



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIEL VICTOR CARLOS DE NORONHA

**AUTOMAÇÃO DE DESENHOS PARAMÉTRICOS PARA PROJETOS DE
FUNDAÇÕES EM HÉLICES CONTÍNUAS**

MOSSORÓ

2025

DANIEL VICTOR CARLOS DE NORONHA

**AUTOMAÇÃO DE DESENHOS PARAMÉTRICOS PARA PROJETOS DE
FUNDAÇÕES EM HÉLICE CONTÍNUAS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Valmiro Quefren Gameleira Nunes, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N852a Noronha, Daniel Victor Carlos de.
Automação de desenhos paramétricos para
projetos de fundações em hélices contínuas / Daniel
Victor Carlos de Noronha. - 2025.
49 f. : il.

Orientador: Valmiro Quefren Gameleira Nunes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. Estruturas. 2. Estacas. 3. Excel. 4.
Autocad. I. Nunes, Valmiro Quefren Gameleira,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Daniel Victor Carlos de Noronha

**AUTOMAÇÃO DE DESENHOS PARAMÉTRICOS PARA PROJETOS DE
FUNDAÇÕES EM HÉLICES CONTÍNUAS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 25 / 03 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Valmiro Quefren Gameleira Nunes, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Christiane Mylena Tavares de Menezes Gameleira, Profª Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Raimundo Gomes de Amorim Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial, aos meus pais, Morais Noronha e Irlanda Carlos, por todo o apoio incondicional, pelos ensinamentos diários, pela paciência e por sempre acreditarem em mim. Sem o incentivo constante e o amor de vocês, essa trajetória não teria sido possível.

Agradeço ao amor da minha vida, Lillian Régis, por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, oferecendo apoio, carinho, compreensão e força. Sua presença foi essencial para que eu conseguisse seguir em frente com determinação, minha maior inspiração para não desistir, mesmo diante dos desafios mais difíceis.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Valmiro Quefren, por toda a orientação, dedicação e pelas valiosas contribuições ao longo deste trabalho. Sua experiência e disponibilidade foram fundamentais para a realização desta monografia.

Agradeço à banca examinadora, pelas sugestões, questionamentos e contribuições que enriqueceram ainda mais este trabalho e me proporcionaram reflexões importantes para meu crescimento acadêmico e profissional.

Agradeço à empresa júnior ALPE Engenharia, da qual tive o privilégio de fazer parte, por ter me proporcionado uma vivência empresarial transformadora. Foram experiências, desafios e aprendizados que contribuíram imensamente para minha formação e para o desenvolvimento de habilidades essenciais que levarei para toda a vida.

Agradeço, ainda, aos meus amigos, pelo companheirismo, pelas conversas, pelas risadas e pelo apoio constante ao longo dessa jornada. Vocês tornaram esse caminho mais leve e cheio de boas memórias. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

A estaca de hélice contínua é uma fundação executada por meio da introdução, no solo, de um trado helicoidal contínuo de diâmetro constante. Na área de engenharia civil, quando se fala em projetos de fundações em estacas hélice contínuas, entende-se que é de extrema importância e necessidade, utilizar de conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos para conseguir elaborar o projeto da melhor forma, como também, ter uma grande atenção na execução e nos cálculos para não haver erros. Para atender as demandas que veem crescendo ao longo do tempo, se faz essencial promover e estudar sobre avanços tecnológicos que consigam elaborar projetos mais eficientes, automatizados e seguros. Com isso, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que faça a automação de desenhos paramétricos para projetos de fundações em hélice contínuas apresenta um papel essencial para efetuar cálculos de maneira rápida e otimizando tempo de projetos. A presente monografia tem como principal propósito elaborar uma ferramenta que auxilie diretamente na automação de desenhos paramétricos de fundações do tipo estacas de hélice contínuas utilizando o *software Microsoft Excel* em conjunto com a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA). O VBA é uma linguagem de programação da *Microsoft* que neste caso está conectada ao *Excel*, onde permite automatizar tarefas e personalizar planilhas, como também conectar planilhas com programas externos, como por exemplo o *AutoCAD*. Foi feito uma análise do *software*, da linguagem de programação e os pré-requisitos para calcular e elaborar o dimensionamento de fundações profundas do tipo estacas de hélice contínuas. Para a comprovação da eficácia da ferramenta, foi realizado um comparativo com resultados de um problema teórico da literatura, onde obteve-se uma diferença percentual máxima de 0,19% entre os valores obtidos na literatura e os obtidos na planilha, admitindo-o como um método eficiente para a otimização do tempo e produtividade do engenheiro civil.

Palavras-chave: estruturas; estacas; Excel; AutoCAD.

ABSTRACT

Continuous flight auger piles are foundations built by inserting a continuous helical auger of constant diameter into the ground. In the area of Civil Engineering, when discussing continuous flight auger pile foundation projects, it is understood that it is extremely important and necessary to use mathematical, scientific and technological knowledge to be able to execute the project in the best possible way, as well as to pay great attention to the execution and calculations to avoid errors. In order to meet the demands that have been growing over time, it is essential to promote and study technological advances that can develop more efficient, automated and safer projects. Therefore, the development of a computational tool that automates parametric drawings for discussing continuous flight auger foundation projects plays an essential role in being able to perform calculations quickly and optimizing project time. The main purpose of this monograph is to develop a tool that directly assists in the automation of parametric drawings for continuous flight auger foundations using Microsoft Excel software in conjunction with the Visual Basic for Applications (VBA) programming language. VBA is a Microsoft programming language that, in this case, is connected to Excel, where it allows tasks to be automated and spreadsheets to be customized, as well as spreadsheets to be connected to external programs, such as AutoCAD. An analysis of the software, the programming language and the prerequisites for calculating and designing the design of deep foundations of the continuous flight auger pile type were performed. To prove the effectiveness of the tool, a comparison was made with the results of a theoretical problem from the literature, where a maximum percentage difference of 0.19% was obtained between the values obtained in the literature and those obtained in the spreadsheet, accepting it as an efficient method for optimizing the time and productivity of the civil engineer.

Keywords: structures; piles; Excel; AutoCAD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fundação superficial e profunda.	15
Figura 2 – Execução de estaca hélice contínua	17
Figura 3 – Algumas funcionalidades do <i>Microsoft Excel</i>	25
Figura 4 – Página Inicial do <i>Excel</i>	25
Figura 5 – Funções de Matemática Básica do <i>Microsoft Excel</i>	26
Figura 6 – Configuração da Função PROCV	27
Figura 7 – Configuração da Função PROCH	27
Figura 8 – Configuração da Função CORRESP.....	27
Figura 9 – Configuração da Fórmula ÍNDICE	28
Figura 10 – Configuração da fórmula “SE”	28
Figura 11 – Configuração da fórmula “E”.....	28
Figura 12 – Configuração da Fórmula “OU”	29
Figura 13 – Configuração da Validação de Dados	29
Figura 14 – Tela Inicial do <i>Visual Basic for Applications</i> (VBA)	31
Figura 15 – Utilização de referências externas.....	32
Figura 16 – Utilização da biblioteca do <i>AutoCAD</i> no VBA.....	33
Figura 17 – Fluxograma representando a rotina da planilha.	34
Figura 18 – Planilha referente ao método de Decourt & Quaresma.....	35
Figura 19 – Dados referentes às características da estaca	36
Figura 20 – Dados referentes às características do concreto	37
Figura 21 - Dados referentes às características do aço	38
Figura 22 - Dados referentes ao dimensionamento da armadura	39
Figura 23 – Planilha principal completa.....	40
Figura 24 – Exemplo do corte longitudinal da estaca	41
Figura 25 - Exemplo do corte transversal da estaca	42
Figura 26 - Exemplo de quadro resumo de aço das estacas	42
Figura 27 – Perfil geotécnico com resistência à penetração no SPT.....	43
Figura 28 – Aplicação dos dados do exercício resolvido na planilha.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores limites de <i>NSPT</i> para a parada de alguns tipos de estacas	16
Tabela 2 - Valores de " α " e " β " de acordo com o tipo de solo para estaca em hélice contínua.	20
Tabela 3 – Coeficiente característico do solo “C”.....	20
Tabela 4 – Classes de agressividade ambiental (CAA).....	21
Tabela 5 - Padrões para dimensionamento de estacas tipo hélice.	22
Tabela 6 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal..	22
Tabela 7 - Comparativo entre os resultados do livro e os obtidos pela planilha.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral	13
2.2 Específicos	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Fundações.....	14
2.1.1 Fundações profundas	15
2.1.1.1 Estacas em hélice contínuas	15
2.1.1.1.1 Histórico	16
2.1.1.1.2 Método executivo	17
2.1.2 Cálculo da capacidade de carga.....	18
2.1.2.1 Método de Décourt e Quaresma	19
2.1.3 Dimensionamento.....	21
2.2 Automação do dimensionamento e detalhamento de fundações.....	24
2.2.1 Uso de ferramentas computacionais	24
2.2.1.1 <i>Microsoft Excel</i>	24
2.2.1.1.1 Funcionalidades do Excel.....	25
2.2.1.2 Visual Basic for Applications.....	30
2.2.1.2.1 Macros	31
2.2.1.2.2 Automação de Desenhos no <i>AutoCAD</i> com VBA.....	31
4 METODOLOGIA.....	34
3.1 Escolha do <i>software</i>.....	34
3.2 Estrutura da planilha	34
3.3 Detalhamento da rotina da pasta de trabalho	35
5 RESULTADOS	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia tem avançado de forma exponencial ao longo dos anos, mudando a forma como realizamos nossas tarefas e processos manuais, buscando a automação e transformação de como são elaboradas (BARROS, 2023). Na Engenharia Civil, isso não poderia ser diferente, o avanço tecnológico no setor tem sido primordial para aumento da eficiência e precisão na elaboração e execução dos projetos de obra (FIA, 2020). A engenharia civil desempenha um papel fundamental quando se fala no desenvolvimento de infraestruturas, sendo diretamente impactada pelo avanço das tecnologias no setor de obras.

Ao decorrer dos anos, especialmente desde a revolução industrial, as tarefas manuais começaram a ser substituídas por processos mais automatizados, permitindo maior eficiência e precisão no trabalho, como também diminuição de erros. Com isso, o uso de ferramentas computacionais tornou-se indispensável na prática diária das atividades do Engenheiro Civil. Os programas *AutoCAD*, *Revit*, *softwares* de análise de estruturas, planilhas eletrônicas e linguagens de programação como *Microsoft Excel* e *Visual Basic for Applications*, possuem recursos que permitem a automação de cálculos, modelagem de estruturas, gerenciamento de projetos e muito mais, trazendo como resultado uma maior precisão e economia de tempo dos engenheiros civis (MANRIQUE, PÓVOA, 2020).

