
ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE FUNDAÇÕES RASAS - RADIER E SAPATA ISOLADA COM VIGA BALDRAME

CUNHA, Raphael Luiz da ¹
SANTOS, Leandro Camargo dos ²
LEITE, Patrick Chavier ³

RESUMO

Este documento apresenta um estudo comparativo de custo de fundação tipo radier e sapata isolada combinada com vigas baldrame para uma construção de edificações em light steel frame. O objetivo foi entender através de pesquisa qualitativa como dimensionar os dois tipos de fundação (radier e sapata isolada com viga baldrame) e com isso através da pesquisa quantitativa gerar os insumos para a execução das mesmas, assim tendo um comparativo em relação ao custo de cada uma das fundações. Diante da tecnologia do software GEO 5 que utiliza da NBR 6118/2014 e hipótese de Winkler em sua configuração foi possível dimensionar a fundação radier. Para o dimensionamento das sapatas isoladas e vigas baldrames foi utilizado o método CEB -70 e os parâmetros da NBR 6118/2014. Com os dimensionamentos realizados foi possível quantificar os insumos e o custo relacionado a cada tipo de fundação. Através da análise dos resultados foi possível identificar que a fundação de radier apresenta o menor custo, outros benefícios podem ser identificados, como otimização de tempo, facilidade de execução e um sistema menos propício a erros.

Palavras-chave: Custo; Radier; Sapata isolada; Light steel frame.

1 INTRODUÇÃO

As fundações rasas tem como característica transmitir as cargas de uma edificação através de elementos superficiais, o que permite serem executadas nas primeiras camadas do solo, sem a necessidade de grandes escavações ou cravações (CINTRA, 2003).

Nas obras de pequeno porte, repetidamente é observado que é comum não haver projetos estruturais de fundação, sendo executadas por profissionais amadores ¹Raphael da Cunha Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, raphaelcunha0@gmail.com ; ²Leandro Camargo dos Santos Graduanda(o) do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, leandro.camargu@gmail.com ; ³Professor orientador: Patrick Chavier Leite, Centro Universitário UNISOCIESC, patrickchavier@gmail.com; ³Professora coorientadora: Msc. Michela Steluti Poleti Faria, Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@unisociesc.com.br ;

contratados que projetam a fundação de acordo com experiências de trabalhos já realizados anteriormente. Os profissionais utilizam de métodos antiquados repetindo dimensões como se servissem de regra, como consequência temos fundações mal dimensionadas ou até superdimensionadas, acarretando o aumento do custo e possíveis patologias nas edificações (PIMENTEL, 2019).

As fundações rasas além de acessíveis economicamente são relativamente fáceis de produzir comparado a fundações profundas, pois ficam posicionadas nas camadas superficiais do solo onde a exposição de mecanismo de ruptura ocorre (FORMIGONI, 2009).

Em edificações menores, conforme as características do solo, a fundação tende a ser superficial, entre a diversidade de soluções, temos as sapatas e o radier. Que podem ser técnicas econômicas e que atenda às necessidades do projeto. Portanto o propósito é encontrar uma solução economicamente viável em relação ao insumo de materiais e custos desse tipo de obra de padrão popular (TIZOTT, 2013).

A diversidade de soluções estruturais das fundações varia entre simples e complexas, um exemplo de modelo simples seria o radier que é uma laje de forma invertida, que é requerida pelas reações do solo (DÓRIA, 2007).

Fundações rasas são as mais utilizadas para construções em *light steel frame* são o radier, sapatas e vigas baldrame, onde ambos necessitam de uma boa impermeabilização para evitar problemas com infiltrações e umidades. Os tipos de fundação mencionados acima não permitem grandes alterações, devido a isso é importante um projeto bem realizado para evitar desvios da fundação, mudança das paredes ou paredes fora do esquadro (TÉCHNE, 2008).

No desenvolvimento das edificações, as fundações são pontos iniciais, em obras de pequeno porte a escolha de um tipo de fundação pode acarretar um custo extra, muitas vezes desnecessário. Encontrar uma técnica que atenda aos requisitos solicitados pelas cargas e economicamente viável é uma alternativa interessante para a resolução desse problema. Qual técnica de fundação rasa (sapatas e radier) é mais interessante para uma residência em *light steel frame*?

O objetivo principal do presente trabalho é realizar um estudo comparativo de custo entre as fundações rasas do tipo sapata e radier, aplicados à uma construção em *light steel frame*.

Entre os objetivos específicos do estudo está entender as especificações dos elementos de fundação rasa, sapatas e radier, através das normas técnicas e

referenciais teóricos. Assim realizando seu dimensionamento e o consumo de materiais de cada tipo de fundação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O capítulo de fundamentação teórica apresenta os principais conceitos definidos pelos autores estudados que servem como base para o desenvolvimento da pesquisa apresentada.

2.1 FUNDAÇÕES RASAS

Também conhecida como fundação superficial ou direta, este tipo de fundação normalmente se encontra a uma altura entre 1,50m e 2,00m da superfície do solo. As fundações rasas ou superficiais podem ser classificadas em sapata isolada, sapata associada, sapata alavancada, sapata corrida, vigas de fundação ou baldrame, blocos e radier (FELIPEE, 2018).

Segundo a NBR 6122 (2019), a definição de fundação rasa é quando um elemento está assentado a uma profundidade duas vezes menor que a dimensão da fundação, que recebem tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada.

Para Pereira (2017), algumas particularidades devem ser investigadas na decisão do tipo de fundação, como a carga da edificação, topografia do terreno, profundidade da camada resistente do solo, o custo do método e prazo de execução.

2.1.1 Radier

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6122/2019 define o radier elemento de fundação rasa dotado de rigidez para receber mais do que 70% das cargas da estrutura. Barra (2013), define o radier como uma laje de concreto armado, protegido ou reforçado com fibras, aplicada em toda a área a ser edificada onde serão distribuídas as cargas de maneira uniforme no terreno, possibilitando a construção em solos com menor resistência.

O desempenho estrutural do radier depende diretamente da qualidade do concreto e das propriedades do solo no qual ficará apoiado, dando-se atenção

redobrada para a dosagem, fabricação, aplicação e acabamento do concreto, bem como para a preparação do solo a fim de garantir um suporte uniforme para a laje (DÓRIA, 2007).

O radier devido suas características pode ser comparado à uma laje executada ao longo de toda a área da construção, sendo comumente utilizado para construções em *light steel frame* (JUNIOR, 2016).

2.1.1.1 Classificação quanto a sua geometria

Para Motta Neto (2019), o radier pode ser denominado quanto a sua rigidez à flexão, tecnologia de execução e geometria. Os quatro principais tipos são classificados quanto a sua forma, que são:

- a) Radier liso: Utilizado largamente em obras de baixa renda, por sua facilidade de execução e economia, se assemelhando a lajes maciças.
- b) Radier cogumelo: Os pedestais podem ficar na parte superior ou inferior, sendo quando disposto na parte inferior deixa a estrutura mais uniforme, esse modelo de radier tem como característica ser mais resistente à flexão e esforços cortantes. (RIBEIRO, 2010).
- c) Radier nervurado: Possuem nervuras inferiores ou superiores.
- d) Radier caixão: Tem como característica terem grande rigidez, adotados em edificações com vários pavimentos. (DÓRIA, 2007).

2.1.2 Sapatas

De acordo com a NBR 6122 (2019), trata-se de um elemento de concreto armado dimensionado para receber tensões de tração, e essas tensões sejam resistidas pelo emprego da armadura. Podem possuir espessuras e dimensões variáveis, tendo base quadrada, retangular ou trapezoidal.

São o tipo de fundação mais usuais em concreto armado e uma característica desse tipo é ter uma altura pequena comparada a sua base. São destinadas a receber cargas lineares e pontuais, a indicação desse tipo de fundação é que seja utilizada onde o solo é homogêneo e apresenta uma capacidade de carga média. Algumas das vantagens das sapatas são a sua facilidade de execução. (CARVALHO, 2009).

Existem variações de sapatas, dentre elas são:

- a) Sapatas isoladas: Capacidade de suporte de cargas pontuais, conforme varia sua dimensão podem ser classificadas como rígidas ou flexíveis.
- b) Sapata corrida: Tem capacidade de suporte cargas linearmente distribuídas.
- c) Sapatas associadas: Capacidade de suporte de mais de uma carga pontual, também pode haver associação através de vigas alavancadas, como no caso ocorram em divisas, assim equilibrando o momento causado pelo pilar excêntrico.
- d) Sapata contínua: Suportam um alinhamento de várias cargas pontuais. (TIZOTT, 2013).

2.2 DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

O dimensionamento das estruturas é que dá suporte de sustentação a uma edificação, podendo ser fundação, vigas, lajes, pilares, escadas entre outros elementos, dando segurança ou na prevenção de patologias. Um pré-dimensionamento além de essencial é o ponto de partida para a compreensão da estrutura, atentando-se a restrições e possibilidades. As sapatas, por exemplo, não devem ter dimensões de base inferior a 60 cm (PINHEIRO, 1985).

A profundidade mínima de uma fundação superficial deve ser a que assente e garante que o solo de apoio não seja de alguma forma influenciado pelas intempéries atmosféricas e fluxos de água. Em divisas de terrenos, a profundidade deve ser no mínimo de 1,5m (NBR 6122, 2019).

