

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ALYSSON BELTRAME PINTO

**ESTUDO DAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM ANEL DE BASE DE
CONCRETO ARMADO PARA SILOS METÁLICOS**

CAMPO MOURÃO

2022

ALYSSON BELTRAME PINTO

**ESTUDO DAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM ANEL DE BASE DE
CONCRETO ARMADO PARA SILOS METÁLICOS**

Study of construction steps of a reinforced concrete base ring for metallic silos

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Adalberto Luiz Rodrigues de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ALYSSON BELTRAME PINTO

**ESTUDO DAS ETAPAS DE CONTRUÇÃO DE UM ANEL DE BASE DE
CONCRETO ARMADO PARA SILOS METÁLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil - da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR.

Data de aprovação: 08/junho/2022

Adalberto Luiz Rodrigues de Oliveira

Mestrado

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Douglas Fukunaga Surco

Doutorado

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga

Mestrado

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à toda minha família, em especial meus pais e minha namorada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Leonice Beltrame e Marcos Antonio que me apoiaram e ajudaram por todos esses anos e me ajudaram a seguir em frente fazendo com que eu chegasse até aqui.

A minha namorada que esteve comigo durante todo o período da faculdade me apoiou e me ajudou a não desistir nos momentos difíceis.

Ao meu orientador do Prof. Mr. Adalberto Luiz Rodrigues que me ajudou na escolha do tema e passou muitos conhecimentos para que conseguisse desenvolver esse trabalho.

Agradeço também a todos os professores que tive durante todos os períodos da faculdade, que passaram muitos conhecimentos me fazendo chegar até aqui, fazendo me tornar um profissional.

E agradeço a Deus acima de tudo que me deu saúde e forças para que pudesse concluir essa graduação.

RESUMO

A agricultura brasileira representa quase um quarto de todo o PIB do país, devido a isso se dá a grande necessidade de cada vez mais aumentar os locais para armazenamento dos produtos colhidos, a melhor opção que se tem no mercado, considerando custo/benefício/tempo seria a construção de silos metálicos de fundo plano. Porém as bibliografias disponíveis sobre esse tipo de construção são muito sucintas e escassas, esse estudo tem o objetivo de dar mais clareza e trazer informações importantes sobre a execução de um anel de base de silo metálico de fundo plano, essa execução é extremamente importante que seja bem projetada e planejada, pois é o que dará sustentação a todo o produto armazenado posteriormente. Neste estudo buscou-se apresentar todas as etapas construtivas que devem ser levadas em consideração para a execução de uma base de silo, desde a perfuração das estacas até a concretagem final do piso do silo, para isso usamos como base do estudo o aumento de uma unidade armazenadora de grãos, onde foram construídos mais dois silos metálicos de fundo plano com capacidade de 64.860 sacos de 60kg de soja, cada silo.

Palavras-chave: soja; silos; grãos; silos de milho.

ABSTRACT

Brazilian agriculture represents almost a quarter of the entire GDP of the country, due to this there is a great need to increasingly increase the places for storing the harvested products, the best option on the market, considering cost/benefit/time, would be the construction of flat-bottomed metallic silos. However, as the bibliographies available on this type of bottom construction are very succinct and in depth, this one has the objective of giving more importance to the study of a clarity of important information about the execution of the base ring of metallic silo bottom, this execution It is extremely important well delivered and delivered as it is what deliver the entire product. In this study, starting from a silo base, all the considerations for the execution of a silo base must be presented, from a construction-of the piles to the final study of the silo floor, for this it will use the increase of a base of the silo, for this it will use the expansion of a grain storage unit construction, where two more flat-bottom metallic silos were built with 64,860 bags of 60 kg of soybeans, each silo.

Keywords: soybean; silos; grain; corncribs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ilustração do ensaio SPT.....	17
Figura 2 Medida do N_{SPT}	17
Figura 3 Relatório de sondagem.....	19
Figura 4 Equipamento de sondagem rotativa.....	20
Figura 5 Coroa de diamante.....	20
Figura 6 Tipos de trado.....	22
Figura 7 Silos metálicos de fundo plano.....	23
Figura 8 Silos metálicos elevados.....	24
Figura 9 Tulha.....	24
Figura 10 Chapas de aço galvanizado.....	25
Figura 11 Montantes.....	26
Figura 12 Estrutura do telhado.....	27
Figura 13 Sistema de aeração.....	27
Figura 14 Rosca varredora.....	28
Figura 15 Escadas de manutenção.....	29
Figura 16 Escadas de manutenção.....	29
Figura 17 Sistema de termometria.....	30
Figura 18 Anel de base.....	31
Figura 19 Locação das estacas no anel de base.....	32
Figura 20 Região aproximada da obra.....	36
Figura 21 Locação dos silo na fazenda.....	38
Figura 22 Projeto arquitetônico.....	40
Figura 23 Armadura das estacas.....	41
Figura 24 Armadura do anel.....	42
Figura 25 Nicho, corte A-A'.....	42
Figura 26 Corte transversal do anel, corte B-B'.....	43
Figura 27 Corte transversal canaleta de aeração, corte C-C'.....	43
Figura 28 Corte transversal canal de aeração, corte D-D'.....	44
Figura 29 Planta do silo com cortes.....	44
Figura 30 Demarcação da obra.....	46
Figura 31 Teodolito.....	46
Figura 32 Perfuratriz.....	47
Figura 33 Anel de coroamento escavado.....	48
Figura 34 Anel de coroamento concretado com as esperas para o anel de base.....	48
Figura 35 Forma interna do anel.....	49
Figura 36 Armadura do anel e espera do montante.....	50
Figura 37 Forma de abertura do tunel de escoamento.....	51
Figura 38 Forma externa do anel.....	52
Figura 39 Concretagem do anel.....	53
Figura 40 Armadura do túnel de escoamento.....	54
Figura 41 Paredes do tunel de escoamento.....	54
Figura 42 Armadura da laje do tunel de escoamento.....	55
Figura 43 Canais de aeração concretados.....	55
Figura 44 Piso concretado.....	56
Figura 45 Nicho aberto.....	57
Figura 46 Gancho de ancoragem.....	58
Figura 47 Piso perfurado.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Medida do N_{SPT} , solos argilosos	18
Tabela 2 Medida do N_{SPT} , solos arenosos.	18
Tabela 3 <i>Rock Quality Designation</i>	21
Tabela 4 Modelos de silos	31
Tabela 5 Catalogo Kepler Weber	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
RQD	Rock Quality Designation
SPT	Standard Penetration Test
UAG	Unidade Armazenadora de Grãos
∅	Diâmetro
m	Metro
mm	Milímetro
kg	Quilograma
MPa	Megapascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 A importância de uma fundação adequada	15
4.2 Sondagem SPT	15
4.2.1 Aparelhagem para o ensaio SPT	15
4.2.2 Execução do ensaio SPT	16
4.2.3 Análise dos resultados	17
4.3 Sondagem rotativa	20
4.3.1 Resultados e classificação da sondagem rotativa	21
4.4 Sondagem a trado	21
4.5 Sondagem mista	22
4.6 Tipos de silos metálicos	22
4.6.1 Silos planos	22
4.6.2 Silos elevados	23
4.6.3 Tulha	24
4.7 Componentes de um silo metálico	25
4.7.1 Chapas de aço galvanizado	25
4.7.2 Montantes	26
4.7.3 Estrutura do telhado	26
4.7.4 Sistema de aeração	27
4.7.5 Roscas varredoras	28
4.7.6 Escadas de manutenção	28
4.7.7 Portas de acesso	29
4.7.8 Sistema de termometria	29
4.8 Anel de base	30
4.9 Locação das estacas no anel	32
4.10 Materiais sobre o estudo	32
4.10.1 Kepler Weber	32
4.10.2 Agi Brasil	33

4.10.3 Comil silos e secadores.....	34
5 METODOLOGIA	36
5.1 Metodologia de pesquisa.....	36
5.2 Etapas do estudo	37
6 RESULTADOS.....	45
6.1 Terraplanagem.....	45
6.2 Canteiro de obras	45
6.3 Demarcação do local.....	45
6.4 Perfuração das estacas	46
6.5 Escavação do anel de coroamento.....	47
6.6 Montagem das formas internas do anel de base.....	49
6.7 Montagem da armadura.....	49
6.8 Montagem das formas externas.....	51
6.9 Concretagem do anel.....	52
6.10 Construção do túnel de escoamento.....	53
6.11 Construção dos canais de aeração	55
6.12 Piso do silo	56
6.13 Abertura dos nichos.....	57
6.14 Instalação pisos de aeração.....	58
7. CONCLUSÃO	59
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	61

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos pode-se observar cada vez mais o agronegócio aumentar sua participação na porcentagem do produto interno bruto, isso reflete com que o Brasil seja considerado um país agrícola, com condições de clima favorável à agricultura, terras disponíveis para plantio, solo favorável, abundância de água e tecnologia de ponta.

Segundo a CONAB (p. 2, 2018):

O Brasil caminha para mais um recorde na área plantada de grãos, estimativas apontam para um incremento de 0,3% na área, para o plantio da safra 2017/18, atingindo 61 milhões de hectares. A soja, principal cultura do país, deverá ter 1,1 milhão de hectares a mais do que a safra anterior, aliada ao algodão, é responsável pelo aumento na área, uma vez que são culturas com maior rentabilidade e liquidez.

Com o crescimento das áreas plantadas e aumento de produtividade por hectares plantados, vem aparecendo necessidade de grandes espaços para armazenar toda essa produção, isso demanda que seja construído mais armazéns e cada vez maiores para que essa produção seja armazenada com qualidade e segurança para que abasteça o mercado posteriormente.

Conforme dados disponibilizados pela CONAB (p. 2, 2020):

Nos últimos anos o Brasil vem quebrando recordes de produção ano a ano, devendo fechar a safra 2020/2021 com 273,8 milhões de toneladas de produção, porém a construção de novos armazéns não avançou no mesmo ritmo, o resultado disso é um déficit de armazenagem de 122 milhões de toneladas, cerca de 45% da produção não tem local para ser armazenada.

Uma das formas que temos para minimizar esse déficit seria a construção de silos metálicos em fazendas particulares e entrepostos de cooperativas. A definição de “silo é uma construção destinada a armazenar e conservar qualquer produto industrial ou agrícola” (CALIL JUNIOR e CHEUNG, 2007). Existem alguns modelos de silos metálicos como: silos planos, elevados e telhas, assim como vários tamanhos de cada modelo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar sobre como são aplicadas as técnicas de execução de um anel de base de concreto armado de para silo metálico de fundo plano, utilizando como base as normas mais utilizadas pelos projetistas.

2.2 Objetivos específicos

- ◆ Descrever o processo de planejamento para execução da construção de uma base de silo;
- ◆ Descrever todos as etapas que foram executadas desde a escavação das estacas até a concretagem final do anel de base;
- ◆ Detalhar qual a função do anel na estrutura do silo e de que materiais ele é construído.

3 JUSTIFICATIVA

Conforme Nogueira e Tsunehiro (p. 2, 2003) nos relatam:

Difícilmente nas condições brasileiras se operaria um eficiente sistema *Just-in-time* para os agronegócios de grãos (soja e milho, principalmente), desde as zonas produtoras até os destinos finais, torna-se questão estratégica a montagem de um sistema de armazenagem nos pontos relevantes de distribuição (propriedades rurais, armazéns gerais, portos e processadores) para o escoamento das colheitas sazonais.

