quartz, mole.	2.00 - 2.45	03	03				02												
Argila marrom, mole.	3.00 - 3.45	03	04				03												
	4.00 - 4.45	05	05				04												
Argila marrom c/ quartz, rija.	5.00 - 5.45	17	18				05												
Argila marrom c/ quartz, dura.	6.00 - 6.45	20	24				06												
Silte micáceo variegado c/ quartz, duro.	7.00 - 7.45	28	31				07												
Silte micáceo marrom, duro.	8.00 - 8.45	33	36				08												
Silte micáceo variegado, duro.	9.00 - 9.45	35	35				09												
	10.00 - 10.45	34	35				10												
	11.00 - 11.45	34	37				11												
Silte micáceo marrom, duro.	12.00 - 12.45	36	38				12												
Silte arenoso marrom, compacto.	13.00 - 13.45	39	40				13												

CLIENTE: [REDACTED]	OBRA: RESIDENCIAL	
END: AV. T-5, [REDACTED], SETOR SERRINHA, GOIÂNIA-GO.		
N.A.: 11,22m	DATA DA SONDAÇÃO: 20/03/2017	DATA: 21/03/2017
RESP. TÉCNICO: ENG. [REDACTED]	VISTO:	
RESP. TÉCNICO: ENG. [REDACTED]	VISTO:	

BOLETIM DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO	SP - 03
--	----------------



DESCRIÇÃO DO MATERIAL GRANULOMETRIA, PLASTICIDADE, COR, E ORIGEM.	PROFUNDIDADE DA SONDAGEM (m)	COTA (m)		R.	C.A	NÍVEL D'ÁGUA (m)	AMOSTRA	ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
		+0,28						PESO PADRÃO DE 65 kg ALTURA DE QUEDA = 75cm —— 1ª E 2ª PENETRAÇÕES -----2ª E 3ª PENETRAÇÕES						
		Nº GOLPES						10	20	30	40	50		
		1ª+2ª	2ª+3ª											
Silte arenoso variegado, compacto.	14.00 - 14.45	40	39				14							
Silte micáceo variegado, duro.	15.00 - 15.45	39	39				15							
	16.00 - 16.45	40	41				16							
	17.00 - 17.45	41	45				17							
Silte micáceo variegado c/ quartzo, duro.	18.00 - 18.45	43	61				18							

CLIENTE: [REDACTED] OBRA: RESIDENCIAL

END: AV. T-5, [REDACTED], SETOR SERRINHA, GOIÂNIA-GO.

N.A.: 11,22m DATA DA SONDAGEM: 20/03/2017 DATA: 21/03/2017

RESP.TÉCNICO: [REDACTED] VISTO:

RESP.TÉCNICO: [REDACTED] VISTO:

SP - 03
CONTINUAÇÃO

BOLETIM DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

A

Proposta Comercial nº [REDACTED]

A/C: [REDACTED]

Serviços: **Tubulões Mecanizados**

[REDACTED] - Projeto e execução de fundações (Anexo B – Tubulões a céu aberto – Procedimentos executivos) | Com a utilização do Dispositivo Alargador de Base de Tubulão (Patente nº [REDACTED])

Tubulões Manuais

[REDACTED] - Projeto e execução de fundações (Anexo B – Tubulões a céu aberto – Procedimentos executivos)

Obra: [REDACTED]

Local: Avenida T-5, [REDACTED] - Bairro Serrinha
Goiania - GO

Docs. Ref.: Documentos/Informações fornecidas pelo Contratante/Cliente via e-mail em 17/04/2024 as 15h47min.
Projetos de Fundação realizado pela empresa [REDACTED]
Ensaio de Sondagem realizado por [REDACTED]

Prezado (s) Senhor (es):

Atendendo a solicitação de V.Sa. e com base nos dados disponibilizados, apresentamos nossa proposta para informar os preços e condições para o serviço de perfuração de solo mecanizado para execução de **Tubulões Mecanizados**, na obra acima mencionada, conforme descrito abaixo:

1. TABELAS

1.1 TABELA QUANTITATIVA

Item	Quantidade (un.)	FUSTE				BASE		
		Ø (m) PROJETO	Ø (m) BMT	Profundidade (m)	Metragem Total (m)	Ø (m)	Volume (m³)	Volume Total (m³)
1	1	0,80	0,80	4,00	4,00	-	-	-
2	1	0,80	0,80	5,00	5,00	-	-	-
3	4	0,70	0,80	6,30	25,20	1,90	1,70	6,80
4	1	0,80	0,80	5,40	5,40	1,00	0,19	0,19
5	2	0,70	0,70	4,50	9,00	1,00	0,22	0,44
6	2	0,70	0,70	4,90	9,80	1,50	0,82	1,64
7	3	0,70	0,80	5,20	15,60	1,80	1,44	4,32
8	4	0,70	0,80	6,20	24,80	1,80	1,44	5,76
9	1	0,80	0,80	6,20	6,20	1,90	1,70	1,70
10	2	0,90	0,90	5,90	11,80	2,80	5,49	10,98
11	2	1,00	1,00	6,50	13,00	2,50	4,13	8,26
12	2	1,00	1,00	6,40	12,80	2,30	3,11	6,22
13	2	1,30	1,30	5,80	11,60	3,10	6,93	13,86
14	2	1,80	1,80	6,70	13,40	3,50	11,72	23,44
15	4	1,80	1,80	6,00	24,00	3,80	11,72	46,88
16	3	2,00	2,00	6,00	18,00	4,00	14,60	43,80
	36				209,60			174,29

1.2 TABELA DE PREVISÃO DE VALOR GLOBAL

A tabela a seguir, além de informar o valor unitário de cada serviço ou etapa de trabalho, visa também estimar o valor global do serviço com base nas informações disponíveis no momento da elaboração da proposta.

Descrição serviços	Valor	Unid.	Quant.	Total
SOLUÇÃO 1				
TUBULÕES MECANIZADOS				
Fuste Mecanizado Ø 0,70 m (R\$ 120,90/m ³)	R\$ 46,50	m.l	18,80	R\$ 874,20
Fuste Mecanizado Ø 0,80 m (R\$ 120,90/m ³)	R\$ 60,74	m.l	86,20	R\$ 5.235,79
Fuste Mecanizado Ø 0,90 m (R\$ 150,00/m ³)	R\$ 95,38	m.l	11,80	R\$ 1.125,48
Fuste Mecanizado Ø 1,00 m (R\$ 150,00/m ³)	R\$ 117,75	m.l	25,80	R\$ 3.037,95
Fuste Mecanizado Ø 1,30 m (R\$ 200,00/m ³)	R\$ 265,33	m.l	11,60	R\$ 3.077,83
Fuste Mecanizado Ø 1,80 m (R\$ 200,00/m ³)	R\$ 508,68	m.l	37,40	R\$ 19.024,63
Fuste Mecanizado Ø 2,00 m (R\$ 200,00/m ³)	R\$ 628,00	m.l	18,00	R\$ 11.304,00
Base Mecanizada - BMT Volume até 1,0 m ³	R\$ 750,00	un.	5,00	R\$ 3.750,00
Base Mecanizada - BMT Volume acima de 1,0 m ³	R\$ 750,00	m ³	172,02	R\$ 129.015,00
Faturamento mínimo diário/por equipamento	R\$ 5.800,00	dia	0	R\$ -
Faturamento mínimo diário/por equipamento (chuva 60%)	R\$ 3.480,00	dia	0	R\$ -
SUB-TOTAL R\$				176.444,88
MOBILIZAÇÃO/DESMOBILIZAÇÃO / HOSPEDAGEM/ALIMENTAÇÃO (VALORES POR EQUIPAMENTO)				
Goiania/GO *cobrança do valor integral	R\$ 19.855,00	vb	2	R\$ 39.710,00
Goiania/GO **cobrança proporcional (a partir do 21º dia)	R\$ 500,00	dia	0	R\$ -
Notas: * Pagamento integral da taxa de mobilização e desmobilização, mesmo que ocorra devolução antecipada. **Após o prazo de 20 (vinte) dias trabalhados, será considerado o valor proporcional aos dias em obras de R\$ 500,00/dia) Os prazos mencionados acima são estimados e poderão sofrer alterações conforme o andamento das atividades em campo.				
SUB-TOTAL R\$				39.710,00
LOCAÇÃO MÁQUINA ESCAVADEIRA (LIMPEZA, ESCAVAÇÃO, MOVIMENTAÇÃO DE TERRA)				
Escavadeira (locação c/ mão de obra e diesel) DIÁRIA	R\$ 2.000,00	dia	0	R\$ -
Escavadeira (locação c/ mão de obra e diesel) QUINZENAL	R\$ 15.000,00	vb	0	R\$ -
Escavadeira (locação c/ mão de obra e diesel) MENSAL	R\$ 35.000,00	vb	0	R\$ -
Escavadeira (locação equipamento s/ mão de obra e diesel) DIÁRIA	R\$ 1.000,00	dia	0	R\$ -
SUB-TOTAL R\$				-

OUTROS

Documentação	R\$ 3.000,00	vb	1	R\$ 3.000,00
ART - Anotação de Responsabilidade Técnica	R\$ 400,00	un.	1	R\$ 400,00
Hora Extra Equipamento Durante a semana	R\$ 260,00	hora	0	R\$ -
Hora Extra Equipamento Finais de semana e feriados	R\$ 340,00	hora	0	R\$ -