A maioria das obras de engenharia civil estão associadas a uma definição adequada de fundações, elas desempenham a função de garantir a sustentação e estabilidade de uma edificação, absorvendo cargas da superestrutura e distribuindo-as sobre o solo. Existem dois tipos de fundação: as rasas e as profundas. A fundação que iremos falar neste presente trabalho são as fundações profundas, geralmente utilizadas em obras de grande porte ou quando o solo apresenta baixa resistência, mas ambas as fundações precisam de métodos eficazes para o seu dimensionamento (FILHO, 2018).

Para o dimensionamento geotécnico das fundações, é necessário entender a tensão admissível do solo, que pode ser obtida através de três métodos: métodos teóricos; semiempíricos e ensaio de prova de carga sobre placa. Nos métodos teóricos, a capacidade de carga é calculada a partir de formulações propostas por pesquisadores, baseadas na compressibilidade e resistência ao cisalhamento do solo. Já nos métodos semiempíricos os resultados de ensaios de campo são relacionados diretamente à tensão admissível. Já o ensaio de prova de carga sobre placa é utilizado principalmente na aferição dos valores obtidos nos métodos citados anteriormente. Todos os métodos exigem uma certa complexidade de cálculos de capacidade de carga (FILHO, 2018).

Uma forma eficaz de trazer automação para esses tipos de cálculos e trabalho na execução dos projetos de fundações profundas é através das planilhas eletrônicas pelo *Microsoft Excel* com o auxílio do *Visual Basic for Applications* como linguagem de programação integrada dentro da ferramenta, o uso dessas ferramentas tem o intuito de otimizar o tempo dos engenheiros e reduzir as falhas nos projetos, ocasionadas por humanos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo estudar sobre fundações em hélices contínuas, a ferramenta *Microsoft Excel* e programação no *Visual Basic Applications* (VBA) para automação do dimensionamento e desenho paramétrico para projetos de fundações em hélices contínuas.

2.2 Específicos

- Estudar e analisar dimensionamento e detalhamento de fundações em hélices contínuas;
- Estudar a ferramenta *Excel* e suas funcionalidades para a engenharia civil;
- Estudar a ferramenta de programação *Visual Basic for Applications* integrada ao *Excel* e suas funcionalidades para a engenharia civil;
- Desenvolver uma planilha que consiga executar o dimensionamento e automatizar o detalhamento no *AutoCAD* de fundações em hélices contínuas;
- Buscar na literatura um exercício resolvido sobre o mesmo tema para comparação de resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O projeto, na Engenharia Civil, refere-se à previsão de uma associação de diferentes elementos para que se possa atingir objetivos de ordem funcional, possuindo formas e dependências de acordo com o seu objetivo, e de ordem estrutural, visando a estabilidade (CAMPOS, 2015). O cálculo estrutural é uma etapa fundamental na construção civil, pois é responsável por determinar a resistência e estabilidade das estruturas, garantindo que possam suportar à toda e qualquer carga que serão submetidas ao longo de sua vida útil.

Um bom projeto pode impactar diretamente na execução de uma obra, afetando não só sua qualidade, mas também sua segurança e economia. Quanto mais detalhado for o projeto, quanto maior for o esforço despendido no estudo dos seus documentos e na pesquisa ao local das obras, maior será o detalhamento e a precisão na simulação da execução da obra (BEZERRA, 2018).

Para aumentar cada vez mais a qualidade dos projetos, a utilização de ferramentas computacionais tem se tornado algo cada vez mais presente dentro da engenharia civil, principalmente quando falamos de cálculo estrutural. A utilização de *softwares* como *AutoCAD®*, *Revit®* e *Microsoft Excel®* permitem a criação de modelos detalhados para análises mais complexas de uma forma mais rápida e precisa. Assim, essas ferramentas não somente ajudam a visualizar os projetos de uma forma mais fácil, mas permitem conseguir simular diferentes cenários, podendo evitar problemas futuros nas obras (SOUSA et al., 2018)

Para entender melhor como essas ferramentas são aplicadas nos projetos, foram elaboradas pesquisas e estudos focados na área de fundações tipo hélice contínuas. Este tipo de fundação é amplamente utilizado devido à sua capacidade de suportar grandes cargas e também ter uma grande eficiência na execução. A pesquisa foi necessária para a criação de uma planilha eletrônica que automatiza o processo de desenho paramétrico dessas fundações.

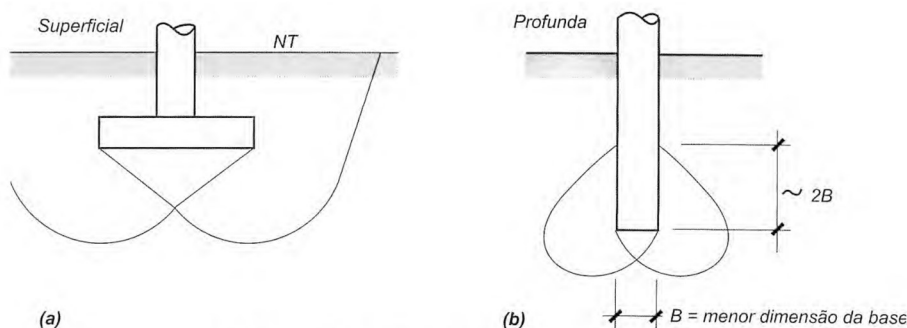
2.1 Fundações

A engenharia de fundações é o ramo da engenharia que se refere à aplicação dos princípios básicos da mecânica dos solos e da engenharia geotécnica, tanto no projeto de fundações, como no projeto de diversas estruturas, como pilares, alvenaria estrutural e até mesmo estruturas de contenção de terra (DAS, 2016).

A fundação é um sistema constituído pelo maciço de solo e pelo elemento estrutural de fundação, que transmite a carga para o terreno a partir da base ou fuste, ou pelo conjunto dos dois (ALBUQUERQUE, 2020). As fundações podem ser divididas em duas categorias, sendo elas: fundações superficiais e fundações profundas, conforme a Figura 1. Neste contexto, o

trabalho se restringirá às fundações profundas, que são fundamentais para situações em que o terreno apresente características geotécnicas desfavoráveis.

Figura 1 – Fundação superficial e profunda.



Fonte: Velloso e Lopes (2011).

2.1.1 Fundações profundas

As fundações profundas são elementos estruturais de fundação que transmitem as cargas aplicadas para o solo através da superfície lateral, da sua base, ou de uma combinação de ambas, onde sua ponta deverá possuir uma profundidade mínima de três metros, além de ser superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta (ABNT NBR 6122, 2022).

2.1.1.1 Estacas em hélice contínuas

As estacas em hélice contínua são atualmente o tipo de fundação profunda mais utilizado no mundo, tanto pelo seu monitoramento, quanto pela sua qualidade de execução (MELO, 2019). De acordo com a NBR 6122 (ABNT NBR 6122, 2022), à estaca hélice contínua trata-se de uma estaca de concreto, moldada *in loco*, que é executada a partir de um trado helicoidal contínuo, que é introduzido no terreno por rotação, onde há injeção de concreto que ocorre de forma simultânea à retirada do trado, pela haste central.

As estacas em hélice contínuas possuem diversas vantagens, como por exemplo o baixo ruído durante sua execução, elevada capacidade de carga das estacas, pode ser utilizada em lençol freático, possui sistema de monitoramento em seus equipamentos e sua execução não provoca vibração ou desestabilidade em áreas vizinhas. Além disso, também possui algumas desvantagens, como por exemplo o seu custo elevado quando comparado a outros tipos de fundação, sua não aplicabilidade em solos que contenham rochas e sua execução necessita de equipamento com grande dimensão, demandando, portanto, uma extensa área operacional (SILVA, 2020).

De acordo com Caputo (2015), para a escolha do tipo de fundação, é indispensável e importantíssimo haver uma investigação geotécnica no terreno, pois qualquer erro na sua definição pode apresentar custos elevadíssimos de recuperação da obra ou até mesmo o seu colapso. Considerado um dos ensaios mais eficientes e difundidos mundialmente, o *Standard Penetration Test* (SPT), tanto por sua facilidade de execução, como pelo baixo custo. O SPT permite a identificação das camadas do solo, reconhecendo o tipo de solo associado a cada metro penetrado, a resistência dele e o nível da água. Ele consiste na introdução de um tubo no terreno, a partir de golpes de uma massa, com peso e altura de queda constantes, onde é obtido o índice de resistência à penetração do solo N_{SPT} . A Tabela 1 apresenta valores limites do N_{SPT} para a parada da estaca e alguns tipos mais comuns de estacas.

Tabela 1 - Valores limites de N_{SPT} para a parada de alguns tipos de estacas

Tipo de estaca		N_{lim}
Pré-moldada de concreto	$\varnothing < 30 \text{ cm}$	$15 < N_{SPT} < 25$
		$\Sigma N_{SPT} = 80$
	$\varnothing \geq 30 \text{ cm}$	$25 < N_{SPT} \leq 35$
Perfil metálico		$25 < N_{SPT} \leq 55$
Tubada (oca, ponta fechada)		$20 < N_{SPT} \leq 40$
Strauss		$10 < N_{SPT} \leq 25$
Franki	em solos arenosos	$8 < N_{SPT} \leq 15$
	em solos argilosos	$20 < N_{SPT} \leq 40$
Estação e diafragma, com lama bentonítica		$30 < N_{SPT} \leq 80$
Hélice contínua		$20 < N_{SPT} \leq 45$
Ômega		$20 < N_{SPT} \leq 40$
Raiz		$N_{SPT} \geq 60$ (penetra na rocha sã)

Fonte: Adaptado de Cintra e Aoki (2010)

2.1.1.1.1 Histórico

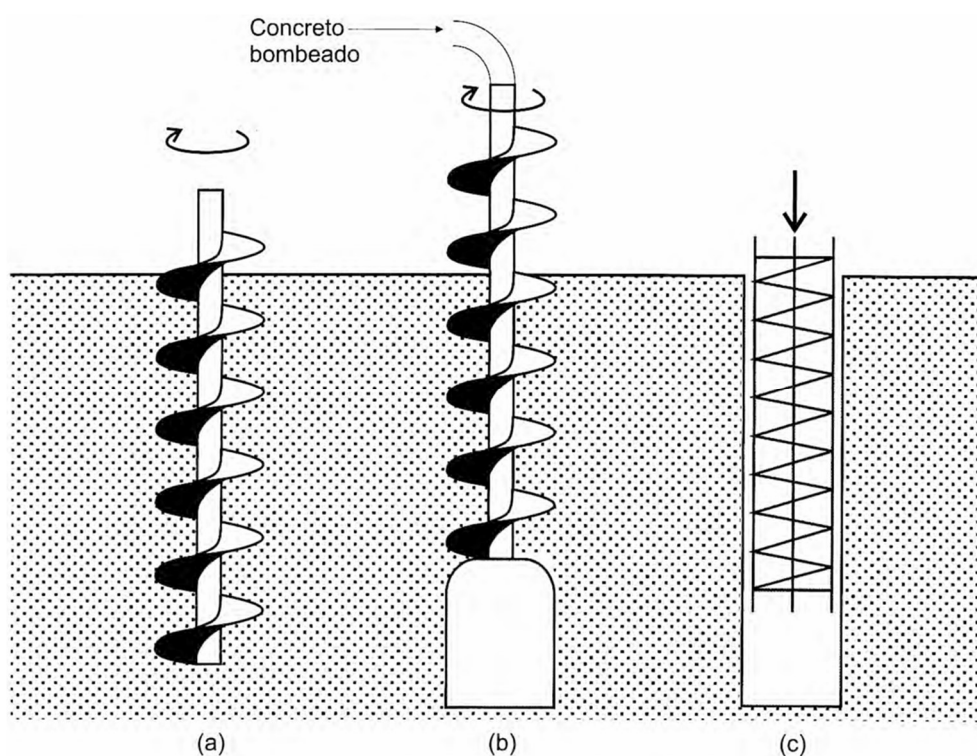
As estacas do tipo hélice contínua vem sendo utilizadas nos Estados Unidos e na Europa desde a década de 1950, onde os equipamentos eram compostos por guindastes com torre acoplada e mesas perfuradoras. Esse método foi introduzido na Alemanha na década de 1970, disseminando-se posteriormente por toda a Europa e Japão. A partir da década de 1980, as estacas hélice contínua passaram por um expressivo desenvolvimento nos Estados Unidos, Japão e Europa, inicialmente por meio de equipamentos adaptados, e, mais tarde, com o advento de máquinas especializadas para a execução dessas estacas (PENNA et. al., 1999).

