



FUNDAÇÕES HIPERBÓLICAS: UMA ALTERNATIVA AOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS

Primeiro CIBELLE MARTINS¹, FABRÍCIO LANUCI¹, LEONARDO BRANDÃO¹, NATHAN DAMAS¹
(cibellecsmartins@gmail.com, fabricio@bralar.com.br, leonardobg7@gmail.com, nathandamasp.5@gmail.com)

Professor orientador: Renato de Andrade Nahim Safadi

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

Atualmente na construção civil é comum o emprego de fundações tradicionais como radiers, sapatas e estacas para edifícios multifamiliares. A fundação do tipo parabolóide hiperbólico é um método construtivo de fundação direta que visa ser uma alternativa de construção mais eficiente e econômica frente aos novos desafios do mercado em uma fase pós pandemia devido à alta dos preços, principalmente nos insumos da construção civil. Este trabalho apresentará o seu método construtivo, comparativos com outros tipos de fundações com enfoque nos custos, bem como vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: Fundação. Membrana Hiperbólica. Parabolóide

1. INTRODUÇÃO

As fundações desempenham uma função primordial para diversos tipos de estruturas. Elas são responsáveis por transferir todos os esforços da superestrutura para o solo, portanto é de suma importância serem bem dimensionadas para que o empreendimento não tenha patologias oriundas da fundação.

Basicamente as fundações podem ser definidas em fundações diretas e indiretas. Segundo a ABNT NBR 6122 (2010, p. 2), a fundação direta é um “elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação”

Na construção civil é comum, para fundações diretas, a utilização do radier. Consiste em uma laje plana, maciça e armada que tem como comportamento distribuir uniformemente as cargas da superestrutura para o solo.

Entretanto, para cargas mais elevadas como edificações multifamiliares, as fundações diretas mais conhecidas apresentam limitações estruturais para combater os esforços solicitados. Para este tipo de edificação é mais comum o emprego de fundações indiretas como estacas, dentre outros. Uma fundação profunda consiste na transferência de cargas da superestrutura para o solo por atrito lateral e/ou pela base com dimensões de no mínimo 3 (três) metros. (ABNT NBR 6122, 2010, p. 3).

De forma semelhante, a fundação direta do tipo parabolóide hiperbólico também consiste em um elemento de concreto armado, entretanto utiliza-se da forma para se obter melhores resultados estruturais.

O preceito da engenharia de estruturas é otimizar os dimensionamentos de cálculo à fim de adquirir-se a melhor distribuição de cargas da estrutura frente aos custos implícitos para a sua execução.

¹ Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário UNA.

1.1. Problema De Pesquisa

Em momentos de inflação quais alternativas de execução de fundações poderiam ser implementadas para que mais empreendimento se tornem viáveis contribuindo assim, para o crescimento no setor da construção civil?

1.2. Justificativa

Os custos para a execução das estruturas sempre foram alvo de análise devido ao alto capital inicial investido para sua solidificação. Em um cenário de pandemia tais custos aumentaram significativamente. Segundo a Fundação Getúlio Vargas o INCC (Índice Nacional de Custo da Construção) acumulado nos últimos 12 meses para Abril de 2022 foi de 11,54% (FGV IBRE, 2022), principalmente os insumos básicos do concreto armado como cimento, brita, areia, aço, dentre outros.

Com a elevação significativa dos preços de insumos, um novo desafio é imposto às construtoras; executar uma obra otimizando os custos de forma que o empreendimento ainda seja viável.

Portanto, a forma mais eficiente para este fim é otimizar o método construtivo à fim de obter-se o mesmo resultado final. A fundação do tipo parabolóide hiperbólico é uma alternativa frente aos novos desafios.

1.3. Objetivos

Este trabalho visa fazer um comparativo entre fundação indireta (hélice contínua) e fundação direta do tipo parabolóide hiperbólico buscando comparar os custos envolvidos com insumos e mão de obra para uma edificação multifamiliar de dois pavimentos.

Serão abordadas vantagens e desvantagens de cada método construtivo frente a este tipo de fundação. Além de explicar os fundamentos por trás do método executivo.

Desta forma poderemos contribuir com mais dados e informações a respeito deste tipo de fundação, bem como análises físico-financeiras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Fundação Hiperbólica

A utilização de formas não-planas em concreto armado foi introduzida na década de 1950, sendo o espanhol Félix Candela (1910-1997) o precursor dessa técnica de construção (Candela, 1955). Através das diversas análises de seus estudos, fez-se uso da aplicação de formatos envolvendo cones e conchas rotativas, também conhecidas como cascas.

No decorrer dos anos, a técnica construtiva foi difundida visando não só a estética das construções, mas o desempenho estrutural oferecido pelo método. Nesse sentido, trabalhos diversos foram desenvolvidos para a aplicação dos parabolóides em sapatas (Kurian, 1977), radiers (Hanna e Abdel-Rahman, 1990), bem como estudos da sua influência sob o solo aplicado (Maharaj, 2003; Martins et al. 2008) e a capacidade de carga das fundações em parabolóides hiperbólicos (Nicholls e Izadi, 1968; Melerski, 1988; Kurian, 2006).

As claras vantagens econômicas do uso da infraestrutura de uma edificação em forma de concha foram evidenciadas em vários relatórios de aplicação em todo o mundo (Kurian, 2006). De maneira geral, esta técnica reduz muito o consumo de materiais, levando a realização

de comparativos entre as metodologias convencionais de fundações e à aplicação da estrutura em cascas a partir da década de 70.

Já no Brasil, a metodologia foi introduzida por Ronei Lombardi na década de 80 (Crear Engenharia, 2022), o sistema de radier do tipo membrana hiperbólica tem sido aplicado em obras de interesse social visando sobretudo a redução dos custos que envolvem a sua execução e a sua ascensão no mercado da construção civil.

2.2. Análise Comparativa Físico-Financeira

A homogeneização das áreas para fins de cálculo foi essencial para se obter exatidão quanto aos resultados finais do estudo. Portanto para fins comparativos do processo de cálculos físico-financeiro, foram desenvolvidos dois projetos de fundação, ambos baseados em superestruturas com cargas e características equivalentes afim de se obter exatidão nos resultados finais entre os mesmos, com as características de um edifício padrão de tipologia retangular, padrão econômico multifamiliar, composto de 08 apartamentos “tipo”, sendo dois pavimentos.

Os critérios para cálculos dos custos deste artigo atendem aos dispostos da Lei 4.591/64, introduzindo critérios de cálculo e valores de áreas homogêneas em ambas metodologias comparadas. Os custos dos projetos abordados para o levantamento desta etapa construtiva das fundações estudadas foram baseados na planilha do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI - mês ref. maio de 2022).

3. METODOLOGIA

3.1. Execução

As fundações em Membranas Hiperbólicas consistem num projeto que considera os conceitos de cascas, estruturas de superfície não planas, que recebem cargas externas (peso próprio, revestimento, carga acidental distribuída) absorvidas por esforços solicitantes normais de tração e compressão.

Na antiguidade, o processo de execução desta tipologia de fundação era considerado complexo e contemplava soluções arquitetônicas sobretudo para coberturas, demandando alto custo tanto para sua execução quanto para seu dimensionamento. Além disso, o processo era limitado à poucos especialistas da época, pois era necessário dominar o ciclo completo, incluindo a compreensão do projeto, o cálculo e a construção.

Com o advento da tecnologia para o dimensionamento de projetos por softwares e a ampliação do mercado de profissionais da construção civil, os procedimentos foram consequentemente simplificados, tornando o planejamento e a execução desta tipologia simples e com custo-benefício vantajoso quando comparado aos demais modelos de fundação.