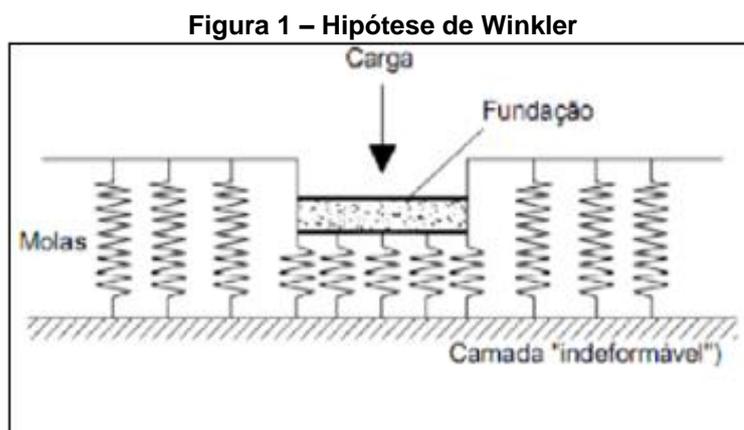
2.2.1 Dimensionamento de radier

Alguns pontos devem ser destacados na abordagem de dimensionamento do radier, como, a capacidade de suporte, distribuição das tensões, esforços internos, são parâmetros indispensáveis para avaliação dos ELU (estados limites últimos) e de ELS (estado limite de serviço).

De acordo com Velloso e Lopes (2004), basicamente tem-se uma solução de equação diferencial de equilíbrio de uma placa sobre uma base elástica e os métodos de cálculo para esse tipo de fundação variam. Entre os métodos de cálculo temos:

método estático, método da placa sobre solo, método American Concrete Institute, método das diferenças finitas e o método dos elementos finitos.

Para a análise do radier, o método de Winkler se torna destacável pois a hipótese consiste que as pressões de contato entre o solo e o radier, sobre um sistema de molas independentes, pode-se considerar as deformações apenas na região onde há carregamento, conforme observado na figura 1 (PORDEUS, 2009).



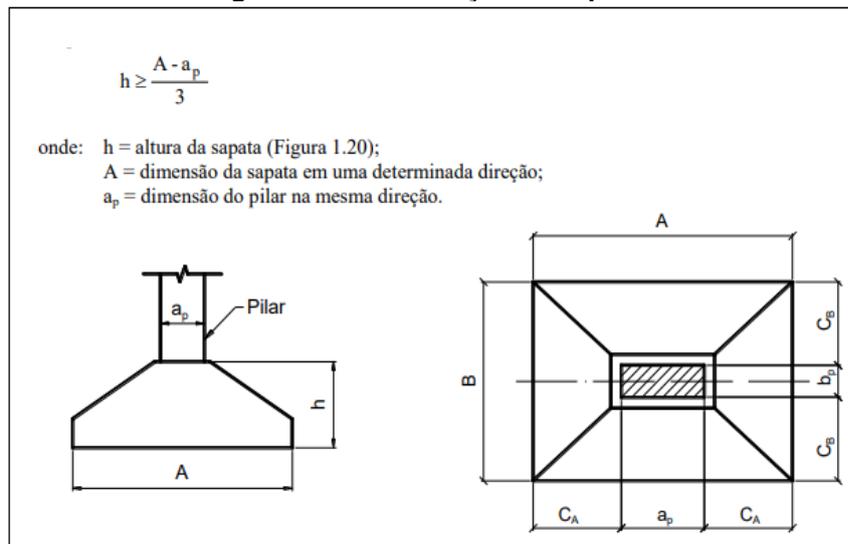
Fonte: Antoniazzi (2011).

No método dos elementos finitos, considera o radier dividido em um número finito de elementos de placas sobre os apoios elásticos (método de Winkler), sendo o solo representado por um conjunto de molas, situadas nos nós da malha. Na atualidade, diversos softwares realizam essa simulação, gerando dados aproximados, o que irá determinar a solução é o programa em que o usuário se sinta mais familiarizado (NETO, 2019).

2.2.2 Dimensionamento de sapatas isoladas

Para o dimensionamento das sapatas deve-se levar em consideração a sua classificação em relação à rigidez, pois isso estabelece como a distribuição de tensões se comporta no solo, bem como o procedimento pode ser adotado no dimensionamento estrutural. Na NBR 6118 (2014) classifica as sapatas como rígidas ou flexíveis, a sapata rígida deve atender às condições estabelecidas demonstradas na figura 2.

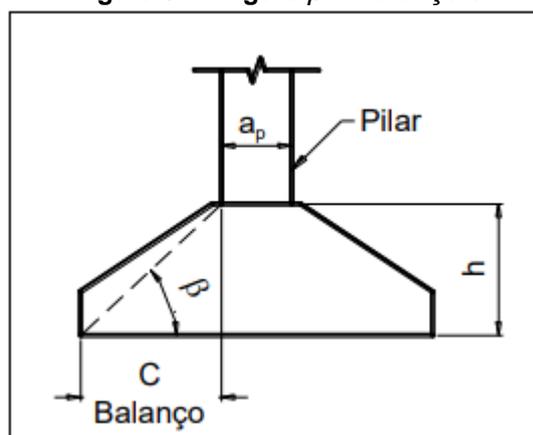
Figura 2 – Classificação de sapatas.



Fonte: Bastos (2019).

Para Bastos é difícil estabelecer qual método deve ser adotado no projeto, ele classifica a sapata rígida como aquela que possui o ângulo β é igual ou superior a 45° caso contrário deve ser tratada como flexível. No projeto de fundações é mais comum utilizar as sapatas rígidas, pois são menos sujeitas à ruptura de punção e mais seguras. Quando o ângulo $\tan \beta < 0,5$ a sapata é considerada flexível, e se $\tan \beta > 1,5$ não é sapata, e sim bloco de fundação. Figura 3.

Figura 3 – Ângulo β e balanço c



Fonte: Bastos (2019).

No dimensionamento das sapatas podemos considerar os seguintes procedimentos: estimativa das dimensões, dimensionamento das armaduras, verificações de segurança, aderência de armaduras e equações de equilíbrio.

Na estimativa das dimensões das sapatas podemos utilizar as seguintes equações:

$$A - a_p = B - b_p$$

$$A - B = a_p - b_p$$

No método CEB-70 as sapatas necessitam atender o seguinte requisito $\frac{h}{2} \leq c \leq 2h$ ou $\frac{1}{2} \leq \frac{c}{h} \leq 2$ caso a $c > 2h$ a sapata deve ser considerada como viga e ser calculada com a teoria correspondente. Nesse método para disposição de armaduras de flexão utiliza-se os momentos fletores, onde eles são calculados para cada direção plana, perpendicular à superfície de apoio (BASTOS, 2019).

2.2.3 Viga baldrame

As vigas baldrames são definidas como elementos estruturais podendo ser alocadas tanto acima quanto abaixo do nível da superfície do solo. Tendo a função de estabilizar a estrutura por meio de travamento dos pilares e dos elementos de fundação entre si, as vigas baldrames podem ser utilizadas como fundações para construções de pequeno porte e com baixos carregamentos, sendo executadas em concreto armado, concreto simples ou blocos maciços (ERTEL, 2016).

Yázigi (2007) define a viga baldrame como uma fundação que recebe cargas lineares de pilares que possuem centros no mesmo alinhamento. Ainda, dentre as funções, enquadra-se a sustentação das paredes que não estão apoiadas em fundações diretas próprias (DINIS & MONTEFUSCO, 2019)

As vigas baldrames permitem que o solo tenha o comportamento de apoio elástico, ou seja, ela acompanha as deformações resultantes das tensões que atuam nele (CAPUTO, 2017).

2.3 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

A investigação geotécnica é a etapa inicial quando se trata de fundação. Trata-se de uma análise do terreno para identificar o tipo de solo que está presente no local, servindo de parâmetro para a escolha do tipo de fundação aplicar na obra, e por meio de cálculos estabelecer a profundidade, ângulo de atrito, coesão entre outros, sendo estas variáveis importantes para o dimensionamento da fundação necessária para o carregamento estudado (PANCIERA, 2014). No quadro 1 temos definidos os módulos de elasticidade do solo e o quadro 2 demonstra os coeficiente de Poisson.

Quadro 1 – Módulos de elasticidade dos solos

S O L O	E' (em kg/cm ²)
Argila Muito Mole	3,5 — 28
Argila Mole	17,5 — 42
Argila Média	42 — 84
Argila Dura	70 — 175
Argila Arenosa	280 — 420
Areia Siltosa	70 — 210
Areia Fofa	105 — 245
Areia Compacta	490 — 850
Areia Compacta e Pedregulho	980 — 1970

Fonte: Caputo (1967).

Quadro 2 – Coeficiente de Poisson

Solo	ν
Areia pouco compacta	0,2
Areia compacta	0,4
Silte	0,3-0,5
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não saturada	0,1-0,3

Fonte: Teixeira (1996).

A NBR 7250 (1982), trata da “identificação e descrição de amostras dos solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento do solo” com ela é possível dar

parâmetros e identificar os solos, baseados em exames tátil visuais para apresentação de perfis geotécnicos.

São utilizados os métodos empíricos, aqueles que levam em consideração a pressão admissível do solo com base na descrição e característica do solo, que consiste através da investigação. Estes métodos utilizam da tabela de pressões básicas (Anexo 3), onde valores são fixadas para orientação, seu uso deve ser restrito a cargas não superiores a 1000 kn por pilar. (NBR 6122, 2019)

2.4 ORÇAMENTO

Segundo Cardoso (2009) a credibilidade de um orçamento é primordial, pois as informações contidas nele servirão de base para decisões gerenciais tais como: cronograma físico-financeiro, faturamento e os controles de custo. Ainda segundo o autor, a má elaboração de um orçamento resulta na descompatibilização do avanço físico-financeiro sendo esta a causa mais frequente do insucesso de uma obra.