Essa tecnologia foi introduzida no Brasil apenas por volta de 1987, tendo um avanço significativo somente em 1993, impulsionado pela importação de equipamentos específicos para a sua execução, possibilitando a execução de estacas de até 800mm de diâmetro e comprimento máximo de 24 metros. Na atualidade, com a evolução crescente dos equipamentos, há uma tendência no aumento da gama de opções de diâmetros e profundidades da execução das estacas (NETO, 2002).

2.1.1.1.2 Método executivo

O processo executivo das estacas do tipo hélice contínua inicia-se pela sua perfuração, que se baseia na introdução do trado no terreno, de forma contínua por rotação, a partir de movimento rotacional gerado por motores hidráulicos, que se estende até a cota prevista em projeto, sem que ele seja retirado em qualquer etapa da operação, de acordo com a Figura 2 (VELLOSO; LOPES, 2011).

Figura 2 – Execução de estaca hélice contínua



Fonte: Velloso e Lopes (2011).

Deve-se garantir que a tubulação da concretagem esteja totalmente cheia de concreto para a sua perfuração. Após atingir a cota prevista no projeto, inicia-se a concretagem da estaca, onde é o bombeio contínuo do concreto a partir do tubo central, onde a hélice é retirada simultaneamente, girando lentamente no sentido da perfuração ou sem girar. A pressão do concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste, devendo ser controlada a

todo o momento pelo operador. Além disso, a pressão deve garantir que o concreto preencha todos os vazios deixados pela extração da hélice (VELLOSO e LOPES, 2011; ABNT NBR 6122, 2022).

Após o fim da concretagem, a colocação da armadura deverá ser iniciada imediatamente, sendo realizada na estaca manualmente por operários auxiliados por um equipamento vibrador ou um peso. Para a colocação ser facilitada, a armadura deve ser enrijecida e, em sua extremidade inferior, a armadura deverá possuir barras ligeiramente curvadas formando um cone (VELLOSO e LOPES, 2011; ABNT NBR 6122, 2022).

2.1.2 Cálculo da capacidade de carga

A capacidade de carga pode ser definida como a força exercida sobre a fundação que resulta apenas em recalques admissíveis, os quais a edificação ou construção pode suportar sem dificuldades, promovendo segurança satisfatória contra a ruptura do solo ou elemento de fundação (MAIA; ARAÚJO; FREITAS, 2019). Além disso, ela pode ser entendida como a força que representa a máxima resistência oferecida pelo sistema constituído pelo solo e pela estaca. No contexto da análise da capacidade de carga, é possível dividir a resistência do sistema em duas partes: a resistência por atrito lateral e a resistência de ponta (ANDRZEJEWSKI, 2015).

No projeto de fundação, é essencial dimensionar a capacidade de carga, onde nos métodos denominados “estáticos”, pode ser obtida a partir de fórmulas que estudam a estaca, mobilizando toda a resistência ao cisalhamento estática do solo, extraída por meio de ensaios de laboratório ou *in situ*. Esses métodos podem ser divididos em métodos teóricos, empíricos e semiempíricos. Os métodos teóricos baseiam-se em soluções teóricas de capacidade de carga e parâmetros de solo. Os empíricos são onde a capacidade de carga da estaca é obtida por meio da estimativa com base na classificação das camadas atravessadas, sendo apenas uma estimativa grosseira. Já os métodos semiempíricos, são baseados em ensaios de penetração, como por exemplo o SPT (VELLOSO; LOPES, 2010).

Para a previsão de capacidade de carga em fundações profundas, as fórmulas teóricas geralmente não são confiáveis. Portanto, diversos pesquisadores desenvolveram métodos baseados em correlações empíricas com resultados de ensaios *in situ* e ajustados com provas de carga, sendo denominados métodos semiempíricos (CINTRA; AOKI, 2010).

Existem diversos métodos semiempíricos que podem ser utilizados, como por exemplo: Aoki-Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996). Um estudo realizado por Probst et al. (2018) avaliou e comparou os três métodos citados acima com os

resultados de provas de carga estáticas realizadas em estacas do tipo hélice contínua, onde o método de Décourt e Quaresma apresentou previsões mais próximas da carga de ruptura, quando comparado com os outros métodos. Portanto, para este trabalho, será utilizado o método de Décourt-Quaresma, considerando o foco em estacas do tipo hélice contínua.

2.1.2.1 Método de Décourt e Quaresma

O método desenvolvido Décourt e Quaresma possui uma natureza semiempírica, e foi elaborado para determinação da capacidade de carga de estacas a partir do ensaio SPT. Ele é baseado na determinação da resistência de ponta da estaca e o atrito lateral (VELLOSO; LOPES, 2011).

A capacidade de carga dada pela ponta ou base da estaca (Q_p) é estimada pela Equação 1 (CINTRA; AOKI, 2010).

$$Q_p = \alpha \cdot C \cdot N_p \cdot A_p \quad (1)$$

Onde: α é um fator para o cálculo da resistência de ponta, obtido de acordo com o tipo de solo em que se encontra a ponta e o tipo de estaca, conforme a Tabela 2; C é o coeficiente característico do solo, obtido por meio da Tabela 3, em função do tipo do solo; N_p representa a média do índice de resistência à penetração na ponta da estaca, o valor imediatamente acima e o valor imediatamente abaixo; A_p é a área da ponta da estaca.

Já a resistência lateral (Q_l), é calculada pela Equação 2 (CINTRA; AOKI, 2010).

$$Q_l = \beta \cdot 10 \cdot \left(\frac{N_l}{3} + 1 \right) \cdot U \cdot L \quad (2)$$

Onde: β é um fator para o cálculo da resistência lateral, obtido de acordo com o tipo de solo em que se encontra a ponta e o tipo de estaca, conforme a Tabela 2; N_l é o valor médio do índice de resistência a penetração ao longo do fuste, onde são utilizados os valores que não foram considerados no cálculo de resistência de ponta, sendo utilizados o limite inferior de 3 e o limite superior de 50; U é o perímetro da estaca; L é o comprimento da estaca.

Tabela 2 - Valores de " α " e " β " de acordo com o tipo de solo para estaca em hélice contínua.

Tipo de Solo	Hélice Contínua	
	α	β
Argila	0,30	1,00
Argila arenosa	0,30	1,00
Argila siltosa	0,30	1,00
Silte	0,30	1,00
Silte arenoso	0,30	1,00
Silte argiloso	0,30	1,00
Areia	0,30	1,00
Areia argilosa	0,30	1,00
Areia siltosa	0,30	1,00

Fonte: Adaptado de Cintra e Aoki (2010).

Tabela 3 – Coeficiente característico do solo “C”.

Tipos de Solo	C (kPa)
Argila	120,00
Argila arenosa	120,00
Argila siltosa	120,00
Silte	225,00
Silte arenoso	250,00
Silte argiloso	200,00
Areia	400,00
Areia argilosa	400,00
Areia siltosa	400,00

Fonte: Adaptado de Cintra e Aoki (2010).

Portanto, a capacidade de carga Q_r é dada pela Equação 3 (CINTRA; AOKI, 2010), e a carga admissível na estaca Q_{adm} é dada pela Equação 4. Os fatores de segurança são obtidos pela multiplicação entre o coeficiente de segurança relativo aos parâmetros do solo (1,1 para atrito lateral e 1,35 para resistência de ponta), o coeficiente de segurança relativo ao método adotado (1,0), o coeficiente de segurança para evitar recalques excessivos (1,0 para atrito lateral e 2,5 para resistência de ponta) e o coeficiente de segurança relativo à carga de trabalho da estaca (1,2), resultando no fator de segurança lateral igual a 1,3 e o de ponta igual a 4,0 (VELLOSO; LOPES, 2010).

$$Q_R = \alpha \cdot C \cdot N_p \cdot A_p + \beta \cdot 10 \cdot \left(\frac{N_l}{3} + 1 \right) \cdot U \cdot L \quad (3)$$

$$Q_{adm} = \left(\frac{Q_{l,ult}}{FS_l} \right) + \left(\frac{Q_{p,ult}}{FS_p} \right) \quad (4)$$

Em que: FS_l é o coeficiente de segurança lateral, que é igual a 1,3; FS_p é o coeficiente de segurança de ponta, que é igual a 4,0.

2.1.3 Dimensionamento

Inicialmente, o dimensionamento deverá partir da determinação da classe de agressividade ambiental (CAA), que dependerá do tipo de ambiente onde a obra será localizada, conforme Tabela 4 (ABNT NBR 6118, 2023).

Tabela 4 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classes de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano	Pequeno
III	Forte	Marinho	Grande
		Industrial	
IV	Muito Forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118 (2023).

A classe de agressividade ambiental deverá ser utilizada para a determinação dos padrões para dimensionamento das estacas, como por exemplo a classe do concreto, o coeficiente de ponderação da resistência do concreto (γ_c), a porcentagem de armadura mínima e comprimento útil mínimo, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Padrões para dimensionamento de estacas tipo hélice.

Tipo de estaca	Classe de Agressividade Ambiental (CAA) conforme ABNT NBR 6118	Classe de concreto / resistência característica da argamassa ou concreto	γ_c	% de armadura mínima e comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco)	
				Armadura %	Comprimento m
Hélice/hélice de deslocamento/hélice com trado segmentado	I, II	C30	2,7	0,40	4,00
	III, IV	C40	3,6		

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6122 (2022).