Silos metálicos, são comumente usados no armazenamento de cereais como milho, soja, trigo, aveia, feijão e vários outros produtos, sendo assim essenciais para estocar a produção do agronegócio em períodos pós colheita até sua comercialização. Com o decorrer dos anos a tecnologia vem sendo cada vez mais aplicada no agronegócio fazendo com que os produtores rurais consigam produzir cada vez mais na mesma área cultivada, isso traduz no aumento do déficit de armazenamento desses grãos colhidos que por muitas vezes tem que ser armazenados a céu aberto em condições impróprias para manter a qualidade do grão. Levando em conta essa falta de armazenagem, o estudo busca trazer informações e técnicas construtivas de como é feito o anel de base sobre a fundação de um silo metálico armazenador de grãos, buscando identificar possíveis problemas no dia-a-dia das obras e elaborar soluções para que não ocorram patologias após o término da construção e no decorrer da vida útil desse silo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A importância de uma fundação adequada

Para todo tipo de construção seja ela de uma casa, prédio, galpão, ou silos armazenadores, que é o caso do trabalho a fundação é indispensável e imprescindível para a execução da obra, ela é a parte que suportara todas as cargas horizontais, verticais e o peso próprio da construção.

Deve ser feito previamente o reconhecimento do solo para a criação de um projeto geotécnico que demonstrara tudo que temos abaixo do solo, com esses dados em mãos um engenheiro geotécnico deve determinar os métodos de cálculo dos coeficientes de segurança e cargas de ruptura e admissíveis.

Há várias maneiras de fazer o reconhecimento de solos, como sondagem a percussão SPT, sondagem rotativa, sondagem a trado e sondagem mista, todos por análises de amostras de solo feitas em laboratório, ou por ensaios in situ.

4.2 Sondagem SPT

Segundo a NBR 6484 (2001) ao realizar uma sondagem pretende-se conhecer:

- o tipo de solo atravessado com a retirada de uma amostra deformada a cada metro perfurado

- a resistência (N) oferecida pelo solo à cravação do amostrador-padrão a cada metro perfurado
- a posição do nível ou dos níveis d'água, quando encontrados durante a perfuração.

4.2.1 Aparelhagem para o ensaio SPT

Segundo a NBR 6484 (2001) para se realizar o ensaio temos vários componentes que são necessários, como:

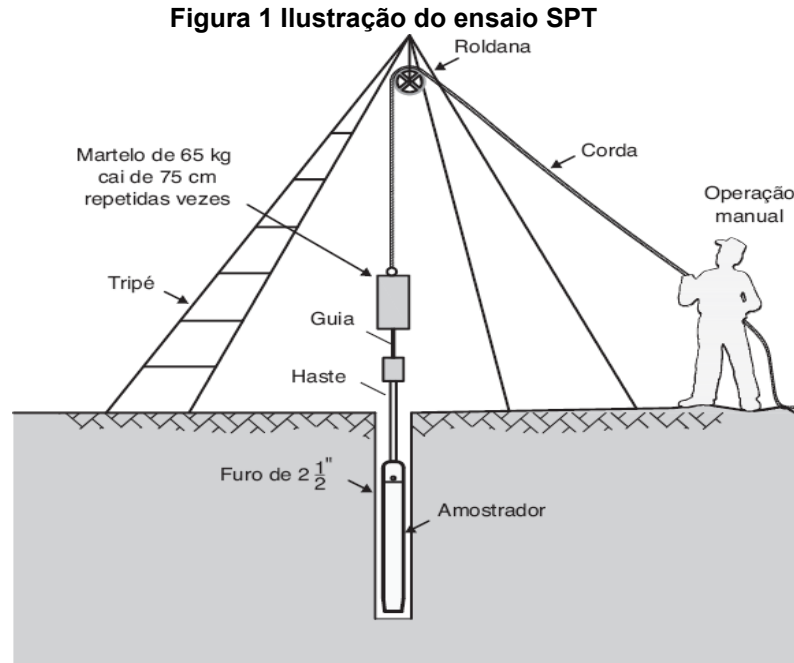
- ◆ torre com roldana
- ◆ tubos de revestimento
- ◆ composição de perfuração ou cravação
- ◆ trado-concha ou cavadeira
- ◆ trado helicoidal

- ✦ trépano de lavagem
- ✦ amostrador-padrão
- ✦ cabeças de bateria
- ✦ martelo padronizado para a cravação do amostrador
- ✦ baldinho para esgotar o furo
- ✦ medidor de nível-d'água
- ✦ metro de balcão
- ✦ recipientes para amostras
- ✦ bomba d'água centrífuga motorizada
- ✦ caixa d'água ou tambor com divisória interna para decantação
- ✦ ferramentas gerais necessárias à operação da aparelhagem.

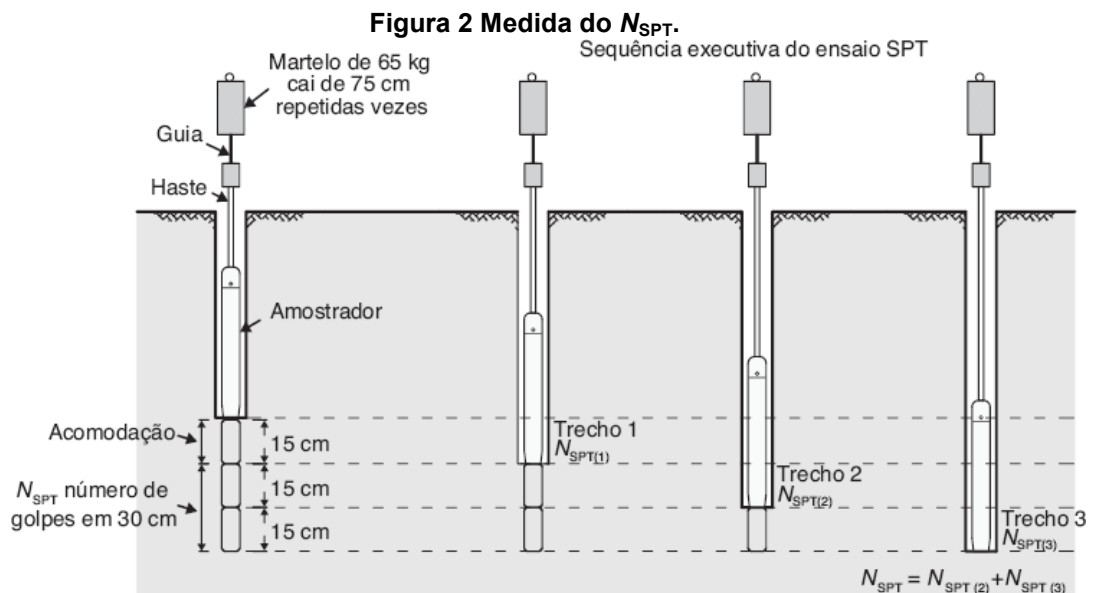
4.2.2 Execução do ensaio SPT

Conforme nos relata Albuquerque (p. 46, 2020):

Durante a execução da sondagem de simples reconhecimento, realiza-se o ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) que permite a determinação da resistência mecânica do solo, por meio do número de golpes necessários à cravação de um amostrador-padrão (N_{SPT}). A perfuração é realizada por dragagem ou circulação de água utilizando-se um trépano de lavagem como ferramenta de escavação. As amostras representativas do solo são coletadas a cada metro de profundidade por meio de amostrador-padrão do tipo *Raymond* ($\phi_{ext} = 50,8$ mm e $\phi_{int} = 34,93$ mm). O procedimento de ensaio consiste na cravação deste amostrador no fundo de uma escavação (revestida ou não), usando um martelo pesando 65 kg, que cai de uma altura livre de 75 cm, e tubos de aço "Schedule" com 1 polegada de diâmetro interno e massa de 3,2 kg/m,c conforme figura 1.



A partir disso “a cravação do amostrador é realizada em três trechos iguais de 15 cm cada. O valor do N_{SPT} é o número de golpes necessários para fazer o amostrador-padrão penetrar 30 cm, após uma cravação inicial de 15 cm”, conforme figura 2. (ALBUQUERQUE, 2020)



4.2.3 Análise dos resultados

Após a realização da sondagem faz se o uso dos dados para elaborar uma tabela que determinara a resistência do solo que temos na região perfurada, essa tabela é elaborada a partir da correlação entre o número de golpes e os estados dos solos argilosos e arenosos, respectivamente mostrada nas tabelas 1 e 2 a seguir, conforme a ABNT NBR 6484:

Tabela 1 Medida do N_{SPT} , solos argilosos

N_{SPT}	Argila e siltes argilosos
≤ 2	Muito mole
3 a 5	Mole
6 a 10	Média(o)
11 a 19	Rija(o)
> 19	Dura(o)

Fonte: Adaptada de ABNT NBR 6484.

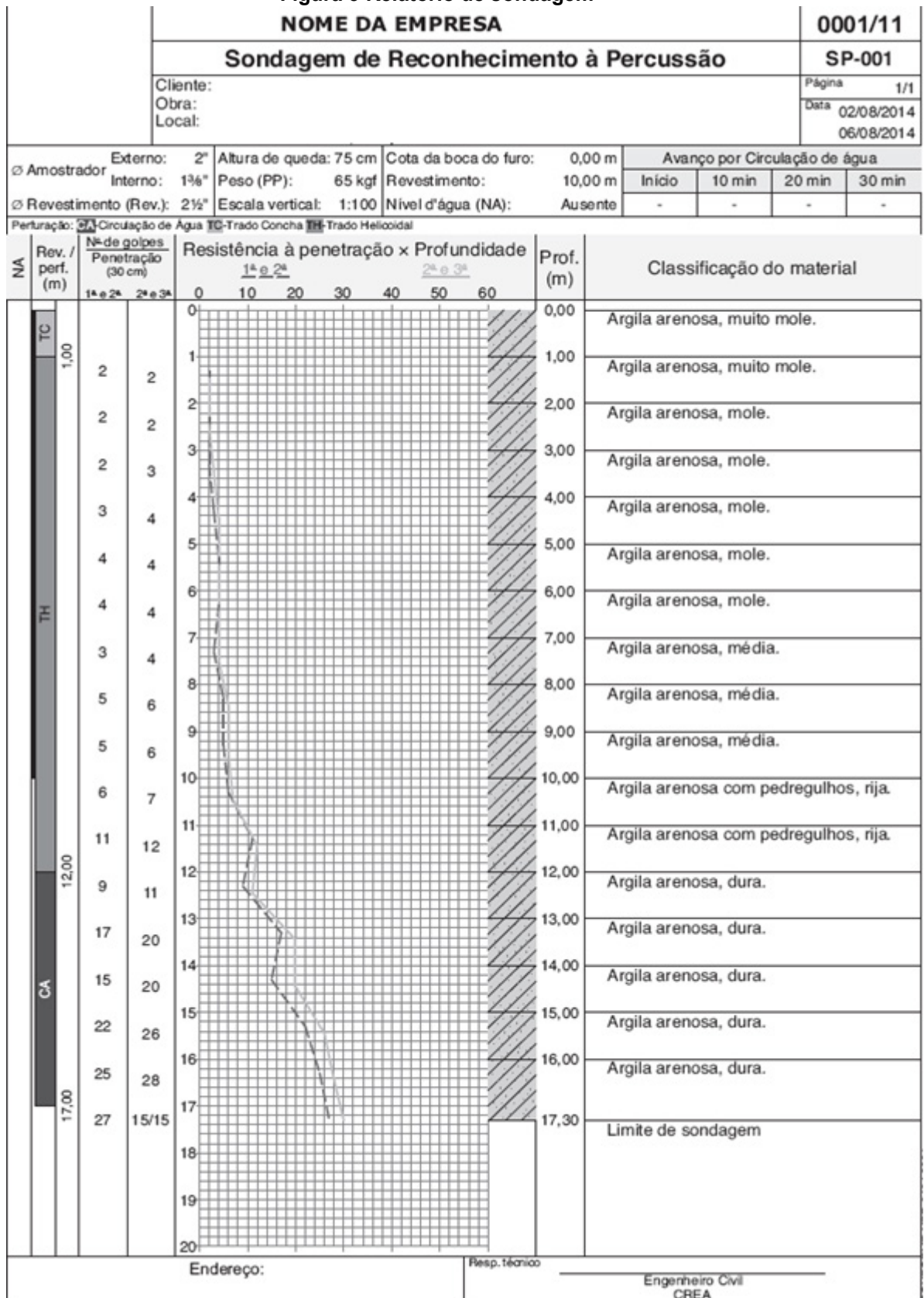
Tabela 2 Medida do N_{SPT} , solos arenosos.

