UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CAMPUS DE CRATEÚS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUAN PEDRO GOMES SOUZA

ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: O CASO DA AMPLIAÇÃO DE UMA UNIDADE HOSPITALAR EM CRATEÚS - CE

CRATEÚS

2025

LUAN PEDRO GOMES SOUZA

ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: O CASO DA AMPLIAÇÃO DE UMA UNIDADE HOSPILAR EM CRATEÚS - CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Civil do campus Crateús da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dr. Thiago Fernandes da Silva.

CRATEÚS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S239e Souza, Luan Pedro Gomes.
Estudo comparativo de fundações superficiais: o caso da ampliação de uma unidade hospilar em Crateús - Ce / Luan Pedro Gomes Souza. – 2025.
61 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Thiago Fernandes da Silva.

1. Fundações rasas . 2. Sapata isolada. 3. Sondagens. 4. Geotécnicas. 5. Recalque. I. Título.
CDD 620

LUAN PEDRO GOMES SOUZA

ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: O CASO DA AMPLIAÇÃO DE UMA UNIDADE HOSPITALAR EM CRATEÚS - CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Civil do campus Crateús da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Dr. Thiago Fernandes da Silva. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Prof. Dra. Heloina Nogueira da Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Prof. Me Marcio Avelino de Medeiros
Instituto Federal de Sergipe (UFS)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, que sempre esteve ao meu lado, guiando meus passos e fortalecendo minha fé durante toda a jornada. Sem Sua orientação e bênçãos, este momento não teria sido possível.

Agradeço também à minha família, que foi minha base de apoio, amor e incentivo. Vocês foram minha força nos momentos difíceis e minha alegria nos momentos de conquista. Sou eternamente grato por todo o carinho, compreensão e suporte que recebi de vocês ao longo dessa caminhada. Muito obrigado a todos que fizeram parte dessa conquista!

RESUMO

Este trabalho teve como comparar duas soluções de fundações rasas utilizadas na ampliação de uma unidade hospitalar em Crateús: uma delas já executada no local, e outra proposta desenvolvida durante este estudo. A comparação foi feita com base em critérios técnicos definidos especialmente pela NBR 6122:2022, que orienta o projeto e a execução de fundações no Brasil. O primeiro passo foi entender as condições do solo da região, por meio de sondagens e análises geotécnicas, para identificar sua capacidade de carga. A partir dessas informações, foi possível dimensionar as sapatas, tanto em termos de tamanho quanto na quantidade de armaduras, além de estimar os recalques que podem ocorrer ao longo da vida útil da edificação. Com os dois projetos definidos, foram comparados alguns aspectos práticos e econômicos, como o volume de concreto necessário, o peso do aço usado nas armaduras, a quantidade de fôrmas e o custo total das fundações. Desse modo, embora o projeto já executado no local não esteja incorreto, ficou claro que a proposta desenvolvida neste trabalho apresentou vantagens no desempenho técnico e ainda trouxe uma economia significativa. O custo total da fundação foi cerca de 46% menor em relação à solução executada, sem comprometer a segurança e a eficiência da estrutura.

Palavras-chave: Fundações rasas. Sapata isolada. Sondagens. Geotécnicas. Recalque. Dimensionar.

ABSTRACT

This study aimed to compare two shallow foundation solutions used in the expansion of a hospital unit in Crateús: one that had already been implemented on site, and another proposed solution developed during the course of this research. The comparison was based on technical criteria primarily defined by NBR 6122:2022, which guides the design and execution of foundations in Brazil. The first step involved understanding the soil conditions in the area through borehole testing and geotechnical analysis, in order to determine its bearing capacity. Based on this information, the isolated footings were dimensioned in terms of both size and reinforcement quantity, and the settlements expected over the building's service life were also estimated. With both foundation designs established, several practical and economic aspects were compared, such as the required volume of concrete, the weight of steel reinforcement, the amount of formwork, and the total foundation cost. Although the solution already executed on site was not incorrect, it became clear that the alternative proposed in this study offered better technical performance while also achieving significant cost savings. The total cost of the foundation was approximately 46% lower than the executed solution, without compromising structural safety or efficiency.

Keywords: Shallow foundations. Isolated footing. Borehole testing. Geotechnical. Settlement. Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sapatas de fundação: (a) altura constante; (b) altura variável 15
Figura 2 - Sapata Isolada 16
Figura 3 - Sapata Corrida 17
Figura 4 - Sapata Associada 18
Figura 5 - Radier 18
Figura 6 - Bloco de Concreto 19
Figura 7 - Superfície potencial de ruptura 22
Figura 8 - Representação da carga do pilar em direção à base da sapata 24
Figura 9 - Representação de recalques. 25
Figura 10 - Mapa de localização dos furos. 27
Figura 11 - Perfil geológico - geotécnico de acordo com as sondagens realizadas 27
Figura 12 - Perfil geológico - geotécnico de acordo com as sondagens realizadas 28
Figura 13 - Perfil geológico - geotécnico de acordo com as sondagens realizadas 29
Figura 14 - Determinação das alturas da sapata 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade de carga do solo..... 38
Tabela 2 - Cálculo das dimensões para as sapatas..... 39
Tabela 3 - Dimensões propostas para todas as sapatas do edifício analisado..... 40
Tabela 4 - Áreas de aço calculadas para os pilares da edificação..... 41
Tabela 5 - Detalhamento de todas as das sapatas 42
Tabela 6 - Recalque das sapatas 43
Tabela 7 - Projeto proposto neste trabalho..... 44
Tabela 8 - Projeto executado no local de estudo..... 44
Tabela 9 - Volume de concreto estimado nesse estudo e no projeto executado na obra 45
Tabela 10 - Quantidade de armadura estimada neste estudo e no projeto executado na obra. 46
Tabela 11 - Quantidade de fôrma de madeira estimada neste estudo e no projeto executado na obra 47
Tabela 12 - Valores estimados neste estudo e no projeto executado na obra 48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
SPT	Standard Penetration Test
TCC	Trabalho de conclusão de curso
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **12**
2 OBJETIVOS **13**
2.1 Objetivo Geral **13**
2.2 Objetivo Específico **13**
3 REFERENCIAL TEÓRICO **14**
3.1 Fundações **14**
3.2 Fundações Diretas ou Rasas **14**
3.2.1 ***Sapatas*** ***14***
3.2.2 ***Sapata Isolada*** ***16***
3.2.3 ***Sapata Corrida*** ***17***
3.2.4 ***Sapata Associada*** ***17***
3.2.5 ***Radier*** ***18***
3.2.6 ***Blocos de Concreto*** ***19***
3.3 Aplicações dos Tipos de Fundações **19**
3.3.1 ***Fundações Superficiais*** ***20***
3.3.2 ***Sapatas*** ***20***
3.3.3 ***Radier*** ***21***
3.3.4 ***Blocos de Concreto*** ***21***
3.4 Capacidade de Carga do Solo **22**
3.5 Dimensionamento Geométrico **23**
3.6 Dimensionamento Estrutural **24**
3.7 Recalque **25**
4 METODOLOGIA **26**
4.1 Área de Estudo **26**
4.2 Perfil Geológico – Geotécnico **26**
4.3 Tipo de Fundação **29**
4.3.1 ***Capacidade de Carga do Solo*** ***30***
4.3.2 ***Dimensionamento Geométrico*** ***30***
4.3.3 ***Dimensionamento Estrutural*** ***32***
4.3.4 ***Estimativa de Recalque*** ***35***
4.4 Análise Comparativa **36**
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES **37**
5.1 Capacidade de Carga do Solo **37**

5.2 Dimensionamento Geotécnico **38**
5.3 Dimensionamento Estrutural **41**
5.4 Estimativa de Recalques **42**
5.5 Análise Comparativa **43**
6 CONCLUSÃO **49**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **50**
ANEXOS **53**

1 INTRODUÇÃO

Militsitsky et al. (2015) destacou a fundação como um elemento primordial que estabelece a conexão entre a estrutura de um edifício e o solo. Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2022), às fundações superficiais têm o dever de distribuir as cargas para o solo, por meio da pressão exercida pela base. A escolha e o dimensionamento adequado do tipo de fundação é essencial, uma vez que devem considerar todos os aspectos relacionados à construção e as características do solo. Uma seleção inadequada pode acarretar sérios problemas, incluindo o risco de colapso da edificação. Desta forma reflete o conhecimento técnico e as habilidades do engenheiro responsável pelo projeto.

Cada obra tem suas particularidades, por isso é importante analisar todas as variáveis intervenientes antes de escolher o tipo de fundação mais adequada. Essa escolha deve garantir que a estrutura consiga transmitir suas cargas ao solo com segurança. Entre os principais fatores a serem avaliados estão os dados obtidos em sondagens do solo e observações técnicas, como a topografia do terreno, incluindo informações sobre taludes e encostas (ABCP, 2018).

O presente trabalho investigou a conformidade do projeto para uma edificação de padrão comercial, a análise geotécnica da região indica a predominância de solos arenosos, com presença de rocha aflorante a uma profundidade média entre 2 a 3 metros. Essa característica geologia, de modo geral, contribui para a viabilidade técnica da execução de fundações diretas, sem a ocorrência de grandes adversidades. Considerando esse perfil de solo, as tipologias de fundações mais compatíveis seriam sapatas isoladas, sapatas corridas ou blocos de fundação. No entanto, com base nos parâmetros de resistência obtidos por meio dos ensaios de sondagem SPT, optou-se, neste estudo, por analisar especificamente a utilização de sapatas isoladas.

Diante das particularidades do solo onde será implantado uma Unidade Hospitalar em Crateús, este estudo de caso justifica-se pela necessidade de avaliar a solução de fundação mais eficiente e compatível com as condições geotécnicas locais. A comparação entre as características do solo e os tipos de fundação viáveis é essencial para garantir segurança estrutural, otimização de custos e desempenho da edificação ao longo do tempo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a adequação do projeto de fundação de uma edificação, de acordo com as normas técnicas vigentes, para a ampliação de uma Unidade Hospitalar em Crateús - CE.

2.2 Objetivo Específico

Objetivos específicos:

- Determinar a capacidade de carga dos solos, baseado em parâmetros de sondagens;
- Comparar o projeto de fundação da edificação disponibilizado com um dimensionamento realizado segunda a NBR 6122/2022;
- Propor melhorias para execução e melhor desempenho das fundações da edificação;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fundações

A estrutura de uma edificação suporta seu peso próprio, além das cargas acidentais que atuam sobre ela, as quais são estimadas pelas normas técnicas atuais como a NBR 6120:2019 e a NBR 8681:2003. Essas cargas provenientes dos pilares não podem ser transmitidas diretamente ao terreno, pois as tensões resultantes seriam muito altas, podendo causar recalques ou até mesmo o rompimento do solo. Por isso, é realizada a engenharia de fundações, que possui critérios específicos para o projeto e o dimensionamento adequado dessas fundações (BOTELHO; MARCHETTI, 2015).

Refere-se a uma subestrutura formada por elementos situados abaixo do nível do solo, cuja principal função é transferir as cargas provenientes da superestrutura, ou seja, das partes da edificação acima do terreno para o solo. Essa transferência ocorre predominantemente na direção vertical e está condicionada à capacidade do solo em suporte tais esforços (LIRA; RIBEIRO, 2019).

3.2 Fundações Diretas ou Rasas

As fundações rasas, também chamadas de superficiais, são aquelas que se localizam logo abaixo da construção, transferindo as cargas da edificação diretamente para o solo por meio de sua base (ALONSO, 2019).

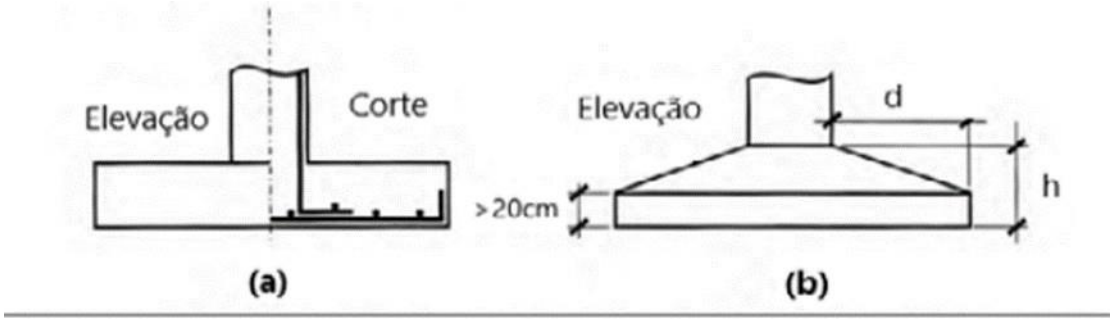
De acordo com a NBR 6122/2022, fundações superficiais (rasas) são elementos estruturais que transferem as cargas ao solo por meio de tensões distribuídas em sua base, sendo que a profundidade de instalação, em relação ao terreno ao redor, e menor que o dobro da menor dimensão da fundação. Entre os principais tipos, destacam-se as sapatas, radiers, blocos e vigas baldrames.

3.2.1 Sapatas

As sapatas, um tipo comum de fundação, podem ser representadas em plantas com diferentes formatos na base, como quadrado, retângulo, circular, entre outros. A altura da sapata

(h) pode ser uniforme ao longo de toda a peça (figura 1a) ou variar de acordo com a geometria (figura 1b). Quando a altura não é constante, ocorrem variações no momento fletor entre as extremidades da sapata e nas regiões próximas aos pilares. Essa variação permite uma otimização no uso de concreto, resultando em economia de material (REBELLO, 2008).