Conhecidos classe do concreto e o seu coeficiente de ponderação, é possível utilizá-los para calcular a resistência de cálculo do concreto, a partir da Equação 5.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (5)$$

Onde: f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto; f_{ck} é a resistência característica do concreto; γ_c é o coeficiente de ponderação da resistência do concreto.

A durabilidade de estruturas de concreto armado depende da capacidade de resistir à agentes ambientais e cumprir a sua função projetada. Para que isso ocorra, é fundamental respeitar o cobrimento mínimo das armaduras, que se trata da camada de concreto na periferia da seção transversal dos elementos, cuja espessura protege as barras de aço contra ações físico-químicas do ambiente (OLIVEIRA, 2014). A partir da classe de agressividade ambiental obtida pela Tabela 4, obtém-se o cobrimento nominal para as estacas, que são elementos estruturais em contato com o solo, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal.

Tipo de Estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo	30	30	40	50

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118 (2023).

O coeficiente de ponderação da resistência do aço (γ_s), por sua vez, de acordo com a ABNT NBR 6118 (2023), possui um valor de 1,15, sendo possível obter a resistência de cálculo do aço, a partir da Equação 6.

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad (6)$$

Onde: f_{yd} é a resistência de cálculo do aço; f_{yk} é a resistência característica do aço; γ_s é o coeficiente de ponderação do aço.

A área de armadura deverá ser o maior valor entre a área de aço mínima ($A_{s_{min}}$) e a área de aço necessária ($A_{s_{nec}}$). De acordo com a Tabela 5, a área de aço mínima deverá ser de 0,40% da área da estaca. A área de aço necessária poderá ser obtida a partir das Equações 7 e 8 (ALONSO, 2019).

$$w_s \geq \begin{cases} \left(1 + \frac{6}{\phi_e}\right) \\ 1,1 \end{cases} \quad (7)$$

$$A_{s_{nec}} = \frac{N_d \cdot w_s - 0,85 \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \quad (8)$$

Onde: w_s é o coeficiente de majoração da carga de compressão; ϕ_e é o diâmetro da estaca; N_d é a carga de compressão; A_c é a área de concreto.

A partir da determinação da área de armadura, deve ser escolhida a configuração de barras e diâmetro de armadura longitudinal de forma que a área de aço efetiva seja a menor possível, sendo também superior à calculada, visando uma maior eficiência na escolha. Além disso, deve ser considerado o limite inferior de 10 mm e o limite superior de 1/8 da menor dimensão transversal (ABNT NBR 6118, 2023).

A armadura transversal deverá ser dimensionada a partir das Equações 9 e 10 (ABNT NBR 6118, 2023).

$$\phi_{est} \geq \begin{cases} 5 \text{ mm} \\ \left(\frac{1}{4}\right) \cdot \phi_{long} \end{cases} \quad (9)$$

$$L_{est} \leq \begin{cases} 20 \text{ cm} \\ \phi_e \\ 12 \cdot \phi_{long} \text{ (para } CA - 50) \end{cases} \quad (10)$$

Onde: ϕ_{est} é o diâmetro da armadura transversal e L_{est} é o espaçamento entre os estribos.

Após a determinação do diâmetro e do espaçamento dos estribos, deve ser escolhido o tipo de estribo, entre o helicoidal e o circular. Se o estribo for circular, seu comprimento deverá

ser calculado a partir da Equação 11. Já se ele for helicoidal, deverá ser determinado a partir da Equação 12.

$$C_{estr,circ} = \pi \cdot (\emptyset_{est} - 2 \cdot c) + 10 \quad (11)$$

$$C_{estr,helic} = \frac{l_s - L_{anc}}{L_{est}} \cdot \sqrt{[\pi \cdot (\emptyset_{est} - 2 \cdot c)]^2 + (L_{est})^2} \quad (12)$$

Onde: $C_{estr,circ}$ é o comprimento do estribo circular; c é o cobrimento; $C_{estr,heli}$ é o comprimento do estribo helicoidal; l_s é o comprimento da armadura longitudinal; L_{anc} é a altura de ancoragem; L_{est} é o espaçamento entre os estribos; $\emptyset_{est}$ é o diâmetro da estaca.

2.2 Automação do dimensionamento e detalhamento de fundações

2.2.1 Uso de ferramentas computacionais

Atualmente, há uma variedade de *softwares* capazes de realizar cálculos relacionados à determinação da capacidade resistente de estacas, porém, essas ferramentas limitam-se exclusivamente ao cálculo da capacidade de carga do elemento de fundação, sem considerar a otimização das suas dimensões ou a quantidade de materiais empregados na sua execução, tampouco os custos associados. Portanto, para qualquer tipo de fundação, é fundamental integrar tais variáveis para garantir uma análise completa da mesma (MAIA; ARAÚJO; FREITAS, 2019).

2.2.1.1 Microsoft Excel

Sendo um *software* desenvolvido e lançado pela empresa *Microsoft* em 1985, é uma ferramenta em constante aperfeiçoamento, sendo um dos pioneiros que permitem diversas personalizações de planilhas como fonte, tamanho e cor. (ZANON, 2021) O *Microsoft Excel* é um poderoso programa que não é somente utilizado para criação de planilhas simples, mas também pode-se trabalhar ela com muita complexidade e variadas aplicações para as diversas áreas de conhecimento, podendo também aproveitar da linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA) e *Solver*, como também gráficos e tabelas dinâmicas para possibilitar os usuários de fazer integrações e dashboards (MEYER, 2016).

Há diversas outras aplicações do *software* nos variados setores de conhecimento, além de métodos de ensino utilizando a plataforma que auxiliam imensamente o meio acadêmico. Diante do que foi informado aqui sobre a ferramenta, o presente trabalho tem como objetivo realizar a utilização do *Microsoft Excel* para automação de desenhos paramétricos para projetos

de fundações em hélices contínuas, por isto, na Figura 3 é mostrado o planejamento de funções e funcionalidades da ferramenta que serão utilizados durante o projeto (MEYER, 2016).

Figura 3 – Algumas funcionalidades do *Microsoft Excel*

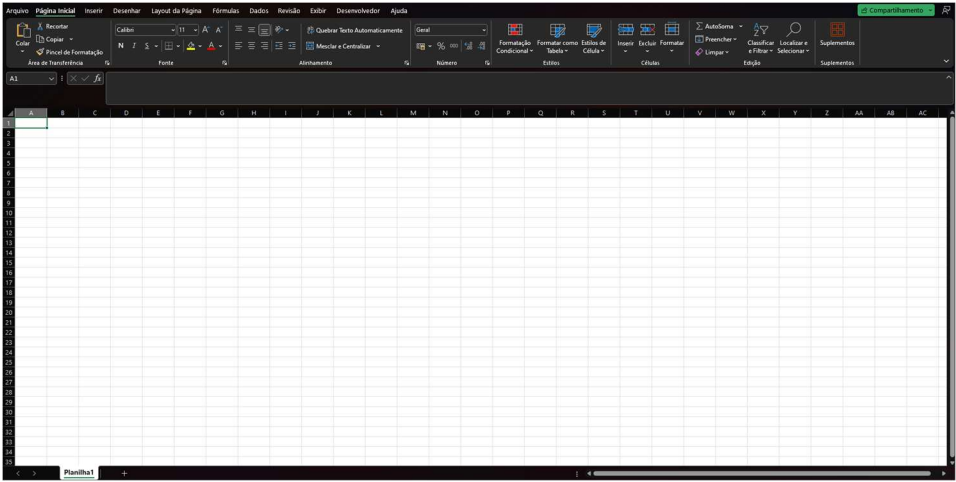
Funcionalidades do Microsoft Excel
1. Fórmulas e Funções Matemáticas:
SOMA, MÉDIA, MÍNIMO, MÁXIMO: Para cálculos básicos de estatísticas descritivas.
PROCV, PROCH: Para busca e referência de dados em tabelas.
ÍNDICE e CORRESP: Para localizar e retornar valores em uma tabela.
SE, E, OU: Para criar condições lógicas e tomar decisões baseadas em critérios específicos.
2. Funções Estatísticas:
DESVPAD, VAR, MED: Para cálculos de desvio padrão, variância e mediana.
TENDÊNCIA, PREVISÃO: Para análise de tendências e previsões baseadas em dados históricos.
3. Análise de Dados:
Solver: Para otimização de problemas complexos, como o dimensionamento de fundações.
Análise de Cenários: Para avaliar diferentes cenários e suas implicações nos resultados.
4. Automação com VBA (Visual Basic for Applications):
Macros: Para automatizar tarefas repetitivas, como cálculos e geração de relatórios.
Formulários de Usuário: Para criar interfaces de entrada de dados amigáveis.
Funções Personalizadas: Para desenvolver funções específicas que não estão disponíveis no Excel padrão.
Exportação de Dados do Excel para AutoCAD: Utilizando macros em VBA para exportar dados, como coordenadas e dimensões, do Excel para o AutoCAD.
Automação de Desenhos no AutoCAD: Utilizando dados exportados do Excel para criar elementos no AutoCAD, através de macros VBA.
5. Validação de Dados:
Regras de Validação: Para garantir a integridade dos dados inseridos nas planilhas.
Listas Suspensas: Para facilitar a entrada de dados e reduzir erros.
6. Formatação Condicional:
Regras de Formatação: Para destacar células com base em critérios específicos, facilitando a análise visual dos dados.

Fonte: Autoria Própria (2025).

2.2.1.1.1 Funcionalidades do Excel

O *Microsoft Excel* é uma ferramenta que permite aos usuários realizar diversas operações usando fórmulas e funções. As fórmulas no *Excel* consistem em operadores aritméticos, referências de células e funções integradas que se enquadram em várias categorias, incluindo, entre outras, matemática, estatística, engenharia, pesquisa e funções de referência (SOUSA, 2018).

Figura 4 – Página Inicial do *Excel*



Fonte: Autoria própria (2025).

Por exemplo, funções matemáticas como "SOMA" e "MÉDIA" são frequentemente usadas para cálculos numéricos básicos, enquanto funções estatísticas como "MÍNIMO", "MAXIMO" e "DEV.PAD" são úteis para analisar conjuntos de dados.

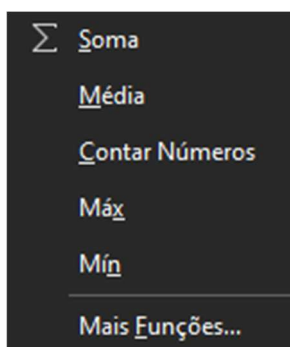
Além disso, o *Microsoft Excel* fornece ferramentas avançadas de análise de dados, como Tabelas Dinâmicas e *Solver*, que permitem aos usuários realizar análises multidimensionais e otimização de dados complexos, como também os recursos de validação de dados permitem definir regras de entrada de dados para garantir a integridade e precisão das informações.