N_{SPT}	Areias e siltes arenosos
≤ 4	Fofa(o)
5 a 8	Pouco compacta(o)
9 a 18	Medianamente compacta(o)
19 a 40	Compacta(o)
> 40	Muito compacta(o)

Fonte: Adaptada de ABNT NBR 6484.

Após todos esses passos é elaborado um relatório de sondagem conforme Figura 3 com todos esses dados para ser entregue ao engenheiro geotécnico para ser estudado qual o melhor método de fundação a ser empregado, para após isso fazer o dimensionamento da estrutura a ser executada na obra.

Figura 3 Relatório de sondagem



Fonte: Albuquerque (2020).

4.3 Sondagem rotativa

De acordo com Albuquerque (p. 52, 2020) temos que:

A sondagem rotativa é mais usada na perfuração de rochas, de solos de alta resistência e matações ou blocos de natureza rochosa. O equipamento usado nesse tipo de perfuração é uma haste metálica rotativa, dotada, na extremidade, de um amostrador, que dispõe de uma coroa de diamante.

O movimento de rotação da haste é proporcionado pela sonda rotativa que se constitui de um motor, de um elemento de transmissão de um fuso que imprime nas hastes os movimentos de rotação, recuo e avanço. É possível a retirada de testemunhos de rochas para avaliar, entre outras coisas, a qualidade do maciço rochoso, denominado RQD (*Rock Quality Designation*).

O índice RQD estabelece a qualidade do maciço de rocha de acordo com a relação entre a soma dos comprimentos dos segmentos resgatados pelo amostrador com comprimento maior ou igual a 10 cm pelo comprimento total do testemunho resgatado (Deere, 1988), classificada de acordo com a tabela 3.

Figura 4 Equipamento de sondagem rotativa



Fonte: Albuquerque (2020).

Figura 5 Coroa de diamante



Fonte: Albuquerque (2020).

4.3.1 Resultados e classificação da sondagem rotativa

Com os testemunhos da perfuração em mãos, as amostras são enviadas para laboratório para determinação do tipo exato de rocha em cada camada perfurada, para elaboração de um perfil de solo e determinação do tipo de fundação que será empregado na obra. Para determinar o tipo de fundação é utilizado como base a tabela *Rock Quality Designation* (RQD), que traz a classificação de qualidade das rochas conforme a Tabela 3.

Tabela 3 *Rock Quality Designation*.

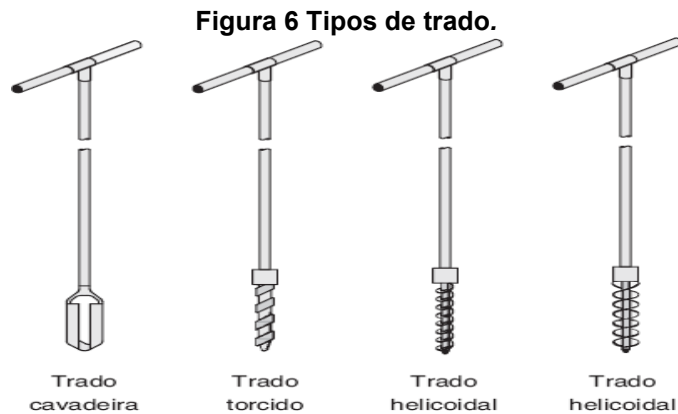
RQD	Qualidade da rocha
0-25 %	Muito fraca
25-50 %	Fraca
50-75 %	Razoável
75-90 %	Boa
90-100 %	Excelente

Fonte: Adaptada de Deere, (1988).

4.4 Sondagem a trado

Albuquerque (p. 52, 2020) relata que:

Nesse método utilizamos uma ferramenta manual de perfuração, composta por uma barra de torção horizontal conectada a uma luva em forma de “T”, adicionalmente a um conjunto de hastes de avanço, em cuja extremidade se acopla uma cavadeira ou broca em formato helicoidal ou espiral. A prospecção por trado é de simples execução, rápida e econômica. No entanto, as informações obtidas são apenas amostras do tipo de solo, espessura de camada e posição do lençol freático. As amostras coletadas são deformadas e situam-se acima do N.A.



Fonte: Fonte: Albuquerque (2020).

4.5 Sondagem mista

Conforme o autor nos descreve, “a sondagem mista é a conjugação dos processos à percussão e rotativo. Quando os processos manuais forem incapazes de perfurar solos de alta resistência, matacões ou blocos de natureza rochosa, utiliza-se o processo rotativo para complementar a investigação” (Albuquerque, p. 53 2020).

4.6 Tipos de silos metálicos

Segundo dados obtidos por (Kepler Weber, 2013), têm alguns tipos de silos metálicos comercializados no mercado, porem os mais utilizados na atualidade são:

4.6.1 Silos planos

Esse tipo de silo é o mais utilizado no mercado brasileiro, pois é o melhor custo x benefício que existe nesse mercado, armazenando mais toneladas de produtos com menor custo de construção e de manutenção, sendo também a melhor opção para armazenar por um longo prazo. Devem ser fabricados com o aço ZAR 345 que é o aço recomendado para fabricação de silos metálicos, por ser mais resistente a corrosão. Esses silos tem característica de possuir um formato cilíndrico, e são de rápida montagem comparado aos demais tipos de silos do mercado, pois a empresa produz todas as peças enumeradas e contadas em sua fábrica, conforme o tamanho do silo e manda para a obra para ser feita a montagem. (Kepler Weber, 2013). A figura 7 mostra o silo metálico de fundo plano da marca Kepler Weber.

Figura 7 Silos metálicos de fundo plano



Fonte: Kepler Weber (2013).

4.6.2 Silos elevados

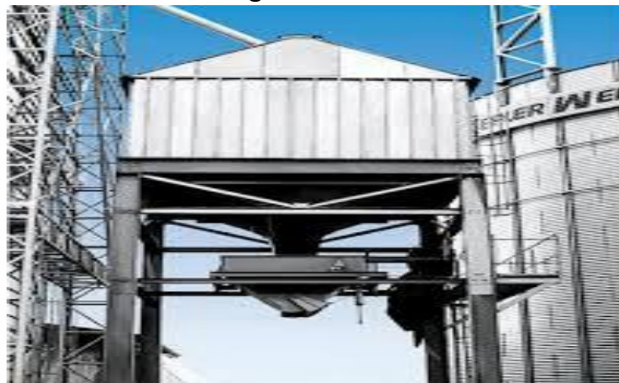
Geralmente são usados para serem silos de separação de produtos ou para armazenagem de resíduos. Assim como o silo de fundo plano usam o aço ZAR 345 que é o aço padrão para fabricação de silos. Esses silos são apoiados em pilares de aço com bicas de descarga em ângulo de 45 a 60 graus o que é ideal para o armazenamento de grãos úmidos por servir como um escorregador para o grão úmido facilitando a hora da descarga. Todos são fabricados com escadas externas e internas tipo marinheiro, com montantes externos e escadas caracol no meio exterior que proporcionam acesso ao corpo e telhado do mesmo, e também possuem passarelas de descanso entre si, e torres centrais que apoiam o conjunto de canalização para carga do produto. São muito utilizados para quem precisa armazenar pequenas quantidade de produtos, atendendo pequenas e medias propriedades (Kepler Weber, 2013). Na Figura 8 pode-se observar um silo metálico elevado.

Figura 8 Silos metálicos elevados

Fonte: Kepler Weber (2013).

4.6.3 Tulha

Servem nas propriedades rurais e cooperativas como silos de expedição, geralmente tem um sistema eletrônico de nível que avisa quando está cheia e uma balança que pesa quanto de carga tem em seu interior para fazer o carregamento dos caminhões para expedição. É um tipo de silos elevado, que também é chamado de caixa de embarque, possuem bicas de descarga que são acionadas pelos sensores de nível já citados ou manualmente. São montadas com aço galvanizado que possui dobras enrijecedoras, conforme vemos na Figura 9.

Figura 9 Tulha

Fonte: Kepler Weber (2013).

4.7 Componentes de um silo metálico

Segundo a empresa Kepler Weber (2013), um silo é formado por milhares de tipos de componentes, desde chapas a vários tamanhos de parafusos, alguns dos principais são:

4.7.1 Chapas de aço galvanizado

São usadas para o fechamento do silo em si, parafusadas nos montantes, são chapas de diferentes formatos para o telhado e para o corpo, que servem como encaixe macho e fêmea garantindo um acoplamento perfeito de uma na outra. O aço galvanizado propicia grande durabilidade e resistência a corrosão o que faz aumentar a vida útil do silo. Na parte da cobertura assim como no corpo são utilizados parafusos bicromados de grau 8.8 com arruelas de Neoprene, na cobertura os parafusos são fixados nas terças que se apoiam nas longarinas de sustentação, e é utilizado massa de calafetar nas extremidades para garantir a vedação, no corpo os parafusos são fixados nas chapas ligando-as com os montantes de sustentação. Podemos conferir as chapas que são usadas na posição horizontal na Figura 10.

Figura 10 Chapas de aço galvanizado



Fonte: Lacovic (2014).

4.7.2 Montantes

Todos os montantes de silos metálicos são fabricados em aço de alta resistência para suportar a grande pressão que terá grande o silo estiver cheio, e geralmente são de perfis “w” com abas enrijecidas, o qual é um dos perfis mais resistentes que encontramos no mercado, porém quando os silos são de grande porte podemos encontrar montantes duplos que são usados para suportar a maior pressão exercida. Podemos conferir os montantes na posição vertical na Figura 11.

Figura 11 Montantes



Fonte: Lacovic (2014).

4.7.3 Estrutura do telhado

No telhado temos perfis estruturais unidos para formar uma única peça, fazendo aumentar a rigidez da peça, para garantir resistência aos esforços e propiciar um encaixe perfeito das longarinas e passarelas, é montado geralmente com uma inclinação de 20%, como podemos observar na figura 12.

Figura 12 Estrutura do telhado

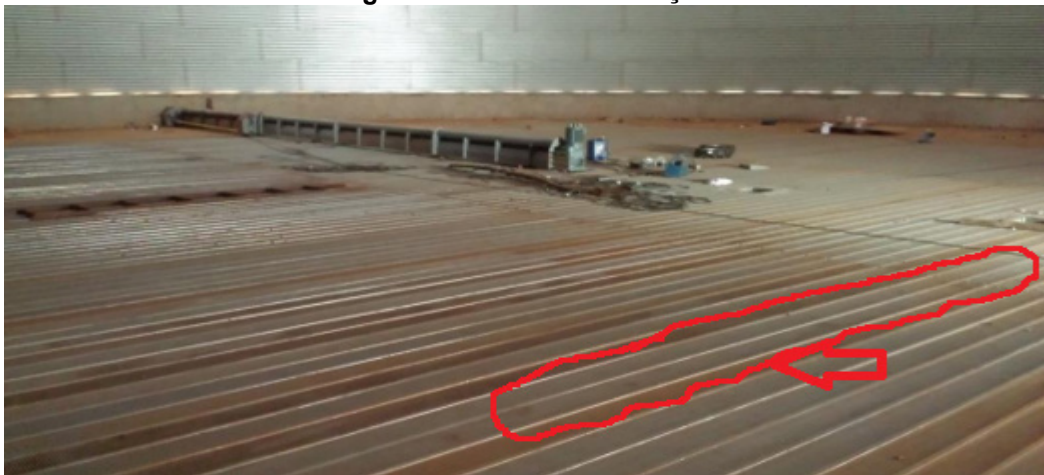


Fonte: Lacovic (2014).