SUB-TOTAL R\$ 3.400,00

VALOR TOTAL | SOLUÇÃO 1 R\$ 219.554,88

SOLUÇÃO 2

LIMPEZA DE TUBULÕES - ACESSO ESPAÇO CONFINADO

01 EXECUTOR E 01 VIGIA, capacitados para espaço confinado	R\$ 14.000,00	mês	1	R\$ 14.000,00
01 SUPERVISOR DE ENTRADA/TECNICO DE SEGURANÇA (acompanhamento exclusivo) capacitado para espaço confinado	R\$ 9.500,00	mês	1	R\$ 9.500,00
01 RESGATISTA capacitado para espaço confinado	R\$ 8.300,00	mês	1	R\$ 8.300,00
Equipamentos e acessórios para acesso vertical dos colaboradores, conforme NR 33: Tripé, Cinto de Segurança, Corda, Detector de Gases, Exaustor/Insuflador de Ar.	R\$ 8.000,00	mês	1	R\$ 8.000,00
Mobilização e desmobilização equipamentos/hospedagem conforme NR24, transporte e alimentação completa equipe	R\$ 15.000,00	mês	1	R\$ 15.000,00

Notas: incluso elaboração da APR - Análise Preliminar de Risco, por TST capacitado (esse documento normativo norteará todas as etapas das atividades que serão realizadas, os perigos, riscos e as medidas de controle), além do plano de emergência para atuação em cenários de ocorrência. RESPONSABILIDADE DO CLIENTE: ENCAMISAMENTO DOS TUBULÕES.

SUB-TOTAL R\$ 54.800,00

SISTEMA DE ESCANEAMENTO

Locação Scanner (Kit – ZEB Horizon) com emissão de Relatório Final	R\$ 48.800,00	mês	0	R\$ -
--	---------------	-----	---	-------

SUB-TOTAL R\$ -

VALOR TOTAL | SOLUÇÃO 2 R\$ 54.800,00

VALOR TOTAL | SOLUÇÃO COMPLETA (estimado) R\$ 274.354,88

2. VALORES E FORMA DE PAGAMENTO

2.1 Sinal de 50% do valor total da "Tabela de Previsão de Valor Global" na data de fechamento do contrato, ou em até 02 (dois) dias do transporte para a obra, após emissão do faturamento, através de boleto bancário.

2.2 O restante em até 10 (dez) dias após o termino dos serviços em campo e envio do Relatório de Medição.

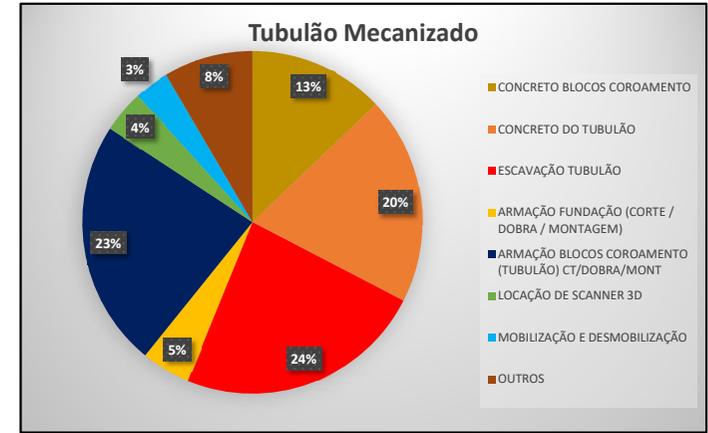
3. PRAZOS

3.1 Prazo execução: em até 20 (vinte) dias trabalhados, conforme Tabela Quantitativa, salvo por impedimentos alheios a Persolo.

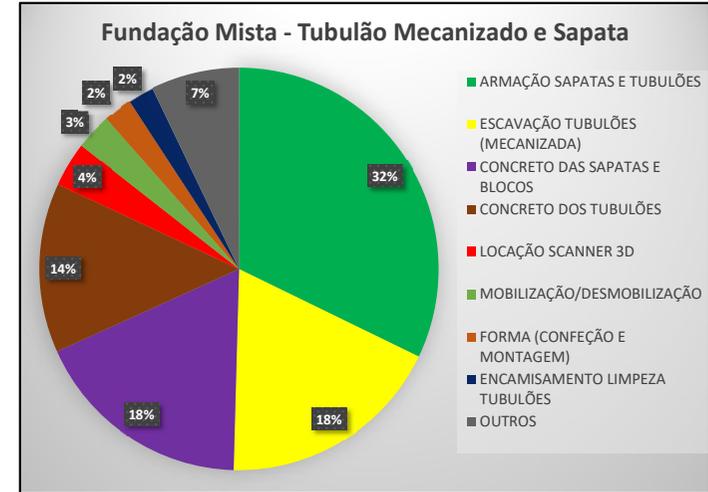
3.2 Previsão de início: a definir.