De maneira tradicional, define-se o orçamento como uma previsão do custo de uma obra, sendo o preço final o valor do custo acrescido do lucro. O mercado influencia diretamente na composição de um orçamento, onde a concorrência age em favor do cliente que pode barganhar entre os prestadores de serviço. Ademais, é assertivo afirmar que o orçamento deve ser executado antes do início da obra, pois assim viabiliza o estudo e planejamento prévios e otimiza o controle da obra (GONZÁLEZ, 2008).

Nos casos em que se tem por finalidade realizar um orçamento paramétrico, que tem por objetivo a verificação inicial de uma obra, um bom indicador de preços é a SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), onde são apresentados valores aproximados dos serviços. A SINAPI também é viável quando não se tem acesso a todos os projetos da obra, definindo-se o custo da construção pela área, volume ou peso dos serviços/insumos referentes à obra analisada (MARTINS, 2012).

3 METODOLOGIA

Para a realização de uma análise comparativa eficiente, primeiramente foi realizada uma pesquisa por meio de artigos e livros relacionados aos aspectos

técnicos no dimensionamento e detalhamento de fundações rasas (radier e sapata isolada), parâmetros geotécnicos e elaboração de orçamentos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este artigo trata-se de um estudo de caso de uma edificação residencial em *light steel frame* localizada na região leste da cidade de Joinville-SC, caracterizado como uma pesquisa de natureza exploratória e de abordagem qualitativa e quantitativa que dispôs de estudo nas referências bibliográficas, normas técnicas e fornecedores locais.

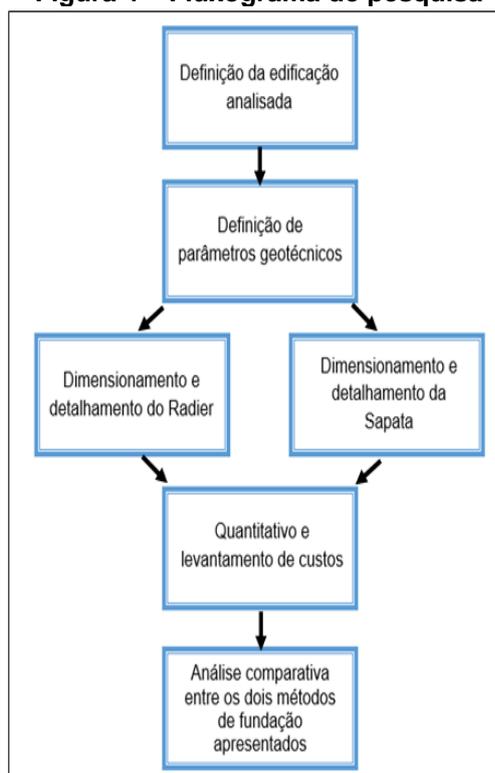
3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma edificação residencial localizada na rua Pixinguinha nº 1190, no bairro Comasa, na região leste da cidade de Joinville-SC.

A edificação com 106,60 m² sendo distribuídos em dois pavimentos, o pavimento térreo conta com 53,30 m².

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

O fluxograma abaixo (Figura 4) tem como objetivo esclarecer a sequência dos procedimentos realizados neste estudo.

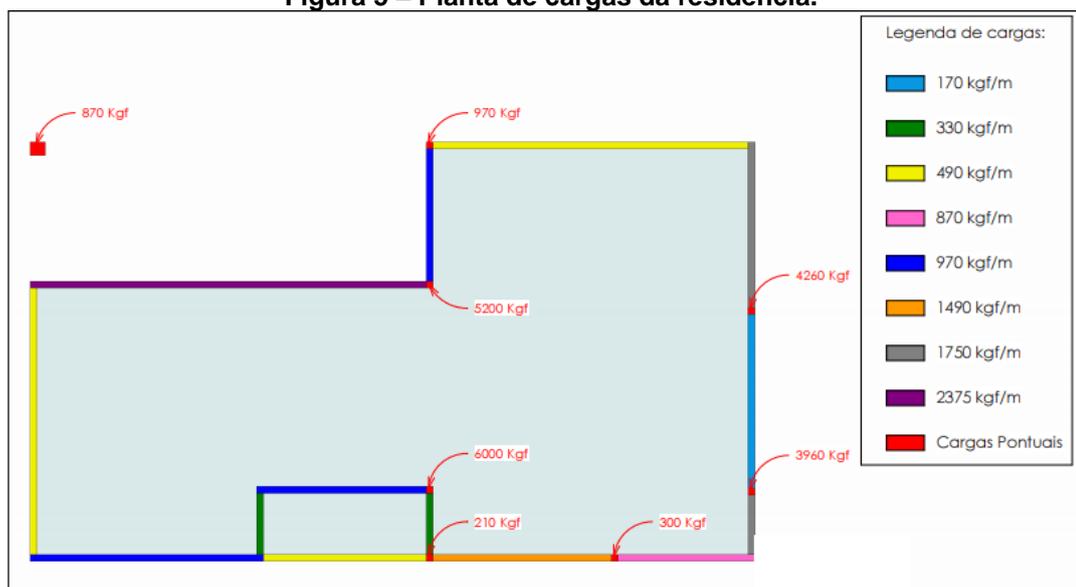
Figura 4 – Fluxograma de pesquisa

Fonte: Os autores (2021)

3.3.1 Definição da edificação analisada

Foi proposto uma edificação residencial unifamiliar, no qual possui 106,60 m² distribuídos em dois pavimentos, cada pavimento constituído por 53,30 m². O projeto da residência possui padrão médio e foi executado em light steel frame, o que gera menor esforço no solo, por se tratar de um método construtivo mais leve que o convencional. A planta de cargas demonstra os carregamentos que atuam sobre a fundação e ela foi fornecida pelo interessado na construção da edificação, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 – Planta de cargas da residência.



Fonte: Os autores (2021)

3.3.2 Análise e investigação do solo

No local de implantação da residência foi efetuado uma escavação com profundidade de 1,5m para a extração da amostra de solo, e a realização da análise tátil visual, através de alguns testes rápidos, foi possível identificar as características apresentadas por ele.

Figura 6 – Escavação realizada para coleta de amostra do solo



Fonte: Os autores (2021)

Os testes realizados são procedimentos constantemente adotados e através da NBR 7250 (ABNT, 1982) podem ser classificados, foram executados nas seguintes ordens:

- a) Cor: Foi observado a cor da amostra extraída do solo.
- b) Tato: Com a amostra de solo coletada, juntou-se uma pequena porção à mão e realizou-se o procedimento de sensação ao tato, no qual a porção de solo foi umedecida com água e friccionada entre as mãos. Observando sua aspereza, grãos de areia e argila.
- c) Plasticidade: Com o solo úmido, tentou-se modelar bolinhas, observando se a amostra coletada era moldável.
- d) Resistência a seco: Com as amostras moldadas em bolinhas de aproximadamente 2 cm, secas ao ar livre pressionamos entre os dedos observando como seria a ruptura.
- e) Dispersão em água: Em um recipiente de vidro transparente misturamos uma amostra de solo seco e uma determinada quantidade de água, para verificarmos como o solo se assentava ao fundo do recipiente.
- f) Impregnação: Foi esfregado uma amostra de solo úmido na palma da mão e verificado a facilidade que o mesmo se desprendia quando era posto embaixo da água corrente. Como complemento uma parte da amostra foi esfregada a uma folha em branco observando o aspecto de como sujaria o papel.

Apenas o teste de dilatação não foi executado.

3.3.3 Dimensionamento e detalhamento do radier

Foi adotado em relação a sua geometria o radier liso em concreto armado, por se tratar do mais viável economicamente e de fácil execução.

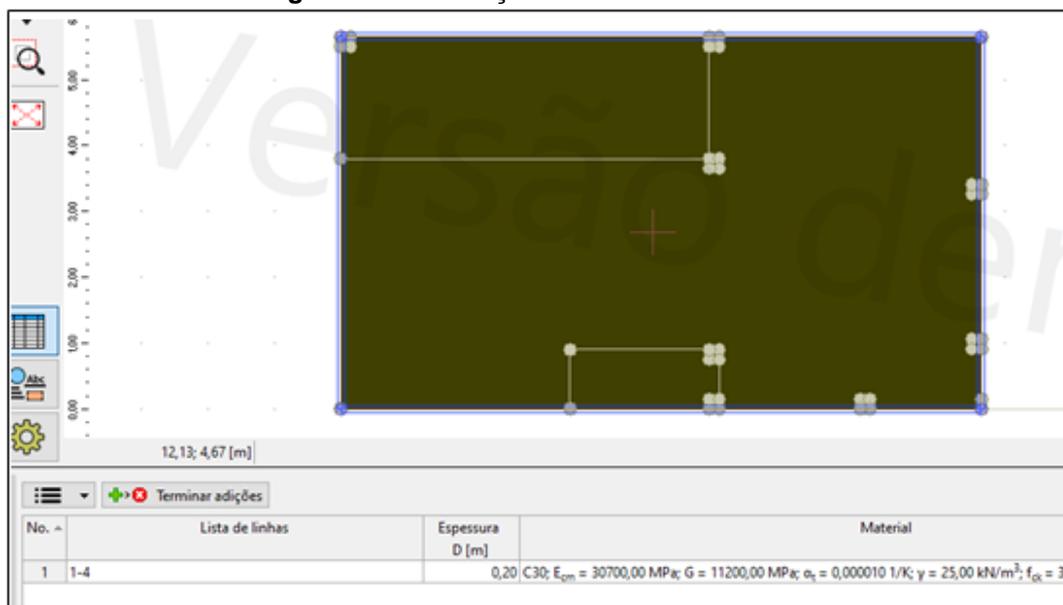
Para o seu dimensionamento utilizamos o software GEO5, onde o programa auxilia na escolha de armaduras levando em consideração a NBR 6118/2014, nele obtemos um gráfico de tensões e momentos gerados no radier, demonstrando a interação do solo e estrutura, levando em consideração a influência do bulbo de tensões através das constantes de Winkler.