3.1.1. Locação e Escavação Dos Módulos:

A locação dos módulos se dá dentro de uma área previamente locada, onde marcamos todos os módulos com areia desenhando-os. A parte “grossa” da escavação é realizada por retroescavadeira. Após a etapa de escavação, os operários entram nos furos dos módulos e utilizando-se de ferramentas de mão juntamente com gabarito metálico dimensionado, realizam o acabamento conforme orientação e diretrizes das curvaturas e da membrana de dupla curvatura. Feito isto, adiciona-se um saco de cimento (50Kg) para “salgar” o solo afim de melhorar a estanqueidade e estabilidade dos furos durante todos os processos seguintes.

Figura 1a e 1b: Locação e escavação dos módulos.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.2. Forma Dos Módulos Da Membrana:

É instalada uma forma de 20,0 cm de altura com o objetivo de delimitar o perímetro da edificação, bem como se orientar e formar a aplicação correta da argamassa e concretagens que virão nas fases posteriores. Inicialmente a concretagem terá altura de 10,0 cm nas bordas de cintamento. Juntamente com a espessura da laje de compressão que se soma mais 4,0 cm, o total perfaz uma altura máxima de 14,0 cm nas laterais externas da estrutura da fundação e 17cm no centro da laje de piso.

Figura 2a e 2b: Execução de gabarito para delimitação do perímetro da edificação.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.3. Impermeabilização/Regularização Das Faces Da Membrana:

Conferido a escavação dos módulos com o gabarito, é iniciado a impermeabilização em cada módulo da fundação. Esta etapa consiste na aplicação de uma camada de argamassa no traço de 1:6 (cimento e areia lavada) de aproximadamente 2,0 cm de espessura. Esta impermeabilização tem como objetivo a regularização do terreno para a etapa seguinte de armadura de aço utilizada na casca de concreto das membranas.

Figura 3a e 3b: Regularização das faces da membrana com argamassa.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.4. Armadura Dos Módulos Da Membrana:

Paralelamente ao capeamento dos planos das membranas com a argamassa, são montadas as armações das nervuras que serão colocadas nas bordas superiores de cada módulo. Essas nervuras são idênticas para todos os módulos e seus estribos são confeccionados de duas formas: fechado com as dimensões de 20 cm e 10 cm de altura e outro aberto com 20 cm e 10 cm de altura, porém com o gancho medindo 80cm passando reto no fechamento do estribo.

A montagem das nervuras com os estribos é feita com 04 barras de aço CA-60 e diâmetro 5mm com os estribos espaçados a cada 20cm e, montados alternados, ou seja, um fechado e outro aberto (para amarrar a laje do piso). A nervura é colocada na extremidade superior de cada módulo. Nos planos da membrana são armadas malhas quadradas de 20cm em aço CA-60 com diâmetro de 4,2mm. No meio dos planos da membrana são distribuídas barras, conforme projeto, de aço CA-50 diâmetro de 10mm distribuídos em um espaço de 20cm (espaçados em 6cm) ligando uma nervura a outra, em extremidade oposta, isso nos dois sentidos de cada módulo. Terminado o processo de armação dos módulos das membranas é efetuado a instalação das passagens hidráulicas e mangueiramento elétrico.

Figura 4a e 4b: Armação dos módulos da membrana.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.5. Concretagem Da Casca Das Membranas:

Dá-se o início da concretagem de cada módulo, de cima para o fundo de cada módulo, utilizando slump máximo de 10 para não houver escorrimento de material durante aplicação. Inicia-se então o cobrimento das nervuras e, descendo pelo plano da membrana na direção do fundo conforme espessura em projeto, 04cm. O fundo recebe uma espessura maior, em torno de 20cm por estar no vértice das duplas curvaturas da membrana.

Figura 5a e 5b: Concretagem dos módulos.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.6. Aterro Dos Módulos:

A cura do concreto deve ser realizada com aspersão de água no mínimo 3 vezes ao dia durante 3 dias. Em seguida é iniciado o aterro dos módulos com o mesmo material retirado da escavação que estava depositado. O aterro é feito em camadas de 20cm a 30cm e compactado mecanicamente até chegar à extremidade de cada módulo. Aproveita-se esta etapa para realizar também a infraestrutura de esgoto e água pluvial, bem como as passagens das tubulações, mangueiramentos, etc.

Figura 6a e 6b: Aterro dos módulos da membrana.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.7. Impermeabilização Dos Módulos Da Mesa De Compressão:

Toda área compactada, receberá a definição conjunta ao “radier” de “mesa de compressão” Com isto, é executado uma impermeabilização em toda área aterrada com argamassa no traço 1:6 (cimento e areia lavada) na espessura aproximada de 2,0cm, com objetivo similar ao capeamento feito nos planos das membranas dos módulos.

Figura 7: Impermeabilização da área compactada com argamassa.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.8. Armação Da Mesa De Compressão Dos Módulos:

Sobre o piso impermeabilizado é posicionada a armação positiva da mesa de compressão (malha quadrada de 20cm com aço CA-60 diâmetro de 4,2mm). Essa armação é amarrada na ponta do estribo aberto que ficou exposto para este travamento. Em determinados módulos pré-dimensionados é montada armação negativa espaçada de 15cm, aço CA-60 e diâmetro 5mm. A armadura de distribuição será espaçada de 30cm, CA-60 diâmetro 4.2mm.

Figura 8a e 8b: Armação da área compactada e impermeabilizada.



Fonte: Autores, 2022.

3.1.9. Concretagem Da Mesa De Compressão:

Dá-se o início da concretagem da mesa de compressão com 7cm de espessura no centro conforme projeto, e 4cm nas áreas externas determinadas pelos passeios de envolto da edificação. Esta delimitação de desnível de pisos, pode ser feito com tabeiras de madeiras ou cantoneiras metálicas.

A cura estende-se por um período de 3 dias com aspersão de água de no mínimo 3 vezes ao dia. Desta forma, sobre a mesa de compressão a superestrutura está pronta para ser apoiada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a edificação de 02 pavimentos, multifamiliar e com 242,42 m² de área construída obtivemos os resultados referentes a insumos e mão de obra envolvidos em seus valores totais.

Serão consideradas duas alternativas para fundação com hélice contínua. A primeira utilizando laje do tipo *radier* que inclui armação positiva e negativa; e a segunda alternativa é com a aplicação de cintamento convencional acrescido de laje com tela de aço.

Posteriormente será detalhado os quantitativos e resultados da fundação por membrana hiperbólica. Na lista a seguir estão descritos os principais insumos e especialidades de mão de obra envolvidos no processo.

- **INSUMOS**
 - AÇO
 - CONCRETO
 - VOLUME DE PERFURAÇÃO
 - MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

- **MÃO DE OBRA**
 - ENCARREGADO
 - OFICIAL
 - AJUDANTE

4.1. Fundação Com Hélice Contínua – Radier Armado

Os dados resumidos de insumos consumidos na edificação usando a metodologia de hélice contínua estão descritos na tabela 1. Maiores detalhes especificando a quantidade de cada insumo estão descritos no Anexo I e II.

Tabela 1 – Resumo dos insumos para fundação hélice contínua – Radier Armado

| Nº ESTACAS | PROFUNDIDADE MÉDIA | AÇO TOTAL | CONCRETO 25MPa TOTAL | COMPRIMENTO TOTAL |
|------------|--------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|
| 73 | 7 m | 3.713 Kg | 97,26 m³ | 518 m |

Fonte: Autores, 2022

Na tabela 2 são apresentados os custos finais para cada insumo. Os detalhes dos cálculos estão no Anexos I e II.

Foi utilizada a tabela SINAPI referente ao mês de maio de 2022 para a composição dos custos unitários dos insumos.