Os valores são válidos para as quantidades, diâmetros e profundidades informadas na Tabela Quantitativa. Quaisquer alterações nas quantidades ou nas condições de execução, ou ainda eventuais modificações impostas pela Contratante que não sejam previstas nessa proposta, serão objeto de novas negociações, que também deverão ser consultadas a PERSOLO PERFURAÇÕES DE SOLO LTDA

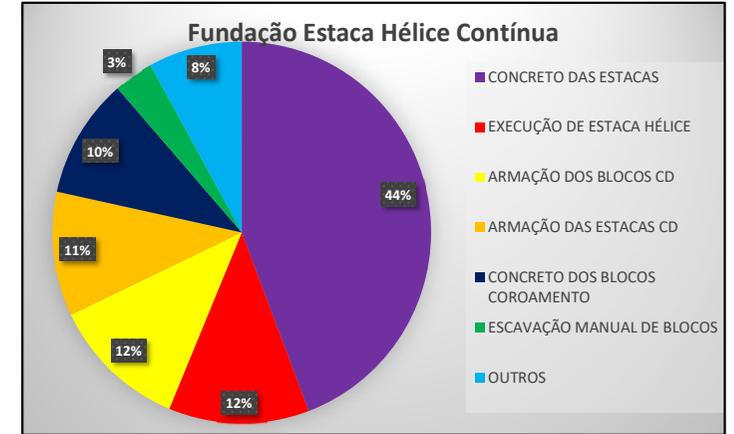
SERVIÇO	UNIDADE	FUNDAÇÃO SOMENTE COM TUBULÕES MECANIZADOS					
		QTDE.	PERDA	QTDE + PERDA	CUSTO UNIT MATERIAL	CUSTO UNIT MO	CUSTO TOTAL
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (SAPATAS E BLOCOS DE COROAMENTO)	M³	240,23	12,75%	270,86	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 156.719,21
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (TUBULÃO)	M³	382,73	7,50%	411,43	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 238.056,15
LASTRO DE CONCRETO EM FUNDO DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	8,499	0,00%	8,50	R\$ 31,52	R\$ 126,05	R\$ 1.339,19
TAXA DE BOMBEAMENTO DO CONCRETO	M³	622,96	0	622,96	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 24.918,40
CONTROLE TECNOLÓGICO CONCRETO	UNIDADE	382,73	0	382,73	R\$ -	R\$ 14,00	R\$ 5.358,22
FORMA CONFECCÃO E MONTAGEM	M²	489,49	0	489,49	R\$ 47,28	R\$ 20,50	R\$ 33.177,63
ESCAVAÇÃO MANUAL DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	240,23	0	240,23	R\$ -	R\$ 55,00	R\$ 13.212,65
ESCAVAÇÃO TUBULÃO	M³	382,73	0	-	R\$ -	-	R\$ 286.556,94
ARMAÇÃO FUNDAÇÃO (CORTE / DOBRA / MONTAGEM)	KG	6801,37	1,50%	6903,39	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 56.203,49
ARMAÇÃO BLOCOS COROAMENTO (TUBULÃO)	KG	34264,30	1,50%	34778,26	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 283.144,91
ELABORAÇÃO DO PROJETO	VB	1,00	0,00%	1,00	R\$ 20.000,00		R\$ 20.000,00
LOCAÇÃO DE SCANNER 3D	MÊS	1,00			R\$ 48.800,00		R\$ 48.800,00
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	VB	1,00	0,00%	1,00		R\$ 39.710,00	R\$ 39.710,00
ENCAMISAMENTO DE TUBULÕES	M³	11,31	0,00%	11,31	R\$ 420,00		R\$ 4.750,20
							R\$ 1.211.946,98