O dimensionamento procedeu da seguinte forma:

- a) Transferiu-se a planta de cargas do Autocad para o Geo 5.

- b) Delimitamos no entorno da planta de cargas com o tamanho do radier conforme figura 7, que resultou em uma geometria de 5,65m por 9,65m.

Figura 7– Delimitação do tamanho do radier



Fonte: Os autores (2021)

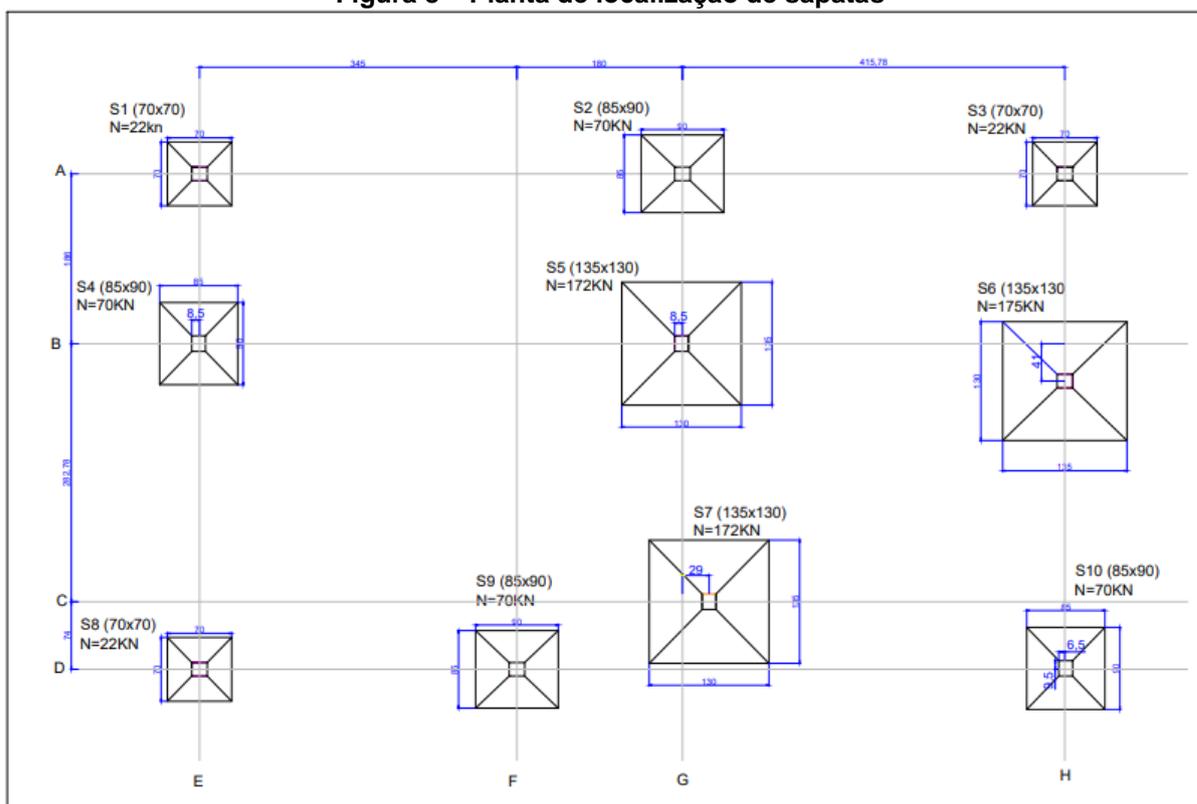
- c) Quando delimitado o tamanho do radier o programa solicita a espessura e o tipo de concreto a ser utilizado. Adotamos inicialmente a espessura de 20cm, por se tratar de uma fundação, em campo é um valor mínimo que é adotado para facilitar a execução. Para a escolha da classe do concreto, baseou-se na norma NBR 6118/2014, tabela 6.1 (anexo 1), que considera a classe de agressividade ambiental urbana como II e na tabela 7.2 (anexo 2) que considera que para essa classe de agressividade o concreto adotado deve ser o C30. Com os elementos do radier definidos seguiu-se as configurações do programa para adição das demais informações.
- d) As condições estabelecidas do solo analisado e os coeficientes adotados foram inseridos nas configurações do programa.
- e) O programa utiliza para cálculo o método dos elementos finitos, foi aplicado uma malha em toda a extensão do radier de 0,20m, pois quanto menor a malha maior será a precisão do dimensionamento.
- f) Na planta do radier foi adicionado as cargas que foram analisadas, cargas de peso próprio, cargas permanentes e acidentais. Através de uma combinação

do Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, o programa realiza o dimensionamento das armaduras no radier.

3.3.4 Dimensionamento e detalhamento de sapatas isoladas

Para o dimensionamento de sapatas foi necessário recalcularmos toda a planta de cargas original (figura 5), para que pudéssemos adotar sapatas isoladas combinadas com vigas baldrame, apesar de se tratar da maioria das cargas serem lineares, existem também cargas pontuais, o que dificultaria a adoção das sapatas corridas. Inicialmente disponibilizamos as sapatas em locais estratégicos, conforme apresenta a figura 8.

Figura 8 – Planta de localização de sapatas



Fonte: Os autores (2021)

Para recalculas as cargas foi utilizado uma ferramenta auxiliar chamada Ftool, onde o mesmo realizou os cálculos de reações de apoio, força cortante e momento fletor, com a combinação desses resultados, foi possível determinar o arranjo de cargas que descarregaram nas sapatas e vigas, com isso foi obtido resultados conforme o quadro 3.

Quadro 3 – Cargas resultantes nas sapatas

Sapatas	Combinação de cargas	Carga total (kn)
S1	8,53	8,53
S2	18,3+19,5	37,8
S3	10+11,4	21,4
S4	61,2+8,6	69,8
S5	112,20+59,8	172
S6	91,2	91,2
S7	68,90+60,1	129
S8	5+8,6	13,6
S9	65,2	65,2
S10	28,2+36,7	64,9

Fonte: Os autores (2021)

Pode-se observar que há uma grande variação de cargas nas sapatas, por isso, afim de minimizar erros e otimizar soluções optou-se agrupar as sapatas de cargas semelhantes e através dessa padronização foi possível adotar uma solução para o projeto. O quadro 4 apresenta a proposta de sapatas.

Quadro 4 – Padronização das cargas para as sapatas

Solução adotada	
Sapatas	Carga adotadas
S1-S3-S8	22 kn
S2-S4-S9-S10	70kn
S5-S6-S7	172kn

Fonte: Os autores (2021)

Para o dimensionamento de sapatas em relação a sua geometria foi utilizado considerações de cargas, dimensão de pilares, tensão admissível do solo, que cada elemento receberia, assim conforme recomendado pelas técnicas de pré dimensionamento de concreto armado e normas, NBR 6122/1996 e a NBR6118/2014.

3.3.4.1 Dimensionamento de vigas baldrames

Em relação às vigas baldrames, com os o novo quadro de distribuição de cargas, obtivemos as condições apresentadas no quadro 5.

Quadro 5 – Cargas das vigas baldrames

Vigas	Reações			F. cort. (kn)	Mom. máx. (kn)
	A	B	C		
V1	19,5	10	Isostática	10	10,4
V2	61,2	112,2	Isostática	61,2	80,3
V3	10	68,9	Isostática	10	5,2
V4	5	35,2	38,2	36,3	-39,2
V5	8,6	8,6	Isostática	8,6	7,6
V6	1,2	1,2	Isostática	1,2	0,2
V7	3,3	60,1	Isostática	1,2	0,2
V8	59,8	18,3	Isostática	8,8	4,1
V9	36,8	91,4	11,4	36,8	27,6

Fonte: Os autores (2021)

Pode-se observar a variedade de tipos e cargas apresentados pelas vigas baldrames, com isso analisamos cada uma individualmente através de técnicas de pré dimensionamento de concreto armado e as forças que eram submetidas. Para seu dimensionamento utiliza técnicas recomendadas pela NBR 6118/2014 como parâmetro.

3.3.5 Quantitativo e levantamento de custos

Para o levantamento de quantitativos e de custos foi realizado uma listagem dos serviços a serem executados e quanto demandava de materiais em cada etapa dos serviços. Assim podendo listar os insumos e pesquisar o custo médio de cada tipo de fundação analisada anteriormente, chegando a um montante final.

3.3.6 Análise comparativa entre os dois métodos de fundação

Das pesquisas realizadas foi possível comparar os resultados obtidos através dos custos finais de cada um, assim determinando qual método é mais viável economicamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das pesquisas realizadas foi possível encontrar algumas conclusões.

4.1 EM RELAÇÃO AO SOLO

De acordo com a investigação tátil visual, procedimento adotado para a análise do solo, obteve-se resultados como em relação a cor, tato, plasticidade, resistência a seco, dispersão em água e impregnação, conforme apresentado no quadro 6.