2.2.1.1.1.1 Fórmulas e Funções

No *Excel*, fórmulas e funções são ferramentas importantes que ajudam você a editar, analisar e gerenciar seus dados com eficiência. Algumas das funções matemáticas mais comumente usadas são “SOMA”, “MÉDIA”, “MÍNIMO” e “MÁXIMO”, conforme Figura 5. A função “SOMA” adiciona uma série de números e retorna a soma dos valores especificados. A função “MÉDIA” calcula a média aritmética dos números especificados. Isso ajuda a encontrar o valor médio do conjunto de dados.

As funções “MÍNIMO” e “MÁXIMO” são utilizadas para identificar os valores mínimo e máximo, respectivamente, dentro de um intervalo de dados, facilitando a análise de valores extremos dentro de um conjunto de dados.

Figura 5 – Funções de Matemática Básica do *Microsoft Excel*



Fonte: Autoria própria (2025).

O *Excel* fornece funções como "PROCV" (pesquisa vertical) e "PROCH" (pesquisa horizontal) para pesquisa e referência. A função “PROCV” é frequentemente usada para encontrar o valor na primeira coluna de um intervalo de células e retornar o valor na mesma linha para uma coluna específica. Por exemplo, é ótimo para encontrar informações associadas a identificadores exclusivos, como números de produtos ou códigos de clientes, de acordo com a Figura 6. A função “PROCH” funciona de forma semelhante, mas realiza uma pesquisa em uma linha específica e retorna o valor correspondente de uma coluna, conforme Figura 7.

Figura 6 – Configuração da Função PROCV

Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 7 – Configuração da Função PROCH

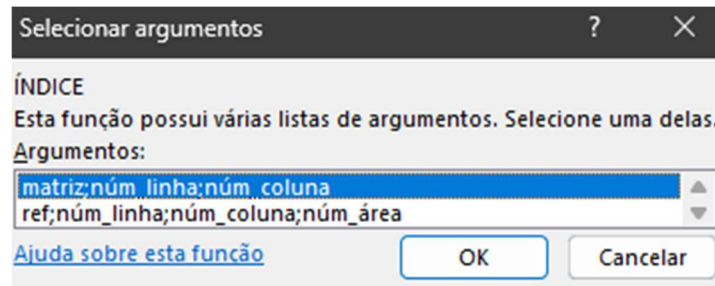
Fonte: Autoria própria (2025).

As funções “ÍNDICE” e “CORRESP” são poderosas quando usadas juntas para criar pesquisas mais dinâmicas e flexíveis. O “ÍNDICE” retorna o valor de uma célula em uma posição específica dentro de um intervalo definido, de acordo com a Figura 8. Já o “CORRESP” retorna à posição relativa dos elementos dentro de um intervalo. Juntos, esses recursos permitem realizar pesquisas mais complexas do que usar “PROCV” ou “PROCH” sozinho, especialmente quando os dados que você procura não estão na primeira coluna ou linha, tendo seu funcionamento exposto na Figura 9.

Figura 8 – Configuração da Função CORRESP

Fonte: Autoria própria (2025).

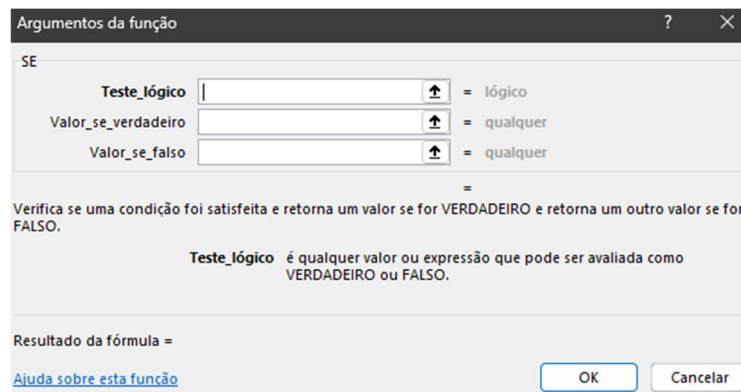
Figura 9 – Configuração da Fórmula ÍNDICE



Fonte: Autoria própria (2025).

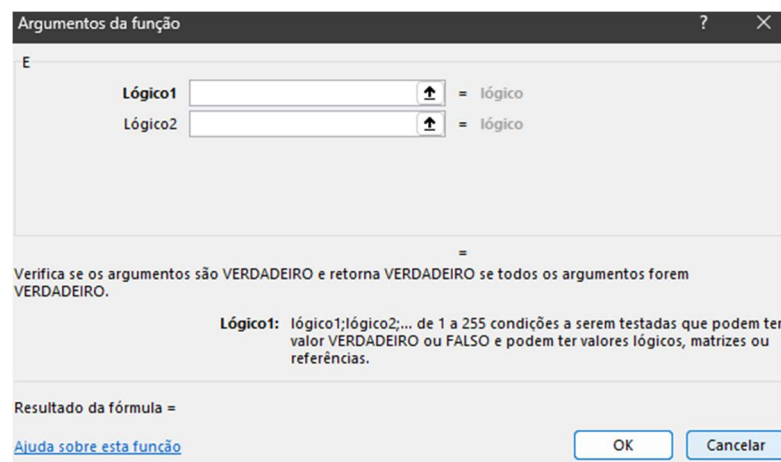
Funções lógicas como “SE”, “E” e “OU” são essenciais para criar expressões condicionais e analisar cenários. A função SE permite realizar testes lógicos simples ou complexos. Por exemplo, uma função retorna um valor se uma determinada condição for verdadeira e outro valor caso contrário. As funções "E" e "OU" são usadas para testar múltiplas condições simultaneamente dentro de uma função "SE", conforme Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10 – Configuração da fórmula “SE”



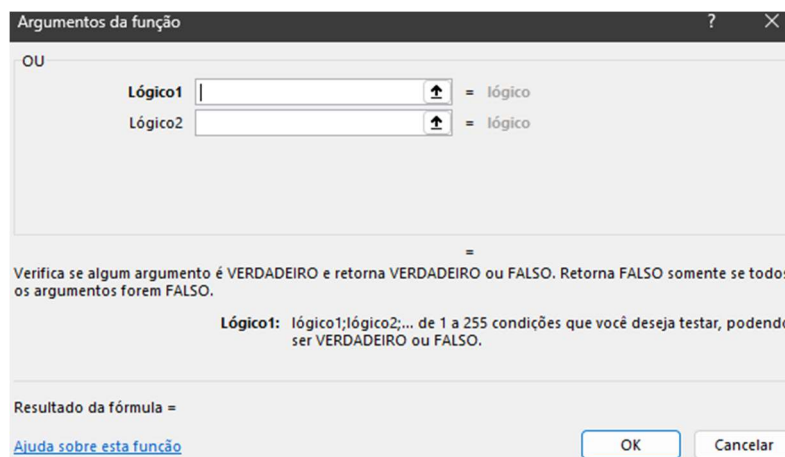
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 11 – Configuração da fórmula “E”



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 12 – Configuração da Fórmula “OU”



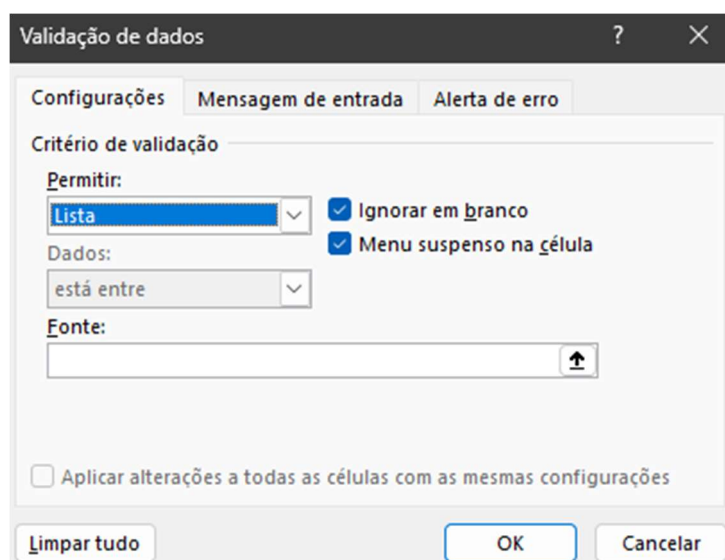
Fonte: Autoria própria (2025).

A função “SE” retorna “VERDADEIRO” somente se todas as condições forem verdadeiras, enquanto a função “OU” retorna “VERDADEIRO” se pelo menos uma condição for verdadeira. Esses recursos são frequentemente usados para validar dados e automatizar a tomada de decisões em planilhas.

2.2.1.1.4 Validação de dados

As regras de validação no *Microsoft Excel*® permite definir critérios que os dados inseridos devem atender para funcionar, como exposto pela Figura 13. Por exemplo, você pode configurar uma célula para aceitar apenas números inteiros, valores em um determinado intervalo, datas dentro de um determinado período de tempo ou texto com um determinado número de caracteres.

Figura 13 – Configuração da Validação de Dados



Fonte: Autoria própria (2025).

As regras de validação são personalizáveis e podem ser baseadas em fórmulas, permitindo criar variados tipos de critérios de acordo com a necessidade de quem está utilizando. Por exemplo, você pode configurar regras de validação para aceitar apenas números divisíveis por 5 ou texto que comece com uma letra específica. Por exemplo, inserir uma data que esteja fora do intervalo aceitável ou insira um número que esteja fora do intervalo aceitável.

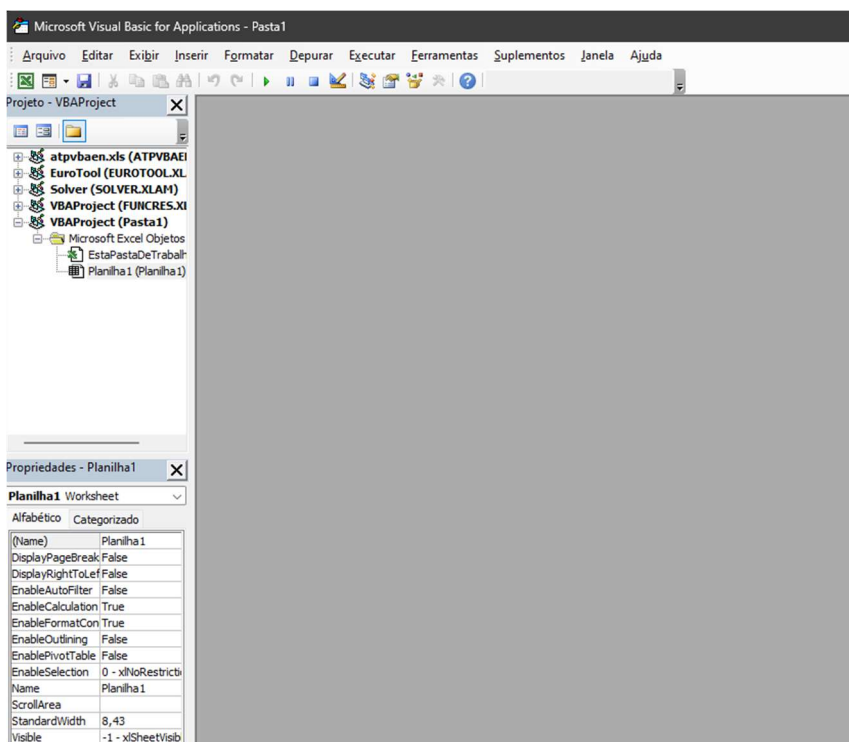
Já as listas suspensas são um dos usos mais comuns para validação de dados no *Excel*. Isso permite que os usuários selecionem valores em uma lista de opções predefinidas, reduzindo a chance de erros de digitação e garantindo a consistência dos dados. As listas suspensas são especialmente úteis em planilhas que exigem entrada padronizada, como: categoria do produto, unidade de medida, recorrência de uso, entre outros.