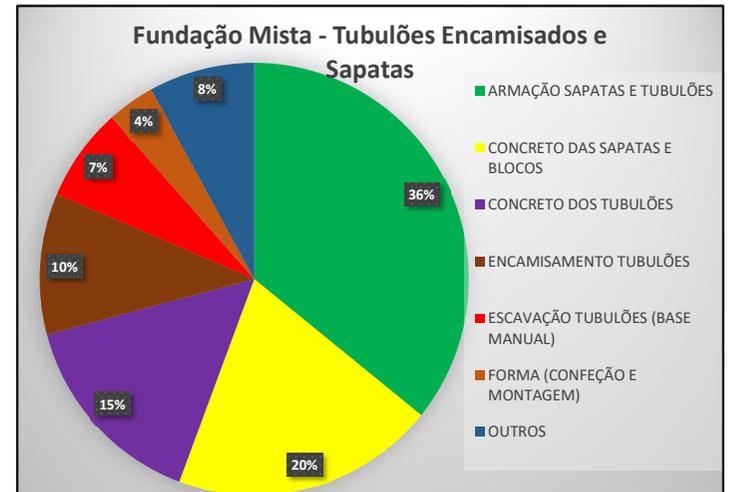
SERVIÇO	UNIDADE	MISTA - TUBULÃO MECANIZADO + SAPATA (PROJETO EXECUTADO)					
		QTDE.	PERDA	QTDE + PERDA	CUSTO UNIT MATERIAL	CUSTO UNIT MO	CUSTO TOTAL
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (SAPATAS E BLOCOS DE COROAMENTO)	M³	370,85	12,75%	418,13	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 241.931,97
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (TUBULÃO)	M³	297,10	7,50%	319,38	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 184.794,71
LASTRO DE CONCRETO EM FUNDO DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	1,67	-	1,67	R\$ 31,52	R\$ 126,05	R\$ 262,67
TAXA DE BOMBEAMENTO DO CONCRETO	M³	667,95	-	667,95	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 26.718,00
CONTROLE TECNOLÓGICO CONCRETO	UNIDADE	667,95	-	667,95	R\$ -	R\$ 14,00	R\$ 9.351,30
FORMA CONFECCÃO E MONTAGEM	M²	460,52	-	460,52	R\$ 47,28	R\$ 20,50	R\$ 31.214,38
ESCAVAÇÃO MECÂNICA (SAPATA)	M³	809,17	-	809,17	R\$ -	R\$ 9,50	R\$ 7.687,13
ESCAVAÇÃO MANUAL DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	229,13	-	229,13	R\$ -	R\$ 55,00	R\$ 12.602,15
REATERRO (SAPATA)	M³	809,17	25%	1011,46	R\$ -	R\$ 9,73	R\$ 9.841,55
ESCAVAÇÃO TUBULÃO	M³	124,35	-	124,35	R\$ -	R\$ -	R\$ 247.568,92
ARMAÇÃO FUNDAÇÃO (CORTE / DOBRA / MONTAGEM)	KG	52785,06	1,50%	53576,83	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 436.192,20
ARMAÇÃO BLOCOS COROAMENTO (TUBULÃO) CT/DOBRA/MONT	KG	1302,60	1,50%	1322,14	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 10.764,08
ELABORAÇÃO DO PROJETO	VB	1,00	-	1,00		R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	VB	1,00	-	1,00		R\$ 39.710,00	R\$ 39.710,00
SCANNER DE LEITURA DE TUBULÕES	MÊS	1,00		1,00	R\$ 48.800,00		R\$ 48.800,00
ENCAMISAMENTO DE TUBULÕES	M³	63,77		67,77	R\$ 420,00		R\$ 28.465,08
							R\$ 1.355.904,14



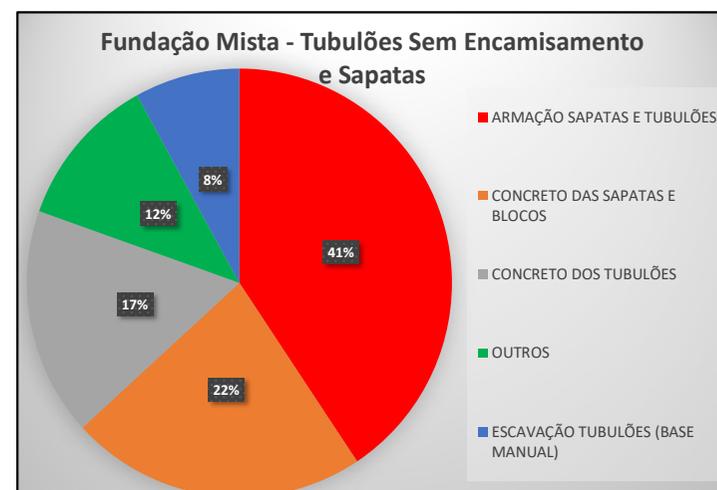
SERVIÇO	UNIDADE	HÉLICE CONTÍNUA					
		QTDE.	PERDA	QTDE + PERDA	CUSTO UNIT MATERIAL	CUSTO UNIT MO	CUSTO TOTAL
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (SAPATAS E BLOCOS DE COROAMENTO)	M³	227,38	12,75%	256,37	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 148.336,23
CONCRETO USINADO 30MPa, 350kg/m³, SLUMP 22 +/- 3 (ESTACA)	M³	842,80	25,00%	1.053,50	R\$ 610,50		R\$ 643.161,75
TAXA DE BOMBEAMENTO DO CONCRETO	M³	842,80	0	842,80	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 33.712,00
CONTROLE TECNOLÓGICO CONCRETO	UNIDADE	1.070,18	0	1.070,18	R\$ -	R\$ 14,00	R\$ 14.982,52
FORMA CONFEÇÃO E MONTAGEM	M²	484,32	0	484,32	R\$ 47,28	R\$ 20,50	R\$ 32.827,17
ESCAVAÇÃO MANUAL DE BLOCOS	M³	842,80	0	842,80	R\$ -	R\$ 58,00	R\$ 48.882,40
ARMAÇÃO FUNDAÇÃO (CORTE / DOBRA / MONTAGEM)	KG	18.541,60	1,50%	18.819,72	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 153.192,55
ARMAÇÃO BLOCOS COROAMENTO CT/DOBRA/MONT	KG	20.464,09	1,50%	20.771,05	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 169.076,36
ELABORAÇÃO DO PROJETO	VB	1,00	0,00%	1,00	R\$ -	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE	M	3.010,00	0,00%	3.010,00	R\$ -	R\$ 58,00	R\$ 174.580,00
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	VB	1,00	0,00%	1,00	R\$ -	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
							R\$ 1.453.750,98