Quadro 6 – Resultado da análise e investigação do solo

Teste realizado	Resultado obtido
Cor	Vermelho escuro/ vermelho amarelado.
Tato	Áspera e aspecto pegajoso
Plasticidade	Amostra medianamente moldável
Resistência a seco	Medianamente dura e partida em pedaços distintos.
Dispersão em água	Alguns grãos inicialmente se depositaram no fundo do recipiente mas a água ficou turva e com muitas partículas dispersas. (Sedimentação medianamente lenta)
Impregnação	Algumas partículas se desprendem facilmente, mas uma parte continua penetrando a mão.

Fonte: Os autores (2021).

Com os procedimentos realizados foi possível concluir que a textura do solo é de argila arenosa de granulometria média, ligeiramente dura e friável, plástica pegajosa e friável firme plástica. Com isso adotou-se o solo argiloso de consistência média, disponibilizado no item 2.3, no quadro 1, temos que o módulo de elasticidade média desse tipo de solo é de 6 Mpa.

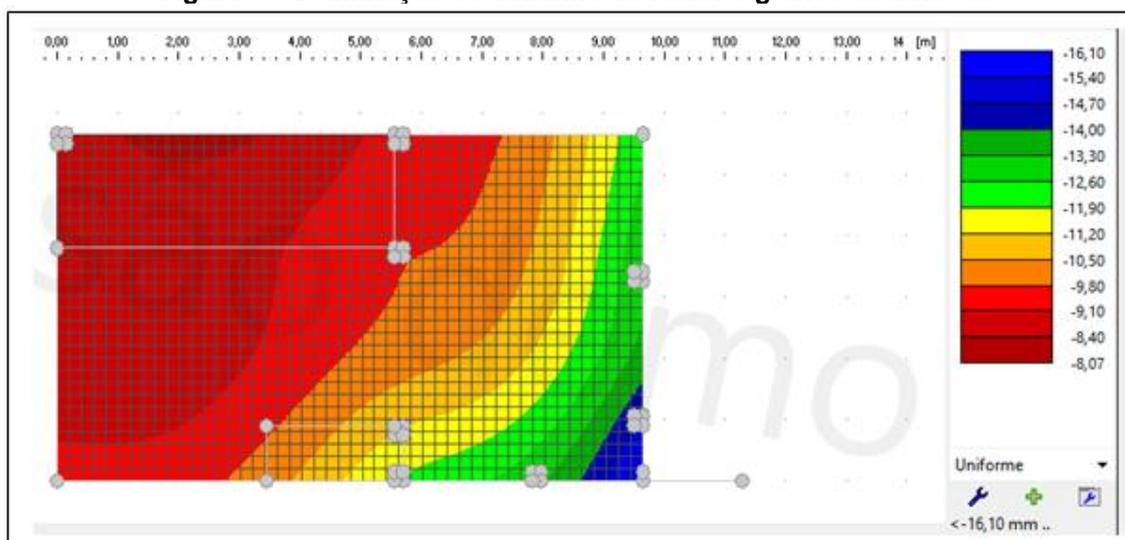
Para o coeficiente de Poisson foi adotado o valor médio de 0,45, conforme apresentado pelo quadro 2, disponibilizado no item 2.3.

Na identificação da tensão admissível do solo, foi utilizado o método empírico, onde utiliza da tabela 4 de pressões básicas da NBR 6122/1996 (Anexo 3), que considera a argila média com uma tensão admissível de 0,1 MPA ou 100kpa.

4.2 EM RELAÇÃO AO RADIER

A deformação máxima da fundação radier é de -16,10mm e a deformação mínima de -8,07 mm, conforme apresenta a figura 9 no gráfico de tensões.

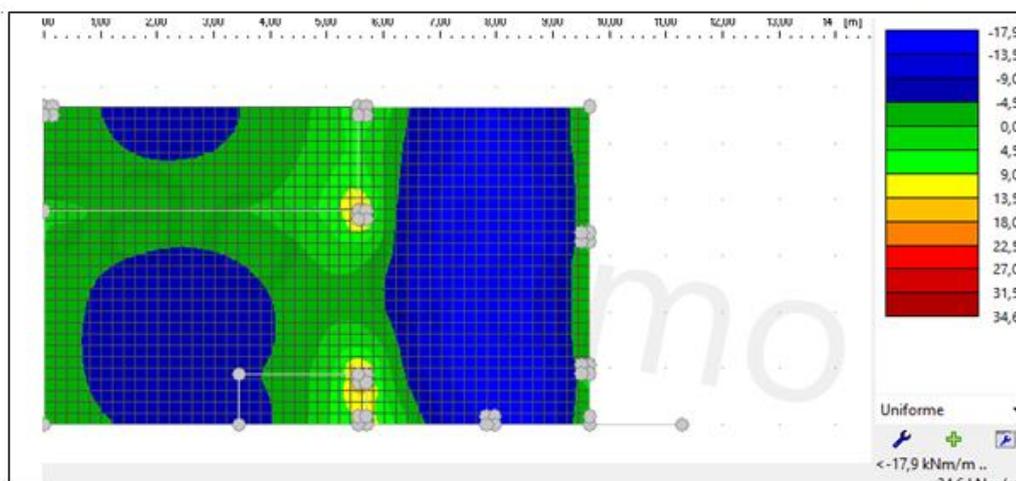
Figura 9 – Delimitação do tamanho do radier e gráfico de tensões



Fonte: Os autores (2021).

Em relação ao esforços de momento no eixo x, temos que o momento máximo atingido pela fundação é de 34,6 knm/m, conforme a demonstrado na figura 10, pode-se observar que o momento máximo é atingido pelas cargas concentradas no centro do radier, onde apresenta-se a área em vermelho.

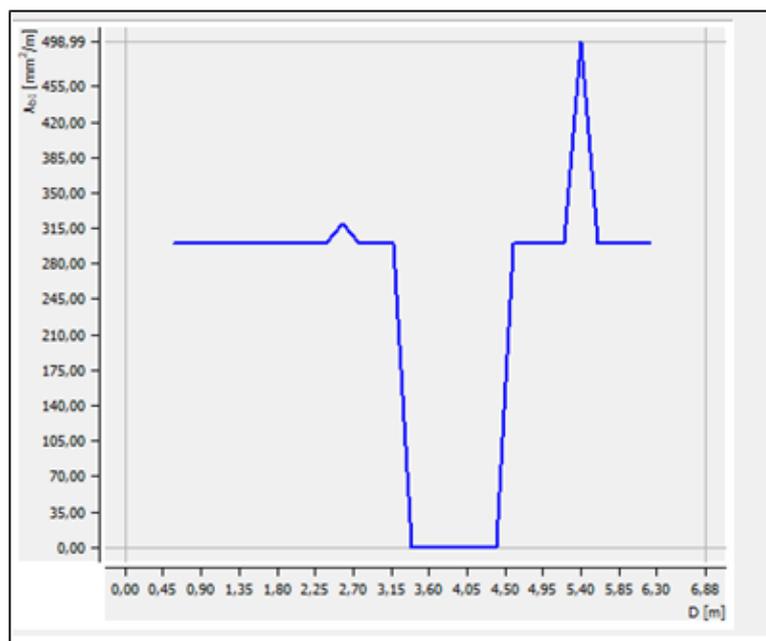
Figura 10 – Gráfico de momento em relação ao eixo X



Fonte: Os autores (2021).

Com isso foi traçado um corte no local crítico (de maior momento), assim dimensionando o radier para a pior situação analisada. Conforme apresenta o gráfico apresentado pelo software na figura 11, a área de aço para o ponto crítico (de maior momento) é de 4,99 cm²/m.

Figura 11– Gráfico da área de aço na direção X



Fonte: Os autores (2021).

A averiguação do resultado obtido através do software, foi compatibilizado através de cálculos desenvolvidos manualmente (figura 12), através do valor de momento gerado pelo programa. Assim podendo findar que a melhor solução de armaduras para a direção x, seria barras de 10mm com espaçamento de 15cm.

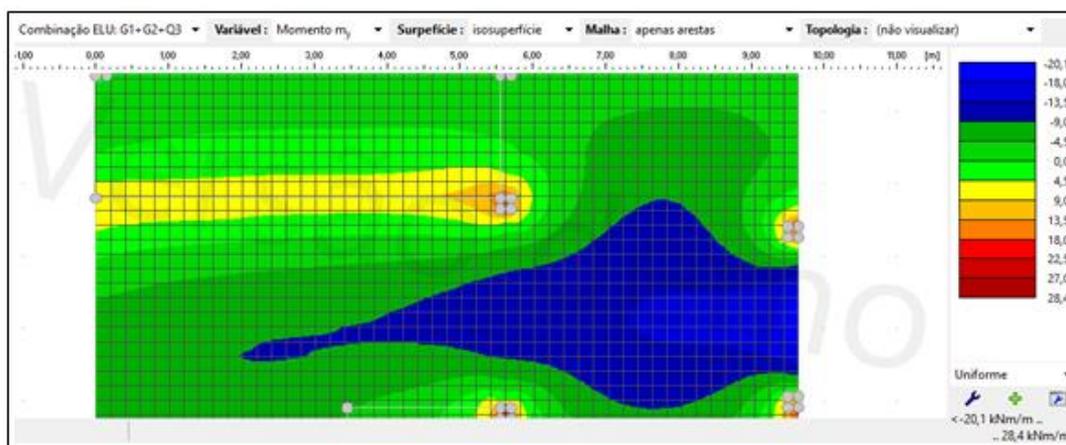
Figura 12 – Cálculos desenvolvidos direção X

$$\begin{aligned}
 Md &= 34,60 \times 100 = 3460 \text{ kn.cm} \\
 h &= 20 \text{ cm} \\
 d &= 20 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 17 \text{ cm} \\
 bw &= 100 \text{ cm} \\
 kc &= \frac{100 \times 17^2}{3460} = 8,35 \\
 ks &= 0,024 \\
 A_{smin} &= 0,024 \times \frac{3460}{17} = 4,88 \text{ cm}^2 \\
 \emptyset &= 10 = 0,80 \text{ cm}^2 \\
 n &= \frac{4,88}{0,8} = 6,1 \\
 e &= \frac{100}{6,1} = 16,39 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Fonte: Os autores (2021).