Figura 1 - Sapatas de fundação: (a) altura constante; (b) altura variável



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

A classificação das sapatas quanto a rigidez leva em consideração sua altura, podendo ser divididas em dois tipos: rígidas e flexíveis. Nas sapatas rígidas, os esforços de flexão se distribuem de maneira uniforme em ambas as direções, assim como os esforços de cisalhamento, o que evita a ocorrência de punção. Por outro lado, nas sapatas flexíveis, essa distribuição uniforme não pode ser assegurada, e a presença de punção se torna possível (NBR 6118:2023). Já, de acordo com a ABNT NBR 6122 (2022), uma sapata é um tipo de fundação rasa feita em concreto armado, projetada de forma que as tensões de tração geradas sejam suportadas por armaduras posicionadas especificamente para essa finalidade.

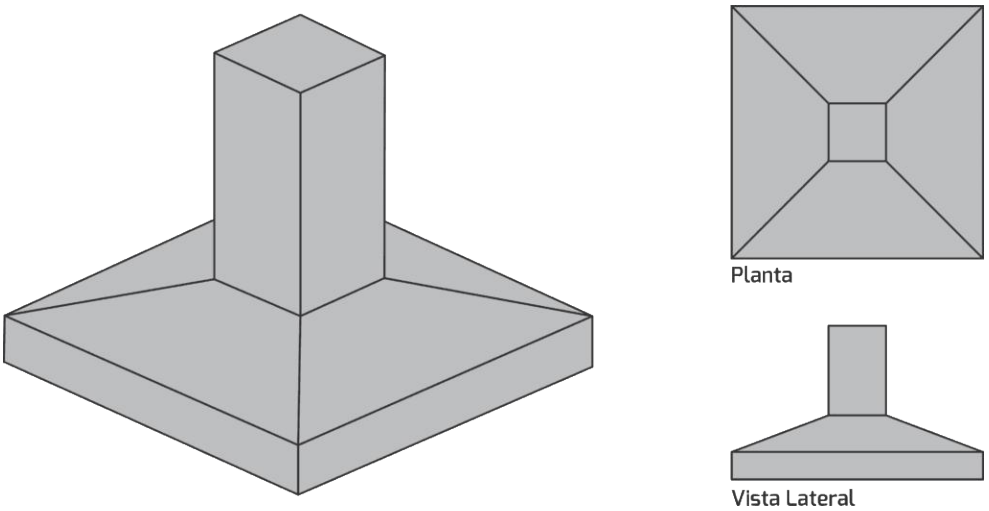
Segundo Rebello (2008), as sapatas podem ser classificadas de acordo com o tipo de solicitação a que estão submetidas, sendo essas centradas ou excêntricas. No caso das sapatas sob carga centrada, a força vertical aplicada pelo pilar incide exatamente no centro de gravidade da sapata. Nessa condição, considera-se que a tensão transmitida ao solo na base é distribuída de forma uniforme, podendo ser calculada pela divisão da carga vertical pela área da sapata.

3.2.2 Sapata Isolada

A sapata isolada é o tipo de fundação mais frequentemente utilizado em construções. Sua base pode apresentar diferentes formatos geométricos, como quadrado, retangular, poligonal ou circular. Em termos tridimensionais, as sapatas podem ser projetadas com superfícies planas, em degraus ou com forma piramidal. Elas também podem ter altura constante ou variável, sendo esta última caracterizada por uma transição linear da altura entre a face do pilar e a borda da base, conforme ilustrado na figura 1. As principais ações estruturais consideradas nesse tipo de fundação incluem a força normal, os momentos fletores (em uma ou duas direções) e a força horizontal (VELLOSO; LOPES, 2010).

Segundo Rebello (2008), as sapatas isoladas são responsáveis por suportar a carga proveniente de um único pilar, transmitindo-a ao solo por meio da área de contado da fundação.

Figura 2 - Sapata Isolada.

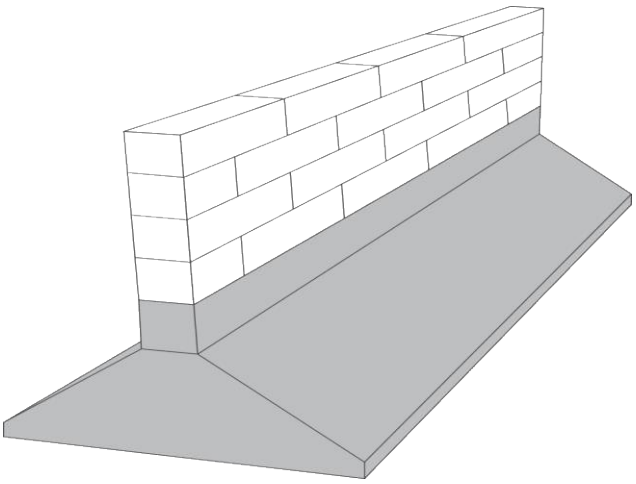


Fonte: Viva decora (2021).

3.2.3 Sapata Corrida

Assim como ocorre com os demais tipos de fundação, a NBR 6122:2022 apresenta uma definição específica para a sapata corrida, descrevendo-a como um elemento submetido a ação de uma carga distribuída linearmente ou proveniente de pilares dispostos ao longo de um mesmo eixo, desde que representam menos de 70% da carga da estrutura.

Figura 3 - Sapata Corrida.

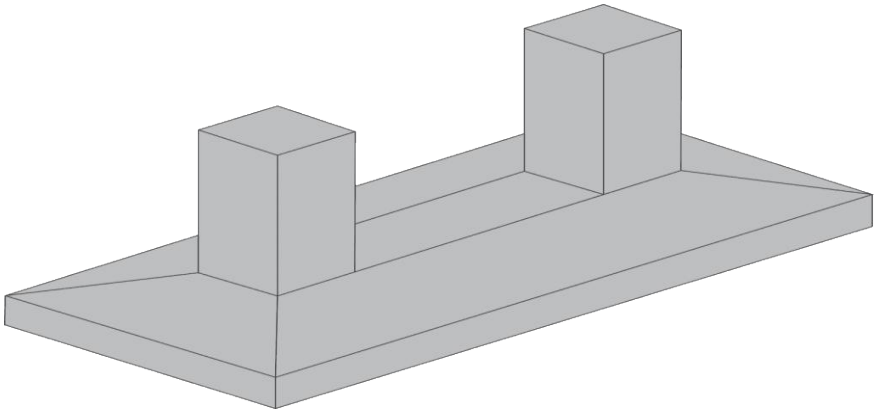


Fonte: Viva Decora (2021).

3.2.4 Sapata Associada

Segundo Bastos (2016), as sapatas associadas também chamadas de sapatas combinadas ou conjuntas são utilizadas quando há pouca distância entre dois ou mais pilares. Nesses casos, adota-se esse tipo de fundação com o objetivo de transmitir simultaneamente as cargas de múltiplos pilares ao subsolo. Essa definição também é contemplada pela NBR 6122:2022.

Figura 4 - Sapata Associada.



Fonte: Viva Decora (2021).

3.2.5 Radier

O radier é um tipo de fundação rasa constituída, em essência, por uma laje de concreto armado ou protendido. De acordo com a ABNT NBR 6122 (2022), ele pode receber todos os pilares da edificação ou apenas parte deles. Sua execução pode ocorrer com espessura constante ou variável, podendo ainda incorporar elementos de rigidez, como vigas, para melhorar seu desempenho estrutural. Na prática, o radier costuma ser adotado quando a área total ocupada pelas sapatas ultrapassa 50% da área da edificação.

Figura 5 - Radier.

Fonte: Mapa na Obra (2017).

3.2.6 Blocos de Concreto

A NBR 6122 (2022) cita o bloco como um elemento de fundação em concreto simples, projetado de forma que as tensões de tração geradas em sua estrutura sejam suportadas exclusivamente pelo próprio concreto, dispensando o uso de armadura.

Figura 6 - Bloco de Concreto.

Fonte: Carluc (2022).

3.3 Aplicações dos Tipos de Fundações

Na execução de uma fundação, o primeiro passo é realizar uma análise geotécnica do terreno. Esse estudo permite identificar as características do solo presente no local, servindo de base para determinar qual tipo de fundação será mais adequado para a obra. A partir dessa definição, iniciam-se os cálculos estruturais, levando em conta parâmetros fundamentais como a profundidade, o ângulo de atrito e a coesão do solo. Esses elementos são essenciais para estimar com precisão a força que a fundação deverá suportar (PANCIERA, 2014).

Após a realização de uma análise inicial do terreno, é necessário eliminar os tipos de fundações que apresentem restrições quanto a sua aplicação na obra em questão. Em um

segundo momento, deve-se levar em conta diversos fatores para selecionar a fundação mais apropriada, como: informações sobre edificações vizinhas, incluindo os tipos de fundações utilizados, da nova construção; disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra qualificada; bem como eventuais limitações ambientais, exigências legais e normas técnicas vigentes (ABCP, 2018).

3.3.1 Fundações Superficiais

Conforme Araújo (2010), a viabilidade desse tipo de fundação depende da capacidade do solo, desde as camadas superficiais ou iniciais, de suportar e distribuir adequadamente as cargas da edificação. Além disso, o solo deve apresentar um grau de homogeneidade suficiente para minimizar a ocorrência de recalques diferenciais significativos.

Esse tipo de fundação é mais apropriado para edificações que demandam suportar cargas leves, o que implica em uma maior distribuição horizontal da construção ou na redução dos vãos entre os pilares. Isso porque, ao diminuir a distância entre os pilares, obtém-se uma estrutura mais rígida, caracterizada que beneficia o desempenho das fundações rasas. Estruturas com maior rigidez tendem a apresentar acomodações mais uniformes no solo, reduzindo os impactos negativos à edificação (REBELLO, 2008).

3.3.2 Sapatas

As sapatas, embora compartilhem a mesma função principal, que é transmitir as cargas da estrutura ao solo, apresentam variações conforme o tipo adotado, como as sapatas isoladas, corridas, associadas e com vigas alavancadas. Apesar dessas diferenças, certos cuidados são fundamentais em todas elas. Pois, as sapatas classificadas como fundações rasas devem ser executadas sobre solos firmes, como areias compactas ou medianamente compactas, ou ainda em solos argilosos consistentes, a fim de garantir melhor desempenho estrutural. Em alguns casos, a fundação pode estar submersa ou saturada devido à presença de água, exigindo, então, soluções específicas calculadas em projeto. Entre as alternativas estão o rebaixamento do lençol freático e a implantação de sistemas de drenagem no local (PANCIERA, 2014, VELOSSO e LOPES, 2010).

De acordo com CARVALHO (2014), destaca várias vantagens das sapatas em comparação com outros tipos de fundação, especialmente pela sua execução mais simples e rápida, dispensando o uso de equipamentos específicos e mão de obra altamente especializada. Devido a essas características, as sapatas tornaram-se atualmente o tipo de fundação mais empregado. O autor também recomenda sua utilização em terrenos com solo que possua capacidade de carga moderada a elevada.

Dentre os diversos tipos de fundações rasas, a sapata é a mais comumente utilizada. Isso se deve, segundo Bastos (2016, p. 6), à ampla variedade de configurações e formatos dos elementos estruturais que se apoiam nesse tipo de fundação.

3.3.3 Radier

Esse tipo de fundação é amplamente utilizado em habitações de interesse social, principalmente por sua facilidade de execução e custos reduzidos. No entanto, sua aplicação exige alguns cuidados, como a análise dos resultados do ensaio SPT, que não deve apresentar variações significativas com a profundidade, pois isso indicaria instabilidade no solo. Para ser considerada viável, a resistência à penetração deve ser, no mínimo, 20 (DELALIBERA, 2006). Além disso, esse tipo de fundação é indicado quando se busca uniformizar recalques ou em terrenos com baixa capacidade de suporte e presença de lençol freático muito próximo à superfície (DÓRIA, 2007).

3.3.4 Blocos de Concreto

De acordo com a ABNT NBR 6122:2022, a aplicação dos blocos para fundações rasas não se diferenciam muito das sapatas, ou seja, devem ser executadas sobre solos firmes, como areias compactas ou medianamente compactas, ou ainda em solos argilosos consistentes, a fim de garantir melhor desempenho estrutural. É recomendado a sua utilização em edifícios de baixo e médio porte.

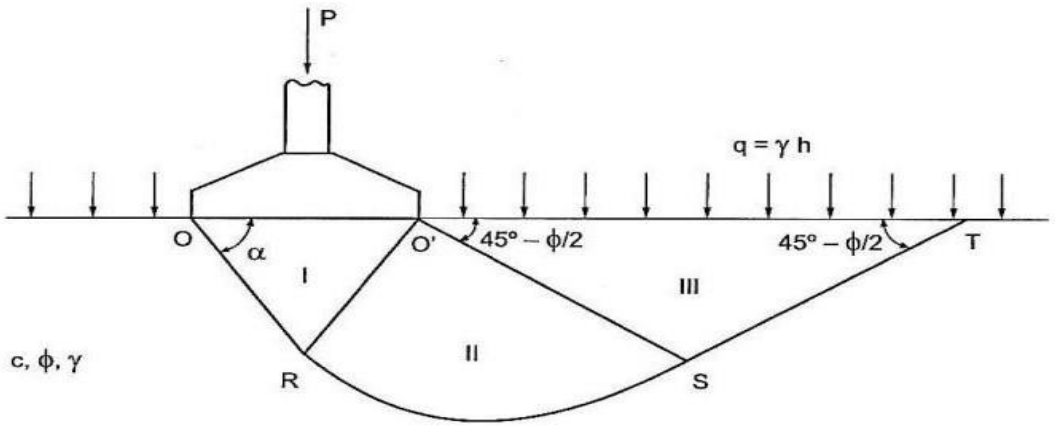
Apresenta diversas vantagens como, ter fácil execução, baixo custo, rapidez na execução, mão de obra não especializada e dentre outros benefícios.