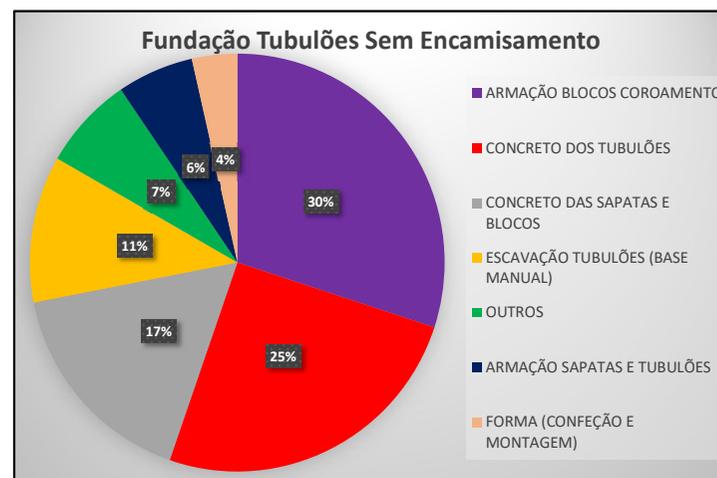
SERVIÇO	UNIDADE	TUBULÃO MANUAL E MECANIZADO (MODO PÓS NR-18/2020 COM ENCAMISAMENTO) + SAPATA (PROJETO EXECUTADO)					
		QTDE.	PERDA	QTDE + PERDA	CUSTO UNIT MATERIAL	CUSTO UNIT MO	CUSTO TOTAL
CONCRETO USINADO 25MPa, 300kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (SAPATAS E BLOCOS DE COROAMENTO)	M³	370,85	12,75%	418,13	R\$ 578,60	-	R\$ 241.931,97
CONCRETO USINADO 25MPa, 300kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (TUBULÃO)	M³	297,10	7,50%	319,38	R\$ 578,60	-	R\$ 184.794,71
LASTRO DE CONCRETO EM FUNDO DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	1,67		1,67	R\$ 31,52	R\$ 126,05	R\$ 262,67
TAXA DE BOMBEAMENTO DO CONCRETO	M³	667,95		667,95	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 26.718,00
CONTROLE TECNOLÓGICO CONCRETO	UNIDADE	667,95		667,95	R\$ -	R\$ 14,00	R\$ 9.351,30
FORMA CONFEÇÃO E MONTAGEM	M²	460,52		460,52	R\$ 47,28	R\$ 47,28	R\$ 43.547,24
ESCAVAÇÃO MECÂNICA (SAPATA)	M³	809,17		809,17	R\$ -	R\$ 9,50	R\$ 7.687,13
ESCAVAÇÃO MANUAL DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	229,13		229,13	R\$ -	R\$ 55,00	R\$ 12.602,15
REATERRO (SAPATA)	M³	809,17	25%	1.011,46	R\$ -	R\$ 9,73	R\$ 9.841,55
ESCAVAÇÃO TUBULÃO	M³	306,00		306,00	R\$ -	R\$ 280,00	R\$ 85.680,00
ARMAÇÃO FUNDAÇÃO (CORTE / DOBRA / MONTAGEM)	KG	52.785,06	1,50%	53.576,83	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 436.192,20
ARMAÇÃO BLOCOS COROAMENTO (TUBULÃO) CT/DOBRA/MONT	KG	1.302,60	1,50%	1.322,14	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 10.764,08
ELABORAÇÃO DO PROJETO	VB	1,00		1,00		R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	VB	1,00		1,00			R\$ -
ENCAMISAMENTO DE TUBULÕES	UNIDADE	306,00		306,00	R\$ 420,00		R\$ 128.520,00
							R\$ 1.217.893,00