Tabela 2 – Custos finais de cada insumo para fundação hélice contínua – Radier Armado

| AÇO TOTAL | CONCRETO 25MPa TOTAL | ESTACA HÉLICE | MOVIMENTAÇÃO DE TERRA | TOTAL |
|--------------|----------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| R\$ 37.29,55 | R\$ 51.464,45 | R\$ 34.041,94 | R\$ 2.094,40 | R\$ 124.880,34 |

Fonte: Autores, 2022

Para a elaboração da quantidade de horas trabalhadas referente a mão de obra durante a etapa de fundação da hélice contínua foram utilizados dados da CONSTRUTORA X. As especificações de dia trabalhado para cada especialidade de mão de obra bem como seus custos unitários estão descritos na tabela 3.

O prazo de execução total deste serviço é de 13 dias sendo que é necessária uma equipe de mais de um oficial e um ajudante para a finalização do mesmo. No anexo III está especificado a quantidade de mão de obra para cada etapa executiva.

Tabela 3 – Custos relacionados a mão de obra para fundação hélice contínua – Radier Armado

| FUNÇÃO | QTD – Dia Trab | VALOR UNIT (R\$) | VALOR TOTAL (R\$) |
|-------------|----------------|--------------------|----------------------|
| ENCARREGADO | 11,5 | R\$ 268,64 | R\$ 3.089,37 |
| OFICIAL | 20 | R\$ 183,33 | R\$ 3.666,65 |
| AJUDANTE | 51,5 | R\$ 128,48 | R\$ 6.616,93 |
| | | CUSTO TOTAL | R\$ 13.372,94 |

Fonte: Autores, 2022

4.1.1. Índices – Hélice Contínua – Radier Armado

Com base nos dados anteriores é possível obtermos alguns índices para análises. O custo por área construída somente de insumos da fundação de hélice contínua é cerca de R\$ 515,14 o m², já a mão de obra para a parte de fundação é de R\$ 55,16 o m², sendo o prazo total de execução igual a 13 dias trabalhados.

A taxa de aço e concreto são 15,32 Kg/m² e 0,401 m³/m² respectivamente.

4.2. Fundação com Hélice Contínua – Cintamento e laje

Os dados resumidos de insumos consumidos na edificação usando a metodologia de hélice contínua estão descritos na tabela 4. Maiores detalhes especificando a quantidade de cada insumo estão descritos no Anexo IV.

Tabela 4 – Resumo dos insumos para fundação hélice contínua – Cintamento e laje

| Nº ESTACAS | PROFUNDIDADE MÉDIA | AÇO TOTAL | CONCRETO 25MPa TOTAL | COMPRIMENTO TOTAL |
|------------|--------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|
| 73 | 7 m | 1.724,89 Kg | 48,97 m³ | 518 m |

Fonte: Autores, 2022

Na tabela 5 são apresentados os custos finais para cada insumo. Os detalhes dos cálculos estão no Anexo IV.

Foi utilizada a tabela SINAPI referente ao mês de maio de 2022 para a composição dos custos unitários dos insumos.

Tabela 5 – Custos finais de cada insumo - fundação hélice contínua - Cintamento e laje

| AO TOTAL | CONCRETO 25MPa TOTAL | ESTACA HÉLICE | MOVIMENTAÇÃO DE TERRA | TOTAL |
|---------------|-------------------------|------------------|--------------------------|----------------------|
| R\$ 18.545,10 | R\$ 25.912,11 | R\$ 34.041,94 | R\$ 2.595,44 | R\$ 81.094,60 |

Fonte: Autores, 2022

Para a elaboração da quantidade de horas trabalhadas referente a mão de obra durante a etapa de fundação da hélice contínua foram utilizados dados da CONSTRUTORA X. As especificações de dia trabalhado para cada especialidade de mão de obra bem como seus custos unitários estão descritos na tabela 6.

O prazo de execução total deste serviço é de 9,5 dias sendo que é necessária uma equipe de mais de um oficial e um ajudante para a finalização do mesmo. No anexo V está especificado a quantidade de mão de obra para cada etapa executiva.

Tabela 6 – Custos de mão de obra - fundação hélice contínua - Cintamento e laje

| FUNÇÃO | QTD – Dia Trab | VALOR UNIT (R\$) | VALOR TOTAL (R\$) |
|-------------|----------------|--------------------|---------------------|
| ENCARREGADO | 06 | R\$ 268,64 | R\$ 1.611,84 |
| OFICIAL | 3,5 | R\$ 183,33 | R\$ 641,66 |
| AJUDANTE | 31,5 | R\$ 128,48 | R\$ 4.047,25 |
| | | CUSTO TOTAL | R\$ 6.300,75 |

Fonte: Autores, 2022

4.2.1. Índices – Hélice Contínua - Cintamento e laje

Com base nos dados anteriores é possível obtermos alguns índices para análises. O custo por área construída somente de insumos da fundação de hélice contínua é cerca de R\$ 334,52 o m², já a mão de obra para a parte de fundação é de R\$ 25,99 o m², sendo o prazo total de execução igual a 9,5 dias trabalhados.

A taxa de aço e concreto são 7,12 Kg/m² e 0,202 m³/m² respectivamente.

4.3. Fundação Membrana Hiperbólica

Para a fundação por membrana hiperbólica os principais insumos são aço, concreto e argamassa de cobrimento. Os dados referentes a estes insumos estão descritos na tabela 7.

Diferentemente da fundação por estaca que leva em conta a profundidade do fuste, a fundação por membrana utiliza-se de áreas curvas como ponto de transferência de cargas para o solo.

Todo o detalhamento de insumos e seus quantitativos estão descritos nos Anexos VI, VII e VIII deste trabalho.

Tabela 7 – Resumo dos insumos para fundação - Membrana Hiperbólica

| Nº DE MÓDULOS | ÁREA CURVA | AÇO TOTAL | CONCRETO 25MPa TOTAL | ARGAMASSA TOTAL |
|---------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| 24 | 303,02 m² | 2.336,54Kg | 24,30 m³ | 10,91 m³ |

Fonte: Autores, 2022

Na tabela 8 são apresentados os custos finais para cada insumo. Os detalhes dos cálculos estão nos Anexos VI, VII e VIII.

Foi utilizado a tabela SINAPI referente ao mês de maio de 2022 para a composição dos custos unitários.

Tabela 8 – Custos finais de cada insumo para fundação - Membrana Hiperbólica

| AÇO TOTAL | CONCRETO 25MPa TOTAL | ARGAMASSA TOTAL | TOTAL |
|---------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| R\$ 24.349,51 | R\$ 12.855,89 | R\$ 1.876,32 | R\$ 39.081,73 |

Fonte: Autores, 2022

Para a elaboração da quantidade de horas trabalhadas referente a mão de obra da fundação por membrana hiperbólica foram utilizados dados da CONSTRUTORA X. As especificações de cada especialidade de mão de obra bem como seus custos unitários estão descritos na tabela 9. Os quantitativos detalhados de cada mão de obra estão descritos no Anexo VIII.

O total de dias trabalhados para a execução deste serviço é de 10,5 dias trabalhados salientando que os dados da tabela 9 incluem mais de uma mão de obra. Consultar o Anexo VIII para mais informações.