3.4 Capacidade de Carga do Solo

A capacidade de carga de uma fundação corresponde à tensão máxima que o sistema sapata-solo pode suportar antes de atingir o estado de ruptura, conforme definido por FERREIRA (2013, p. 27). De acordo com a NBR 6122:2022, a carga de ruptura é o esforço que, logo aplicado à fundação, provoca a perda do equilíbrio estático ou acaba gerando deslocamentos que comprometem a sua segurança e funcionalidade, sendo considerada a resistência última da subestrutura.

Para desenvolver uma teoria sobre a capacidade de carga do sistema sapata-solo, TERZAGHI (1943), conforme apresentado por AOKI e CINTRA (2012), adotou algumas premissas. Ele considerou uma sapata corrida, com comprimento muito superior a sua largura ($L \geq 5B$), e uma profundidade de assentamento menor que a largura da sapata ($h \leq B$). Nessas condições, a resistência ao cisalhamento do solo acima da base da fundação pode ser desconsiderada, sendo substituída por uma sobrecarga equivalente $q = \gamma h$. Assumiu-se também que o solo sob a sapata é rígido, caracterizando uma ruptura geral. Assim, o problema pode ser representado esquematicamente por uma superfície potencial de ruptura delimitada pelo contorno ORST, conforme ilustrado na figura 7.

Figura 7 - Superfície potencial de ruptura.



Fonte: Terzaghi (1943 apud CINTRA e AOKI, 2012)

A tensão admissível de uma fundação corresponde ao valor máximo de tensão transmitida ao solo pela base da estrutura, respeitando ao estados limites último e de serviço, com os devidos fatores de segurança definidos (ABNT, 2019). Conforme a norma, essa tensão pode ser obtida por três abordagens: ensaios de carga com placa, métodos teóricos e métodos semiempíricos, cada um com suas próprias equações e critérios. Na prática brasileira, diversos métodos semiempíricos são empregados, baseando-se na correlação entre os resultados de ensaios de campo, como o SPT e o CPT, e os valores de tensões admissíveis ou resistentes. É essencial considerar as limitações desses métodos, incluindo sua validade para determinadas condições, a variabilidade dos dados e as restrições específicas de cada região (ABNT, 2022).

De acordo com VELLOSO e LOPES (2010), o ensaio de penetração padrão (SPT) é uma das formas mais comuns e acessíveis de investigar o subsolo no Brasil. Ele fornece o valor de Nspt, que indica a resistência do solo à penetração e serve como base para classificar os tipos de solo e projetar fundações, tanto rasas quanto profundas.

3.5 Dimensionamento Geométrico

O projeto de uma fundação depende diretamente da combinação entre as cargas transmitidas pelas estruturas (como pilares ou vigas baldrame) e a capacidade de resistência do solo em que será construída. Desse modo, propôs-se uma forma simples e direta de estimar as dimensões de uma sapata a partir da tensão admissível do solo e da carga do pilar, sendo usado esse método para geometrias de sapatas quadrada, retangular ou circular (VELOSSO: LOPES, 2010).

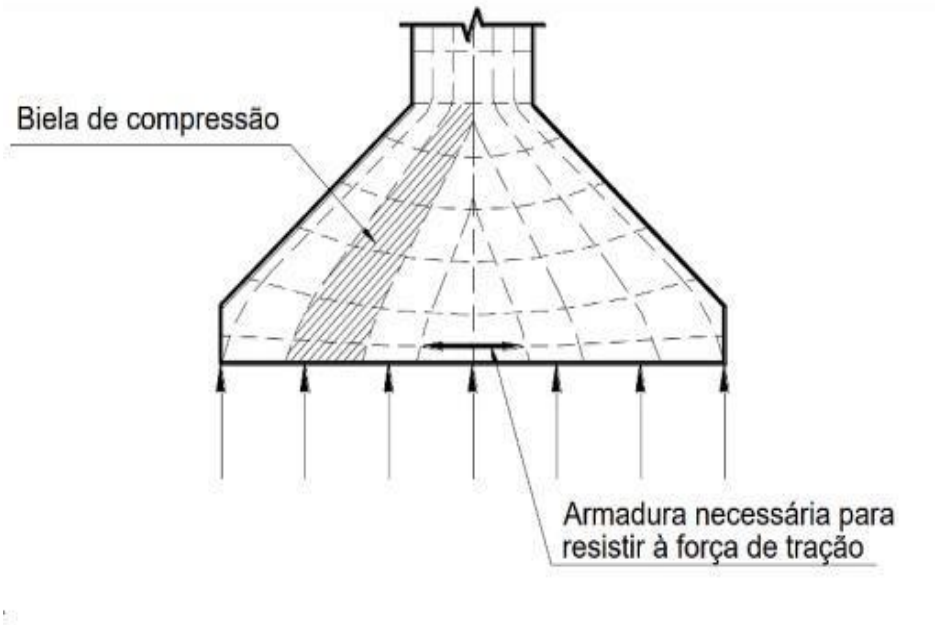
De acordo com a NBR 6122: 2022 a altura recomendada para as sapatas devem ser de no mínimo 25 cm; em sapatas troncopiramidais ou inclinadas, a espessura mínima no centro não deve ser inferior a ⅕ do menor lado da sapata; a armadura das sapatas deve ter cobertura mínima de 5 cm; é necessário que a tensão de contato no solo da sapata não seja maior que a tensão admissível do terreno, levando em consideração um fator de segurança adequado.

3.6 Dimensionamento Estrutural

No Brasil, o dimensionamento de sapatas rígidas é feito com base no método das bielas e tirantes, conforme estabelecido pelas normas NBR 6118:2023 e por NBR 6122:2022. Já no caso das sapatas flexíveis, utiliza-se o método baseado na análise por flexão.

De acordo com a NBR 6118:2023, o método das bielas e tirantes é indicado para situações com descontinuidades, como sapatas. Quando a sapata trabalha a flexão em duas direções, é comum assumir que a tração está distribuída de forma relativamente uniforme. Já a compressão, por outro lado, se concentra na área sob o pilar, e isso se torna mais crítico quando a sapata é muito maior que a base do pilar. O cisalhamento também precisa ser verificado nas duas direções, considerando o risco de ruptura por compressão diagonal, como previsto no novo modelo de treliça espacial da norma. Ao contrário do que acontece em vigas, o principal mecanismo de falha nas sapatas não é a tração diagonal.

Figura 8 - Representação da carga do pilar em direção à base da sapata.



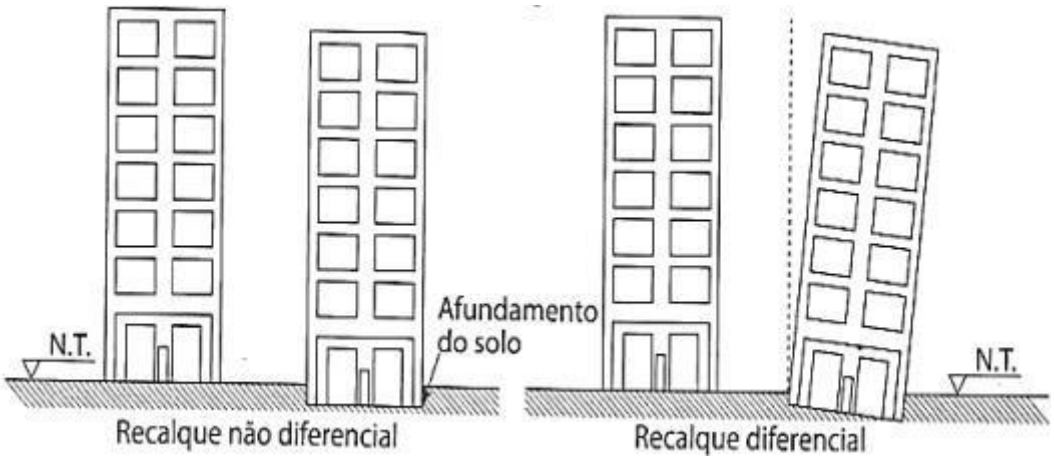
Fonte: Bastos (2019).

3.7 Recalque

De acordo com a NBR 6122: 2022, o projeto de fundações deve considerar, além da segurança contra a ruptura do solo, o controle dos recalques, tanto totais quanto diferenciais, para evitar danos à estrutura. A norma não define valores fixos de recalque admissível, mas orienta que eles devem ser compatíveis com o tipo de edificação. Para isso, permite o uso de métodos racionais, empíricos/semiempírico e ensaios de campo. Conforme a complexidade do solo analisado.

Os métodos racionais baseiam-se em modelos matemáticos do comportamento do solo; os empiricos/semiempíricos levam em consideração as correlações com ensaios de campo, como o SPT ou CPT; e os métodos experimentais são aplicados por meio de medições feitas diretamente em campo de uma fundação já executada, NBR 6122: 2022.

Figura 9 - Representação de recalques.



Fonte: Botelho, (2016)

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa se enquadra como estudo de caso e fundamentado em um modelo estrutural particular, que utiliza normas técnicas definidas e para o dimensionamento da fundação em análise. Considerando o tema da pesquisa, foi necessário realizar o dimensionamento das fundações do modelo estrutural adotado e fazer uma comparação com as fundações presentes na obra analisada, utilizando sapatas isoladas, em seguida foi realizada uma discussão sobre a eficiência e viabilidade das fundações estudadas.

4.1 Área de Estudo

A obra em análise está localizada no município de Crateús. Trata-se a ampliação realizada em uma Unidade Hospitalar em Crateús, com, contando com um total de 45,42 m² de área construída, latitude 5°11'05.0"S e longitude 40°40'01.1"W. É uma obra de pequeno porte, que servirá para todos os clientes de Crateús e região fazerem suas consultas, exames, partos e dentre outros serviços médicos. O edifício possui somente um único pavimento, no qual é destinado para sala de atendimento e exames.

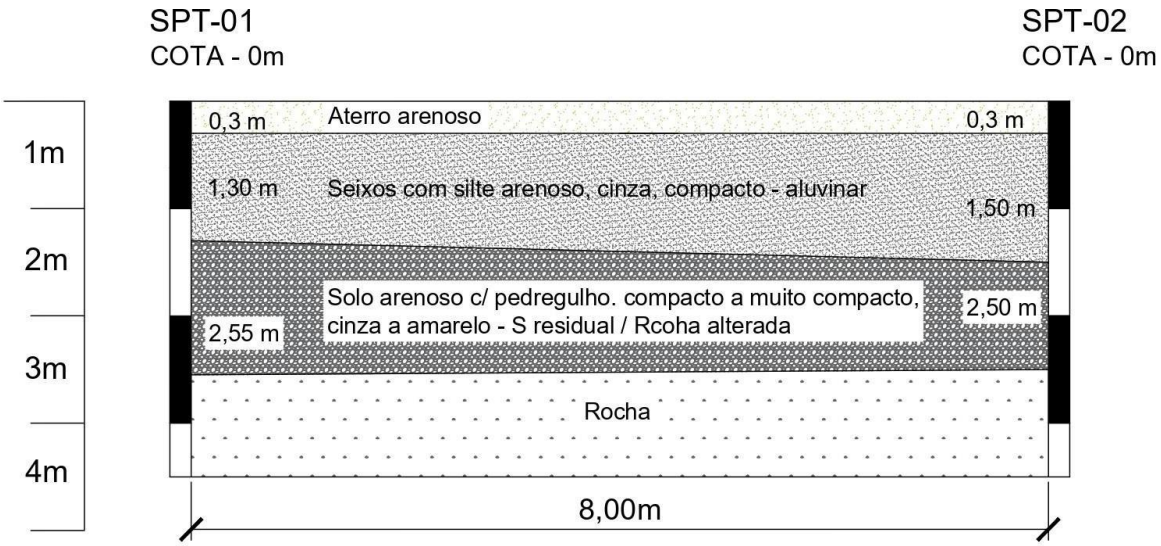
4.2 Perfil Geológico – Geotécnico

Os dados geotécnicos utilizados foram obtidos por meio de um ensaio de sondagem à Percussão (SPT - Standard Penetration Test), realizado na cidade de Crateús CE, , no dia 4 de maio de 2024, a Figura 10 representa onde seria os furos na área de estudo. O relatório completo dos ensaios encontram-se no anexo A. Com base nos valores de SPT obtidos no ensaio geotécnico citado, foram adotados esses resultados como representativos das condições típicas do subsolo da cidade de Crateús, representado pelos perfis geológicos - geotécnicos mostrados nas figuras 11, 12 e 13. A partir dessa premissa, foi realizado o dimensionamento da fundação proposta neste trabalho.

Figura 10 - Mapa de localização dos furos.

Fonte: Autoria própria (2025).