Em relação aos esforços de momento no eixo y, temos que o momento máximo atingido pela fundação é de 28,4 knm/m, conforme demonstrado na figura 13, pode-se observar que o momento máximo é atingido pela carga contínua e pela carga concentrada.

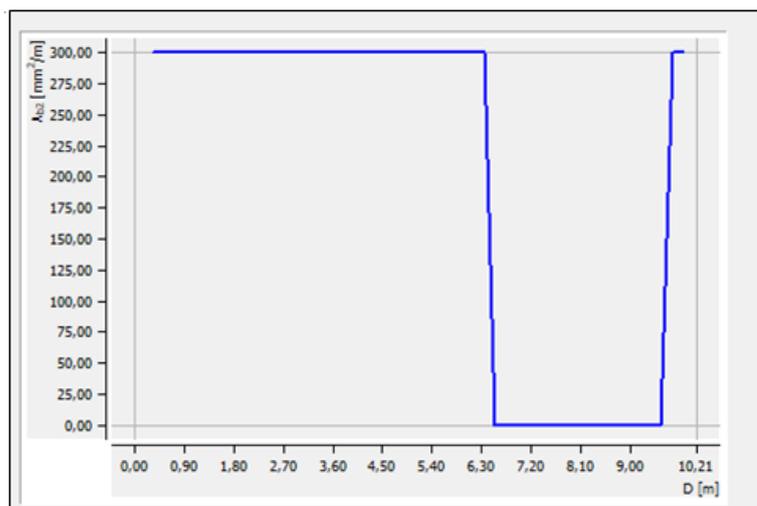
Figura 13 – Gráfico de momento em relação ao eixo Y



Fonte: Os autores (2021).

Com isso foi traçado um corte no local crítico (de maior momento), assim dimensionando o radier para a pior situação analisada. Conforme apresenta o gráfico apresentado pelo software na figura 14, a área de aço para o ponto crítico (de maior momento) é de 3,00 cm²/m.

Figura 14 – Gráfico da área de aço na direção Y



Fonte: Os autores (2021).

A averiguação do resultado obtido através do software, foi compatibilizado através de cálculos desenvolvidos manualmente (figura 15), através do valor de momento gerado pelo programa.

Figura 15 – Cálculos desenvolvidos direção Y

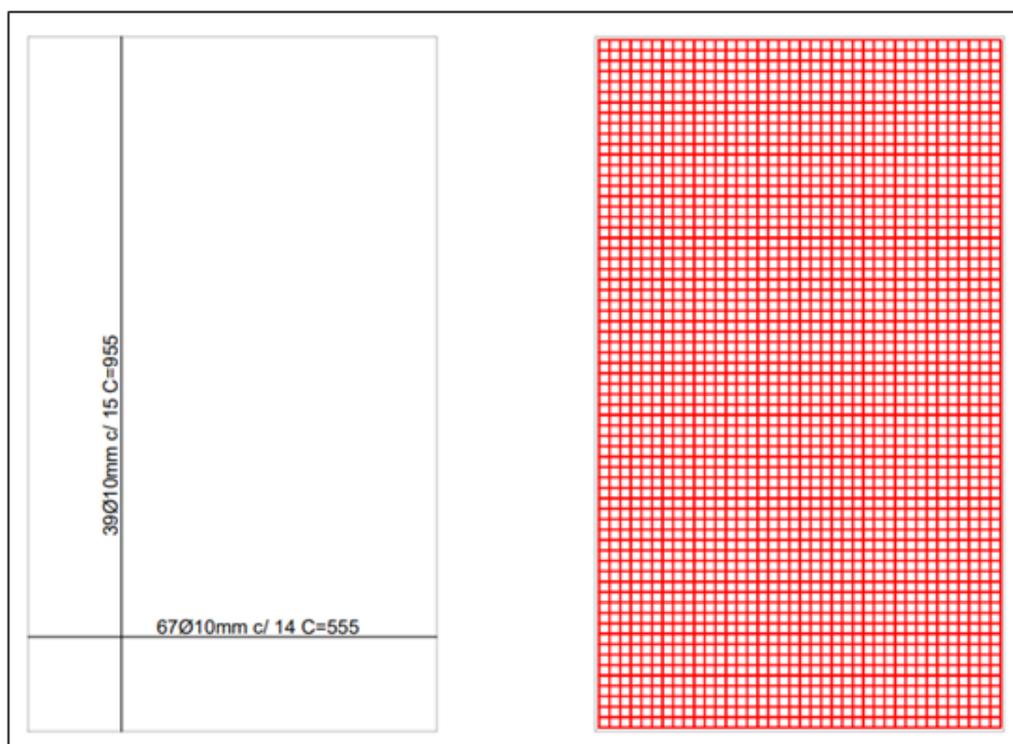
$$\begin{aligned}
 Md &= 28,40 \times 100 = 2840 \text{ kn.cm} \\
 h &= 20 \text{ cm} \\
 d &= 20 \text{ cm} - 3 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 16 \text{ cm} \\
 bw &= 100 \text{ cm} \\
 kc &= \frac{100 \times 16^2}{2840} = 9,01 \\
 ks &= 0,024 \\
 As_{min} &= 0,024 \times \frac{2840}{16} = 4,26 \text{ cm}^2 \\
 \emptyset &= 10 = 0,80 \text{ cm}^2 \\
 n &= \frac{4,26}{0,8} = 5,32 \\
 e &= \frac{100}{5,32} = 18,79 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Fonte: Os autores (2021).

Assim podendo findar que a melhor solução de armaduras para a direção y, seria a mesma solução da direção x, por se tratar de padronização, assim facilitando a execução e o quantitativo de materiais para orçamento.

Resultando em um radier de 5,65m por 9,65 m, com espessura de 20 cm, concreto C30, aço CA50, armadura na direção x e y com bitola de aço de 10mm e espaçamento de 15cm, conforme apresenta a figura 16.

Figura 16 – Detalhamento do Radier



Fonte: Os autores (2021).

4.3 EM RELAÇÃO A SAPATAS

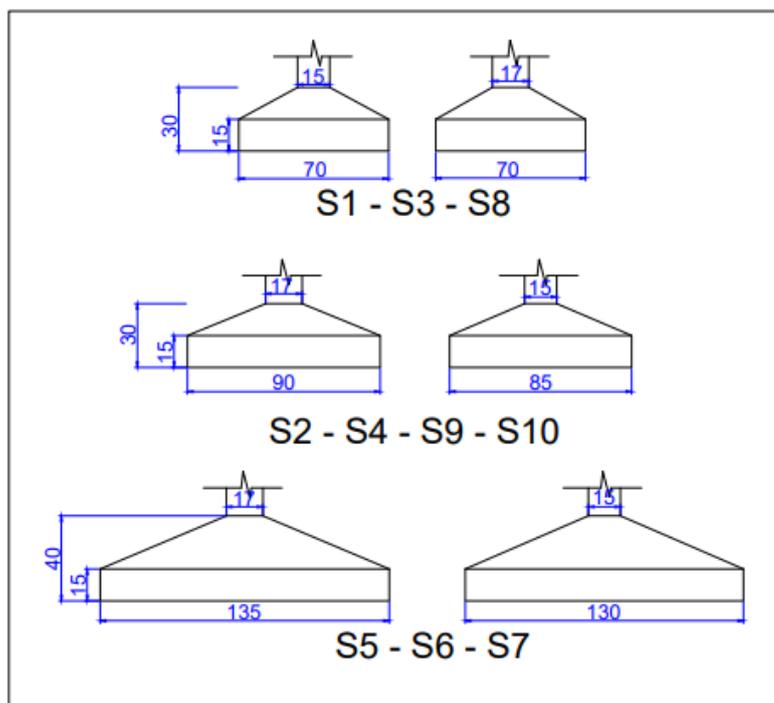
Através dos cálculos de pré-dimensionamento de concreto armado, foi possível chegar à seguinte conclusão em relação a geometria das sapatas conforme apresenta o quadro 7 e figura 17.

Quadro 7 – Em relação a geometria das sapatas

Sapatas	Dimensões (cm)		
	L	C	H
S1-S3-S8	70	70	30
S2-S4-S9-S10	90	85	30
S5-S6-S7	135	130	40

Fonte: Os autores (2021).

Figura 17: – Dimensões das sapatas



Fonte: Os autores (2021).