SERVIÇO	UNIDADE	TUBULÃO MANUAL E MECANIZADO (MODO PRÉ-NR18/2020 SEM ENCAMISAMENTO) + SAPATA (PROJETO EXECUTADO)					
		QTDE.	PERDA	QTDE + PERDA	CUSTO UNIT MATERIAL	CUSTO UNIT MO	CUSTO TOTAL
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (SAPATAS E BLOCOS DE COROAMENTO)	M³	370,85	12,75%	418,13	R\$ 578,60	-	R\$ 241.931,97
CONCRETO USINADO 25MPa, 350kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (TUBULÃO)	M³	297,10	7,50%	319,38	R\$ 578,60	-	R\$ 184.794,71
LASTRO DE CONCRETO EM FUNDO DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	1,67		1,67	R\$ 31,52	R\$ 126,05	R\$ 262,67
TAXA DE BOMBEAMENTO DO CONCRETO	M³	667,95		667,95	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 26.718,00
CONTROLE TECNOLÓGICO CONCRETO	UNIDADE	369,00		369,00	R\$ -	R\$ 14,00	R\$ 5.166,00
FORMA CONFEÇÃO E MONTAGEM	M²	460,52		460,52	R\$ 47,28	R\$ 20,50	R\$ 31.214,38
ESCAVAÇÃO MECÂNICA (SAPATA)	M³	809,17		809,17	R\$ -	R\$ 9,50	R\$ 7.687,13
ESCAVAÇÃO MANUAL DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	229,13		229,13	R\$ -	R\$ 55,00	R\$ 12.602,15
REATERRO (SAPATA)	M³	809,17	25%	1.011,46	R\$ -	R\$ 9,73	R\$ 9.841,55
ESCAVAÇÃO TUBULÃO	M³	306,00		306,00	R\$ -	R\$ 280,00	R\$ 85.680,00
ARMAÇÃO FUNDAÇÃO (CORTE / DOBRA / MONTAGEM)	KG	52.785,06	1,50%	53.576,83	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 436.192,20
ARMAÇÃO BLOCOS COROAMENTO (TUBULÃO) CT/DOBRA/MONT	KG	1.302,60	1,50%	1.322,14	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 10.764,08
ELABORAÇÃO DO PROJETO	VB	1,00		1,00	R\$ 20.000,00		R\$ 20.000,00
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	VB	1,00		1,00			R\$ -
							R\$ 1.072.854,84