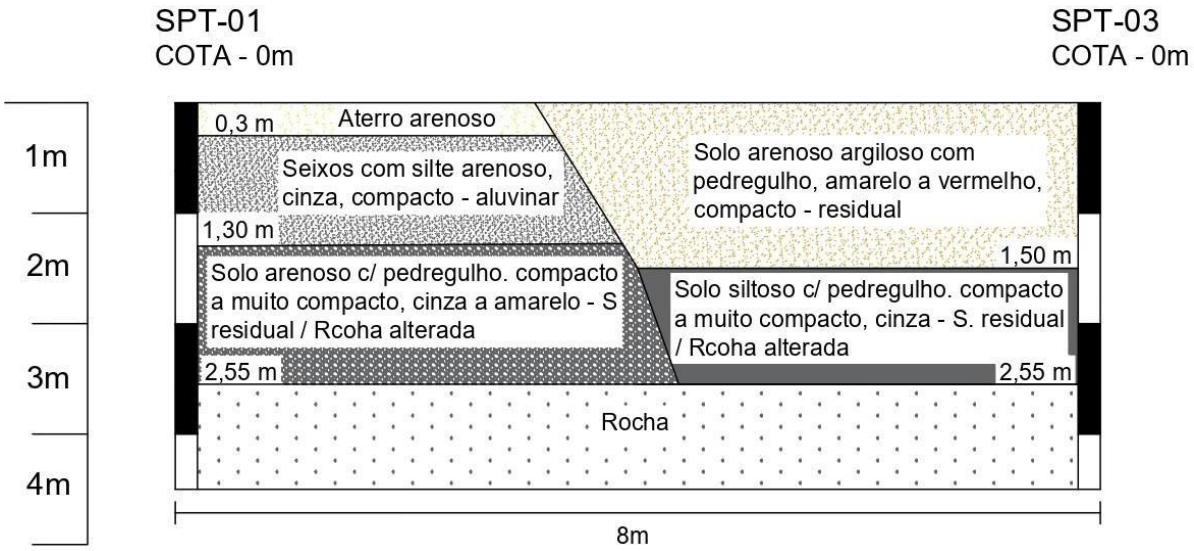
Figura 11 - Perfil geológico - geotécnico de acordo com as sondagens realizadas.



Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme ilustrado na figura 11, foi possível identificar quatro camadas no solo, entre o furo 1 e 2 do ensaio SPT, são elas respectivamentes, aterro arenoso com 0,3 m de profundidade; Seixos com silte arenoso, cinza, compacto - Aluvinar com profundidade de 1,3 m a 1,5 m; Solo arenoso c/pedregulho. compacto a muito compacto, cinza a amarelo – S. residual / rocha alterada com profundidade de 2,55 m a 2,50 m; Rocha.

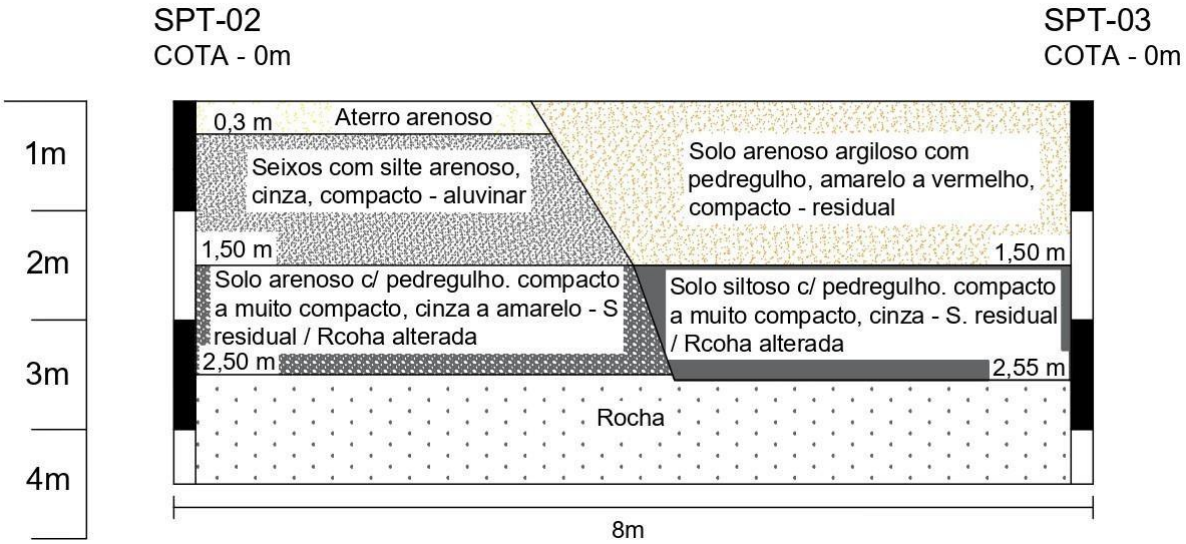
Figura 12 - Perfil geológico - geotécnico de acordo com as sondagens realizadas.



Fonte: Autoria própria (2025).

De acordo com a figura 12 é possível identificar que, entre o furo 1 e o furo 3 do ensaio SPT, o solo possui 6 camadas diferentes, logo são elas: aterro arenoso com 0,3 m de profundidade; Seixos com silte arenoso, cinza, compacto - Aluvinar com profundidade de 0,3 m a 1,3 m; Solo arenoso c/pedregulho. compacto a muito compacto, cinza a amarelo – S. residual / rocha alterada com profundidade de 1,30 m a 2,55 m; Solo areno argiloso com pedregulho, amarelo a vermelho, compacto -residual com profundidade de 0 m a 1,50 m; Solo siltoso c/pedregulho. compacto a muito compacto, cinza – S. residual / rocha alterada com profundidade de 1,5 m a 2,55 m; Rocha.

Figura 13 - Perfil geológico - geotécnico de acordo com as sondagens realizadas.



Fonte: Autoria própria (2025).

Com base na figura 13, observa-se que entre os furos 1 e 3 do ensaio SPT há seis camadas distintas de solo. São elas: uma camada superficial de aterro arenoso com 0,3 de profundidade; seguida por seixos com silte arenoso cinza e compacto aluvionar, de 0,3 m a 1,5 m; depois um solo arenoso com pedregulhos, bastante compacto, variando do cinza ao amarelo, entre 1,5 m e 2,50 m (solo residual/rocha alterada). Há também uma camada de solo areno-argiloso com pedregulhos amarelo e vermelho, compacto de 0 m a 1,5 m (residual); uma faixa de solo siltoso com pedregulhos, muito compactada, cinza entre 1,5 m e 2,55 m (residual/rocha alterada); e por fim, a rocha propriamente dita.

4.3 Tipo de Fundação

De acordo com o tipo de solo, encontrado por meio do ensaio SPT e seguindo os critérios da NBR 6122:2022, chegou-se à conclusão que o tipo de fundação que mais se adequa à ampliação de uma Unidade Hospitalar em Crateús, é a sapata isolada.

Como ferramenta para os cálculos utilizou-se uma planilha no software Excel. Nela, foram inseridos valores para as dimensões da sapata e, por meio da interação entre dados, foi possível obter resultados que assegurem que a tensão admissível do solo esteja compatível com

a carga máxima transmitida à fundação. Ressalta-se que todos os cálculos foram realizados conforme os critérios estabelecidos pela norma técnica NBR 6122:2022.

4.3.1 Capacidade de Carga do Solo

Para definir os parâmetros iniciais ao dimensionamento das fundações, foi analisada a sondagem e o perfil geotécnico, conforme mostrado no anexo A e nas figuras 11 a 13, respectivamente. A partir dessa análise, foram determinadas a cota de assentamento das fundações e o valor de Nspt na profundidade correspondente. Com esses dados, a capacidade de carga do solo foi estimada através de uma correlação prática originada do ensaio SPT e é utilizada como uma estimativa rápida da tensão admissível do solo com base no número de golpes N, Conforme a equação 1.

$$\sigma a = 0{,}02 \times N_{SPT} \tag{1}$$

Onde:

σa: Tensão admissível do solo. (Mpa)

N_{SPT}: Média dos N do ensaio SPT que estão dentro do bulbo de tensões.

No Brasil essa fórmula é amplamente utilizada como uma estimativa simplificada e conservadora, especialmente para solos arenosos, quando não são realizados ensaios mais detalhados. A NBR 6122:2022 admite o uso dessa correlação, desde que aplicada com critérios técnicos rigorosos, levando em conta o tipo de solo.

4.3.2 Dimensionamento Geométrico

Para o dimensionamento da geometria das sapatas utilizou-se o método clássico de VELLOSO e LOPES (2011), representado na equação 2, seguindo todas as recomendações propostas pela NBR 6122:2022.

$$A = \frac{P}{\sigma a} \tag{2}$$

Onde:

A: Área da base da sapata. (m²)

P: Carga vertical do pilar. (Kn)

σa:Tensão admissível do solo. (Kpa)

Logo após descobrir a área da base foi possível encontrar as dimensões da sapata, usando a equação 3.

$$a - b = As - Bs \tag{3}$$

Onde:

a: Maior dimensão do pilar. (m)

b: Menor dimensão do pilar (m)

As: Maior dimensão da sapata. (m)

Bs: Menor dimensão da sapata. (m)

Para encontrar a altura da sapata e a altura do rodapé da-a mesma, foi usado as equações 4 e 5, respectivamente.

$$H = \frac{(As - a)}{3} \tag{4}$$

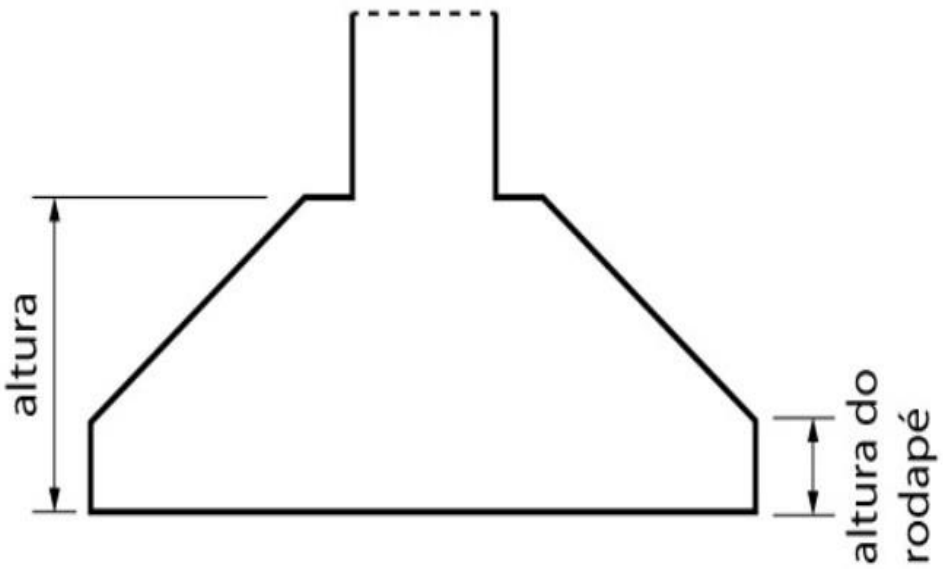
$$h = \frac{H}{3} \tag{5}$$

Onde:

H: Altura da sapata. (m)

h: Altura do rodapé. (m)

Figura 14 - Determinação das alturas da sapata.



Fonte: Guia da Engenharia (2019).

4.3.3 Dimensionamento Estrutural

Para o dimensionamento estrutural das sapatas foi utilizado o método das bielas e tirantes, conforme as equações 6 e 7.

$$da = H - c - (0{,}5 \times \emptyset) \tag{6}$$

$$db = H - c - (1{,}5 \times \emptyset) \tag{7}$$

Onde:

da: altura útil maior lado da sapata. (cm)

db: altura útil menor lado da sapata. (cm)

H: altura da sapata. (cm)

c: cobrimento (cm)

$\emptyset$: Diâmetro da bilota de aço (cm)

Depois de calcular dl e db foi necessário a verificação sobre o uso do método, conforme as equações 8 e 9, respeitando suas condições.

$$da \geq \frac{(As - a)}{4} \tag{8}$$

$$db \geq \frac{(Ab - b)}{4} \tag{9}$$

Para saber qual a tração atuante sobre a sapata, foi utilizado as equações 10 e 11.

$$Ta = \frac{P \times (As - a)}{(8 \times da)} \tag{10}$$

$$Tb = \frac{P \times (Bs - b)}{(8 \times db)} \tag{11}$$

Onde:

Ta: tração atuante no maior lado da sapata. (Kpa)

Tb: tração atuante no menor lado da sapata. (Kpa)

P: força atuante sobre a sapata. (Kn)

Agora para obter a quantidade da área de aço da sapata foi usado as equações 12 e 13.

$$Sa = \frac{(1{,}61 \times Ta)}{fyk} \tag{12}$$

$$Sb = \frac{(1{,}61 \times Tb)}{fyk} \tag{13}$$

Para a Área de aço mínima foi utilizado as equações 14 e 15.

$$Sa\,min = 0{,}0015 \times Bs \times da \tag{14}$$

$$\mathrm{Sb\,min} = 0{,}0015 \times \mathrm{as} \times \mathrm{db} \tag{15}$$

Onde:

Sa: área de aço no maior lado da sapata. (cm²)

Sb: área de aço no menor lado da sapata. (cm²)

$Sa\ min$: área de aço mínima no maior lado da sapata. (cm²)

$Sb\ min$: área de aço mínima no maior lado da sapata. (cm²)

fyk: resistência característica do aço ao escoamento na tração. (Kn/cm²)

Para realizar o detalhamento das sapatas foi utilizado as equações 16 e 17.

$$Na = \frac{Sa}{(\pi \times \emptyset \times a^2 \times 0{,}25)} \tag{16}$$

$$Nb = \frac{Sb}{(\pi \times \emptyset \times a^2 \times 0{,}25)} \tag{17}$$

Onde:

Na: número de barras no maior lado da sapata.

Nb: número de barras no menor lado da sapata.