Para criar uma lista suspensa, os usuários podem selecionar um intervalo de células para listar opções ou podem digitar opções diretamente no campo de configuração de validação de dados. Quando uma célula validada é selecionada, uma lista suspensa é exibida e o usuário pode selecionar o valor correspondente, simplificando o processo de entrada de dados e aumentando a precisão.

2.2.1.2 Visual Basic for Applications

O *Visual Basic for Applications* (VBA) é uma linguagem de programação integrada no *Microsoft Excel* que permite aos usuários criar programas que conseguem automatizar tarefas e otimizar a visualização dos recursos através de interfaces interativas, criar macros personalizadas, desenvolver funções próprias, conforme Figura 14. É uma ferramenta que amplia as funcionalidades do Excel, permitindo a criação de soluções personalizadas para uma ampla variedade de problemas e otimização de recursos.

Figura 14 – Tela Inicial do *Visual Basic for Applications* (VBA)



Fonte: Autoria própria (2025).

2.2.1.2.1 Macros

Os Macros são *scripts* de VBA gravados que automatizam uma série de ações no *Excel* gravadas pelo usuário. Eles são especialmente úteis para tarefas repetitivas que exigem o mesmo conjunto de comandos ou operações. As macros podem ser gravadas por um usuário executando uma etapa desejada uma vez, enquanto o *Excel* registra cada ação para criação do macro.

O usuário também pode após isso pode executar uma macro pressionando um botão ou combinação de teclas para repetir automaticamente essas ações, como também pode adicionar macros em formas ou células para criação de botões e assim otimizando a interface da planilha. As macros podem ser tão simples quanto formatar células com uma cor específica ou tão complexas quanto importar dados de um banco de dados externo, limpar esses dados ou gerar gráficos automaticamente.

2.2.1.2.2 Automação de Desenhos no *AutoCAD* com VBA

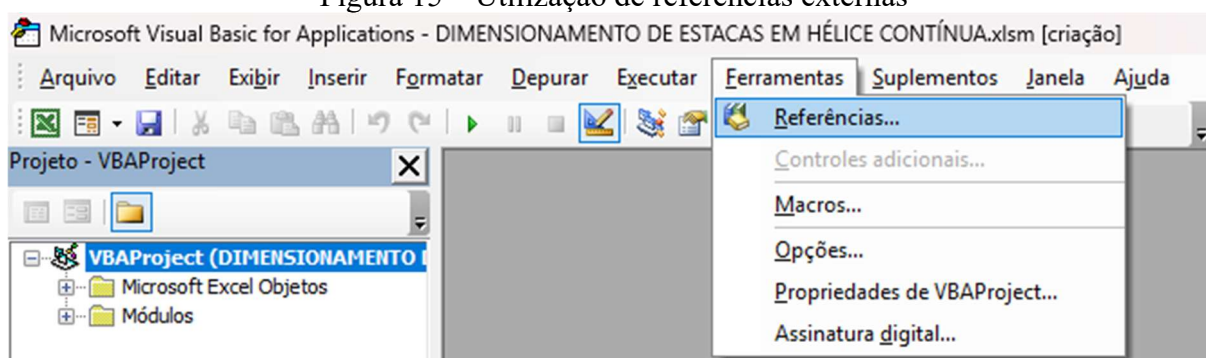
A automação de desenhos com *AutoCAD* no VBA uma ferramenta prática e avançado que utiliza *scripts* VBA para gerar automaticamente desenhos no *AutoCAD* com base em parâmetros e dados armazenados no *Microsoft Excel*. Esta automação é especialmente útil em

projetos de engenharia civil onde os desenhos devem ser atualizados frequentemente devido a alterações nos dados do projeto, como dimensões do local, especificações de fundação e outros detalhes estruturais que podem ser impactados pela alteração e diferença nos dados e o VBA permite programar o *Excel* para criar e modificar desenhos usando o modelo de objeto do *AutoCAD* e exportar dados diretamente para o *AutoCAD*.

Por exemplo, o VBA pode gerar automaticamente perfis para plantas baixas, detalhes de fundações e elevações, para que todos os desenhos estejam sempre atualizados quando forem feitas alterações nos dados de entrada. Este processo não só economiza tempo, mas também reduz a chance de erro humano porque os desenhos são criados a partir de dados precisos e validados no *Excel*.

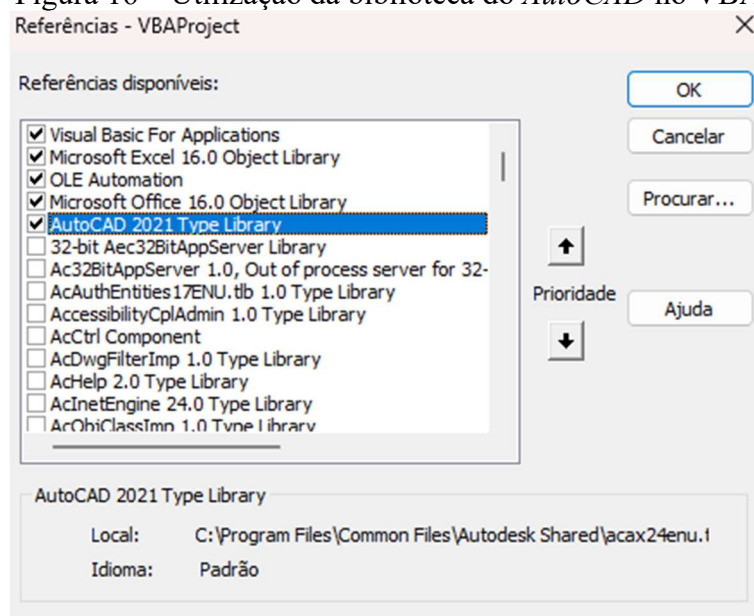
A aplicação de uma referência denominada *AutoCAD Type Library* é necessária para que seja realizado um vínculo entre o *Microsoft Excel* e o *AutoCAD*, possibilitando assim que desenhos sejam realizados a partir de códigos. A aplicação da referência deverá ser realizada conforme Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Utilização de referências externas



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 16 – Utilização da biblioteca do *AutoCAD* no VBA



Fonte: Autoria própria (2025).

A biblioteca do *AutoCAD* não se encontra nativamente no VBA, sendo necessário buscá-la na pasta do próprio *AutoCAD*, para consequentemente ativá-la. A partir daí, será possível executar funções no *AutoCAD* a partir do *Microsoft Excel*.

4 METODOLOGIA

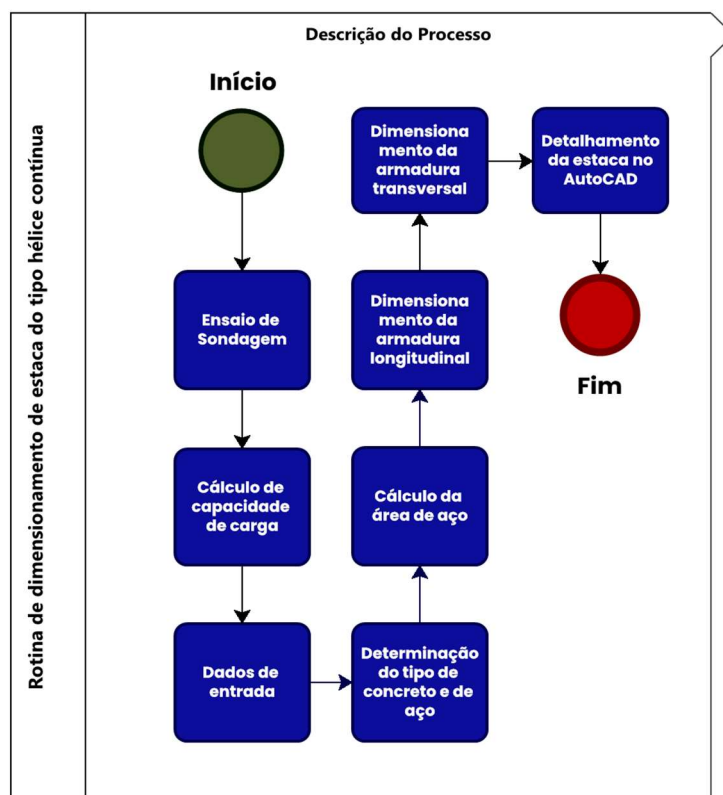
3.1 Escolha do *software*

A escolha do *Microsoft Excel* como ferramenta principal para o desenvolvimento da planilha de dimensionamento e detalhamento de estacas do tipo hélice contínua foi baseada na sua diversidade de uso, sendo amplamente utilizada em diversas áreas da engenharia civil. Sua viabilidade se dá principalmente pela sua facilidade de uso, além da capacidade de manipulação de grandes volumes de dados, tornando-se uma eficiente ferramenta para a automação de processos de dimensionamento.

3.2 Estrutura da planilha

A planilha foi estruturada para realizar o dimensionamento das estacas com base em parâmetros de entrada fornecidos pelo usuário, incluindo características do solo, cargas atuantes e fatores normativos. O processo descrito e mapeado é definido através da Figura 17, onde foi elaborado um fluxograma dentro da plataforma *Bizagi Modeler*.

Figura 17 – Fluxograma representando a rotina da planilha.



Fonte: Autoria própria (2025).

3.3 Detalhamento da rotina da pasta de trabalho

A pasta de trabalho é dividida em quatro planilhas, sendo elas: início, que servirá apenas como uma página inicial para dirigir o usuário para as outras planilhas; planilha principal, onde serão inseridos os parâmetros de entrada para a execução do dimensionamento, e onde ele será detalhado; ensaio de sondagem, que é onde serão inseridos os dados do solo para a obtenção da carga admissível do solo; parametrização, que é onde serão calculadas automaticamente as coordenadas espaciais dos desenhos que serão realizados no *AutoCAD*. As células que deverão ser editadas possuem uma coloração acinzentada, já as outras, possuem fórmulas.

A primeira etapa é a execução do ensaio de sondagem SPT, onde serão obtidas as características do solo. A partir do ensaio SPT, é realizado o cálculo da capacidade de carga, onde são inseridos na planilha o NSPT, que é o índice de resistência à penetração do solo e a classificação do solo, de acordo com a Figura 18. Inseridos os dados de entrada, são definidos os coeficientes “a”, “b” e “C”, de acordo com as Tabelas 2 e 3, respectivamente. A segunda etapa se dá pelo cálculo da capacidade de carga, a partir das características do solo.