Tabela 9 – Custos relacionados a mão de obra para fundação - Membrana Hiperbólica

| FUNÇÃO | QTD – Dia Trab. | VALOR UNIT (R\$) | VALOR TOTAL (R\$) |
|----------|-----------------|--------------------|---------------------|
| OFICIAL | 7,5 | R\$ 183,33 | R\$ 1.374,99 |
| AJUDANTE | 28,5 | R\$ 128,48 | R\$ 3.661,80 |
| | | CUSTO TOTAL | R\$ 5.036,79 |

Fonte: Autores, 2022

4.3.1. Índices – Membrana Hiperbólica

Com base nos dados do item 4.2 deste trabalho é possível obtermos alguns índices para análises. O custo por área construída somente de insumos da fundação por membrana hiperbólica é cerca de R\$ 161,21 o m², já a mão de obra é de R\$ 20,78 o m², sendo o prazo total de execução igual a 10,5 dias trabalhados.

A taxa de aço e concreto são 9,64 Kg/m² e 0,100 m³/m² respectivamente.

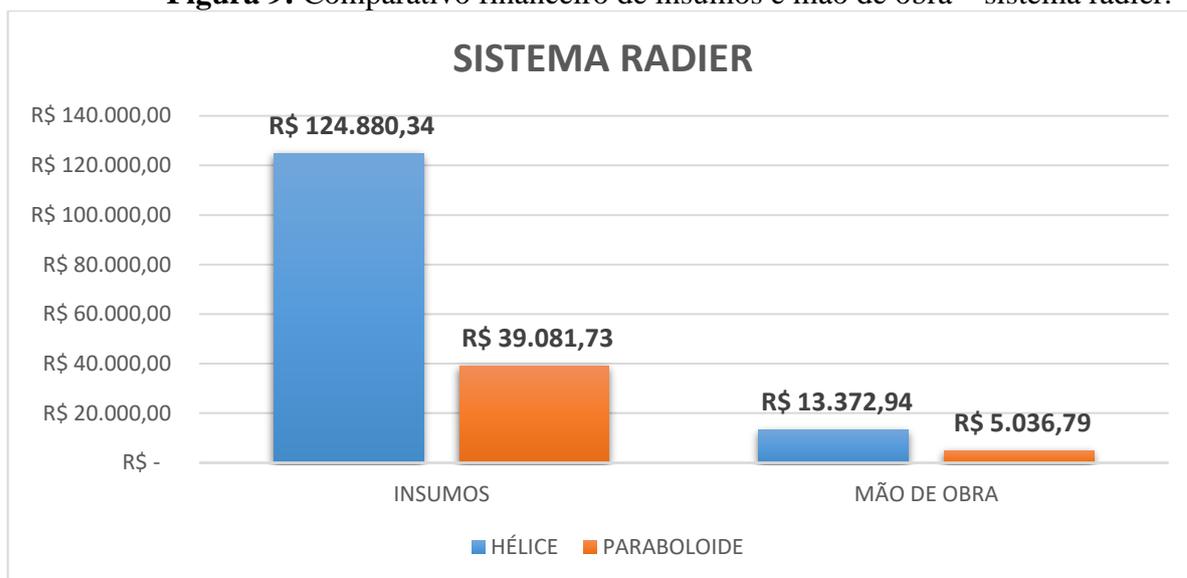
4.4. Comparativos

Levantando os principais custos de insumos e mão de obra podemos fazer um comparativo com alguns índices.

A primeira comparação feita são de valores absolutos de insumos e mão de obra. O custo total de insumos para fundação hiperbólica no sistema radier foi de **R\$ 124.880,34** contra **R\$ 39.081,73**. Nota-se que há diferença considerável no preço final sendo precisamente **220%** de custo a mais na fundação por hélice contínua no sistema radier.

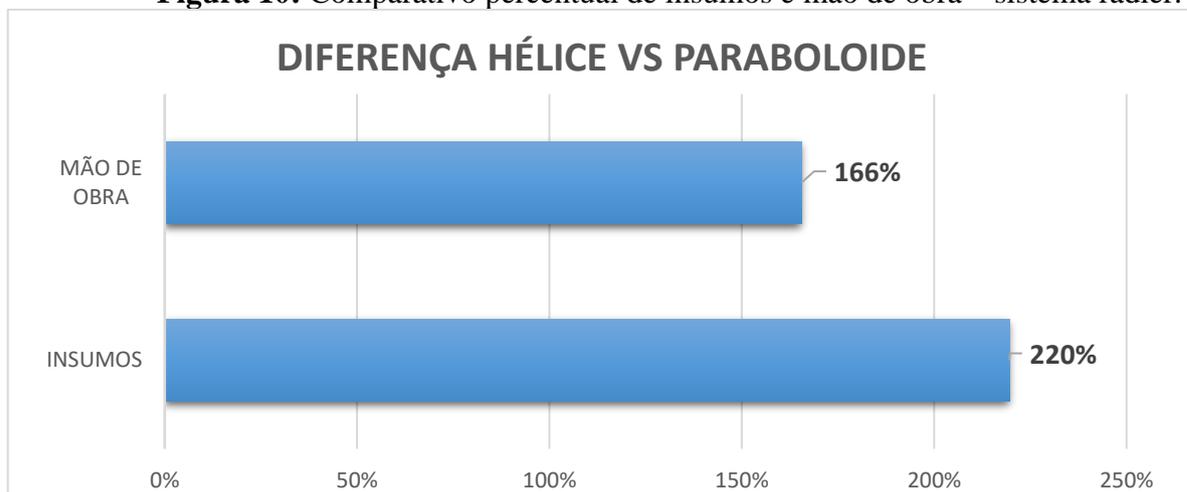
Já para o custo da mão de obra o valor para fundação do tipo hélice contínua no sistema radier é de **R\$ 13.372,94** contra **R\$ 5.036,79** na fundação por paraboloide, uma diferença de **166%**. As figuras 9 e 10 indicam de maneira gráfica estes dados.

Figura 9: Comparativo financeiro de insumos e mão de obra – sistema radier.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 10: Comparativo percentual de insumos e mão de obra – sistema radier.



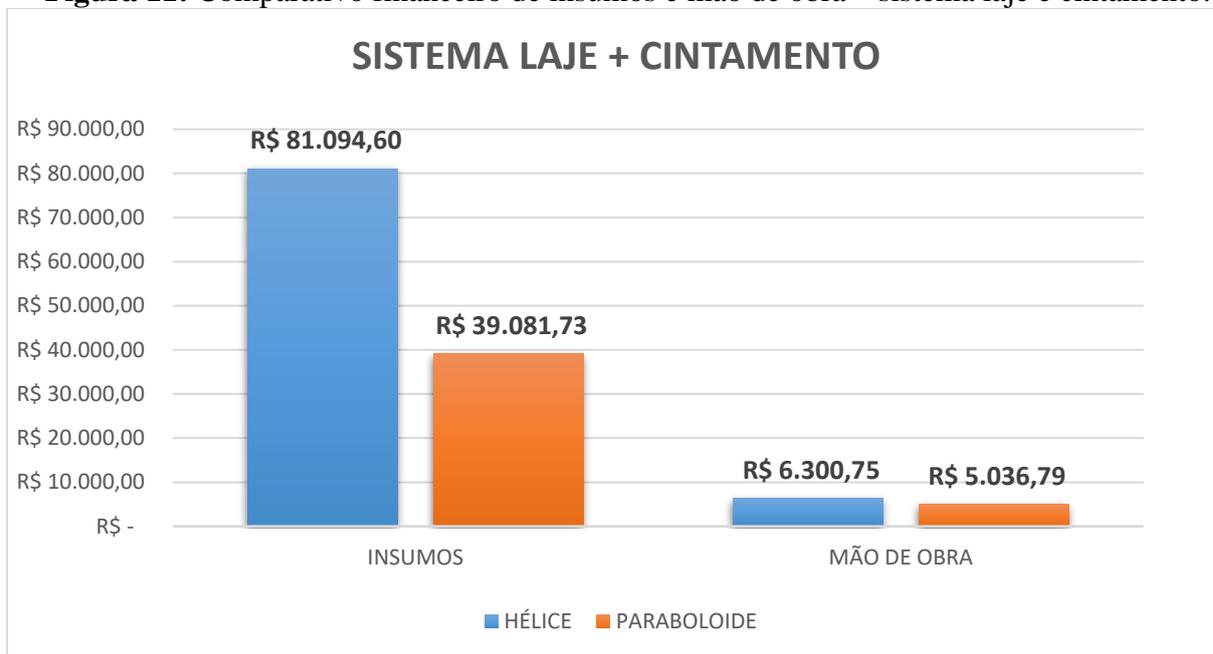
Fonte: Autores, 2022.