Para verificar o espaçamento entre as barras utilizou-se as equações 18 e 19.

$$Ea = \frac{(As - 2 \times c)}{(Na - 1)} \tag{18}$$

$$Eb = \frac{(Bs - 2 \times c)}{(Nb - 1)} \tag{19}$$

Onde:

Ea: espaçamento entre as barras no maior lado da sapata. (cm)

Eb: espaçamento entre as barras no menor lado da sapata. (cm)

4.3.4 Estimativa de Recalque

Para estimar os possíveis recalques da fundação analisada foi usado o método empírico de Terzaghi e Peck (1948, 1967), pois o método é amplamente utilizado para estimativa de

recalques em fundações rasa, com especial aplicabilidade em solo arenosos ou de comportamento predominantemente granular. Desenvolvido a partir de uma extensa base de dados observacionais, esse método considera recalques medidos em obras reais, como sapatas isoladas, para estabelecer critérios práticos de dimensionamento.

Terzaghi e Peck (1948, 1967) indicaram que a tensão que provoca um recalque de 1 polegada pode ser obtida com a equação 20.

$$q_{adm} = 4{,}4 \times \left(\frac{n-3}{10}\right) \times \left(\frac{B+1''}{2B}\right)^2 \tag{20}$$

Onde:

q_{adm}: tensao, em kgf/cm², que produz w = 1".

Bs: lado menor da sapata. (m)

N: média dos números de golpes do ensaio SPT abaixo do bulbo de tensão.

4.4 Análise Comparativa

A edificação em estudo já conta com um projeto de fundação finalizado e executado. No entanto, este trabalho tem como propósito analisar o projeto e propor melhorias, caso seja necessário, utilizando critérios técnicos mais atuais, conforme a NBR 6118:2023 e NBR 6122:2022, e compará-la com a que já foi construída. A ideia é analisar os dois dimensionamentos, observando principalmente o consumo de concreto e aço necessário em cada caso. Com isso, pretende-se avaliar não apenas a eficiência estrutural das soluções, mas também seus impactos na economia de materiais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, foram expostos os resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia descrita no Capítulo 4. Tal abordagem permitiu o desenvolvimento do dimensionamento de fundações superficiais do tipo sapata isolada, levando em conta as seções dos pilares, as reações normais transmitidas à fundação, o uso de aço CA – 50 com bitolas de Ø10 mm, concreto com resistência característica de 25 Mpa, além da consideração de ações centradas e excêntricas, o dimensionamento foi realizado em concreto armado. Adicionalmente, foi conduzida uma análise comparativa entre os resultados obtidos e os dados provenientes da estrutura já executada na área de estudo mencionada neste trabalho.

5.1 Capacidade de Carga do Solo

Com base na investigação geotécnica realizada na região de Crateús e considerando os valores típicos de SPT obtidos durante os ensaios, foi determinada uma profundidade de assentamento de 2 metros para as sapatas. Essa profundidade foi escolhida para garantir a estabilidade da fundação, considerando que o solo de suporte é um solo arenoso com pedregulho, apresentando características de compactação muito compacto, com tonalidade que varia entre cinza e amarelo. Além disso, o solo residual ou rocha alterada também compõe a camada de suporte. Logo, esse tipo de solo indica boas condições geotécnicas para fundações, devido à sua alta resistência ao cisalhamento e baixa compressibilidade. Esses solos, quando não saturados, oferecem excelente capacidade de suporte, reduzindo riscos de recalques excessivos. Já a tonalidade cinza - amarelada, embora não afete diretamente a capacidade de carga, pode sugerir características complementares: o tom amarelado costuma indicar boa drenagem e presença de óxidos de ferro, enquanto o cinza pode apontar para maior umidade ou menor oxidação.

Para determinar a capacidade de carga do solo, foi feita uma estimativa levando em conta a média de todos os valores de SPT coletados nessa profundidade, de modo a agrupar as condições dos perfis de solo, ilustrados no item 4.2. Esses dados estão organizados e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Capacidade de carga do solo.

Profundidade (m)	SPT 1	SPT 2	SPT 3	Média dos valores	Capacidade de estimada (kPa)
2	38	41	41	40	800

Fonte: Autoria própria (2025).

Com base na análise da capacidade de carga do solo, o valor de 800 kPa representa a resistência máxima que o solo pode suportar de forma segura, levando em consideração os esforços transmitidos pela estrutura. Trata-se de uma valor elevado e tecnicamente adequado ao perfil geotécnico descrito, composto por solo arenoso com pedregulho em estado muito compacto. Quando mantido em suas condições naturais e não sujeito à saturação, esse tipo de solo oferece um excelente desempenho como material de apoio para fundações rasas, como sapatas isoladas, possibilitando soluções estruturais seguras, otimizadas e com boa relação custo-benefício. Ademais, com base na NBR 6122:2022, essa medida garante que a fundação seja projetada de maneira a evitar riscos de grandes recalques ou falhas, promovendo segurança e estabilidade.

5.2 Dimensionamento Geotécnico

Devido à elevada capacidade de carga estimada para o solo da área de estudo, a área necessária para a distribuição das cargas provenientes dos pilares tornou-se relativamente reduzida. Como consequência, os cálculos iniciais de dimensionamento das sapatas, apresentados na Tabela 2, resultaram em dimensões inferiores aos limites mínimos estabelecidos pela NBR 6122:2022.

Tabela 2 - Cálculo das dimensões para as sapatas.

Pilar			Sapata				
Nome	**Seção (cm)**	**Carga (kN)**	**Lado A (cm)**	**Lado B (cm)**	**Altura H (cm)**	**Altura H0 (cm)**	**Assentamento (cm)**
P1	30x15	51	35	20	20	15	200
P2	30x15	60	35	25	20	15	200
P3	30x15	59	35	25	20	15	200
P4	30x15	10	40	35	20	15	200
P5	30x15	64	40	25	20	15	200
P6	30x15	113	50	35	20	15	200
P7	30x15	95	45	30	20	15	200
P8	30x15	48	35	20	20	15	200
P9	30x15	60	35	25	20	15	200
P10	30x15	52	35	20	20	15	200

Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados das dimensões obtidas para o projeto de fundação desenvolvido neste trabalho estão apresentados na Tabela 3. No qual, todas as sapatas apresentam dimensões padronizadas.

Tabela 3 - Dimensões propostas para todas as sapatas do edifício analisado.

Nome	Seção (cm)	Carga do pilar (kPa)	Lado A (cm)	Lado B (cm)	Altura H (cm)	Altura H0 (cm)	Assentamento (cm)
P1	30x15	51	65	60	45	15	200
P2	30x15	60	65	60	45	15	200
P3	30x15	59	65	60	45	15	200
P4	30x15	10	65	60	45	15	200
P5	30x15	64	65	60	45	15	200
P6	30x15	113	65	60	45	15	200
P7	30x15	95	65	60	45	15	200
P8	30x15	48	65	60	45	15	200
P9	30x15	60	65	60	45	15	200
P10	30x15	52	65	60	45	15	200

Fonte: Autoria própria (2025).

Considerando a necessidade de atender a NBR 6122:2022, tornou-se possível a padronização das dimensões de todas as sapatas. Essa padronização foi feita em conformidade com os critérios mínimos estabelecidos pela a norma já citada acima, que exige larguras mínimas de 60 cm para as dimensões da sapata, altura mínima de 20 cm para sapatas rígidas e altura mínima de 15 cm para o rodapé. Dessa forma, garantiu-se o atendimento às exigências normativas e a segurança do sistema de fundação para o dimensionamento de sapatas rígidas.

5.3 Dimensionamento Estrutural

A Tabela 4 mostra os resultados das áreas de aço, encontradas para as fundações. A quantidade de armadura necessária para resistir aos esforços solicitantes, em todas as sapatas analisadas, revelou-se inferior ao valor mínimo exigido pela NBR 6122:2022. Isso indica que, ao aplicar os critérios de dimensionamento, os esforços atuantes foram tão reduzidos que a armadura calculada não atingiu o limite normativo mínimo. Por essa razão, foi adotada a área de aço mínima calculada. Tal situação pode estar relacionada a fatores como a elevada capacidade de carga estimada do solo local, mostrado no item 5.1; o dimensionamento das sapatas com área suficiente para uma distribuição eficiente das cargas, representadas no item 5.2; ou ainda à baixa magnitude das cargas transmitidas pelos pilares da edificação.

Tabela 4 - Áreas de aço calculadas para os pilares da edificação.

Nome	**Área Sl (cm²)**	**Área Sb (cm²)**	**Área Sl min (cm²)**	**Área Sb min (cm²)**
P1	0,18	0,24	3,55	3,75
P2	0,21	0,28	3,55	3,75
P3	0,21	0,28	3,55	3,75
P4	0,36	0,47	3,55	3,75
P5	0,23	0,3	3,55	3,75
P6	0,4	0,53	3,55	3,75
P7	0,34	0,45	3,55	3,75
P8	0,17	0,23	3,55	3,75
P9	0,21	0,28	3,55	3,75
P10	0,19	0,24	3,55	3,75

Fonte: Autoria própria (2025).

Com base na área de aço mínima determinada para as sapatas, foi possível definir a quantidade de barras de armadura e o espaçamento entre elas, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Detalhamento de todas as das sapatas.

NOME	Barras L (UM)	Barras B (UM)	Espaçamento L (cm)	Espaçamento B (cm)
Sapatas	5	5	13,75	12,45

Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme a área de aço mínima determinada para as sapatas, foi possível definir a quantidade de barras de armadura e o espaçamento entre elas, conforme apresentado na Tabela 5. Verificou-se que os espaçamentos adotados estão em conformidade com os critérios estabelecidos pela NBR 6122:2022, que recomenda espaçamentos máximos de 20 cm entre as barras, a fim de garantir a adequada distribuição dos esforços e o bom desempenho estrutural do elemento.

5.4 Estimativa de Recalques

Com base nos cálculos realizados, que consideram a média dos valores de SPT na profundidade abaixo do bulbo de tensão, a tensão em relação a carga atuante nas sapatas sobre a área das mesmas, e as dimensões de menor lado das sapatas, foi estimado os recalques para cada uma das sapatas, conforme mostra a tabela 6.

Tabela 6 - Recalque das sapatas.

Sapata	Carga (kgf)	Tensão da sapata (kgf/cm²)	$q_{adm-1''}$ (kgf/cm²)	w (pol)	w (cm)
S1	5,100	1,445	138,858	0,010	0,026
S2	6,000	1,700	138,858	0,012	0,031
S3	5,900	1,671	138,858	0,012	0,031
S4	10,000	2,833	138,858	0,020	0,052
S5	6,400	1,813	138,858	0,013	0,033
S6	11,300	3,201	138,858	0,023	0,059
S7	9,500	2,691	138,858	0,019	0,049
S8	4,800	1,360	138,858	0,010	0,025
S9	6,000	1,700	138,858	0,012	0,031
S10	5,200	1,473	138,858	0,011	0,027

Fonte: Autoria própria (2025).

De acordo com os critérios estabelecidos pela NBR 6122:2022, esses valores estão dentro dos limites admissíveis, considerando que, para edificações correntes, o recalque total pode ser tolerado até aproximadamente 5 mm, a depender das características estruturais e do tipo de solo. Dessa forma, conclui-se que o recalque calculado não compromete a estabilidade nem atinge os estados-limite da edificação analisada.

5.5 Análise Comparativa

As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados obtidos nos dimensionamentos realizados para as duas alternativas de fundação analisadas neste estudo. Esses dados permitem uma comparação direta entre as soluções propostas, considerando os critérios técnicos definidos ao longo do trabalho.

Tabela 7 - Projeto proposto neste trabalho.

Nome	Lado A (cm)	Lado B (cm)	Altura H (cm)	Altura H0 (cm)
Sapatas	65	60	45	15

Fonte: Autoria Própria (2025).

Tabela 8 - Projeto executado no local de estudo.

Nome	Lado A (cm)	Lado B (cm)	Altura H (cm)	Altura H0 (cm)
Sapata 1	70	55	50	40
Sapata 2	70	55	50	40
Sapata 3	75	55	50	40
Sapata 4	75	60	50	40
Sapata 5	75	60	50	40
Sapata 6	80	65	50	35
Sapata 7	75	60	40	30
Sapata 8	70	55	50	40
Sapata 9	70	55	50	40
Sapata 10	70	55	40	30

Fonte: Autoria própria (2025).

É possível identificar diferenças significativas entre os projetos de fundações apresentados nas Tabelas 7 e 8. O dimensionamento apresentado na Tabela 7 adota sapatas com dimensões padronizadas, o que representa uma vantagem expressiva no ponto de vista

executivo. Essa padronização contribui para a racionalização do processo construtivo, reduzindo o tempo de execução, otimizando a logística no canteiro de obras e diminuindo a complexidade da montagem.

Desse modo, é possível afirmar que essas sapatas apresentam menores volumes de concreto e quantidades reduzidas de armadura em comparação com aquelas mostradas na Tabela 8.

Os resultados referentes ao volume de concreto, quantidade de armaduras e fôrmas de madeiras, para as fundações, comparando o projeto de fundação desenvolvido neste estudo com o projeto original executado na obra, estão apresentados nas tabelas 9, 10 e 11.

Tabela 9 - Volume de concreto estimado nesse estudo e no projeto executado na obra.

Nome	**Dimensionamento realizado neste estudo (m^3)**	**Dimensionamento executado na área de estudo (m^3)**
Sapata 1	0,115	0,173
Sapata 2	0,115	0,173
Sapata 3	0,115	0,185
Sapata 4	0,115	0,201
Sapata 5	0,115	0,201
Sapata 6	0,115	0,218
Sapata 7	0,115	0,156
Sapata 8	0,115	0,173
Sapata 9	0,115	0,173
Sapata 10	0,115	0,134
Total:	1,150	1,787

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 10 - Quantidade de armadura estimada neste estudo e no projeto executado na obra.