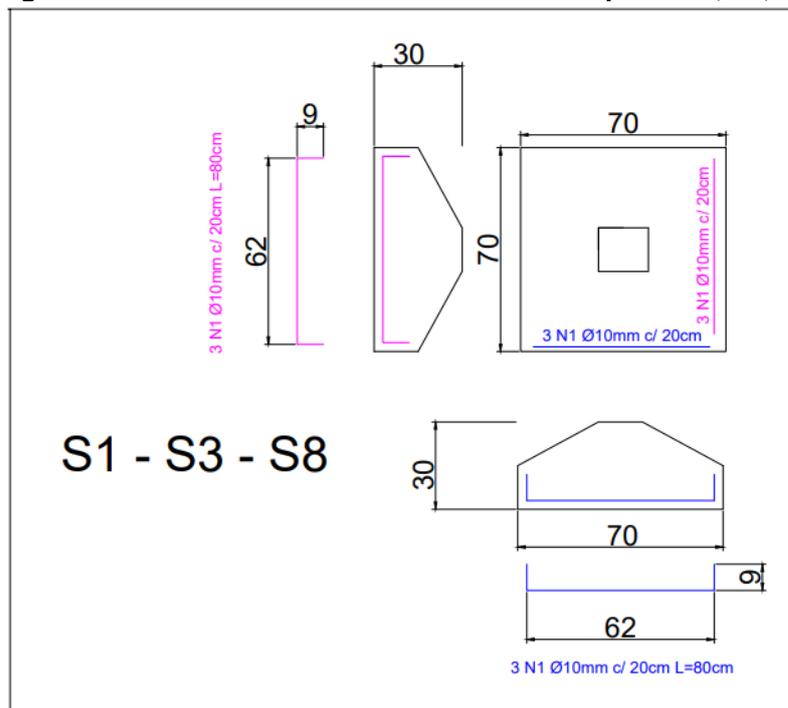
Com o pré-dimensionamento geométrico realizado, foi seguido o procedimento do CEB-70, para realização de dimensionamento das armaduras nas sapatas rígidas, obtendo os resultados apresentados no quadro 8. Detalhamento das armaduras conforme a figura 18, 19 e 20.

Quadro 8 – Resultados de armaduras das sapatas

Sapatas	Dimensões (cm)			Cargas (KN)	Asa efet (cm ²)	Quant 10mm	dist. Entre barras (cm)	Asb efet(cm ²)	Quant 10mm	Dist. Entre barras (cm)
	L	C	H							
S1-S3-S8	70	70	30	22	2,38	3	20	2,38	3	20cm
S2-S4-S9-S10	90	85	30	70	2,38	4	20	2,38	4	20cm
S5-S6-S7	135	130	40	172	2,38	7	18	2,38	7	20cm

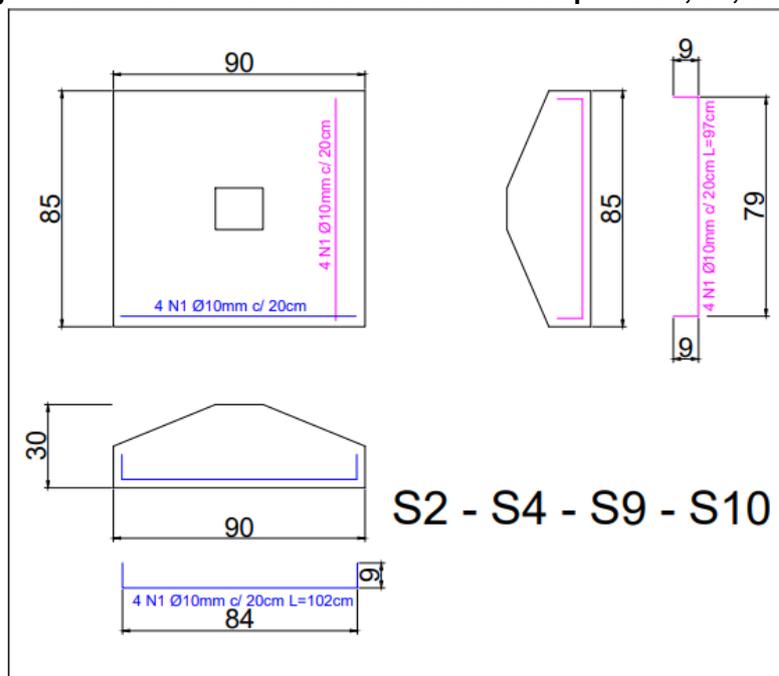
Fonte: Os autores (2021).

Figura 18: – Detalhamento de armaduras das sapatas S1, S3, S8



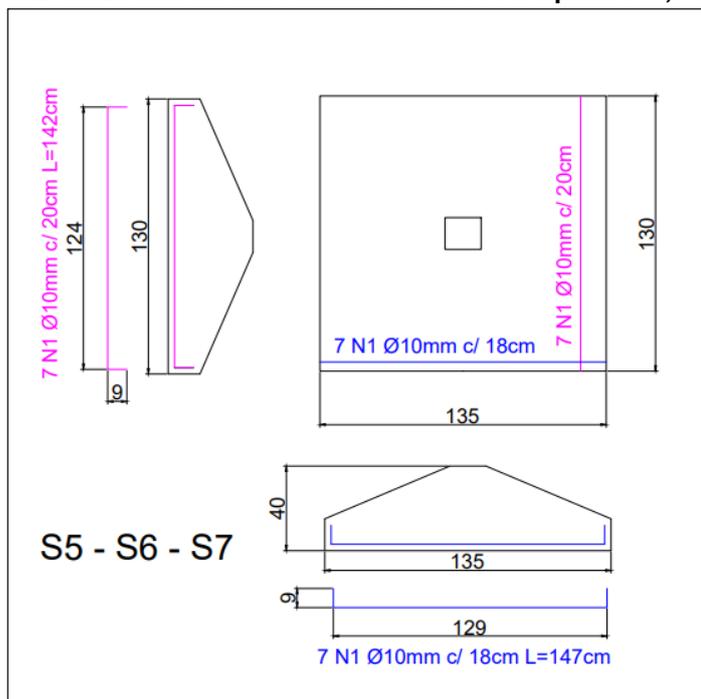
Fonte: Os autores (2021).

Figura 19: – Detalhamento de armaduras das sapatas S2, S4, S9, S10



Fonte: Os autores (2021).

Figura 20: – Detalhamento de armaduras das sapatas S5, S6 e S7.



Fonte: Os autores (2021).

Com os dimensionamentos da geometria e armaduras foi possível detalhar e iniciar o orçamento em relação a este tipo de fundação.

4.3.1 Em relação às vigas baldrame

No pré dimensionamento geométrico das vigas, obteve-se resultados variáveis em relação a altura de cada uma das vigas, já que a largura já é pré determinada pela NBR 6118, que estabelece que a largura mínima de vigas baldrame seja de 15 cm. No quadro 9 demonstra os resultados obtidos através do pré dimensionamento das mesmas.

Quadro 9 – Alturas obtidas através do pré-dimensionamento

Vigas	Altura (cm)
V1	45
V2	55
V3	25
V4	50
V5	40
V6	10
V7	10
V8	20
V9	30

Fonte: Os autores (2021)

Pode-se observar que há uma grande variação de alturas das vigas baldrames, por isso, a fim de minimizar erros e otimizar soluções, optou-se agrupar as vigas com alturas semelhantes e obteve-se a uniformização. O quadro 10 apresenta a proposta de solução para vigas baldrames.

Quadro 10 – Alturas adotadas no dimensionamento

Solução adotada	
Vigas	Alturas adotadas (cm)
V1-V2-V4-V5	55
V3-V6-V7-V8-V9	30

Fonte: Os autores (2021)

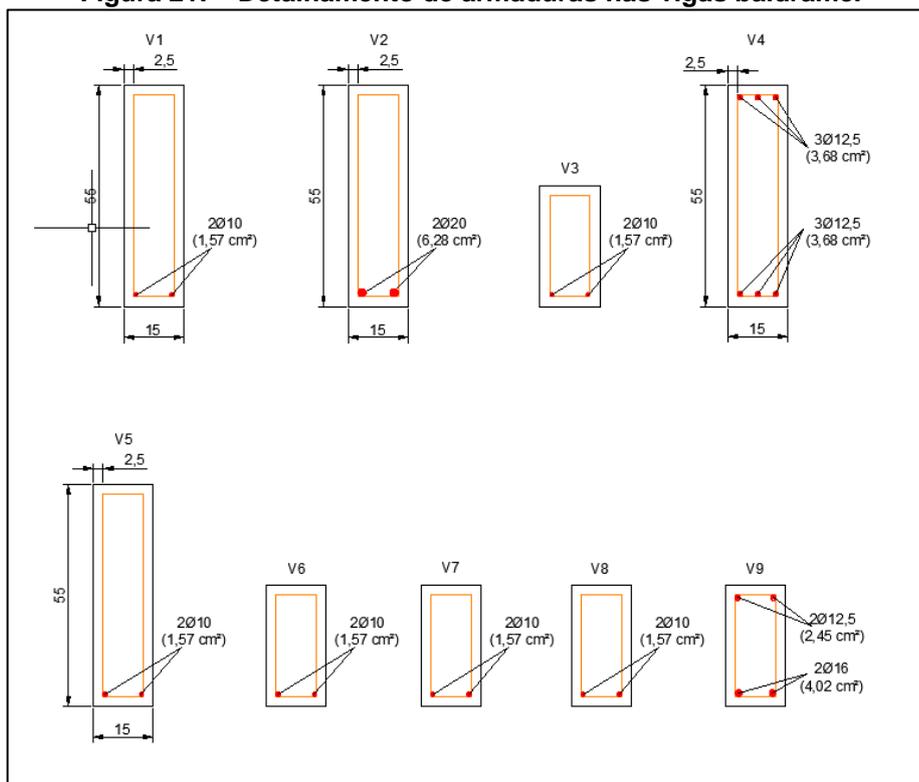
Para o dimensionamento de armaduras foi realizada a análise conforme parâmetros da NBR 6118 no que resultou no Quadro 11 e seus detalhamentos na figura 17.

Quadro 11 – Armadura das Vigas Baldrame

Viga	Nº de Camadas (unid.)	Nº de Barras (unid.)	ϕ da Barra (mm)
V1	1	2	10
V2	1	2	20,00
V3	1	2	10,00
V4+	1	3	12,50
V4-	1	3	12,50
V5	1	2	10,00
V6	1	2	10,00
V7	1	2	10,00
V8	1	2	10,00
V9+	1	2	16,00
V9-	1	2	12,50

Fonte: Os autores (2021)

Figura 21: – Detalhamento de armaduras nas vigas baldrame.