Fazendo o comparativo com o sistema de fundação hélice contínua do tipo cintamento e laje com a fundação em paraboloide, o custo de insumos para a fundação hélice foi de **R\$ 81.094,60** contra **R\$ 39.081,73** do paraboloide e para mão de obra foi **R\$ 6.300,75** para hélice contra **R\$ 5.036,79** do paraboloide.

Nota-se que a diferença foi menor se comparado ao sistema de radier como foi demonstrado nas figuras 9 e 10. A diferença percentual a mais no sistema de fundação hélice

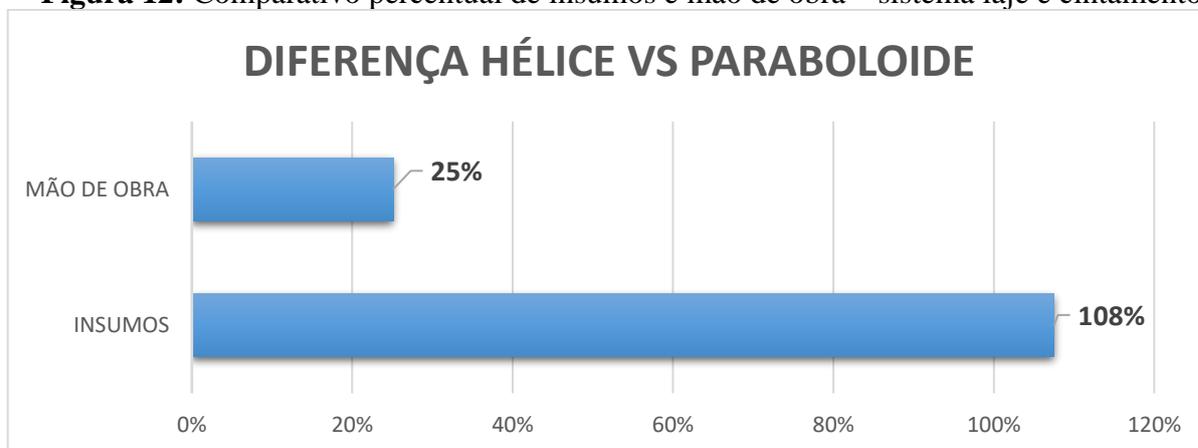
contínua com cinto e laje foi de **25%** e **108%** para mão de obra e insumos respectivamente. As figuras 11 e 12 demonstram estes resultados.

Figura 11: Comparativo financeiro de insumos e mão de obra – sistema laje e cinto.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 12: Comparativo percentual de insumos e mão de obra – sistema laje e cinto.



Fonte: Autores, 2022.

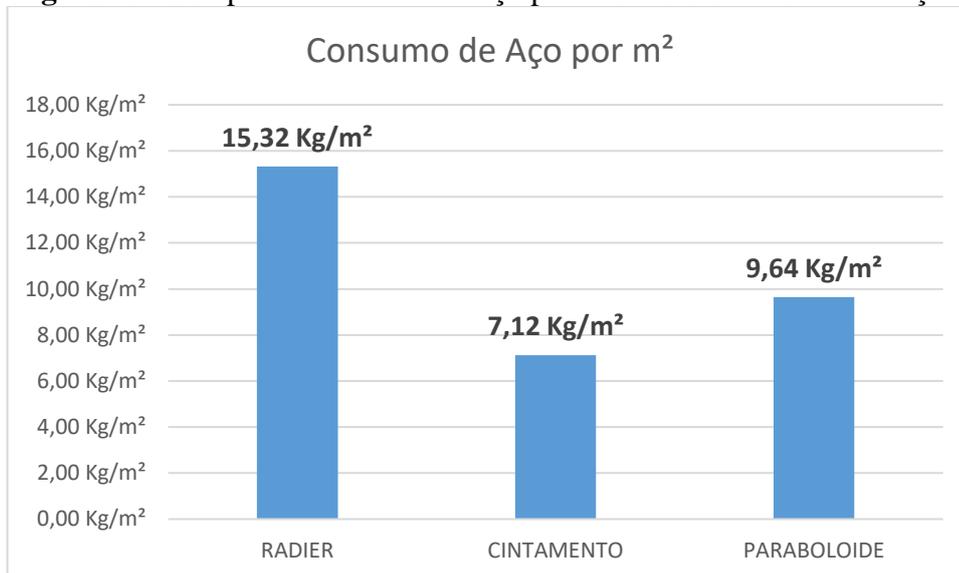
Com os dados obtidos há uma diferença nítida nos custos, mesmo usando o sistema mais tradicional que é o de cinto com laje, os custos tanto de mão de obra, como de insumos foram significativamente mais elevados.

Por se tratar de um terreno com nível de água de menos de 1m (Anexo IX) é necessário ter um método executivo especial como a estaca hélice contínua.

Um outro parâmetro que pode ser utilizado para fins de comparação é a taxa de Aço por m² construído. O sistema de hélice contínua com radier é o que apresenta maior consumo de aço - **15,32 Kg/m²**, o de menor consumo é o sistema de hélice contínua com cinto e laje - **7,12Kg/m²**. Apesar do sistema de paraboloide ter uma taxa **9,64Kg/m²** e não ser o menor valor na taxa de aço mesmo sendo o de menor custo financeiro total, isso reforça que devemos

olhar diversos parâmetro e não somente um. A figura 13 demonstra o índice por taxa de aço das estruturas.

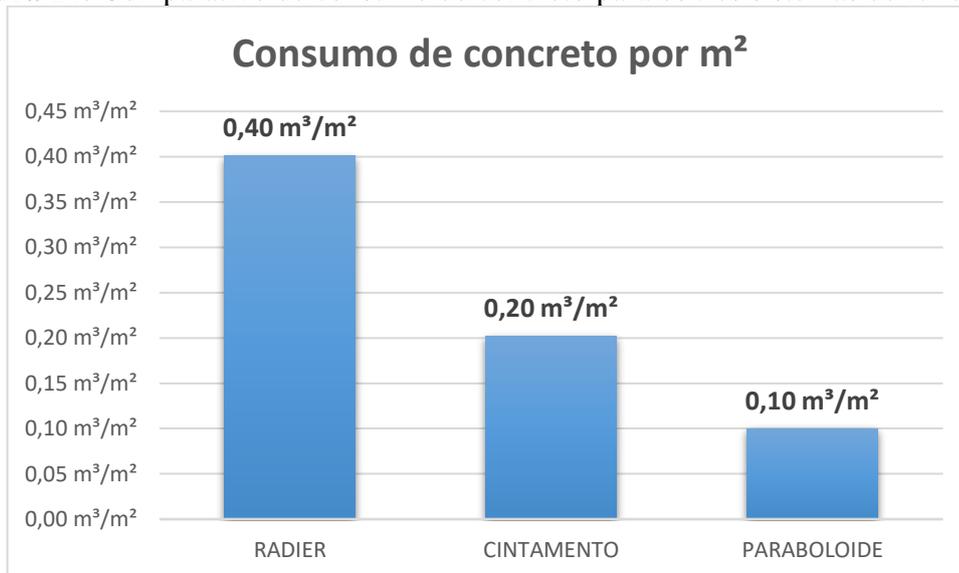
Figura 13: Comparativo de taxa de aço para os três sistemas de fundação.