Figura 18 – Planilha referente ao método de Decourt & Quaresma.

Método de Decourt & Quaresma										
SONDAGEM			ANÁLISE							
PROFUNDIDADE	NSPT	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	C (kgf/cm ²)	a	b	Q _{p,rup} (kN)	t _{l,rup} (kPa)	Q _{l,rup} (kN)	Q _r (kN)	Q _{adm} (kN)
1,00 m	3	Argila	120,00	0,30	1,00	7,63	20,00	188,50	196,13	98,06
2,00 m	3	Argila	120,00	0,30	1,00	7,63	20,00	188,50	196,13	98,06
3,00 m	3	Argila	120,00	0,30	1,00	7,63	20,00	188,50	196,13	98,06
4,00 m	3	Argila	120,00	0,30	1,00	11,03	20,00	188,50	199,52	99,76
5,00 m	7	Argila	120,00	0,30	1,00	16,12	20,00	188,50	204,61	102,31
6,00 m	9	Areia	400,00	0,30	1,00	67,86	20,00	188,50	256,35	128,18
7,00 m	8	Areia	400,00	0,30	1,00	82,00	22,67	213,63	295,62	147,81
8,00 m	12	Areia	400,00	0,30	1,00	96,13	25,56	240,86	336,99	168,49
9,00 m	14	Areia	400,00	0,30	1,00	101,79	27,14	255,82	357,60	178,80
10,00 m	10	Areia	400,00	0,30	1,00	113,10	30,00	282,74	395,84	197,92
11,00 m	16	Areia	400,00	0,30	1,00	130,06	32,96	310,67	440,73	220,37
12,00 m	20	Areia	400,00	0,30	1,00	163,99	34,00	320,44	484,43	242,22
13,00 m	22	Areia	400,00	0,30	1,00	192,27	36,67	345,58	537,84	268,92
14,00 m	26	Areia	400,00	0,30	1,00	220,54	40,00	376,99	597,53	298,77
15,00 m	30	Areia	400,00	0,30	1,00	299,71	43,33	408,41	708,11	354,06
16,00 m	50	Areia	400,00	0,30	1,00	339,29	47,14	444,31	783,60	391,80
17,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30,00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria (2025).

Na terceira etapa, é necessário retornar à planilha principal, que é dividida em 4 partes, sendo elas: características da estaca, características do concreto, características do aço e

dimensionamento da armadura. Inicialmente, são preenchidos os valores referentes ao diâmetro da estaca, comprimento da estaca, número de estacas e a carga de compressão, e são calculados a área de ponta e perímetro da estaca, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Dados referentes às características da estaca

Características da Estaca	
Diâmetro da Estaca ($\varnothing_e$)	0,30 m
Comprimento da Estaca (L)	10,00 m
Número de Estacas	5,00
Nd	100,00 kN
Área da Ponta (A_p)	0,0707 m ²
Perímetro da Estaca (P_{er})	0,9425 m

Fonte: Autoria própria (2025).

A quarta etapa se dá pelas especificações do concreto e do aço. Na tabela referente às características do concreto, é necessário preencher apenas a classe de agressividade ambiental, conforme a ABNT NBR 6118 de 2023, e serão obtidos a resistência de cálculo do concreto, a resistência característica do concreto e o coeficiente de ponderação do concreto, conforme a Figura 20.

Figura 20 – Dados referentes às características do concreto

Características do Concreto	
Classe de Agressividade Ambiental (conforme ABNT NBR 6118:2023)	III
Classe de concreto	C40
f_{ck}	40,00 MPa
Coefficiente de ponderação da resistência do concreto (γ_c)	3,60
f_{cd}	11,11 MPa

Fonte: Autoria própria (2025).

Para as características do aço, faz-se necessário o preenchimento da altura de ancoragem e da classe do aço, e são obtidos o cobrimento, o coeficiente de majoração da carga de compressão, resistência de cálculo do aço, a resistência característica do aço e o coeficiente de ponderação do aço, conforme Figura 21.

Figura 21 - Dados referentes às características do aço

Características do Aço	
Altura de Ancoragem (L_{anc})	0,50 m
Cobrimento (c)	4,00 cm
Coefficiente de majoração da carga de compressão (W_s)	1,20
Classe do Aço	CA-50
f_{yk}	500,00 MPa
Coefficiente de ponderação da resistência do aço (γ_s)	1,15
f_{yd}	434,78 MPa

Fonte: Autoria própria (2025).

A quinta etapa se dá pela obtenção da área de aço, que é descrita pela tabela de dimensionamento de armadura, onde será necessário apenas preencher o comprimento da armadura longitudinal, que deverá ser superior ao comprimento mínimo descrito pela Tabela 5. Na mesma tabela, será dimensionada a armadura longitudinal e a armadura transversal, referentes às etapas 6 e 7.

Inicialmente, a planilha irá calcular a área de aço longitudinal mínima, de acordo com a Tabela 5, e calcular a área de aço longitudinal necessária, de acordo com as Equações 7 e 8, obtendo a área de aço adotada, que é o maior entre as duas. A área de aço efetiva é dimensionada de forma a utilizar a mínima área de aço, de forma que ainda seja superior à adotada, tornando a estaca mais eficiente, utilizando uma área próxima à calculada, obtendo também o diâmetro da armadura longitudinal.

A armadura transversal, por sua vez, é dimensionada a partir das Equações 9 e 10, obtendo assim o seu diâmetro e espaçamento. A planilha permite que o usuário escolha entre dois tipos de estribos: o helicoidal e o circular. Caso seja circular, será calculado o seu

comprimento a partir da Equação 11. Já se for helicoidal, deverá ser dimensionado a partir da Equação 12. Após o dimensionamento, a planilha descreve as especificações do aço longitudinal e transversal, conforme os critérios de dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto armado da ABNT NBR 6118 de 2023, conforme Figura 22.

Figura 22 - Dados referentes ao dimensionamento da armadura

Dimensionamento da Armadura			
Área de aço mínima (A_{smin})	2,83 cm ²	Diâmetro da armadura transversal (ϕ_{est})	5,00 mm
Área de aço necessária (A_{snee})	2,74 cm ²	Espaçamento dos estribos (L_{est})	12,00 cm
Área de aço adotada (A_s)	2,83 cm ²	Tipo de Estribo	Helicoidal
Área de aço efetiva (A_{sef})	3,14 cm ²	Diâmetro do estribo (d_{est})	22,00 cm
Comprimento Mínimo da Armadura Longitudinal	4,00 m	Quantidade de estribos	1
Diâmetro da armadura longitudinal (ϕ_{long})	10,00 mm	Comprimento da Armadura Transversal	4.384,32 cm
Comprimento da Armadura Longitudinal (l_s)	8,00 m		
Aço Longitudinal	4N1 Ø10 - c = 8 m	Aço Estribo	1N2 Ø5 c = 43,84 m

Fonte: Autoria própria (2025).

Após todo o dimensionamento, a última etapa se dá pelo detalhamento da estaca no *AutoCAD*, que é realizada a partir do pressionar do botão existente no canto superior direito da planilha “detalhar”, que executa uma série de comandos que exporta todas as informações contidas na planilha para o *AutoCAD*, conforme a Figura 23.

Figura 23 – Planilha principal completa

DIMENSIONAMENTO
DE ESTACA HÉLICE
CONTÍNUA

DETALHAR

INÍCIO

PLANILHA
PRINCIPAL

ENSAIO DE
SONDAGEM

PARAMETRIZAÇÃO

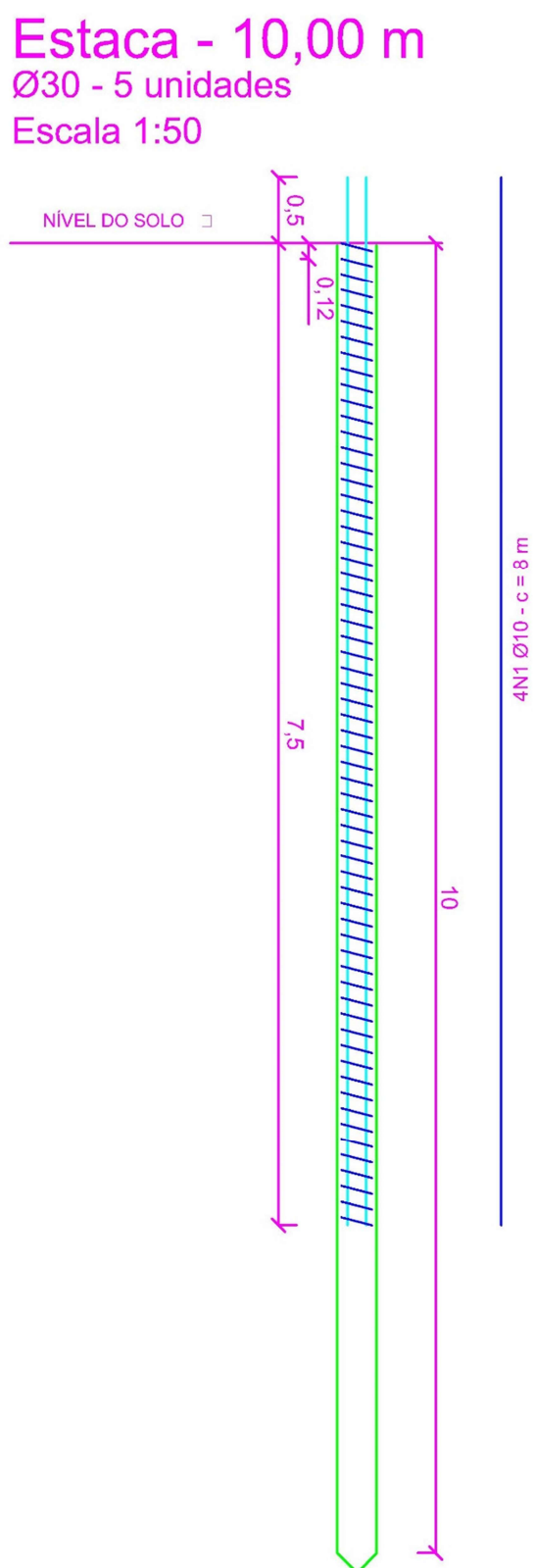
Dados de entrada

Características da Estaca		Características do Concreto		Características do Aço		Dimensionamento da Armadura			
Diâmetro da Estaca (O_s)	0,30 m	Classe de Agressividade Ambiental (conforme ABNT NBR 6118:2023)	III	Altura de Ancoragem (L_{anc})	0,50 m	Área de aço mínima (A_{smin})	2,83 cm ²	Diâmetro da armadura transversal (O_{est})	5,00 mm
Comprimento da Estaca (L)	10,00 m			Cobrimento (c)	4,00 cm	Área de aço necessária (A_{sdec})	2,74 cm ²	Espaçamento dos estribos (L_{est})	12,00 cm
Número de Estacas	5,00			Coefficiente de majoração da carga de compressão (W_s)	1,20	Área de aço adotada (A_s)	2,83 cm ²	Tipo de Estribo	Helicoidal
Nd	100,00 kN	Classe de concreto	C40	Classe do Aço	CA-50	Área de aço efetiva (A_{sef})	3,14 cm ²	Diâmetro do estribo (d_{est})	22,00 cm
Área da Ponta (A_p)	0,0707 m ²	f_{ck}	40,00 MPa	f_{yk}	500,00 MPa	Comprimento Mínimo da Armadura Longitudinal	4,00 m	Quantidade de estribos	1
Perímetro da Estaca (P_{ev})	0,9425 m	Coefficiente de ponderação da resistência do concreto (γ_c)	3,60	Coefficiente de ponderação da resistência do aço (γ_s)	1,15	Diâmetro da armadura longitudinal (O_{long})	10,00 mm	Comprimento da Armadura Transversal	4.384,32 cm
		f_{cd}	11,11 MPa	f_{yd}	434,78 MPa	Comprimento da Armadura Longitudinal (L)	8,00 m		
						Aço Longitudinal	4N1 Ø10 - c = 8 m	Aço Estribo	1N2 Ø5 c = 43,84 m

Fonte: Autoria própria (2025).