Fonte: Os autores (2021).

4.4 QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Em relação a fundação de radier, através dos serviços levantadas para sua execução de acordo com o SINAPI/SC o custo de execução do radier com BDI custa R\$21.403,68. Conforme apresenta o quadro 12.

Quadro 12 – Detalhamento de insumos e execução do radier.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PR. UNIT.(R\$)/M2 com bdi	VALOR TOTAL(R\$)
1		SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	96624	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_08/2017	M3	5,45	125,90	686,43
1.2	97082	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF 09/2017	M3	5,45	54,97	299,69
1.3	97083	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF 09/2017	M2	54,52	3,00	163,62
1.4	97086	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF 09/2017	M2	54,52	140,21	7644,65
1.5	97087	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, EM LONA PLÁSTICA. AF 09/2017	M2	54,52	2,92	158,99
1.6	92787	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	468,91	17,24	8084,39
1.7	97095	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA, PARA ESPESSURA DE 15 CM - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF 09/2017	M3	8,18	533,83	4365,90
Custo TOTAL						R\$ 21.403,68

Fonte: Os autores (2021)

Já em relação ao custo de execução da sapata isolada com viga baldrame, o SINAPI retornou um valor de R\$ 25.087,52 apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 – Detalhamento de insumos e execução da sapata isolada com viga baldrame

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PR. UNIT.(R\$)/M2 sem bdi	PR. UNIT.(R\$)/M2 com bdi	VALOR TOTAL(R\$)
1		SAPATA ISOLADA					R\$ 9.215,16
1.1	96619	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5 CM. AF 08/2017	M2	9,80	24,38	29,62	290,14
1.2	96529	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF 06/2017	M2	13,08	304,15	369,54	4833,61
1.3	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF 06/2017	KG	64,26	15,14	18,40	1182,07
1.4	96556	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA DE ACABAMENTO. AF 08/2017	M3	3,47	600,08	729,10	2526,32
1.5	96523	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, COM PREVISÃO DE FÔRMA. AF 06/2017	M3	4,34	72,65	88,27	383,01
2		VIGA BALDRAME					R\$ 15.872,36
2.1	96530	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF 06/2017	M2	44,82	167,52	203,54	9122,72
2.2	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF 06/2017	KG	127,69	15,14	18,40	2348,79
2.3	96555	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF 06/2017	M3	3,36	533,40	648,08	2178,57
2.4	98557	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS AF 06/2018	M2	52,05	27,76	33,73	1755,39
2.5	96527	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME, COM PREVISÃO DE FÔRMA. AF_06/2017	M3	4,03	95,26	115,74	466,89
Custo TOTAL							R\$ 25.087,52

Fonte: Os autores (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou realizar um comparativo entre o custo, para uma construção em *light steel frame*, entre os dois diferentes tipos de fundação superficial, sendo elas sapatas isolada com viga baldrame e radier, utilizando parâmetros de solo argiloso para os cálculos e dimensionamentos obtidos por meio de análise tátil-visual.

Com o auxílio de software foi possível detalhar os elementos de cada tipo de fundação estudado, identificando com precisão as dimensões, a área de aço e volume de concreto tanto para a fundação rasa do tipo radier quanto para as sapatas isoladas com viga baldrame, permitindo então quantificar os principais materiais considerados para sua execução.

Quanto aos custos, o total da fundação em radier ficou em R\$21.403,68, valor este que representa somente 85,31% do custo total da sapata isolada com viga baldrame. Este resultado mostra que para uma construção em *light steel*, nos parâmetros apresentados é mais econômico comparado à sapata isolada com viga baldrame. O custo elevado da sapata foi relacionado à fabricação, montagem e desmontagem de fôrma, que teve um custo correspondente à 182,56% ao custo do mesmo serviço do radier.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela nossa vida e por nos ajudar a vencer os obstáculos encontrados ao longo do curso.

À nossa família pelo incentivo e compreensão, mesmo nos momentos de ausência nos momentos em que nos dedicávamos na realização deste trabalho.

Aos professores pelas correções e ensinamentos que nos permitiram apresentar um melhor desempenho no nosso processo de formação profissional.

Aos colegas de curso com que convivi durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências permitiram o crescimento pessoal e profissional.

REFERÊNCIAS

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **PROJETO ESTRUTURAL DE SAPATAS**. 2007. 39 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ANTONIAZZI, Juliana Pippi. Interação solo-estrutura de edifícios com fundações superficiais. 2011. 138f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7250**: Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1982. 3 p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-7.250-Identifica%C3%A7%C3%A3o-e-descri%C3%A7%C3%A3o-de-amostras-de-solo.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

BARRA, Fernanda. **Fundação do tipo radier**. Artigo científico. Pet Engenharia Civil Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**. 2019. 120 f. - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

CARVALHO, Roberto Chust, PINHEIRO, Libâno Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: PINI, 2009 2 v. 589 p.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: Revista e Ampliada, 1967. 244 p.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Tensão Admissível em Fundações Diretas**. São Carlos: RiMa, 2003. 142 p.

DÓRIA, Luís Eduardo Santos. **Projeto de estrutura de fundação do tipo radier**. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007

ESCOLA ENGENHARIA. Sapatas de fundação, 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/> Acesso em 31/05/2021.

FELIPE, José Maick Moreira; DE ARAUJO JUNIOR, José Luiz. ESTUDO DOS TIPOS DE FUNDAÇÕES: SAPATAS. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2018.

FORMIGONI, D. D. P. Análise comparativa do desempenho de fundação rasa do tipo radier com fundação rasa de sapatas isoladas. Trabalho de conclusão de curso - UTFP. Curitiba, 2009.

GUIMARÃES, LUIZ ALGEMIRO CUBAS. Dimensionamento e Detalhamento de Vigas de Concreto Armado. **Notas de Aula da Disciplina Estrutura de Concreto Armado II (CV 072)**.

JUNIOR, Ribeiro. **Fundações no sistema *Light Steel Frame***. Artigo científico, 2016

GODOY, N. S., TEIXEIRA, A. T. (1996). Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas. Fundação; Teoria e Prática, Hachich et al. (eds.), Ed. Pini Ltda., São Paulo, Cap.7, p. 227-264.

MOTTA NETO, Paulo Roberto Gouveia da. **ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO TIPO RADIER – ESTUDO DE CASO**. 2019. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina -, Florianópolis, 2019.

PANCIERA, G. Estudo de estacas cavadas. In: _____. **Estudo de pré-viabilidade na especificação de fundação do tipo de estaca escavada ou sapata isolada em Edificações multifamiliares**. Santa Maria: UFSM, 2014

PEREIRA, Caio. **Fundações Rasas ou Superficiais**. Escola Engenharia, 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-rasas/>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

PIMENTEL, Matheus Lima; ROSA, Walber Luiz Oliveira; ASSIS, Rita de Cássia Teixeira. **FUNDAÇÕES RASAS: TIPOS E UTILIZAÇÃO**. Univertix Tr, Três Rios, p. 1-9, dez. 2019. Disponível em: <https://favetr.univertix.net/wp-content/uploads/2020/01/A48-FUNDA%C3%87%C3%95ES-RASAS-TIPOS-E-UTILIZA%C3%87%C3%83O-CORRIGIDO..pdf>. Acesso em: 02 maio 2021.

PINHEIRO, L.M. (1985). **Noções sobre pré-dimensionamento de Estruturas de Edifícios** - EESC-USP- Curso de Especialização em Estruturas.

PORDEUS, Victor Costa. **Viabilidade econômica da utilização dos radiers na construção de habitações de pequeno porte**. 2009 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, 2009.

RIBEIRO, Marco Antônio Amâncio. **Análise comparativa de métodos utilizados no cálculo da interação solo-radier**. 2010. 101p. Monografia – Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

TECNOLOGIA: Steel Frame - **Fundações. Steel Frame** - Fundações. Téchné, São Paulo, jun. 2008. Disponível em: . Acesso em: 31/05/2021

TIZOTT, Rafael Mallmann. **COMPARAÇÃO DO CUSTO BENEFÍCIO ENTRE DOIS TIPOS DE FUNDAÇÕES: SAPATA RÍGIDA E RADIER**. 2013. 117 f. Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013

ANEXO 1

Tabela 1 : Classe de agressividade ambiental

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I	Fraca	Rural Submersa
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (2014).

ANEXO 2

Tabela 2: Classe de agressividade ambiental e cobertura nominal

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

Fonte: NBR 6118 (2014).

ANEXO 3

Tabela 3: Pressões básicas

Tabela 4 - Pressões básicas (σ_c)

Classe	Descrição	Valores (MPa)
1	Rocha sã, maciça, sem laminação ou sinal de decomposição	3,0
2	Rochas laminadas, com pequenas fissuras, estratificadas	1,5
3	Rochas alteradas ou em decomposição	ver nota c)
4	Solos granulares concrecionados - conglomerados	1,0
5	Solos pedregulhosos compactos a muito compactos	0,6
6	Solos pedregulhosos fofos	0,3
7	Areias muito compactas	0,5
8	Areias compactas	0,4
9	Areias medianamente compactas	0,2
10	Argilas duras	0,3
11	Argilas rijas	0,2
12	Argilas médias	0,1
13	Siltos duros (muito compactos)	0,3
14	Siltos rijos (compactos)	0,2
15	Siltos médios (medianamente compactos)	0,1

Fonte: NBR 6122 (1996).