4.7.4 Sistema de aeração

Em um silo é essencial que temos algum sistema de aeração para se manter a qualidade do grão, o sistema serve para controlar a temperatura dos cereais, e manter a temperatura ideal no interior do silo. O sistema geralmente é por meio de insuflação de ar, e é controlado por sensores internos ao silo, pré regulados para manter certa temperatura, quando essa temperatura interna sai fora dos padrões os sensores acionam as turbinas de ventilação para manter a temperatura ideal no interior do silo, conforme podemos ver na Figura 13.

Figura 13 Sistema de aeração



Fonte: Lacovic (2014).

4.7.5 Roscas varredoras

O descarregamento de silos planos pode ser feito por dois meios, dependendo do projeto de base do silo, se o fundo for plano temos roscas varredoras que fazem a descarga do silo, são roscas helicoidais que são movimentadas automaticamente por meio de motores elétricos, evitando o contato direto de operadores, prevenindo acidentes, encontramos roscas de capacidade de 50, 100, 150 toneladas por hora, na Figura 14 é possível observar qual o formato de uma rosca varredora.

Figura 14 Rosca varredora



Fonte: Lacovic (2014).

4.7.6 Escadas de manutenção

Há dois tipos de escadas disponíveis para escolha na hora da compra dos silos metálicos, escada tipo manheiro ou escada caracol. A escada que proporciona maior conforto para os operadores de silos é a do tipo caracol, pois faz-se o uso de corrimão de segurança, evitando o uso de guarda corpo, e cabos trava-quedas. Podemos observar as escadas de manutenção em amarelo na Figura 15.

Figura 15 Escadas de manutenção

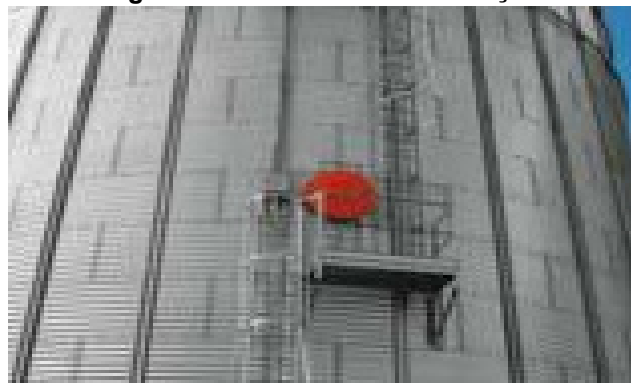


Fonte: Kepler Weber (2021).

4.7.7 Portas de acesso

Se faz necessários em todos os tipos de silos portas de acesso ao longo do corpo do silo, tanto para manutenção de algum equipamento interno ou checagem dos padrões dos grãos armazenados, essas portas estão localizadas sempre em patamares das escadas para mais fácil acesso e geralmente tem cor alaranjada na maioria das marcas de silos, como podemos ver na Figura 16.

Figura 16 Escadas de manutenção



Fonte: Kepler Weber (2021).

4.7.8 Sistema de termometria

Em todos os silos que armazenam grãos faz-se necessário o uso do sistema para se manter controle sobre os parâmetros ideais que os grãos precisam estar para não perder qualidade e ficar dentro dos padrões necessários para comercialização. O sistema é composto através de cabos que ficam presos a estrutura do telhado e mergulhados na massa de grãos, medindo em diferentes

níveis a temperatura dos grãos como podemos observar na Figura 17. Com os valores dessas leituras é possível fazer o controle do sistema de aeração para o resfriamento adequado da massa de grãos.

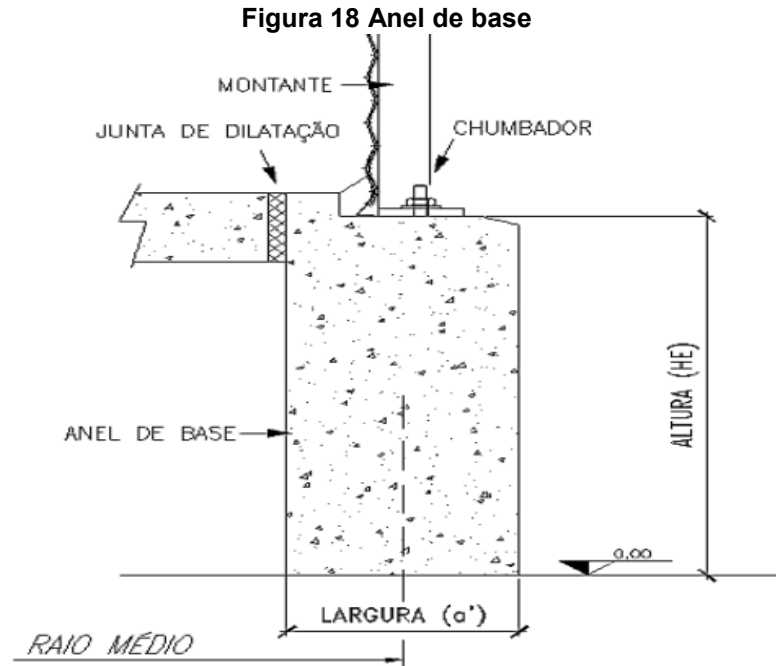
Figura 17 Sistema de termometria



Fonte: Kepler Weber (2021).

4.8 Anel de base

O anel de base tem como principal função transferir as cargas dos montantes ao sistema de fundação escolhido, para cada montante deve haver uma espera para que após concretagem no anel de base para que seja feita a ancoragem de todos os montantes com a ferragem dentro do anel, fazendo com que o silo seja fixado corretamente a base, podendo assim resistir a todos os esforços solicitantes principalmente da ação do vento, na Figura 18 podemos observar como é o projeto de um anel de base.



Fonte: Kepler Weber (2018).

Para cada modelo de silo tem-se um número x de montantes, a Kepler Weber disponibiliza uma tabela dos modelos de silos disponíveis, mostrando o número de montantes usados em cada modelo, o raio médio, a largura e a altura de cada modelo, como podemos observar na Tabela 4.

Tabela 4 Modelos de silos

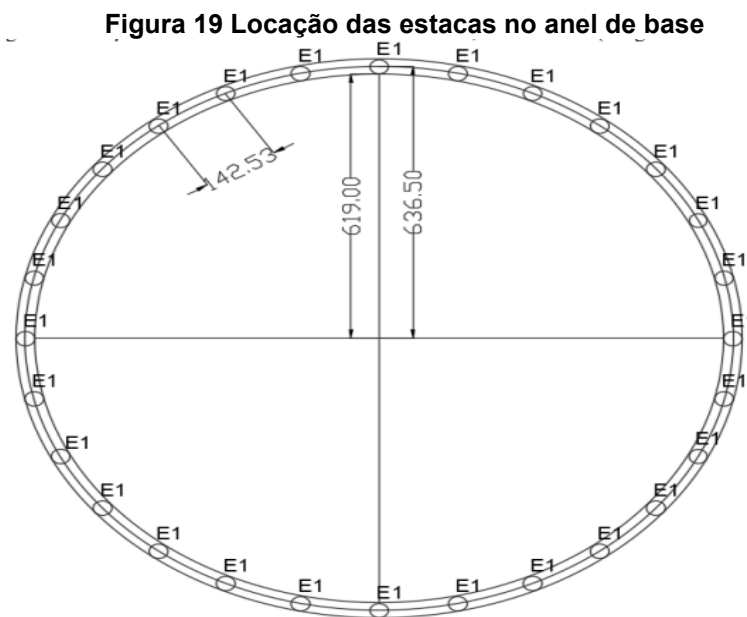
MODELO DO SILO	NÚMERO DE MONTANTES	ANEL DA BASE		
		RAIO MÉDIO	LARGURA (a')	Altura (HE)
30	20	4,635	0,30	0,80
33	22	5,112	0,35	0,80
36	24	5,572	0,35	0,80
42	28	6,470	0,35	0,80
48	32	7,385	0,35	0,80
54	36	8,285	0,35	0,80
60	40	9,195	0,35	0,80
72	48	11,015	0,35	0,80
90	60	13,735	0,35	0,80
105	70	15,985	0,40	0,80

Fonte: Kepler Weber (2018).

Temos como exemplo na Tabela 4, o modelo 42, que tem 28 montantes, com um raio de 6,47m, uma largura de 35cm e uma altura de 80cm.

4.9 Locação das estacas no anel

Para este modelo 42, pode-se observar a Figura 19 que mostra a locação das estacas no anel de base, dispondo de uma estaca para cada montante para distribuição de cargas ao solo, assim como a empresa Kepler Weber orienta.



Fonte: Machado Neto (2018).

4.10 Materiais sobre o estudo

Para o estudo será utilizado materiais oriundos de três empresas fabricantes de silos:

4.10.1 Kepler Weber

Segunda a empresa:

Empresa que fabrica equipamentos para armazenagem, beneficiamento e movimentação de grãos sólidos, desenvolvendo soluções completas de movimentação e armazenagem de grãos. O portfólio de produtos é composto por silos metálicos, transportadores horizontais e verticais, secadores de grãos, máquinas de limpeza, estruturas metálicas e acessórios diversos de instalação, além do projeto executivo das unidades (KEPLER WEBER, 2018).

A Kepler Weber orienta que os projetistas das fundações adotem uma estaca para cada montante do silo, sendo assim temos que para cada montante deve haver uma estaca abaixo do anel de base para que seja transferido o peso do silo diretamente para a fundação sem gerar momento fletor, fazendo com que o anel de base seja um apoio sólido para a distribuição das cargas as estacas, para que estas descarreguem as cargas geradas no solo.

O propósito do estudo é trazer conhecimento e suporte de como é feito o anel de base de um silo metálico de fundo plano, anel este que fica logo acima da fundação que será escolhida conforme análise do laudo de sondagem. Para fazer o dimensionamento desse anel deve se conhecer qual o modelo do silo que será usado, diâmetro do mesmo e capacidade de carga segundo as orientações do fabricante para que seja gerado os carregamentos que atuaram no sistema de base e fundação do silo.

A método de pesquisa utilizado será do tipo explicativa, de acordo com dados obtidos de Kepler Weber 2018 e Machado Neto 2018, a pesquisa busca descrever quais processos devem ser levados em conta na hora de realizar o projeto, levando em conta o local que será realizada a obra, o tipo de escavação realizada, o tipo de concreto utilizado, a armação utilizada no concreto, o que será usado para montar as formas, e por fim como será feita a concretagem.

O estudo com base nas informações obtidas em Kepler Weber, busca descrever, as características do anel de base, as medidas de altura e largura usadas em cada tamanho de silo e qual a resistência de concreto deve ser utilizada.

No mercado brasileiro têm várias empresas que fabricam silos metálicos, como já citado acima foi utilizado material baseado na empresa Kepler Weber, foi usado também materiais de mais duas empresas que serviram como base para o estudo, a empresa COMIL silos e secadores LTDA, e a empresa AGI BRASIL.

4.10.2 Agi Brasil

Segundo dados obtidos no site a empresa:

Apresenta soluções e sistemas completos de planejamento, engenharia e fabricação em 5 plataformas: Semente, Fertilizante, Grãos, Rações e Alimentos. Nossos produtos, equipamentos, tecnologia e serviços ajudam a facilitar o armazenamento, mistura, mistura, transporte, acondicionamento, processamento e proteção de insumos e produtos agrícolas em todo o mundo (AGI BRASIL, 2021).