Nome	**Armadura para o projeto realizado nesse estudo (kg)**	**Armadura para o projeto executado na área de estudo (kg)**
Sapata 1	4,469	9,442
Sapata 2	4,469	9,442
Sapata 3	4,469	8,362
Sapata 4	4,469	9,879
Sapata 5	4,469	8,547
Sapata 6	4,469	8,806
Sapata 7	4,469	7,067
Sapata 8	4,469	8,177
Sapata 9	4,469	9,442
Sapata 10	4,469	7,067
Total:	44,696	86,232

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 11 - Quantidade de fôrma de madeira estimada neste estudo e no projeto executado na obra.

Nome	Nº de formas de madeira para o projeto realizado nesse estudo (m²)	Nº de formas de madeira para o projeto executado na área de estudo (m²)
Sapata 1	0,375	1,000
Sapata 2	0,375	1,000
Sapata 3	0,375	1,040
Sapata 4	0,375	1,080
Sapata 5	0,375	1,080
Sapata 6	0,375	1,015
Sapata 7	0,375	0,810
Sapata 8	0,375	1,000
Sapata 9	0,375	1,000
Sapata 10	0,375	0,750
Total:	3,750	9,775

Fonte: Autoria própria (2025).

A comparação entre o projeto de fundações desenvolvido neste estudo e o projeto executado na obra, apresentada nas tabelas 9,10 e 11, evidencia uma significativa otimização no uso de materiais. No que se refere ao volume de concreto, o dimensionamento proposto neste trabalho totalizou 1,150 m³, de frente aos 1,787m³ utilizados na execução da obra, representando uma economia aproximada de 36%.

Em relação à quantidade de armaduras, o presente estudo adotou 44,696 kg de aço (Ø10 mm x 12 m), enquanto o projeto original utilizou 86,232 kg, o que equivale a uma redução de cerca de 48,16%. Já no que diz respeito às fôrmas de madeira, observou-se uma redução ainda

mais expressiva: 3,750 m² estimados neste estudo contra 9,775 no projeto executado, indicando uma economia de aproximadamente 62%.

Esses resultados demonstram não apenas o potencial de redução nos custos globais na fundação, como apresentado na Tabela 12, mas também reforçam a eficiência técnica da solução adotada, com menor consumo de materiais e maior racionalidade construtiva.

Tabela 12 - Valores estimados neste estudo e no projeto executado na obra.

Nome	**Preço unitário**	**Projeto realizado nesse estudo**	**Projeto executado no área de estudo**
Volume de concreto (m³)	R$ 842,73	R$ 969,13	R$ 1505,95
Armaduras (kg)	R$ 12,33	R$ 551,10	R$ 1063,24
Fôrmas (m²)	R$ 83,65	R$ 313,68	R$ 817,67
Total	-	R$ 1833,92	R$ 3386,88

Fonte. Autoria própria (2025).

A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 12, com base nos valores atualizados na Tabela da SEINFRA-CE (2025), observa-se de forma evidente o potencial de economia proporcionado pelo projeto de fundação proposto neste estudo, em comparação ao projeto executado na obra. A estimativa de custos indica uma redução significativa no valor total da fundação, passando de R$ 3386,88 no projeto original para R$ 1833,92 no projeto desenvolvido, o que representa uma economia aproximada de 46%. Essa diferença decorre, principalmente, da redução no volume de concreto utilizado R$ 969,31 contra R$ 1505,95, da menor quantidade de armaduras R$ 551,10 contra 1063,24 e da expressiva economia com fôrmas de madeira R$313,68 contra R$ 817,67.

6 CONCLUSÃO

Considerando o problema inicial proposto, que consistia em comparar e demonstrar qual alternativa de fundação seria mais viável para a ampliação de uma Unidade Hospitalar em Crateús - CE, foi possível alcançar plenamente os objetivos estabelecidos. O estudo comparou duas soluções estruturais, fundações rasas com sapatas isoladas, levando em conta critérios técnicos e econômicos, como volume de concreto, consumo de aço e fôrmas.

O dimensionamento da fundação proposto neste trabalho demonstrou, ao final das análises comparativas, um custo total inferior em relação ao projeto de fundação já executado no local. A diferença foi de R$ 1552,96, cerca de 46%, valor expressivo que se deve, principalmente, às dimensões maiores das sapatas adotadas pelo projeto original já executado na área de estudo, o que acarreta de forma direta um aumento no consumo de concreto, aço e fôrmas.

É importante destacar, contudo, que essa diferença não indica que o projeto executado esteja tecnicamente incorreto. Pelo contrário, trata-se de uma solução válida e segura, que atende aos requisitos estruturais. No entanto, sob a ótica da eficiência técnica, otimização de materiais e racionalização de custos, o projeto proposto neste estudo apresentou vantagens claras. Com sapatas dimensionadas de forma mais compatível com a capacidade de solo local, respeitando as normas vigentes e explorando ao máximo o potencial geotécnico da área, foi possível alcançar uma solução mais econômica e com execução simplificada, sem comprometer a segurança da edificação

Essa análise evidencia o valor de um dimensionamento cuidadoso, ajustado às condições reais da obra, e reforça o papel do engenheiro civil como um profissional que deve aliar técnica, responsabilidade econômica e visão prática em cada tomada de decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, U. R. Exercícios de fundações. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2019.

ARAÚJO, J. M. Curso de Concreto Armado. Rio Grande: Dunas, 2010. 395 p. v. 3, 3. ed.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND- ABCP. Manual de estruturas de concreto. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 2003.

BASTOS, P. S. S. Estudo de sapatas de fundações. Estrutura de concreto III. Bauru São Paulo: UNESP, 2016.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Estruturas de concreto III: notas de aula sapatas de fundação. Bauru, 2019.

BOTELHO, M. H. C. Princípios da mecânica dos solos e fundações para a construção civil. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. Concreto armado eu te amo- vol. 1. 8. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2015. 536p.

CARLU C ENGENHARIA. CARVALHO, Matheus. *Fundações rasas: tipos e dicas*. CarLuc Engenharia, 29 ago. 2022. Disponível em: https://carluc.com.br/fundacao/fundacoes-rasas/. Acesso em: 13 jul. 2025.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. de F. *Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado – Segundo a NBR 6118:2014*. 4. ed. rev. e ampl. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

CINTRA, J.C: AOKI, N: ALBIERO, J.H: Fundações diretas: projeto geotécnico. São Paulo. Oficina de textos, 2012.

DELALIBERA, Rodrigo Gustavo. Tópicos especiais em concreto armado. 2006. 44 f. - Curso de Especialização, Unilins, São Paulo, 2006.

DÓRIA, Luís Eduardo Santos et al. Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier. 2007.

EQUIPE Viva Decora. *O que é sapata? Conheça os 4 tipos mais usados em obras no Brasil*. Viva Decora, 26 ago. 2021. Disponível em: https://arquitetura.vivadecora.com.br/sapata/. Acesso em: 13 jul. 2025.

FERREIRA, T. B. Cálculo da capacidade de carga e o dimensionamento de sapatas isoladas utilizando planilhas eletrônicas. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2013.

LIRA, C. C.; RIBEIRO, G. L. de C. Análise comparativa de dimensionamento de fundação de uma edificação comercial em Jaraguá-GO: estaca escavada x sapata. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Jaraguá, Jaraguá, 2019.

MAPA DA OBRA. *Radier de concreto armado é opção competitiva para fundações diretas*. Mapa da Obra, 2017. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/treinamentos/radier-de-concreto-armado-e-opcao-competitiva-para-fundacoes-diretas/. Acesso em: 13 jul. 2025.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. Patologia das Fundações. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 63 p.

MOURA, José de. Geometria de Sapatas com Carga Centrada: Guia Completo e Exemplos Práticos. *Guia da Engenharia*, s.d. Disponível em: https://www.guiadaengenharia.com/geometria-sapatas-carga-centrada/. Acesso em: 13 jul. 2025.

PANCIERA, G. Estudo de estacas cavadas. Estudo de pré-viabilidade na especificação de fundação do tipo de estaca escavada ou sapata isolada em edificações multifamiliar. Santa Maria: UFSM, 2014

REBELLO, Y. C. P. Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento. ed. São Paulo: Zigurate, 2008.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações Superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina De Textos, 2010.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações Superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina De Textos, 2011.

ANEXOS

ANEXO A – SONDAGEM SPT.

Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-5
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 060679445-0
(88) 988 127576

x

RELATÓRIO TÉCNICO SONDAGEM PERCUSSIVA ÍNDICE DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO – SPT (Standard Penetration Test)

Titular:	INÁCIO DE LOIOLA		
CNPJ/CPF:		**Telefone:**	(85) 98899 0485
Local da obra	Bloco didático / Campus UVCe		
		Distrito:	Zona Urbana
Município:	Crateús	**Estado:**	CEARÁ

09/05/2024

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).

Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-6
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 060679445-0
(88) 988 127576

RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO SPT

1. INTRODUÇÃO

Relatório de Sondagem de simples reconhecimento com SPT, tendo como objetivo a investigação das condições geotécnicas do solo e subsolo assim como definições da resistência à penetração, fornecendo subsídios técnicos para a elaboração de projetos e/ou obras de engenharia.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

a) NBR-8036/1983: "Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos para Fundações civis";
b) NBR-6502/1995: "Rochas e Solos – Terminologia";
c) NBR-6484/2001: " Sondagens SPT - Método de ensáios".
d) OBS: "O avanço da composição não ocorrerá com circulação de agua (lavagem)".

3. CONTRATANTE

Contratante:	INÁCIO DE LOIOLA			**CNPJ/CPF:**	**23.718.356/0001-60**
Rua	Não informado			**Complem.**	
CEP	62210000			**Bairro**	(85) 98899 0485
Cidade:	Não informado	**UF:**	Ce	**Fone**	
Contato				**Fone**	

4. LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS

Obra	Bloco didático / Campus UVCe			
Local	Margem esquerda Rod. BR 226 – Campus UFCe		**Bairro**	Z. Urbana
Cidade/UF	Crateús		**CEP**	62210000
Latitude	**9426618,30 S**	**Longitude**	**318262,95 E**	
Ref. Cartog.	**Folha** CRATEÚS	**Ref.**	(SUDENE) – SB.24-V-C-III.	
Atividade	Const. Civil	**Objetivo**	**ESTRUTURAL**	
OBS.	**Serviço realizado nos dias 04/05/2024**			

5. MÉTODO UTILIZADO

Os serviços executados seguem as recomendações da Associação Brasileira de Geologia e Engenharia e Ambiental (ABGE), principalmente no tange ao especificado nas seguintes publicações:
• Manual de Sondagem (antigo Boletim nº 03, 5ª edição, 2013)
• NBR-13441: Rochas e Solos- Simbologia; / NBR-6484: Sondag. de simples reconhecimento de solos.

6. SONDAGEM A PERCUSSÃO

6.1. EQUIPAMENTOS

* Torre com roldadna e serrilho;
* Comp. de perfuração de aço schedule (80 cm), diâmetro 25,40 mm e massa de3,23 kgf/m.
* Trado tipo concha (Ø 100 mm), Trado helicoidal (Ø = 56 mm) e Trépano;
* Amostrador padrão, tipo Raymond, bipartido, com Ø externo de 50,8 mm e interno de 34,9 mm;
* Martelo padronizado, com haste guia e coxim de madeira, com peso de 65,0 kg
* Hastes de ferro de 1,0m e 2,0m com diâmetro externos de 32,0 mm e interno de 25,0 mm;
* Tubo de revestimento em aço com Ø nominal interno de 67 mm e Ø nominal externo de 76 mm;
* Haste de lavagem/penetração em aço com Ø nominal de 25 mm e massa teórica de 3,2 kg/m;
* Demais ferramentas necessárias à operação da aparelhagem.

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).

Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE 061639775-5
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE 060679445-0
(88) 988 127576

6.2. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

O Standard Penetration Test (SPT) é um ensaio padronizado com o propósito de se obter o índices de resistência à penetração do solo. O ensaio é realizado a cada metro perfurado e consiste na cravação de um amostrador padrão com uso de um martelo de 65,00Kg, caindo de uma altura de 0,75m. O peso cai sucessivamente sobre a haste até uma penetração de 0,45m do barrilete. O número de golpes / penetração dos 30cm finais fornece a compacidade ou consistência dos solos.

6.3. CONSISTÊNCIA E COMPACIDADE

As amostras obtidas nas sondagens foram descritas com base em exames tátil-visuais e classificadas pela sua compacidade (no caso de solos grossos), e pela sua consistência (no caso de solos finos) com base nos resultados dos ensaios penetrométricos. A classificação da consistência e compacidade dos solos no estado natural de acordo com seu índice de resistência e penetração conforme tabela 1 do anexo A da NBR6484 de 2001.

SOLO	ÍND. PENETRAÇÃO	DESIGNAÇÃO (')
Areia e Silte Arenosos	N < = 4	Fofo (a)
	5 a 8	Pouco Compacto (a)
	9 a 18	Med. Compacto (a)
	19 a 40	Compacto (a)
	N > 40	Muito Compacto (a)
Argila e Silte Argilosos	N < = 2	Muito Mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média
	11 a 19	Rija (o)
	N > 19	Dura (o)

(') A compacidade das areia, referem-se a deformabilidade e resistência dos solos, sob o ponto de vista de fundações e não devem ser confundidas com as denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios crítico, definido na Mecânica dos Solos.

7. ASPECTOS GEOLÓGICOS

O substrato geológico da região é constituído, essencialmente, por rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses, xistos, quartzitos, calcários e graníos, sotopostas por conglome- rados, arenitos, argilitos, rochas vulcânicas, além de sedimentos arenosos a areno argilosos, que constituem as coberturas elúvio-coluviais e aluviais cenozóicas.