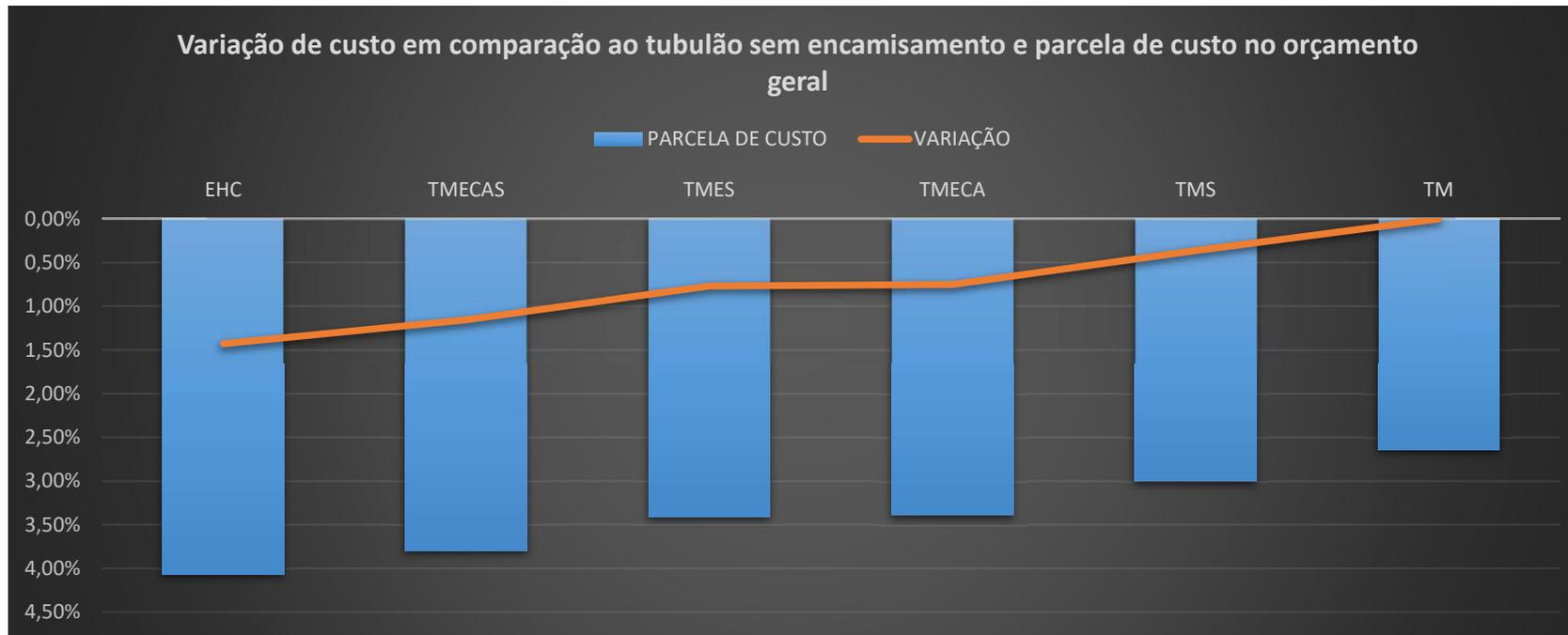


SERVIÇO	UNIDADE	FUNDAÇÃO SOMENTE COM TUBULÕES COM ABERTURA MANUAL DE BASE SEM ENCAMISAMENTO					
		QTDE.	PERDA	QTDE + PERDA	CUSTO UNIT MATERIAL	CUSTO UNIT MO	CUSTO TOTAL
CONCRETO USINADO 25MPa, 300kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (SAPATAS E BLOCOS DE COROAMENTO)	M³	240,23	12,75%	270,86	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 156.719,21
CONCRETO USINADO 25MPa, 300kg/m³, SLUMP 8 +/- 1 (TUBULÃO)	M³	382,73	7,50%	411,43	R\$ 578,60	R\$ -	R\$ 238.056,15
LASTRO DE CONCRETO EM FUNDO DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	8,499	0,00%	8,50	R\$ 31,52	R\$ 126,05	R\$ 1.339,19
TAXA DE BOMBEAMENTO DO CONCRETO	M³	622,96	0	622,96	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 24.918,40
CONTROLE TECNOLÓGICO CONCRETO	UNIDADE	622,96	0	622,96	R\$ -	R\$ 14,00	R\$ 8.721,44
FORMA CONFEÇÃO E MONTAGEM	M²	489,49	0	489,49	R\$ 47,28	R\$ 20,50	R\$ 33.177,63
ESCAVAÇÃO MANUAL DE BLOCOS (TUBULÃO)	M³	240,23	0	240,23	R\$ -	R\$ 55,00	R\$ 13.212,65
ESCAVAÇÃO TUBULÃO	M³	382,73	0	-	R\$ -	R\$ 280,00	R\$ 107.164,40
ARMAÇÃO FUNDAÇÃO (CORTE / DOBRA / MONTAGEM)	KG	6801,37	1,50%	6903,39	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 56.203,49
ARMAÇÃO BLOCOS COROAMENTO (TUBULÃO) CT/DOBRA/MONT	KG	34264,30	1,50%	34778,26	R\$ 6,64	R\$ 1,50	R\$ 283.144,91
ELABORAÇÃO DO PROJETO	VB	1,00	0,00%	1,00	R\$ -	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	VB	1,00	0,00%	1,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -
							R\$ 942.657,46



INCC BASE	750,18	fev/19
INCC ATUAL	1110,887	mai/24
VALOR ORÇAMENTO (FEV/2019)	R\$ 24.125.915,80	fev/19
VALOR ORÇAMENTO (MAIO/2024)	R\$ 35.726.313,99	mai/24

TIPO DE FUNDAÇÃO	EHC	TMECAS	TMES	TMECA	TMS	TM
PARCELA DE CUSTO	4,07%	3,80%	3,41%	3,39%	3,00%	2,64%
VARIAÇÃO	1,43%	1,16%	0,77%	0,75%	0,36%	-



RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **Arthur Simonton Andrade de Jesus** do Curso de **Engenharia Civil**, matrícula **2019.2.00025.0003-2**, telefone: **(62) 99967-3519** e-mail **arthur1simonton@gmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Análise da Viabilidade Financeira do Uso de Tubulão a Céu Aberto**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

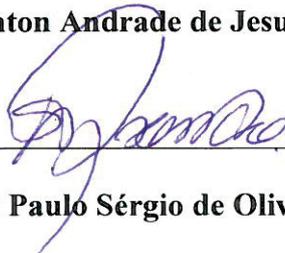
Goiânia, 16 de Março de 2024.

Assinatura do autor:



Nome completo do autor: **Arthur Simonton Andrade de Jesus**

Assinatura do professor-orientador:



Nome completo do professor-orientador: **Paulo Sérgio de Oliveira Resende**

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **JOSÉ AUGUSTO FAUSTINO DE OLIVEIRA** do Curso de Engenharia Civil, matrícula **2017.2.0025.0007-0**, telefone **:(062)982538049** e-mail **g_t_n@hotmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Análise da Viabilidade Financeira do Uso de Tubulão a Ceu Aberto**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 16 de Março de de 2024.

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: José Augusto Faustino de Oliveira

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: Paulo Sérgio de Oliveira Resende