Para essa empresa deve-se utilizar um local com boa drenagem para construir a base desse silo, que é composta pelas fundações, anel de base e piso da base, a recomendação é que deve ser feita a substituição do solo superficial por preenchimento granular, que seria o uso de pedra brita e compactação após a substituição para ter uma base com melhor resistência para o silo. Recomenda-se também que o anel de base esteja perfeitamente circular, e nivelado para que seja feita a instalação do silo, como o silo geralmente é uma estrutura muito alta e com peso extremamente leve quando vazio, se não for respeitado esse nivelamento e essa concentricidade na hora da execução da parte civil o silo não poderá ser montado, necessitando que seja feito esse reparo antes de iniciar a montagem.

O anel de base deve ser necessariamente projetado para que cada montante seja chumbado nesse anel, esse processo tem que ser pensado quando se começa a montagem de estrutura metálica do anel, deixando um espaço entre a superfície do anel até a altura determinada em projeto do chumbador, após a armação da ferragens e montagem das formas, são colocados peças retangulares de isopor exatamente aonde ficaram cada montante do silo posteriormente, após a concretagem é derramado gasolina sobre o isopor para derrete-lo e abrir espaço para ser colocado o chumbador, que é basicamente composto de aço com um gancho em uma ponta e rosca na outra, com o chumbador colocado é feita a concretagem desse espaço aonde estava o isopor e assim o término da execução do anel de base.

4.10.3 Comil silos e secadores

Também foi utilizado materiais de uma terceira empresa que “é referência na produção de equipamentos agrícolas e desponta entre as principais empresas do mercado brasileiro em seu ramo de atividade, possui um parque fabril com 18.500m² de área construída” (COMIL SILOS E SECADORES, 2021).

Segundo a empresa o anel de base e a laje central dos seus silos são circulares assim como a maioria dos silos existentes no mercado brasileiro e devem ser executados separadamente criando duas estruturas que trabalham independentemente uma da outra, a laje central deve suportar a pressão vertical dos grãos e o anel deve suportar o peso do silo em si, que é transferido a partir dos

montantes para o anel, e as pressão horizontais e verticais do vento e dos grãos armazenados. O anel de base é calculado independentemente para cada projeto, o principal fator para esse cálculo é o que irá ser armazenado nesse silo, tendo em vista que cada tipo de produto temos um peso específico diferente. A pesquisa busca trazer conhecimento sobre um tipo de obra que vem se difundindo cada vez mais com o avanço da tecnologia na agricultura.

5 METODOLOGIA

5.1 Metodologia de pesquisa

Para o desenvolver o estudo das etapas de construção da base de um silo metálico de fundo plano, foi utilizado como base o aumento de uma unidade de armazenamento de grãos com a construção de mais dois silos metálicos, em uma fazenda particular de grande porte no interior do Paraná, região que tem como principal fonte de renda a produção agrícola.

Pelas normas internas da fazenda foi obtido liberação para realizar o acompanhamento da obra, contudo não foi autorizado realizar registros fotográficos da parte interna da fazenda, não podendo assim registrar em fotografias as etapas da construção da obra, porém foi disponibilizado o projeto arquitetônico e o projeto estrutural da obra para utilização no estudo. As figuras utilizadas para exemplificar os resultados do estudo são de obras de outros silos executados em outras fazendas, que são fabricados pela mesma empresa e que tem o mesmo porte do silo construído na fazenda. Na Figura 20 pode-se observar que a região da execução é quase toda composta por campos agricultáveis, isso nos mostra porque cada vez mais vemos construções como essa de silos.

Figura 20 Região aproximada da obra



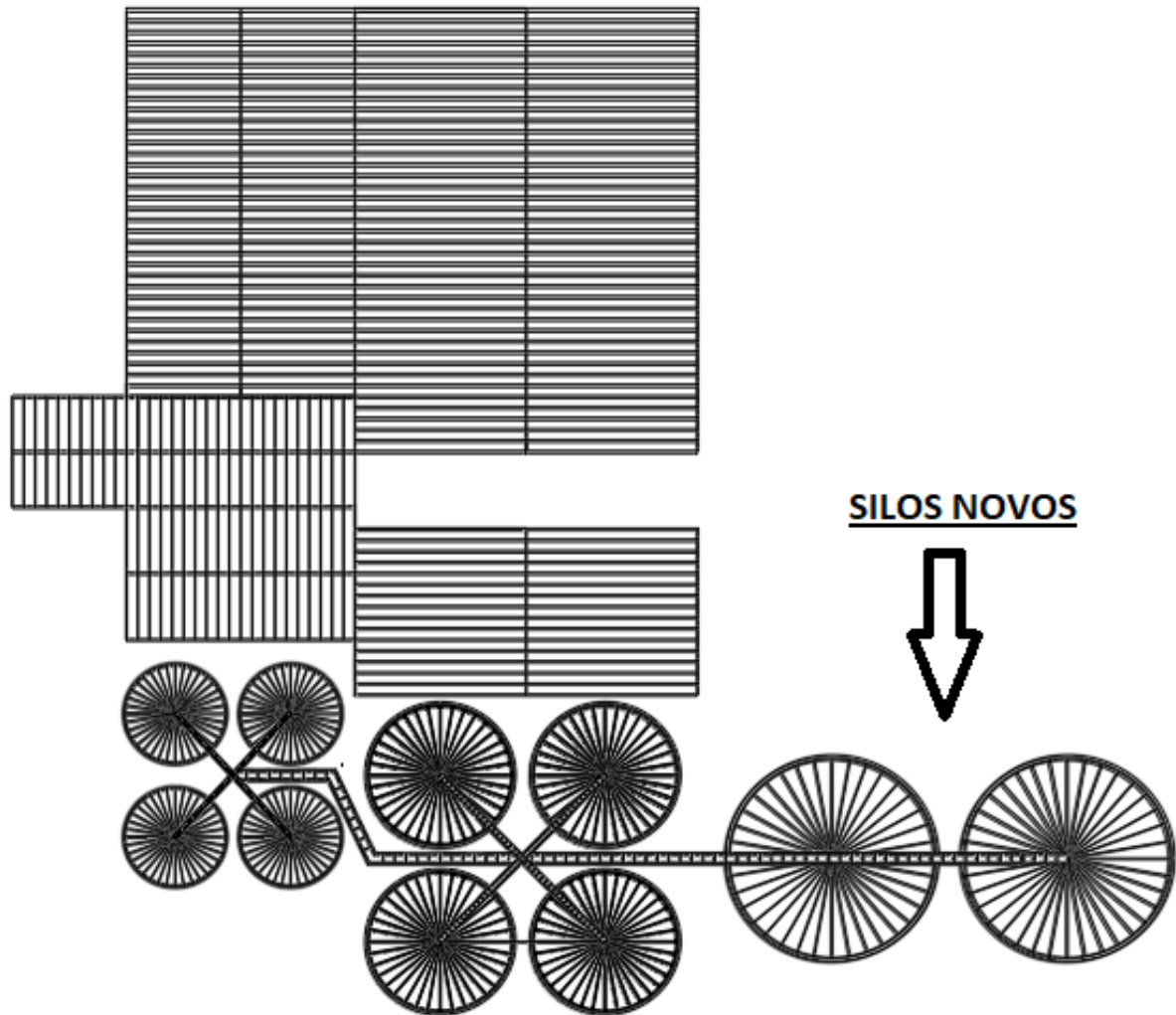
Fonte: Google Earth (2022).

5.2 Etapas do estudo

- ◆ Estudo bibliográfico sobre silos metálicos de fundo plano, quais os modelos e marcas que existem no mercado para se ter um panorama geral das características dos mesmos.
- ◆ Após se ter o modelo de silo que seria instalado na propriedade foi se aprofundado o estudo nesse em específico, para se obter todas as características do mesmo.
- ◆ Com a obra iniciada foi também dado início ao acompanhamento da mesma realizando anotações importantes sobre o todas as etapas da construção para se elaborar o estudo.
- ◆ Com todas as informações em mãos foi analisado e interpretado os dados obtidos em campo para conseguir desenvolver uma explicação sobre como é construída o anel de base de um silo metálico.

Com o aumento da fazenda em áreas e produção maior ouve a necessidade do aumento da UAG, a UAG em questão já contava com 8 silos, sendo 4 de pequeno porte e 4 de médio porte, para o aumento foi construído mais dois silos de médio/grande porte, como podemos observar na Figura 21. No estudo em questão foi se limitado ao acompanhamento específico dos anéis das bases dos silos.

Figura 21 Locação dos silo na fazenda



Fonte: Aatoria própria (2022).

Para a obra a fazenda optou pela marca fabricante Kepler Weber, o modelo do silo foi o SL6020, o número 60 representa o diâmetro do silo medido em pés o que representa 18,19m, o 20 representa o número de anéis dispostos na vertical, com uma altura total de 23,61m. Esse silo tem um volume total de 5.189m³, e pode armazenar 64.860 sacos de 60kg de soja representando 4.125 toneladas com fator de compactação de 6%. Podemos observar destacado de vermelho na Tabela 5 o modelo do silo e alguns outros modelos disponíveis no catálogo da empresa.

Tabela 5 Catalogo Kepler Weber

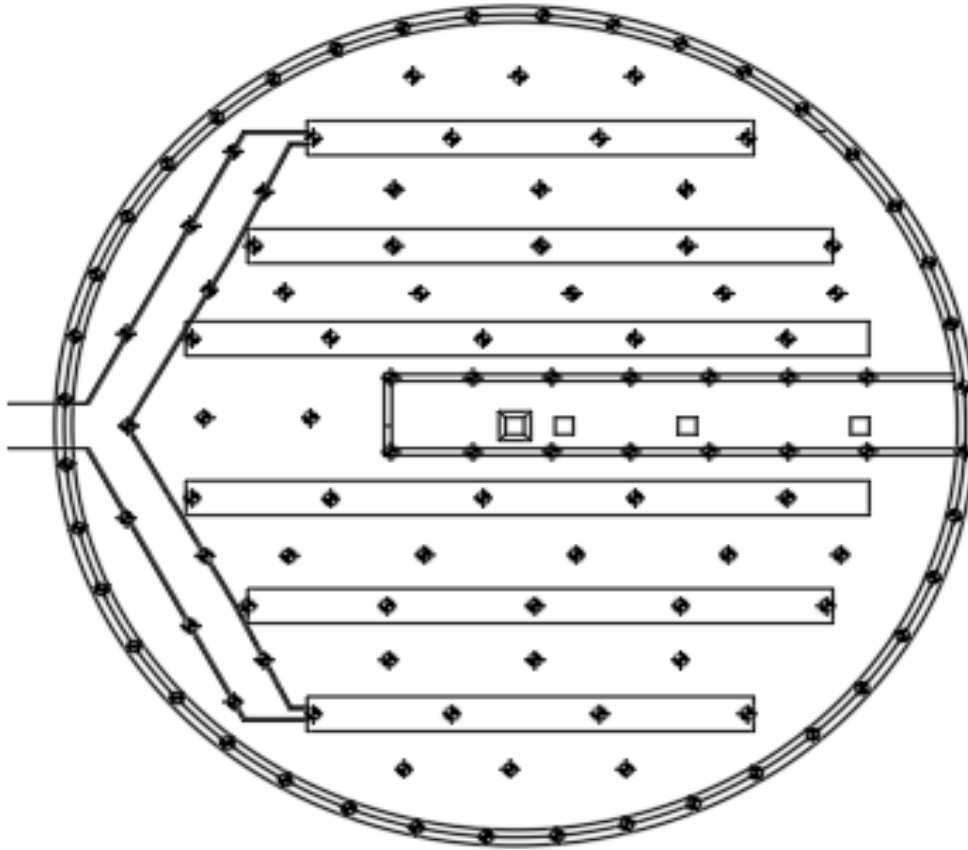
MODELO	ANEL	DIÂMETRO NOMINAL (m)	VOLUME (m³)	CAPACIDADE (BUSHEL)	SACOS SOJA	SACOS SOJA*	TONELADAS SOJA	TONELADAS SOJA*	ALTURA TOTAL (m)
54	14	16,37	3.016	85.576	37.695	39.957	2.262	2.397	17,59
	15		3.208	91.037	40.101	42.507	2.406	2.550	18,51
	16		3.401	96.499	42.507	45.057	2.550	2.703	19,42
	17		3.593	101.961	44.913	47.607	2.695	2.856	20,34
	18		3.785	107.422	47.318	50.157	2.839	3.009	21,25
	19		3.978	112.884	49.724	52.708	2.983	3.162	22,17
	20		4.170	118.346	52.130	55.258	3.128	3.315	23,08
	21		4.363	123.808	54.536	57.808	3.272	3.468	23,99
	22		4.555	129.269	56.942	60.358	3.416	3.621	24,91
	23		4.748	134.731	59.347	62.908	3.561	3.774	25,82
	24		4.940	140.193	61.753	65.458	3.705	3.928	26,74
60	14	18,19	3.763	106.788	47.039	49.861	2.822	2.992	18,13
	15		4.001	113.531	50.009	53.010	3.001	3.181	19,04
	16		4.238	120.274	52.979	56.158	3.179	3.369	19,96
	17		4.476	127.017	55.949	59.306	3.357	3.558	20,87
	18		4.714	133.759	58.919	62.455	3.535	3.747	21,78
	19		4.951	140.502	61.890	65.603	3.713	3.936	22,70
	20		5.189	147.245	64.860	68.751	3.892	4.125	23,61
	21		5.426	153.988	67.830	71.900	4.070	4.314	24,53
	22		5.664	160.731	70.800	75.048	4.248	4.503	25,44
	23		5.902	167.474	73.770	78.196	4.426	4.692	26,36
	24		6.139	174.216	76.740	81.345	4.604	4.881	27,27

Fonte: Kepler Weber (2022).