Fonte: Autores, 2022.

Outro índice que podemos considerar é o de consumo de concreto por área construída. O sistema de fundação com radier é o que apresenta mais consumo de concreto – **0,40 m³/m²**, já o sistema de parabolóide foi o que apresentou menor consumo – **0,10 m³/m²**. Assim nota-se que o peso no orçamento relacionado ao concreto é mais relevante. A figura 14 demonstra estes resultados,

Figura 14: Comparativo de consumo de concreto para os três sistemas de fundação.



Fonte: Autores, 2022.

5. VANTAGENS E DESVANTAGENS

5.1. Vantagens

A fundação do tipo parabolóide hiperbólico apresenta vantagens relevantes como a praticidade de execução de cada etapa sendo que o processo de armação é simplificado, utilização de maquinário acessível para movimentação de terra e de fácil manuseio. A execução como um todo é mais simplificada.

O prazo é equivalente ao de uma fundação hélice contínua no sistema de laje com cintamento. Com uma mão de obra treinada e processos bem definidos é possível reduzir o prazo.

Há uma grande economia de concreto sendo que possui uma taxa de consumo 04 vezes menor do que o sistema de fundação por hélice contínua do tipo radier.

Em geral, os custos relacionados a insumos são mais de 200% menor e a mão de obra mais de 160% se comparados ao sistema de radier. Uma diferença bem significativa e que pode viabilizar diversos empreendimentos.

5.2. Desvantagens

Por ser um método pouco usual é necessário um treinamento da mão de obra para a sua execução. É uma operação que envolve movimentação manual de terra, armação, etc. A mão de obra não precisa ser especializada, porém esta deve entender de todas as particularidades da execução.

Outro ponto importante é a disponibilidade de engenheiros calculistas que fazem o dimensionamento deste tipo de fundação, são pouquíssimos no mercado brasileiro que o fazem, sendo mais comum o uso deste tipo de fundação na Índia.

CONCLUSÕES

A fundação em membrana hiperbólica consiste numa tipologia atualmente pouco difundida no mercado da construção civil. Antigamente, o processo de implantação desse método era considerado complexo, incluso em soluções construtivas principalmente para coberturas, exigindo altos custos para sua execução e dimensionamento. Além disso, o processo era limitado a alguns especialistas da época, pois exigia domínio de todo o ciclo, incluindo o entendimento do projeto, cálculos e por fim, a sua construção. Contudo, para extensão do projeto por meio de softwares e a ampliação do mercado para os profissionais da construção civil, o procedimento vem se tornando mais simplificado, sendo o planejamento e a execução mais acessíveis e com custo vantajoso em relação a outros modelos base de fundação.

A fim de comprovar o custo benefício desta metodologia como uma alternativa de execução das fundações, para que os empreendimentos se tornem viáveis, realizou-se um estudo entre os custos envolvendo insumos e mão de obra para uma edificação multifamiliar. Para fins de comparação do processo de cálculo físico-financeiro, foram desenvolvidos dois projetos básicos, ambos baseados em superestruturas com cargas e propriedades equivalentes, para obtenção e precisão do resultado final entre elas, com as características de uma edificação padrão de tipo retangular, padrão multifamiliar econômico, composta por 08 (oito) apartamentos “tipo” em 02 (dois) pavimentos.

Considerando duas alternativas para fundação com hélice contínua, sendo a primeira utilizando laje do tipo radier e a segunda que inclui a aplicação de cintamento convencional acrescido de laje com tela de aço, detalhou-se os seus quantitativos e comparou-se os resultados

com àqueles que envolvem a utilização da fundação por membrana hiperbólica. Mediante o exposto, concluiu-se que a metodologia proposta se apresentou economicamente mais viável em até 116% no que diz respeito à mão de obra e em 220% quanto aos insumos aplicados às fundações convencionais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos permitir chegar até aqui.

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de vários colaboradores, dentre os quais gostaríamos de enaltecer e de agradecer:

Ao professor Renato Safadi, que durante o período de execução foi nosso orientador, se dispondo sempre a nos ajudar e sanar todas as dúvidas pertinentes para execução do mesmo.

Ao professor Derival que com o conteúdo de ferramentas de gestão nos possibilitou ter um melhor entendimento nas áreas de orçamentos e quantitativos.

Agradecemos também a instituição e todos os professores que fizeram parte dessa jornada por ter nos dado todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória.

Aos colegas de pesquisa, que foram fundamentais para toda elaboração de projeto, e levantamento de dados deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONTES, Roberto. **Análise de Casca de Alvenaria cerâmica armada – Tipo Paraboloide Hiperbólico**. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

KRISHNANAV; SIVAPRIYASV; VNAGARAJAN. **Análise de elementos finitos de sapatas de casca HYPAR com variação em Dimensões da Viga de Borda e Relação de Embutimento**. 2016. 5 f. - Curso de Engenharia Civil, International Journal Of Earth Sciences And Engineering, Tamil Nadu, 2017.

SPRAGUE, Tyler S.. **"Beauty, Versatility, Practicality": the Rise of Hyperbolic Paraboloids in post-war America (1950-1962)**. 2013. 20 f. - Curso de Engenharia Civil, College Of Built Environments, University Of Washington, Washington, 2013.

Índice Nacional de Custo da Construção: INCC-M varia 0,87% em abril. Rio de Janeiro, abr. 2022

GUEDES, Maria Estela (ed.). **O teatro íntimo de Ronei L. Filgueiras**. 2011. Disponível em: https://novaserie.revista.triplov.com/numero_11/maria_estela_guedes/index.html. Acesso em: 17 maio 2022.

FIGUEIREDO, Orlando de Assis. **Comportamento Estrutural de Fundações em paraboloide hiperbólico para edifícios residenciais**. 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/fundacoes-superficiais-em-paraboloide-hiperbolico/4747965/>. Acesso em: 06 maio 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt 2010, 2010. 103 p.

FEDERAL, Caixa Econômica. **SINAPI – Índice da Construção Civil**. Brasil, Governo Federal. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp>

FILGUEIRAS, Ronei Lombardi; SILVA, Fernando Cordeiro da; MARTINS, Claudio Jose. **UTILIZAÇÃO DA MEMBRANA HIPERBÓLICA COMO OPÇÃO PARA FUNDAÇÃO EM RADIAR**. 2012. 9 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2013.

FEDERAL, Caixa Econômica. **SINAPI – Índice da Construção Civil**. Brasil, Governo Federal. Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/gov/>. Acesso em: 16 maio 2022.