8. PROGRAMAÇÃO DOS ENSAIOS

Metros lineares perfurados				m		Com torque			Com torque	
Furo	Coordenadas	Prof.	Furo	Coordenadas		Prof.	Furo	Coordenadas		Prof.
SP1	318039,29 E	2,55	SP1	318245,28 E		2,50	SP1	318020,10 E		2,55
	9426532,98 S			9426542,07 S				9126549,45 S		
SP4			SP4				SP4			

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).

Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-6
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 000679445-0
(88) 988 127576

9. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

* A classificação do material é feita por método tátil-visual (NBR 6484/2001).
* As cotas dos "furos" serão determinadas através de GPS ou plantas topográficas.
* Tensão admissível (Ta) obtida a partir de correlações empíricas e métodos semi-empíricos (TERZAGHI).

Fórmulas utilizadas:

* **Ta** = Tensão admissível
* **SPT** = Número de golpes
* **n** = Coef. de segurança igual a 3, obtendo-se n = 5.
* **NM spt** = Número médio de SPT

(a) $Ta = \sqrt{SPT} - 1$

(b) $Ta = SPT/n$

Prof. (m)	Identificação dos Furos										NM spt	Areia	Argila	Ta (Kg/Cm²) ref. (a)	Ta (Kg/Cm²) ref. (b)
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SP9	SP10					
1	24	27	37	0	0	0	0	0	0	0	29,3				
2	38	41	41	0	0	0	0	0	0	0	39,5				
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0				
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0				
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0				
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0				
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

Nº de golpes por 30Cm

(*) Ta referem-se a media dos valores naquele nivel (profundidade).

10. RESULTADOS / SUGESTÕES

* Superfície topográfica:	[x] Plana	[ ] Talude	[ ] Acidentada	[ ] Outro
* Camada Superficial:	[x] Rocha	[ ] Areia	[ ] Argila	[x] Aterro
* Natureza do Substrato	[x] Ígnea	[ ] Sedimentar	[ ] Metamórfica	
* Estabilidade Geológica	[ ] Regular	[x] Estável	[ ] Instável	
* Nível freático	[ ] Detectado		[x] Não detectado	
Composição Geotécnica	[ ] Homogêneo		[x] Heterogênea	

Consistência:	1 Dura (o)	2 Rija (o)	3 Média(o)
	4 Mole (o)	5 Muito Mole	Itens
Compacidade:	1 Fofa (o)	2 P. compacto	3 Med. Compacto
	4 Compacta (o)	5 M. Compacto	Itens 4; 5

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).

Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-5
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 060679445-0
(88) 988 127576

11. PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM

Os Perfil Individuais de Sondagem Percussiva (SP), anexados a este relatório, constam de todos os detalhes executivos: profundidade das camadas, índice de resistência á penetração, descrição e classificação das amostras coletadas.

As amostras e boletins de campo (Perfil Individual de Sondagem) estarão disponíveis no escritório da contratada por um período de 30 dias.

OBS	Área plana, geologicamente estável, constituída por terrenos residuais e pontos de aluvião.
	OBS: S: A presença de água não caracterizou nível freático

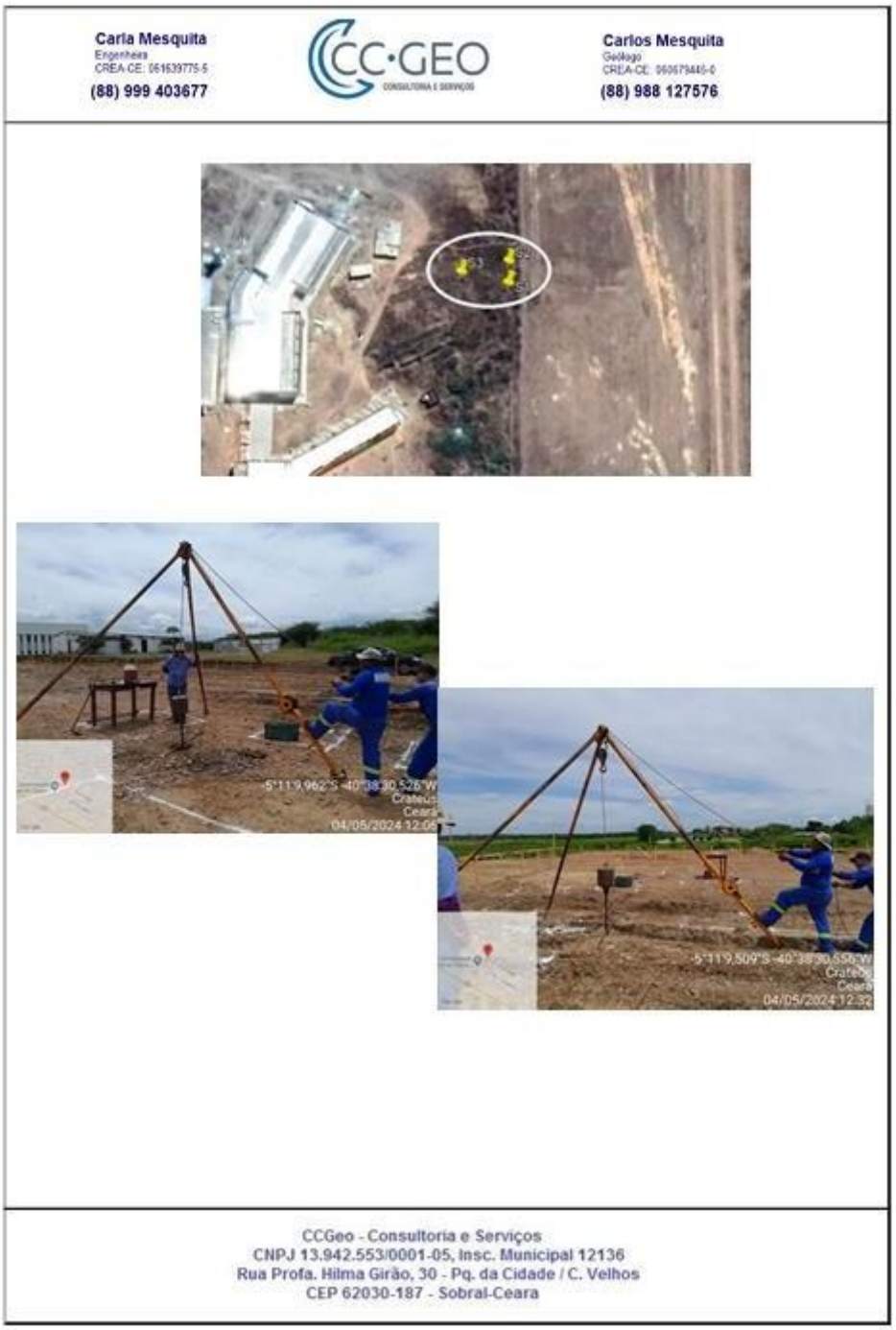
Sobral, 9 de maio 2024

Eng. Carla M. Maciel Mesquita
CREA – 061639775-5

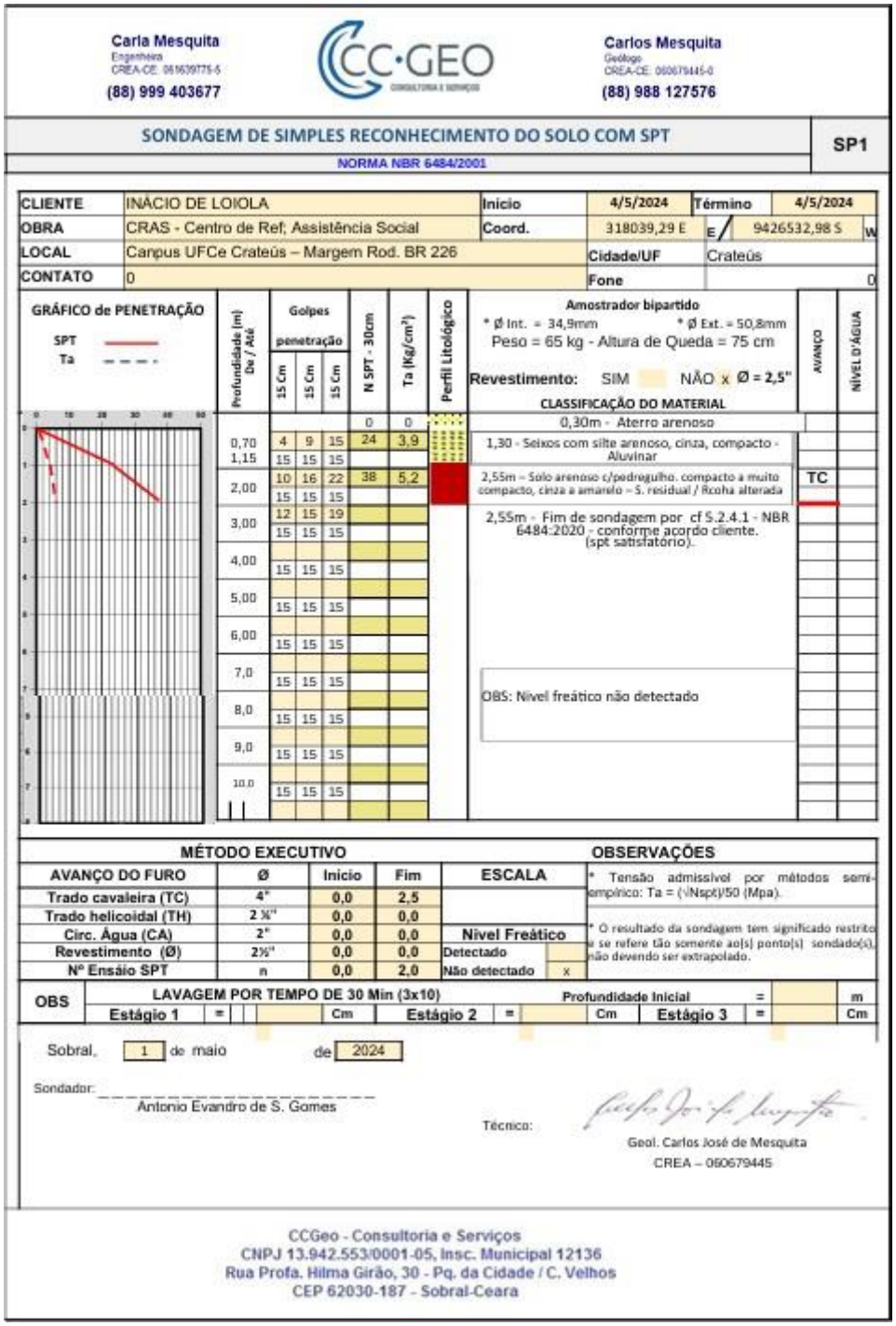
Geól. Carlos José de Mesquita
CREA – 060679445-0

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).



Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).



Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-5
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 060679445-0
(88) 988 127576

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT — SP1

NORMA NBR 6484/2001

CLIENTE	INÁCIO DE LOIOLA	Inicio	4/5/2024	Término	4/5/2024
OBRA	CRAS - Centro de Ref; Assistência Social	Coord.	318039,29 E	E /	9426532,98 S W
LOCAL	Campus UFCe Crateús – Margem Rod. BR 226	Cidade/UF	Crateús		
CONTATO	0	Fone	0		

GRÁFICO de PENETRAÇÃO — SPT / Ta

Amostrador bipartido: * Ø Int. = 34,9mm * Ø Ext. = 50,8mm; Peso = 65 kg - Altura de Queda = 75 cm

Revestimento: SIM NÃO x Ø = 2,5"

Profundidade (m) De / Até	Golpes penetração 15 Cm	15 Cm	15 Cm	N SPT - 30cm	Ta (Kg/cm²)	Perfil Litológico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	AVANÇO	NÍVEL D'ÁGUA
				0	0		0,30m - Aterro arenoso		
0,70	4	9	15	24	3,9		1,30 - Seixos com silte arenoso, cinza, compacto - Aluvinar		
1,15	15	15	15						
2,00	10	16	22	38	5,2		2,55m – Solo arenoso c/pedregulho. compacto a muito compacto, cinza a amarelo – S. residual / Rcoha alterada	TC	
	15	15	15						
3,00	12	15	19				2,55m - Fim de sondagem por cf S.2.4.1 - NBR 6484:2020 - conforme acordo cliente. (spt satisfatorio).		
	15	15	15						
4,00									
	15	15	15						
5,00									
	15	15	15						
6,00									
	15	15	15						
7,0									
	15	15	15				OBS: Nível freático não detectado		
8,0									
	15	15	15						
9,0									
	15	15	15						
10,0									
	15	15	15						

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	Inicio	Fim	ESCALA
Trado cavaleira (TC)	4"	0,0	2,5	
Trado helicoidal (TH)	2 ¾"	0,0	0,0	
Circ. Água (CA)	2"	0,0	0,0	Nível Freático
Revestimento (Ø)	2½"	0,0	0,0	Detectado
Nº Ensáio SPT	n	0,0	2,0	Não detectado x

OBSERVAÇÕES

* Tensão admissível por métodos semi-empírico: Ta = (√Nspt)/50 (Mpa).

* O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao(s) ponto(s) sondado(s), não devendo ser extrapolado.