Na Figura 22 pode-se observar o projeto arquitetônico do silo com a localização das estacas, dos canais de aeração, túnel de escoamento com as canaletas, e o anel de base.

Esse modelo de silo possui 40 estacas em seu anel de $\phi 35\text{cm}$ que foram escavadas em uma profundidade de 8,00m segundo o projeto de fundação, no qual foi analisado o solo que seria instalado para se conseguir determinar tal profundidade. Isso nos representa que serão instalados 40 montantes posteriormente na parte metálica.

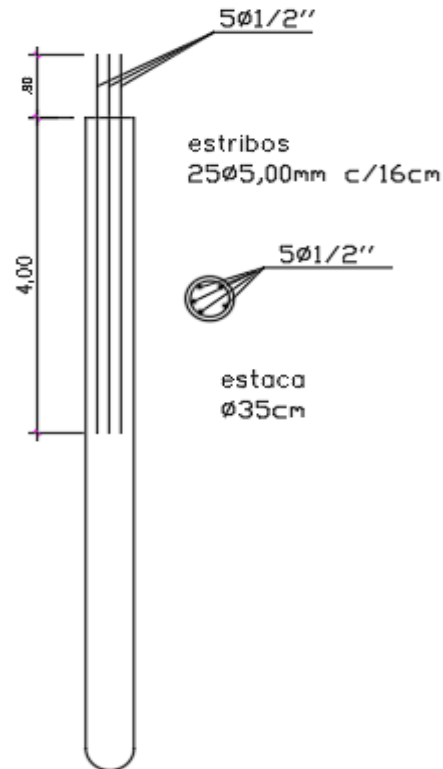
Figura 22 Projeto arquitetônico



Fonte: Oliveira (2021).

Segundo o projeto de fundação as estacas do anel de base foram armadas longitudinalmente com $5\phi 12,5\text{mm}$ em formato circular, e tem profundidade de 8,00m com armadura disposta nos 4 primeiros metros, e 25 estribos de 5mm dispostos 16cm entre si. Observa-se na Figura 23 a disposição da armadura na estaca.

Figura 23 Armadura das estacas

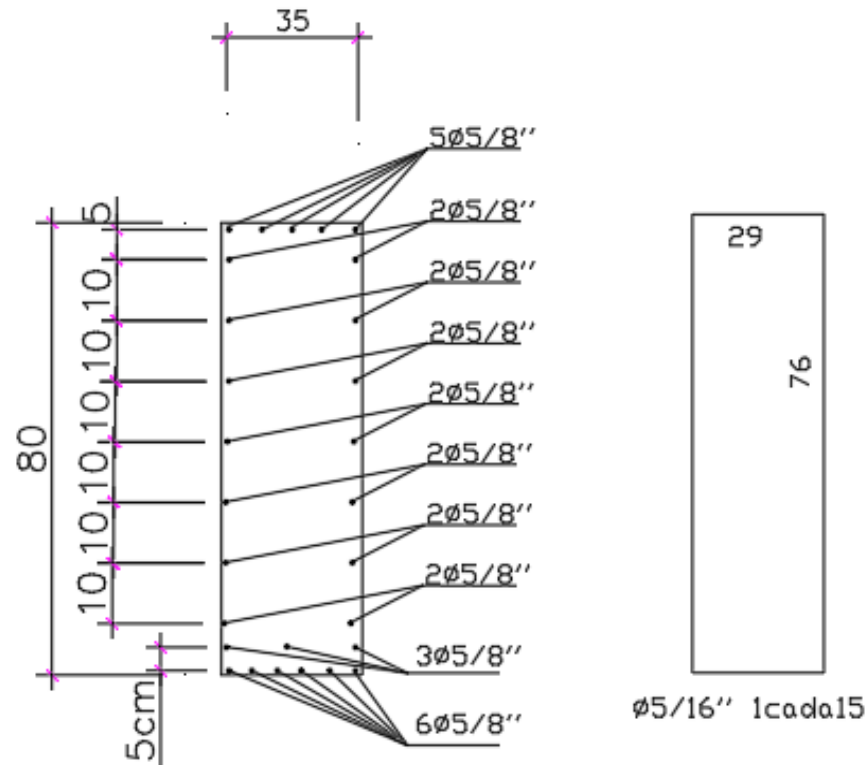


Fonte: Oliveira (2021).

Para se manter o padrão de perfuração na obra foi utilizada em todas as estacas o diâmetro de 35cm e armaduras de 5ø12,5mm, sendo 40 estacas no anel de base, 14 estacas no túnel de escoamento e 63 estacas nos canais de aeração/suporte piso do silo.

As dimensões do anel de base são de 80x35cm, sendo armado com 5 barras superiores, 14 barras na pele e 9 barras inferiores todas de 16mm, totalizando 28 barras armadas longitudinalmente no anel de base, nos estribos foi utilizado barras de 8mm espaçadas a cada 15cm, como se pode observar na Figura 24.

Figura 24 Armadura do anel

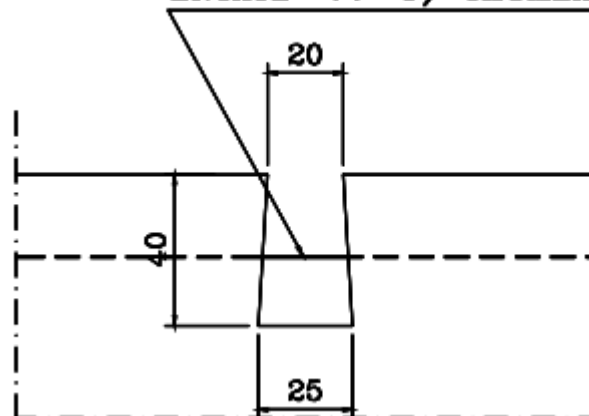


Fonte: Oliveira (2021).

Podemos observar na Figura 25 o nicho deixado para chumbar os montantes posteriormente, em formato de trapézio para maior aderência do graute que será usado posteriormente, a cerca de 10cm do fundo foi utilizada uma barra de 25mm longitudinalmente em toda circunferência do anel, para ancorar o montante da parte metálica no anel de base aumentando a resistência da parte metálica.

Figura 25 Nicho, corte A-A'

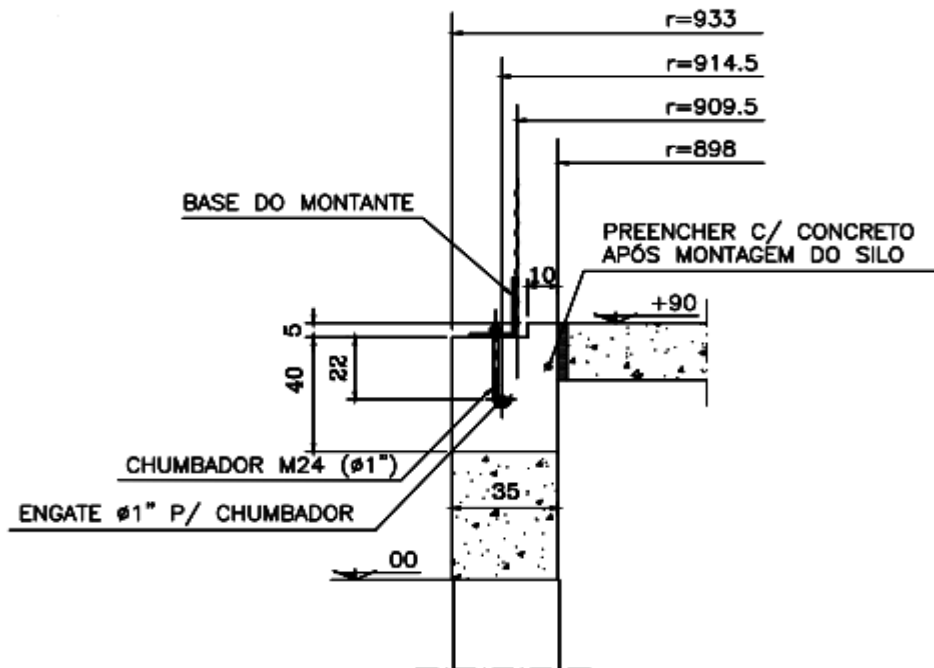
ENGATE $\phi 1"$ P/ CHUMBADOR



Fonte: Oliveira (2021).

Se pode observar na Figura 26 o corte transversal detalhando o anel de base com o engate para a ancoragem da parte metálica, um berço para alocar o montante, a junta de dilatação que deve ser deixada e os raios interno externo e central do anel de base.

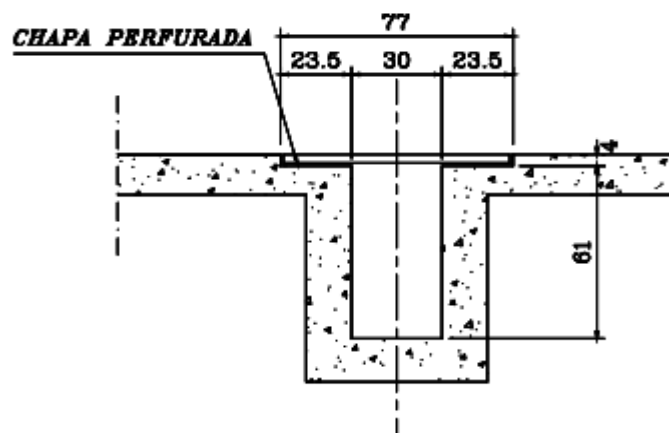
Figura 26 Corte transversal do anel, corte B-B'



Fonte: Oliveira (2021).

Na Figura 27 observa-se o detalhamento das canaletas de aeração com as respectivas medidas, e a chapa perfurada que é utilizada para ventilação dos grãos.