ANEXO I

| CALCULO DE ESTACAS (diâmetro interno=30cm e armação=20cm) | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|---|--|
| Estaca nº | Profundidade de estaca (m) | Volume (m³) | Massa aço (kg) | Massa estribos (kg) | Valor aço 8.0mm (R\$) | Valor aço 4.2mm (R\$) | Valor concreto 25Mpa (R\$) | Valor perfuratriz Hélice contínua (R\$) | Valor perfuratriz Estaca Broca Curta (R\$) |
| 1 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 2 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 3 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 4 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 5 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 6 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 7 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 8 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 9 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 10 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 11 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 12 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 13 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 14 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 15 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 16 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 17 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 18 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 19 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 20 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 21 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 22 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 23 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 24 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 25 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 26 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 27 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 28 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 29 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 30 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 31 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 32 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 33 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 34 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 35 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 36 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 37 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 38 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 39 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 40 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 41 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 42 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 43 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 44 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 45 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 46 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 47 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 48 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 49 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 50 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 51 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 52 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 53 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 54 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 55 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 56 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 57 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 58 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 59 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 60 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 61 | 6 | 0,42 | 11,9 | 2,90 | R\$ 123,60 | R\$ 27,03 | R\$ 224,40 | R\$ 208,98 | R\$ 112,98 |
| 62 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 63 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 64 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 65 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 66 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 67 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 68 | 8 | 0,57 | 15,8 | 3,87 | R\$ 164,79 | R\$ 36,03 | R\$ 299,19 | R\$ 278,64 | R\$ 150,64 |
| 69 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 70 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 71 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 72 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| 73 | 7 | 0,49 | 13,8 | 3,39 | R\$ 144,19 | R\$ 31,53 | R\$ 261,79 | R\$ 243,81 | R\$ 131,81 |
| TOTAIS | 518 | 36,62 | 1023,1 | 250,61 | R\$ 10.670,41 | R\$ 2.333,20 | R\$ 19.372,81 | R\$ 18.041,94 | R\$ 9.753,94 |

ANEXO II

| ARMAÇÃO | POSIÇÕES | COMP | TOTAL M | TOTAL BARRAS | DESCRIÇÃO |
|------------------------|----------|-------|--------------|--------------|----------------------------------|
| POSITIVOS - PRINCIPAL | 142 | 9,34 | 1326,28 | 111 | BARRAS DE 8mm a cada 20cm |
| POSITIVOS - SECUNDÁRIO | 43 | 29,12 | 1252,16 | 104 | BARRAS DE 8mm a cada 20cm |
| NEGATIVOS - PRINCIPAL | 142 | 9,34 | 1326,28 | 111 | BARRAS DE 8mm a cada 20cm |
| NEGATIVOS - SECUNDÁRIO | 43 | 29,12 | 1252,16 | 104 | BARRAS DE 8mm a cada 20cm |
| ARMADURA DE PUNÇÃO | 1022 | 0,89 | 909,58 | 76 | BARRAS DE 8mm a cada 20cm |
| | | | TOTAL | 506 | BARRAS DE 8mm a cada 20cm |

| INSUMO | PREÇO | QTD | TOTAL |
|------------------------|------------|----------------------|---------------|
| AÇO CORTE E DOBRA (KG) | R\$ 9,79 | 2.396,25 Kg | R\$ 23.459,30 |
| CONCRETO RADIER | R\$ 529,09 | 60,65 m ³ | R\$ 32.088,04 |

| ÁREA - CONCRETO PASSEIO | ESPESSURA | VOLUME |
|-------------------------|-----------|---------------------|
| 60 | 0,06 | 3,60 m ³ |

| INSUMO | QTD UNID | M ² | MASSA KG | VALOR POR M ² | TOTAL R\$ |
|----------------------|----------|----------------|----------|--------------------------|--------------|
| TELA EQ 45 - PASSEIO | 10 | 60 | 42,60 | 19,17 | R\$ 1.150,20 |

| INSUMO | MATERIAL | PREÇO FINAL |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| TOTAL AÇO COM RADIER | 3.712,51 Kg | R\$ 37.279,55 |
| TOTAL CONCRETO COM RADIER | 97,26 m ³ | R\$ 51.464,45 |
| TOTAL HÉLICE CONTÍNUA | 518,00 m | R\$ 34.041,94 |
| MOVIMENTAÇÃO DE TERRA | 47,60 m ³ | R\$ 2.094,40 |
| | TOTAL | R\$ 124.880,34 |

ANEXO III

| MÃO DE OBRA ESTACAS E RADIER | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|-----------|------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Função | Equipe (Qtde) | Qtde (ht) | Qtde (DT) | Salário + imposto | Valor Unit (DT) | Valor Unit (HT) | Custo total (R\$) | Custo total (R\$/m²) |
| Encarregado | | | 6,5 | R\$ 5.910,09 | R\$ 268,64 | R\$ 29,85 | R\$ 1.746,16 | R\$ 7,20 |
| Oficial | | | 7 | R\$ 4.033,31 | R\$ 183,33 | R\$ 20,37 | R\$ 1.283,33 | R\$ 5,29 |
| Ajudante | | | 20 | R\$ 2.826,65 | R\$ 128,48 | R\$ 14,28 | R\$ 2.569,68 | R\$ 10,60 |
| CUSTO TOTAL | | | | | | | R\$ 5.599,17 | R\$ 23,10 |

| Etapas Hélice continua: | DT | Encarregado | Oficial | Ajudante | Observação |
|--|-----------|--------------------|----------------|-----------------|---|
| Locação dos Furos | 1 | 1 | | 1 | Marcação e locação das estacas |
| Escavação e concretagem | 3 | 1 | 1 | 3 | Retirada de terra e concretagem |
| ARMAÇÃO POSITIVOS E NEGATIVOS | | | | | |
| Preparação e Armação radier | 5 | 3 | 3 | 5 | Limpeza, armação das telas |
| Concretagem radier | 1 | 1 | 1 | 2 | concretagem |
| PREPARAÇÃO DE PISO INTERNO E PASSEIOS | | | | | |
| Preparação de piso e passeio | 3 | 0,5 | 0 | 4 | Escavação, compactação solo e prepara pisos |
| Armação piso | 0,5 | | 1 | 2 | Impermeabilização e montagem das telas |
| Concretagem piso | 0,5 | 0 | 1 | 3 | concretagem do piso e passeios |
| Total Dias Trabalhados | 14 | 6,5 | 7 | 20 | |

ANEXO IV

| TIPO | ALTURA | LARG | COMP | VOLUME | |
|----------------|--------|------|------|----------|---------------------|
| CONCRETO VIGAS | | 0,14 | 0,3 | 156,56 m | 6,58 m ³ |
| CONCRETO LAJES | | 7,8 | 0,07 | 4 | 2,18 m ³ |

| ARMADURA 10.0MM | COMPRIMENTO + DOBRA | ARMADURA | QTD | TOTAL | QTD BARRAS | QTD KG |
|-----------------|---------------------|----------|--------------|-----------------|------------|------------------|
| VIGA HORIZ - A | 27,24 | 4 | 3 | 326,88 m | 28 | 207,31 Kg |
| VIGA HORIZ - B | 1,54 | 4 | 4 | 24,64 m | 3 | 22,21 Kg |
| VIGA VERTI - A | 6,76 | 4 | 9 | 243,36 m | 21 | 155,48 Kg |
| VIGA VERTI - B | 3,46 | 4 | 4 | 55,36 m | 5 | 37,02 Kg |
| | | | TOTAL | 650,24 m | 57 | 422,03 Kg |

| ESTRIBO 5.0MM | COMP VIGA | QTD | COMP ESTRIBO | QTD BARRAS | QTD KG |
|----------------|--------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| VIGA HORIZ - A | 26,94 | 180 | 83 | 7,0 | 13,16 |
| VIGA HORIZ - B | 1,24 | 8 | 4 | 1,0 | 1,88 |
| VIGA VERTI - A | 6,46 | 43 | 20 | 2,0 | 3,76 |
| VIGA VERTI - B | 3,16 | 21 | 10 | 1,0 | 1,88 |
| | TOTAL | 252 | 115,92 m | 11 | 20,68 Kg |

| TELAS | ÁREA DA LAJE | FATOR | TOTAL ÁREA | QTD TELAS | QTD KG |
|----------------------|--------------|--------------|----------------------------|-----------|----------------|
| TELA EQ 45 - LAJE | 7,8 | 4 | 31,2 | 6 | 4,26 |
| TELA EQ 45 - PASSEIO | 7,8 | 4 | 31,2 | 6 | 4,26 |
| | | TOTAL | 62,40 m² | 12 | 8,52 Kg |