OBS — LAVAGEM POR TEMPO DE 30 Min (3x10) — Profundidade Inicial = m

Estágio 1 = Cm — Estágio 2 = Cm — Estágio 3 = Cm

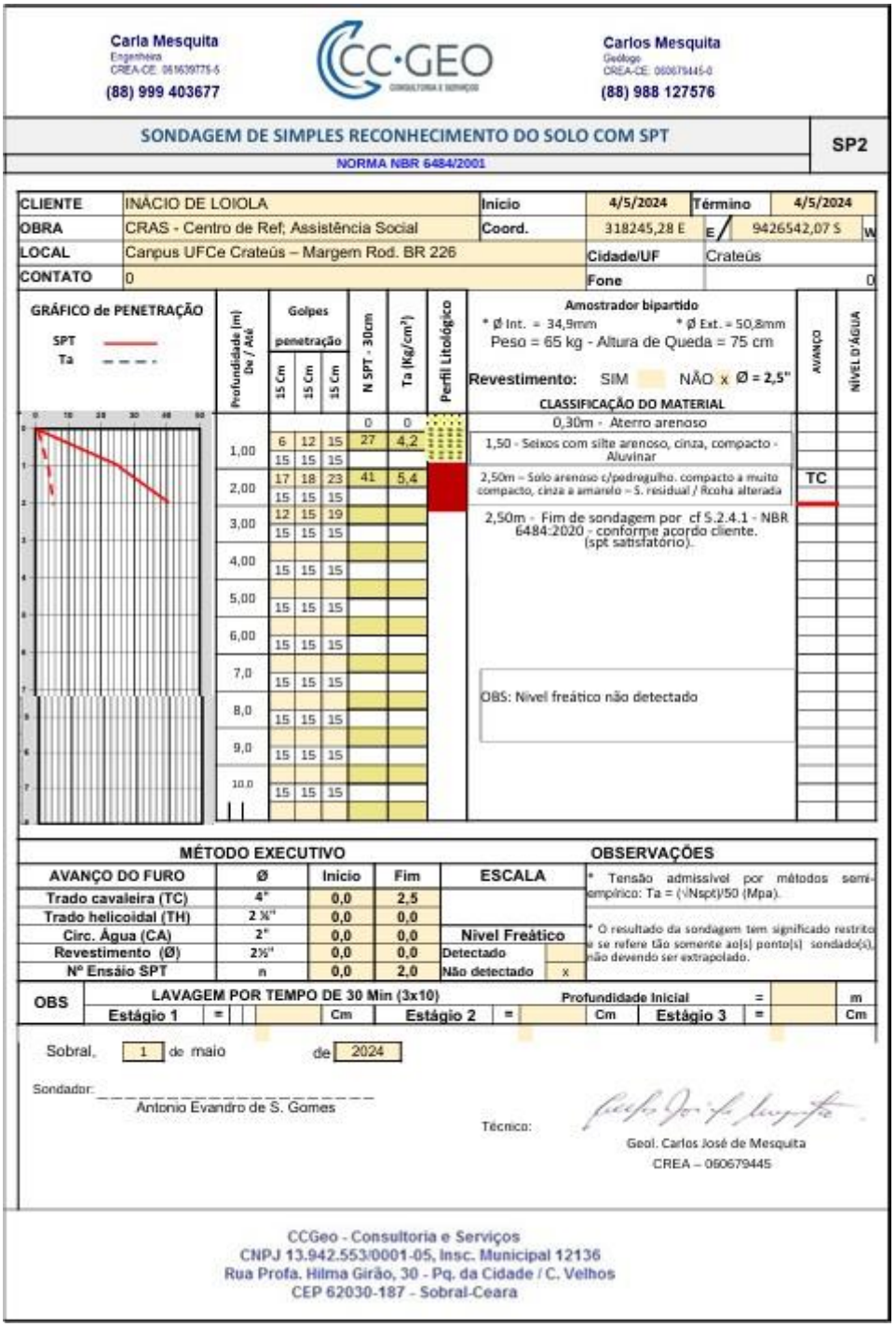
Sobral, 1 de maio de 2024

Sondador: Antonio Evandro de S. Gomes

Técnico: Geol. Carlos José de Mesquita
CREA – 060679445

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).



Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-5
(88) 999 403677

CC·GEO
CONSULTORIA E SERVIÇOS

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 060679445-0
(88) 988 127576

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT

SP2

NORMA NBR 6484/2001

CLIENTE	INÁCIO DE LOIOLA	Inicio	4/5/2024	Término	4/5/2024
OBRA	CRAS - Centro de Ref; Assistência Social	Coord.	318245,28 E	E / 9426542,07 S	W
LOCAL	Campus UFCe Crateús – Margem Rod. BR 226	Cidade/UF	Crateús		
CONTATO	0	Fone			0

GRÁFICO de PENETRAÇÃO

SPT
Ta

Amostrador bipartido
* ø Int. = 34,9mm * ø Ext. = 50,8mm
Peso = 65 kg - Altura de Queda = 75 cm
Revestimento: SIM NÃO x Ø = 2,5"

Profundidade (m) De / Até	Golpes penetração 15 Cm	15 Cm	15 Cm	N SPT - 30cm	Ta (Kg/cm²)	Perfil Litológico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	AVANÇO	NÍVEL D'ÁGUA
				0	0		0,30m - Aterro arenoso		
1,00	6	12	15	27	4,2		1,50 - Seixos com silte arenoso, cinza, compacto - Aluvinar		
	15	15	15						
2,00	17	18	23	41	5,4		2,50m – Solo arenoso c/pedregulho. compacto a muito compacto, cinza a amarelo – S. residual / Rcoha alterada	TC	
	15	15	15						
3,00	12	15	19				2,50m - Fim de sondagem por cf S.2.4.1 - NBR 6484:2020 - conforme acordo cliente. (spt satisfatório).		
	15	15	15						
4,00									
	15	15	15						
5,00									
	15	15	15						
6,00									
	15	15	15						
7,0									
	15	15	15						
8,0							OBS: Nível freático não detectado		
	15	15	15						
9,0									
	15	15	15						
10,0									
	15	15	15						

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	Inicio	Fim	ESCALA
Trado cavaleira (TC)	4"	0,0	2,5	
Trado helicoidal (TH)	2 ¾"	0,0	0,0	
Circ. Água (CA)	2"	0,0	0,0	Nível Freático
Revestimento (Ø)	2½"	0,0	0,0	Detectado
Nº Ensáio SPT	n	0,0	2,0	Não detectado x

OBSERVAÇÕES

* Tensão admissível por métodos semi-empírico: Ta = (√Nspt)/50 (Mpa).

* O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao(s) ponto(s) sondado(s), não devendo ser extrapolado.

OBS — LAVAGEM POR TEMPO DE 30 Min (3x10) — Profundidade Inicial = m

Estágio 1 = Cm — Estágio 2 = Cm — Estágio 3 = Cm

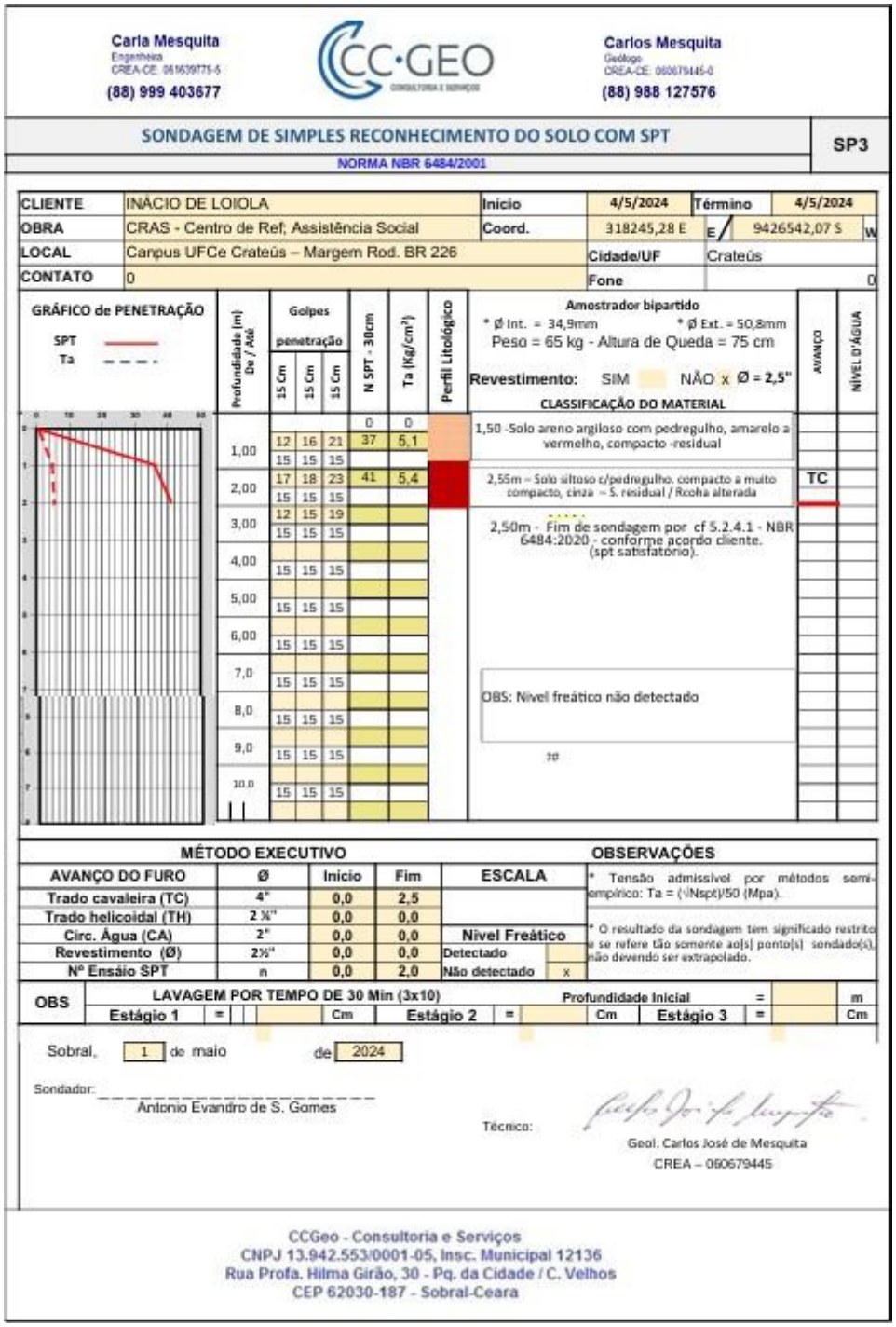
Sobral, 1 de maio de 2024

Sondador: _____
Antonio Evandro de S. Gomes

Técnico:
Geol. Carlos José de Mesquita
CREA – 060679445

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).



Carla Mesquita
Engenheira
CREA-CE: 061639775-5
(88) 999 403677

CC·GEO

Carlos Mesquita
Geólogo
CREA-CE: 060679445-0
(88) 988 127576

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT

SP3

NORMA NBR 6484/2001

CLIENTE	INÁCIO DE LOIOLA	Inicio	4/5/2024	Término	4/5/2024
OBRA	CRAS - Centro de Ref; Assistência Social	Coord.	318245,28 E	E / 9426542,07 S	W
LOCAL	Campus UFCe Crateús – Margem Rod. BR 226	Cidade/UF	Crateús		
CONTATO	0	Fone			0

GRÁFICO de PENETRAÇÃO

SPT
Ta

Amostrador bipartido
* Ø Int. = 34,9mm * Ø Ext. = 50,8mm
Peso = 65 kg - Altura de Queda = 75 cm
Revestimento: SIM NÃO x Ø = 2,5"

Profundidade (m) De / Até	Golpes penetração 15 Cm	15 Cm	15 Cm	N SPT - 30cm	Ta (Kg/cm²)	Perfil Litológico	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	AVANÇO	NÍVEL D'ÁGUA
				0	0				
1,00	12	16	21	37	5,1		1,50 -Solo areno argiloso com pedregulho, amarelo a vermelho, compacto -residual		
	15	15	15						
2,00	17	18	23	41	5,4		2,55m – Solo siltoso c/pedregulho, compacto a muito compacto, cinza – S. residual / Rcoha alterada	TC	
	15	15	15						
3,00	12	15	19				2,50m - Fim de sondagem por cf 5.2.4.1 - NBR 6484:2020 - conforme acordo cliente. (spt satisfatório).		
	15	15	15						
4,00	15	15	15						
5,00	15	15	15						
6,00	15	15	15						
7,0	15	15	15				OBS: Nível freático não detectado		
8,0	15	15	15						
9,0	15	15	15						
10,0	15	15	15						

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	Inicio	Fim	ESCALA
Trado cavaleira (TC)	4"	0,0	2,5	
Trado helicoidal (TH)	2 ¾"	0,0	0,0	
Circ. Água (CA)	2"	0,0	0,0	Nível Freático
Revestimento (Ø)	2⅝"	0,0	0,0	Detectado
Nº Ensáio SPT	n	0,0	2,0	Não detectado x

OBSERVAÇÕES

* Tensão admissível por métodos semi-empírico: Ta = (√Nspt)/50 (Mpa).

* O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao(s) ponto(s) sondado(s), não devendo ser extrapolado.

OBS — LAVAGEM POR TEMPO DE 30 Min (3x10) — Profundidade Inicial = m

Estágio 1 = Cm — Estágio 2 = Cm — Estágio 3 = Cm

Sobral, 1 de maio de 2024

Sondador: Antonio Evandro de S. Gomes

Técnico: Geol. Carlos José de Mesquita
CREA – 060679445

CCGeo - Consultoria e Serviços
CNPJ 13.942.553/0001-05, Insc. Municipal 12136
Rua Profa. Hilma Girão, 30 - Pq. da Cidade / C. Velhos
CEP 62030-187 - Sobral-Ceara

Fonte: CCGeo – Consultoria e Serviços (2024).