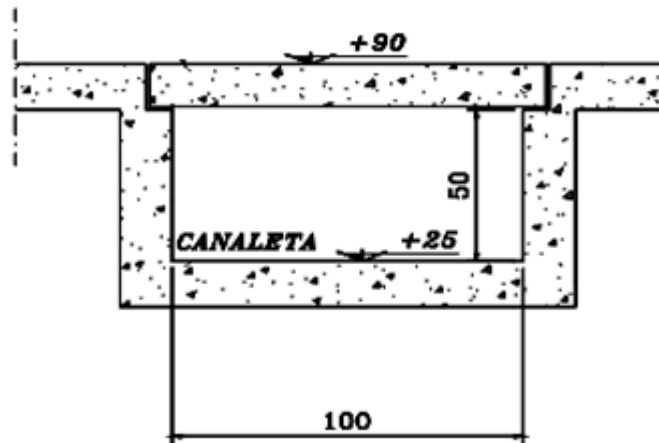
Figura 27 Corte transversal canaleta de aeração, corte C-C'



Fonte: Oliveira (2021).

Na Figura 28 se pode observar o canal de aeração com suas respectivas medidas, canal esse que faz a distribuição do ar do ventilador até todas as canaletas de aeração.

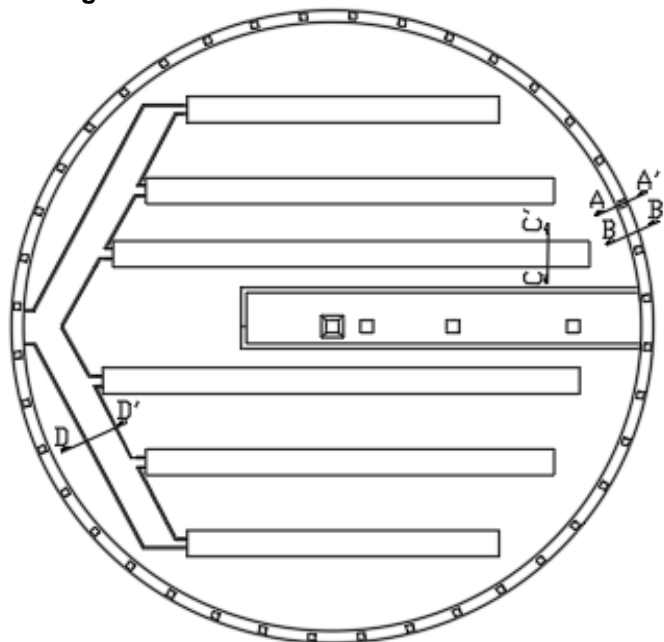
Figura 28 Corte transversal canal de aeração, corte D-D'



Fonte: Oliveira (2021).

Pode-se observar na Figura 29 a planta do silo com as demarcações de seus respectivos cortes apresentados anteriormente.

Figura 29 Planta do silo com cortes



Fonte: Oliveira (2021).

6 RESULTADOS

6.1 Terraplanagem

O primeiro passo para o início de toda obra assim como essa é a escolha do local em que será instalada a construção, aqui já se deve planejar um local estratégico que comporte toda estrutura de armazenamento de grãos, afim de facilitar o carregamento e descarregamento dos caminhões dentro da fazenda, logo após deve ser feita toda a terraplanagem do local para que fique o mais nivelado possível afim de facilitar a execução da obra e evitar possíveis problemas futuros por conta do desaprumo, nesse obra como a UAG já era existente foi apenas necessário alocar um espaço onde comportasse os dois silos construídos, que foi ao lado dos outros 4 silos existentes pensando em carregamento e descarregamento do mesmo para se aproveitar os sistemas existentes do outros.

6.2 Canteiro de obras

Logo após o terreno nivelado foi montado o canteiro de obras que nada mais é que uma casa provisória para se guardar ferramentas e materiais que serão utilizados na obra, esse canteiro foi montado em local estratégico para execução de obra afim de agilizar a construção do silo.

6.3 Demarcação do local

Logo após foi começado a demarcação da obra, um topógrafo foi responsável por essa parte, com um auxílio de um aparelho chamado teodolito, como o da Figura 31, realizou as marcações dos níveis de cota, dos pontos de referência, e fez a instalação dos gabaritos de obra utilizando pontaletes de madeira para marcação de onde seria perfurado cada estaca. Na Figura 30 podemos observar um exemplo de como foi feito o gabarito da obra, semelhante ao executado na fazenda.

Figura 30 Demarcação da obra



Fonte: Cortês (2021).

Figura 31 Teodolito



Fonte: Cortês (2021).

6.4 Perfuração das estacas

No projeto de fundação dessa obra foi escolhido o método de fundação de estacas escavadas para realização desse silo, as escavações foram feitas mecanicamente por um equipamento chamado perfuratriz semelhante ao mostrado na Figura 32. Em paralelo a escavação outra equipe estava realizando a montagem da ferragem das estacas em outro local do canteiro de obras. Após a perfuração finalizada deu se início a colocação das armaduras nas perfurações, utilizando

espaçadores laterais para evitar que a armadura encostasse no solo, evitando com que ocorra oxidação da armadura com o tempo, após foi dado início na concretagem das estacas, para a concretagem foi utilizado concreto usinado de 25MPa, sendo concretado até a cota de arrasamento de -0,40cm do nível do solo, para posteriormente ser escavado o anel de coroamento.

Figura 32 Perfuratriz



Fonte: Cortês (2021).

6.5 Escavação do anel de coroamento

Alguns dias após o concreto utilizado nas estacas atingiu o ponto de resistência necessário para se dar andamento na obra então foi dado início a escavação do anel de coroamento das estacas que nesse caso foi feita manualmente pelos colaboradores, foi escavado cerca de 40cm até a altura das coroas das estacas já concretadas assim criando um canal de 50cm de largura semelhante ao da Figura 33, para se instalar a armadura de coroamento das estacas, que faz a interligação de todas as estacas entre si, distribuindo assim as cargas que serão aplicadas pela superestrutura, e deixando as esperas para a ligação com o anel de base que será a iniciado na próxima etapa. Após isso foi concretado o anel de coroamento, utilizando o próprio solo escavado como forma, semelhante ao que se pode ver na Figura 34.

Figura 33 Anel de coroamento escavado



Fonte: Cortês (2021).

Figura 34 Anel de coroamento concretado com as esperas para o anel de base



Fonte: Santos (2021).

6.6 Montagem das formas internas do anel de base

Com o anel de coroamento já atingido o ponto de resistência necessário, deu-se início a montagem das formas internas do anel de base, feitas em madeira de compensado naval 12mm, em formato circular seguindo o anel de coroamento, foi utilizado caibros de madeira de 5x5cm na posição vertical a cada 25cm de espaçamento entre eles em toda circunferência das formas como travamento adicional, a cada 2 caibros foi pregado uma tabua de 15x2,5cm em formato de mão francesa semelhante ao mostrado na Figura 35, pregado a pontalete de eucalipto enterrado como escora a cerca de 2m da forma no sentido do centro do silo. Também foi instalado 2 barras de ferro por fora da forma na posição horizontal em toda circunferência para o travamento adicional.

Figura 35 Forma interna do anel



Fonte: Santos (2021).

6.7 Montagem da armadura

Após toda forma interna montada e devidamente escorada, começou a montagem da armadura do anel que foi feita no local, a forma foi montada com 80x35cm considerando espaçamento interno, em formato circular, na armadura longitudinal foi utilizado barras de aço de 16mm, sendo 5 barras na armadura superior, 14 barras na armadura de pele espaçadas 10cm entre si, e 9 barras na armadura inferior, podemos concluir que a parte inferior do anel é a que será mais requisitada a tração. Para os estribos utilizou-se aço de 8mm espaçados 15 cm entre si em toda circunferência do anel, foi utilizado espaçadores de 2,5cm nas três superfícies da armadura para centralizar a armadura na forma, a 60cm do fundo foi alocada uma barra de ancoragem longitudinalmente de 25mm para posteriormente ser ancorado os montantes, no centro de cada estaca foi deixado uma espera que foi preenchida com isopor, espaço que será usado para chumbar os montantes posteriormente semelhante a Figura 36, também foi montado uma forma de madeira para deixar os espaços aonde serão construídos os canais de aeração e do túnel de escoamento, semelhante ao que mostra a Figura 37.

Figura 36 Armadura do anel e espera do montante



Fonte: Santos (2021).

Figura 37 Forma de abertura do tunel de escoamento



Fonte: Santos (2021).

6.8 Montagem das formas externas

Seguindo basicamente o modelo da forma interna foi utilizado compensado naval de 12mm em toda circunferência, após isso feito o travamento da estrutura com caibro de madeira de 5x5cm a cada 40cm, a cada dois caibros feita uma mão francesa com ripas de 5x2,5cm com um pontalete de caibro enterrado como escora e pregado na ripa, após isso foi feito o travamento horizontal com 2 barras de ferro em toda circunferência espaçadas em 20cm entre si. Para dar mais estabilidade a forma foi interligado a forma interna com a externa por meio de pedaços de ripa pregado na superfície da forma em toda circunferência espaçados em média de 50cm entre si semelhante ao que pode se Figura 38.

Figura 38 Forma externa do anel



Fonte: Santos (2021).

6.9 Concretagem do anel

Após todas as formas montadas e devidamente travadas, começou a concretagem do anel onde foi utilizado concreto usinado de 30 Mpa, utilizou-se um vibrador de concreto para se fazer o adensamento correto do concreto, um colaborador em específico ficou responsável por esse adensamento, fazendo a vibração de cerca de 5 segundos em cada local, e em média de 30 cm de espaçamento entre si, para retirar todo o ar do concreto e não ocorrer a exsudação do concreto.

Figura 39 Concretagem do anel

Fonte: Santos (2021).

6.10 Construção do túnel de escoamento

Com o concreto do anel já atingido a resistência necessária, começou a ser feita a desforma do anel para dar início a construção do túnel de escoamento. Como já havia sido escavadas e concretadas as estacas do túnel na primeira etapa, nessa fase começou a ser feita as formas do túnel para concretagem, o túnel foi construído com paredes de concreto maciças, semelhante à da Figura 40 se pode observar como foi montada a armadura das paredes e do piso, foi utilizado concreto usinado de 30Mpa, e foi deixado as esperas para fazer amarração da laje que será concretada posteriormente junto com o piso do silo, se pode observar na Figura 41 as paredes já concretadas. Após o concreto atingir a resistência necessário foi retirado as formas das paredes e começado a construção das formas da laje do túnel de escoamento e a amarração da armadura, na figura 42 se pode observar a armadura da laje do túnel já montada, figura semelhante a realizada na obra.

Figura 40 Armadura do túnel de escoamento



Fonte: Santos (2021).

Figura 41 Paredes do tunel de escoamento



Fonte: Santos (2021).

Figura 42 Armadura da laje do tunel de escoamento



Fonte: Santos (2021).

6.11 Construção dos canais de aeração

Os canais de aeração servem para que seja trocado o ar de dentro do silo constantemente fazendo assim com que os grãos armazenados sejam conservados dentro dos seus padrões. O número de canais necessários varia conforme o tamanho do silo, nesse em específico foi escavado 6 canais sendo 3 de cada lado do túnel de escoamento conforme observa-se na Figura 43 os canais de aeração já prontos, esses canais tem 70cm de altura e 1m de largura, sendo construído com paredes maciças assim como o túnel de escoamento.

Figura 43 Canais de aeração concretados



Fonte: Oliveira (2021).

6.12 Piso do silo

Após o término do levantamento das paredes dos canais de aeração e do túnel de escoamento foi dado início a fase final de concretagem da base, processo esse que deve ser feito com muito cuidado seguindo o projeto, pois o piso é o que suportará quase todo peso dos grãos armazenados posteriormente. Primeiro foi feita a escavação de cerca de 0,75m de solo dentro do anel, pois esse solo havia sido escavado anteriormente para escavação das estacas e construção do túnel e dos canais de aeração, deixando o solo descompactado, o que poderia ocasionar recalque no futuro. Depois de escavado foi dado início a compactação do solo, o próprio solo escavado foi usado para fazer o aterro no mesmo local, porém agora fazendo camadas de compactação forçada com uma máquina tipo sapo, a cada 25cm até atingir a altura em que foi feito o piso.