| INSUMO | QTD | PREÇO UNIT | TOTAL |
|----------------------|----------------------|---------------|----------------------|
| AÇO VIGAS 10.0 mm | 422,03 Kg | R\$ 9,84 | R\$ 4.152,76 |
| AÇO VIGAS 5.0 mm | 20,68 Kg | R\$ 9,31 | R\$ 192,53 |
| TELAS EQ 45 - TOTAL | 62,40 m ² | R\$ 19,17 | R\$ 1.196,21 |
| AÇO ESTACAS 8.0 mm | 1.023,05 Kg | R\$ 10,43 | R\$ 10.670,41 |
| AÇO ESTACAS 4.2 mm | 250,61 Kg | R\$ 9,31 | R\$ 2.333,20 |
| CONCRETO VIGA + LAJE | 8,76 m ³ | R\$ 529,09 | R\$ 4.634,57 |
| CONCRETO PASSEIO | 3,60 m ³ | R\$ 529,09 | R\$ 1.904,72 |
| CONCRETO ESTACAS | 36,62 m ³ | R\$ 529,09 | R\$ 19.372,81 |
| PERFURAÇÃO ESTACA | 518,00 m | R\$ 34,83 | R\$ 18.041,94 |
| MOBILIZAÇÃO ESTACA | 1 | R\$ 16.000,00 | R\$ 16.000,00 |
| VOLUME DE TERRA | 58,99 m ³ | R\$ 44,00 | R\$ 2.595,44 |
| | | TOTAL | R\$ 81.094,60 |

ANEXO V

| MÃO DE OBRA CINTAMENTO | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Função | Equipe (Qtde) | Qtde M.O (ht) | Qtde M.O. (DT) | Salário + imposto | Valor Unit (DT) | Valor Unit (HT) | Custo total (R\$) | Custo total (R\$/m²) |
| Encarregado | | | 6 | R\$ 5.910,09 | R\$ 268,64 | R\$ 29,85 | R\$ 1.611,84 | R\$ 6,65 |
| Oficial | | | 3,5 | R\$ 4.033,31 | R\$ 183,33 | R\$ 20,37 | R\$ 641,66 | R\$ 2,65 |
| Ajudante | | | 31,5 | R\$ 2.826,65 | R\$ 128,48 | R\$ 14,28 | R\$ 4.047,25 | R\$ 16,70 |
| CUSTO TOTAL | | | | | | | R\$ 6.300,75 | R\$ 25,99 |

| CINTAMENTO | DT | Encarregado | Oficial | Ajudante | Observação |
|--|------------|--------------------|----------------|-----------------|---|
| Locação e escavação de vala | 2 | 1 | 0 | 4 | Locação e escavação de vala |
| Preparação vala | 0,5 | 0 | 0 | 3 | Preparação e IMPERMEABILIZ de vala |
| Armação do cintamento | 2 | 1 | 1 | 3 | Armação do cintamento |
| Concretagem cintamento | 0,5 | 1 | 1 | 2 | Concretagem do cintamento |
| Impermeabilização | 0,5 | 0 | 0 | 1 | Impermeabilização cabeça de cintamento |
| PREPARAÇÃO DE PISO INTERNO E PASSEIOS | | | | | |
| Preparação de piso e passeio | 3 | 0,5 | 0 | 4 | Escavação, compactação solo e prepara pisos |
| Armação piso | 0,5 | | 1 | 2 | Impermeabilização e montagem das telas |
| Concretagem piso | 0,5 | 0 | 1 | 3 | concretagem do piso e passeios |
| Total Dias Trabalhados | 9,5 | | | | |

ANEXO VII

Calculo do Aço
(Módulos das Parabolóides)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | TOTALS | VALOR TOTAL AÇO PARABOLOIDE (R\$) | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|-----------|----------|--|--|
| 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 10,09 | 10,12 | 10,09 | 242,42 | 19.867,51 | | | | | | | | | | |
| 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 12,61 | 12,66 | 12,61 | 303,02 | | | | | | | | | | | |
| 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 117,20 | 2812,80 | | | | | | | | | | | |
| 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 36,37 | 872,96 | | | | | | | | | | | |
| 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 12,77 | 306,60 | | | | | | | | | | | |
| 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 13,42 | 322,08 | | | | | | | | | | | |
| 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 8,28 | 198,72 | | | | | | | | | | | |
| 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 568,42 | 13642,08 | | | | | | | | | | | |
| 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 61,96 | 1486,99 | | | | | | | | | | | |
| 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 695,76 | 16.698,25 | | | | | | | | | | | |
| 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 132,05 | 3.169,27 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 242,42 | 303,02 | 2812,80 | 872,96 | 306,60 | 322,08 | 198,72 | 13642,08 | 1486,99 | 16.698,25 | 3.169,27 | | |

ANEXO VIII

| ESTRIBOS | | | |
|-------------|------|------|------|
| Estribos | n8 | n9 | n10 |
| Comprimento | 0,45 | 0,85 | 0,45 |
| Qtde | 3 | 2 | 4 |
| Cada metro | 1,35 | 1,7 | 1,8 |
| TOTAL (m) | | 4,85 | |

| TELA EQ-45 (3.4mm 2,0X3,0m) | | | | | |
|-----------------------------|------------|----------------------------|------------|-----------------|---------------------|
| TELA | Qtde (und) | Metragem (m ²) | Massa (kg) | Valor (R\$/Und) | VALOR TOTAL (R\$) |
| EQ-45 | 90 | 485 | 344,24 | 49,80 | R\$ 4.482,00 |

| MÃO DE OBRA PARABOLOIDE | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------|
| Função | Equipe (Qtde) | Qtde (ht) | Qtde (DT) | Custo: Salário + imposto (mês) | Valor Unit (DT) | Valor Unit (HT) | Custo total (R\$) | Custo total (R\$/m ²) |
| Oficial | | | 7,5 | R\$ 4.033,31 | R\$ 183,33 | R\$ 20,37 | R\$ 1.374,99 | R\$ 5,67 |
| Ajudante | | | 28,5 | R\$ 2.826,65 | R\$ 128,48 | R\$ 14,28 | R\$ 3.661,80 | R\$ 15,11 |
| CUSTO TOTAL | | | | | | | R\$ 5.036,79 | R\$ 20,78 |

| PARABOLOIDE | DT | Encarregado | Oficial | Ajudante | Observação |
|---------------------------------------|-----------|-------------|------------|-------------|---|
| Locação e escavação furos | 1 | 0 | 1 | 2 | Marcação e escavação grossa com retro |
| Preparação dos furos | 1 | 0 | 0 | 3 | Acerto dos furos |
| 1ª Massa | 1 | 0 | 1 | 3 | Cama de Massa impermeabilizante dos furos |
| Armação Nervuras | 2 | 0 | 1 | 3 | Armação das nervuras e cinta coroamento |
| Concretagem Nervuras | 1 | 0 | 1 | 3 | Concretagem da armação |
| PREPARAÇÃO DE PISO INTERNO E PASSEIOS | | | | | |
| Aterro e compactação furos | 1,5 | 0 | 0 | 3 | Aterro e compactação com compactador |
| 2ª Massa | 1 | 0 | 1 | 3 | Camada impermeabilizante de mesa de compressão |
| Armação da laje | 1 | 0 | 1 | 3 | Armação das telas Eq45 |
| Concretagem da laje piso | 0,5 | 0 | 1 | 2 | Concretagem da laje interna e passeios externos |
| Total Dias Trabalhados | 10 | 0 | 7,5 | 28,5 | |

ANEXO IX