Em seguida foi instalado uma malha de aço armada conforme indicava o projeto, em todas as partes que receberam o piso do silo e logo em seguida dado início a concretagem do piso, utilizando concreto usinado de 30 MPA, o piso foi concretado com cerca de 20cm de espessura, na Figura 44 se pode observar o piso concretado.

Figura 44 Piso concretado



Fonte: Oliveira (2021).

6.13 Abertura dos nichos

Após o piso concretado foi realizado a abertura dos nichos aonde serão ancorados os montantes da parte metálica posteriormente, para isso foi utilizado gasolina, que por um processo químico faz o total derretimento do isopor deixando o nicho pronto para o recebimento e ancoragem dos montantes, na Figura 45 mostra o modelo de nicho semelhante ao usado na obra.

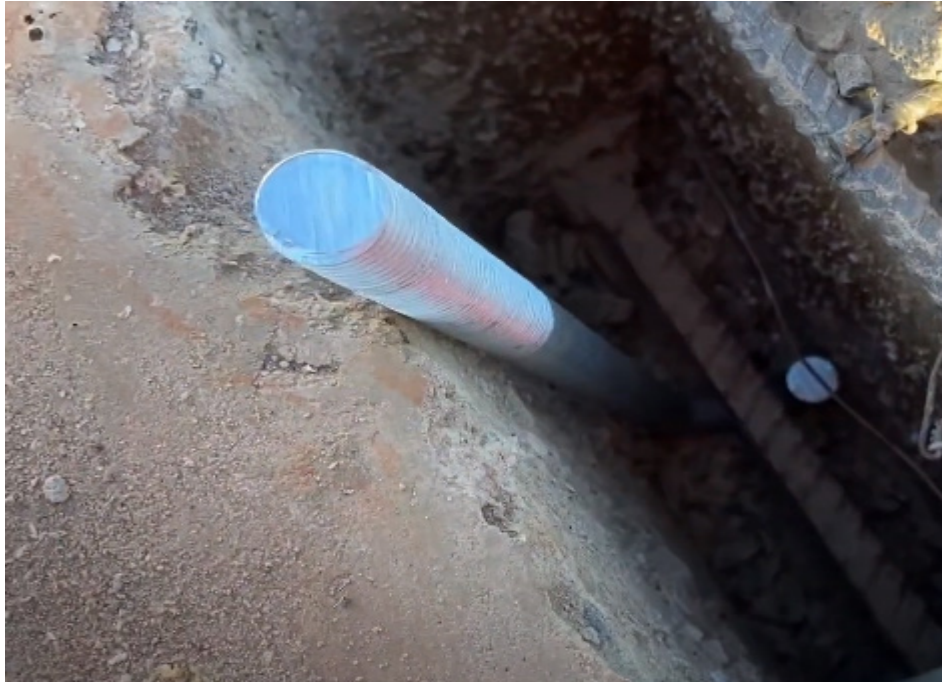
Figura 45 Nicho aberto



Fonte: Cortês (2021).

Para ser feita a ancoragem dos montantes foi utilizado um parafuso próprio para essa função, o mesmo apresenta uma rosca em uma ponta e na outra um gancho semelhante ao que mostra a Figura 46.

Figura 46 Gancho de ancoragem

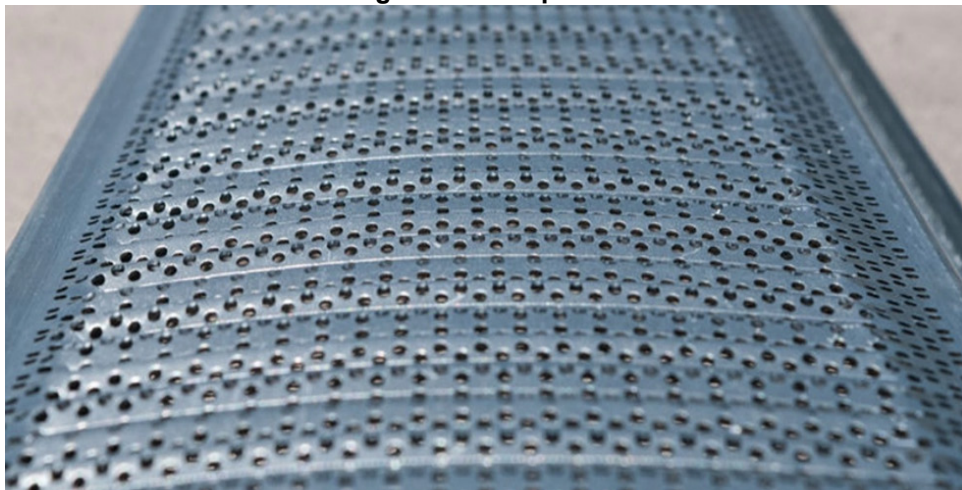


Fonte: Cortês (2021).

6.14 Instalação pisos de aeração

A última etapa antes do início da parte metálica foi instalação dos pisos perfurados semelhante ao que mostra a Figura 47, o piso instalado nessa obra apresenta uma área livre de passagem do ar de 13% o suficiente para não oferecer resistência ao fluxo de ar forçado pelos ventiladores posteriormente. Após a instalação deu se início ao processo de montagem da estrutura metálica do silo.

Figura 47 Piso perfurado



Fonte: Kepler Weber (2021).

7. CONCLUSÃO

Durante toda a graduação de engenharia civil se pode aprender vários conceitos e teorias sobre fundações e estruturas de concreto armado, com este estudo foi possível visualizar como é feita na prática esses conceitos, complementando o conhecimento adquirido na graduação.

Após realizar o estudo sobre quais tipos de estruturas são usadas para armazenagem de grãos no Brasil, notou-se que tem várias opções como silos de concreto, silos metálicos, silos bolsa, e vários outros, pode-se notar também que o investimento para cada tipo de silo é muito distinto, levando em consideração que quanto menor o valor investido para armazenar, pode-se concluir que o silo terá uma vida útil menor, como é o caso do silo bolsa, que por recomendação das empresas fabricantes só pode ser utilizado uma vez, já os silos metálicos são a melhor opção considerando custo benefício, relacionando tanto o tempo de construção que é uma obra relativamente rápida e também sua vida útil que pode ultrapassar 40 anos facilmente. Como esses silos metálicos são construções verticais ocupam bem menos espaço em relação aos outros tipos de armazenamento disponíveis no mercado, por esse motivo são os mais usados por cooperativas que precisam armazenar grandes quantidades de produto no menor espaço possível.

Atualmente a maior parte dos silos construídos são do tipo metálico, nesse tipo temos muitas opções de modelos, marcas e tamanhos, podendo atender desde o pequeno produtor até o grande, para armazenamento de curto, médio ou longo prazo.

O objetivo geral desse trabalho foi detalhar quais são as etapas e técnicas que foram utilizadas pelos profissionais para a execução de um anel de base de concreto armado de silo metálico de fundo plano, detalhando todas as etapas desde a perfuração das estacas, compactação do solo, montagem das armaduras, quais barras de aço foram utilizadas, qual a resistência do concreto utilizado até a concretagem final do piso do silo.

O estudo foi baseado no aumento de uma unidade armazenadora de grãos em uma fazenda particular, com a construção de dois silos metálicos de fundo plano, da marca Kepler Weber modelo SL6020, o mesmo de médio porte, apresentou ser o mais viável para a uso na fazenda, apresentando uma capacidade de armazenamento de 64.860 sacos de 60kg de soja, cada silo.

Com o presente trabalho foi possível obter-se conhecimento de todas as etapas que são executadas na construção de uma base para silo metálico, a mesma segue basicamente as etapas que devem ser seguidas para todo tipo de obra, porém deve se ter uma atenção especial e seguir à risca todo o projeto planejado visto que é uma obra que suportará grandes cargas quando for utilizada.

REFERÊNCIAS

AGI BRASIL. **Silos metálicos** – 2021. Disponível em: <https://www.aggrowth.com/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

AIRES, R. **Armazenagem de grãos: saiba tudo sobre silos** - 2020. Disponível em: <https://www.myfarm.com.br/tudo-sobre-silos/>. Acesso em: 25 nov. 2021.

ALBUQUERQUE, P. J. R. **Engenharia de Fundações**. Grupo GEN, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636977/>. Acesso em: 03 dez. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

CALIL JUNIOR, C.; CHEUNG, A. B. **Silos: pressões, fluxo, recomendações para o projeto e exemplos de cálculo**. São Carlos: EESC, 2007.

COMIL SILOS E SECADORES. **Silos metálicos** – 2021. Disponível em: <https://comil.com.br/institucional/sobre>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ENGENHARIA DO AGRO. **Montagem dos Silos - Obra do Zero!** Rondonópolis, 2021. 1 video (16:50 min). Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=57z4nms2kU4&t=430s&ab_channel=ENGENHARIA DO AGRO](https://www.youtube.com/watch?v=57z4nms2kU4&t=430s&ab_channel=ENGENHARIA_DO_AGRO). Acesso em: 30 nov. 2021.

ENGENHARIA APL. **Tipos de sondagem de solo: qual a melhor metodologia para sua obra**. 2018. Disponível em: <https://blog.apl.eng.br/tipos-de-sondagem-de-solo-qual-a-melhor-metodologia-para-sua-obra/>. Acesso em: 3 dez. 2021.

FOLLE, D. **O estudo geoestatístico de sondagens SPT para geração de mapas auxiliares em obras de engenharia**. 2002. Dissertação (Pós-Graduação em

Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) PPGEM, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2980/000329903.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 dez. 2021.

GUI SANTANA. **Base civil silo anel coroamento passo a passo estaca túnel completo concretagem armadura cambota**. Salvador, 2021. 1 video (8:37 min).

Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=DR_ttp1v8AM&ab_channel=GuiSantana. Acesso em: 20 abr. 2021.

NOGUEIRA JUNIOR, S. **Descompasso entre produção e armazenagem de grãos – 2003**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=883>. Acesso em: 30 nov. 2021.

LACOVIC, A. da C.. **Estudo do processo de montagem de um silo metálico de fundo plano**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5868/1/CM_COECI_2014_1_05.pdf. Acesso em: 27 nov. 2021.

NAVARCHI, TAYNAH AMARI. **Estudo das etapas de construção de um anel de base de silo vertical de fundo plano**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/alyss/Downloads/TCC%20TAYNAH%20NAVARCHI.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

NETO, PAULO AFONSO MACHADO. **Projeto de fundação de silo de armazenagem de grãos – Estudo de caso**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – FEPEMIG, Minas Gerais 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/695>. Acesso em: 25 nov. 2021.

OLIVEIRA, V. T. A. **[Obra de silos metálicos]**. 30 set. 2021. 10 ilustrações. Acesso em: 20 fev. 2022.

SÉRVULO, A. C. O. **Dimensionamento da fundação de um silo vertical metálico de fundo plano para armazenamento de milho a granel**. 2012. Trabalho de conclusão de curso bacharel em engenharia agrícola. Universidade estadual de Goiás, Anápolis, GO 2012. Disponível em: file:///C:/Users/alyss/Downloads/pdfcoffee.com_dimensionamento-da-fundacao-de-um-silo-metalico-de-fundo-plano-pdf-free.pdf. Acesso em: 02 dez. 2021.

SILVA, ELIANA. **Déficit de armazenagem de grãos no Brasil demanda investimentos** – 2021. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/soja1/deficit-de-armazenagem-de-graos-no-brasil-demanda-investimentos-diz-conab-060521>. Acesso em: 30 nov. 2021.

TSUNECHIRO, A. **Descompasso entre produção e armazenagem de grãos**. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=883>. Acesso em: 25 nov. 2021.

WEBER, K. **Silos metálicos** – 2013/2021. Disponível em: <https://www.kepler.com.br/produtos/silos/silos-metalicos>. Acesso em: 20 nov. 2021.