Após pressionar o botão de comando de detalhar, o *AutoCAD* irá abrir, se já não estiver aberto, e serão exportados o corte longitudinal, corte transversal e o quadro resumo de aço, que dará o quantitativo total, em quilos, de aço CA-50 e CA-60 utilizados. A primeira parte do desenho é o corte longitudinal, conforme a Figura 24.

Figura 24 – Exemplo do corte longitudinal da estaca

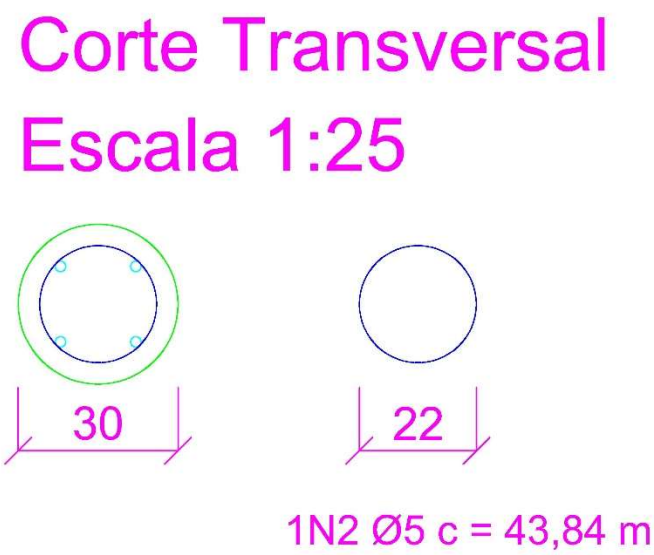


Fonte: Autoria própria (2025).

No corte longitudinal, é possível verificar o transpasse da armadura, o detalhamento da armadura longitudinal, a representação dos estribos e da estaca, em uma escala de 1:50, além

das cotas referentes ao transpasse, o espaçamento do estribo, armadura longitudinal e estaca. A segunda parte do desenho é o corte transversal, representado pela Figura 25.

Figura 25 - Exemplo do corte transversal da estaca



Fonte: Autoria própria (2025).

Já no corte transversal, é possível verificar o detalhamento dos estribos, onde a planilha permite que sejam de forma circular ou helicoidal. Por fim, há o quadro resumo de aço, onde é possível verificar detalhadamente todos os quantitativos do aço utilizado para a execução da estaca, de acordo com a Figura 26.

Figura 26 - Exemplo de quadro resumo de aço das estacas

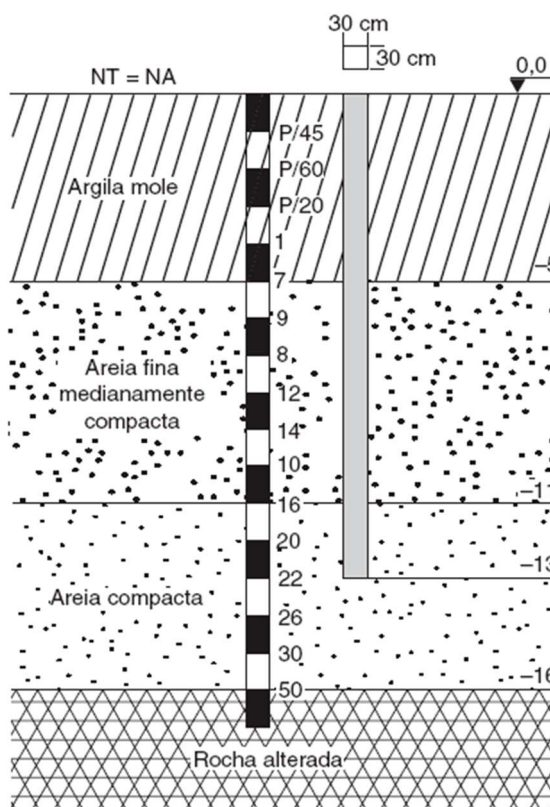
Quadro Resumo de Aço - Estacas							
5 Estacas de 10 m	N	Ø (mm)	Comp. (cm)	Qt. (und)	Comp. total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)
	N1	10	800	4	3200	19,74	-
	N2	5	4384	1	4384	-	675,14
	Total: (x5 und)					98,7	3375,7

Fonte: Autoria própria (2025).

5 RESULTADOS

Para fins de comparação com a literatura, foi utilizado o exercício resolvido 1 contido no capítulo 4 do livro escrito por Darzinger e Lopes (2022). O exercício conta com um perfil geotécnico para a determinação da capacidade de carga da ponta, por meio de diversos métodos teóricos, como Vesic, USACE, Berezantzev, além de métodos semiempíricos como Aoki-Velloso, Velloso e o Decourt-Quaresma. O perfil geotécnico utilizado foi o encontrado na Figura 27.

Figura 27 – Perfil geotécnico com resistência à penetração no SPT.



Fonte: Darzinger e Lopes (2022).

As características do solo e da geometria da estaca foram inseridas na planilha de ensaio de sondagem, conforme Figura 28.

Figura 28 – Aplicação dos dados do exercício resolvido na planilha.

Método de Decourt & Quaresma										
SONDAGEM			ANÁLISE							
PROFUNDIDADE	NSPT	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	C (kgf/cm ²)	a	b	Q _{p, rup} (kN)	t _{l, rup} (kPa)	Q _{l, rup} (kN)	Q _r (kN)	Q _{adm} (kN)
1,00 m	3	Argila	120,00	1,00	1,00	32,40	20,00	312,00	344,40	172,20
2,00 m	3	Argila	120,00	1,00	1,00	32,40	20,00	312,00	344,40	172,20
3,00 m	3	Argila	120,00	1,00	1,00	32,40	20,00	312,00	344,40	172,20
4,00 m	3	Argila	120,00	1,00	1,00	46,80	20,00	312,00	358,80	179,40
5,00 m	7	Argila	120,00	1,00	1,00	68,40	20,00	312,00	380,40	190,20
6,00 m	9	Areia	400,00	1,00	1,00	288,00	20,00	312,00	600,00	300,00
7,00 m	8	Areia	400,00	1,00	1,00	348,00	22,67	353,60	701,60	350,80
8,00 m	12	Areia	400,00	1,00	1,00	408,00	25,56	398,67	806,67	403,33
9,00 m	14	Areia	400,00	1,00	1,00	432,00	27,14	423,43	855,43	427,71
10,00 m	10	Areia	400,00	1,00	1,00	480,00	30,00	468,00	948,00	474,00
11,00 m	16	Areia	400,00	1,00	1,00	552,00	32,96	514,22	1066,22	533,11
12,00 m	20	Areia	400,00	1,00	1,00	696,00	34,00	530,40	1226,40	582,00
13,00 m	22	Areia	400,00	1,00	1,00	816,00	36,67	572,00	1388,00	644,00
14,00 m	26	Areia	400,00	1,00	1,00	936,00	40,00	624,00	1560,00	714,00
15,00 m	30	Areia	400,00	1,00	1,00	1272,00	43,33	676,00	1948,00	838,00
16,00 m	50	Areia	400,00	1,00	1,00	1440,00	47,14	735,43	2175,43	925,71

Fonte: Autoria própria (2025).

Após aplicação dos dados do exercício, foi possível comparar os resultados obtidos com os resultados do livro, que também utilizou o método de Decourt e Quaresma, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Comparativo entre os resultados do livro e os obtidos pela planilha.

Variáveis	Valores obtidos na literatura	Valores obtidos na planilha	Diferença Percentual
$Q_{p, rup}$	816,00 kN	816,00 kN	0,00 %
$\tau_{l, rup}$	36,60 kPa	36,67 kPa	0,19 %
$Q_{l, rup}$	571,00 kN	572,00 kN	0,17 %
Q_{rupt}	1388,00 kN	1388,00 kN	0,00 %

Fonte: Autoria própria (2025).

Após análise, foi possível perceber que os valores contidos na literatura se assemelham aos obtidos na planilha, com uma pequena diferença percentual, chegando a um máximo de 0,19%, decorrente de arredondamentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que o desenvolvimento da planilha via *Excel* com o objetivo principal de dimensionar estacas do tipo hélice contínuas com integração ao *AutoCAD* tem viabilidade e eficiência, e a automação de projeto de fundações pode aumentar a eficácia das elaborações de projetos e análises da área de engenharia civil como um todo.

A solução estudada e elaborada conseguiu otimizar etapas de cálculos e detalhamentos, sendo essa redução significativa, onde pode se aproveitar do tempo livre para elaboração dos desenhos técnicos e conseguir analisar mais calmamente o projeto e a obra para minimizar erros manuais.

A aplicação do VBA na planilha, possibilitou a criação de uma pasta de trabalho interativa e dinâmica, apresentando dados de dimensionamento, desenho e detalhamento gráfico das estacas no próprio *software* do *AutoCAD*. Assim, obtém-se uma maior precisão e padronização nos projetos de fundação.

A utilização de ferramenta para otimização do ambiente na engenharia civil, comprova que a programação aplicada à engenharia estrutural e geotécnica é eficaz e pode sim agilizar o dia a dia do engenheiro. A automação através da programação não só agiliza o trabalho, mas, também abre espaços para utilizar do tempo livre para análises mais rápidas e aprofundadas, com dados interativos permitindo uma tomada de decisão mais assertiva e otimizando os custos da obra.

Este estudo teve uma contribuição na modernização de projetos de fundações quando demonstrado que a integração de *softwares* tem a possibilidade de trazer benefícios significativos de qualidade e produtividade de trabalho. Como trabalhos futuros, pode-se fazer uma expansão da planilha fazendo o estudo com outros modelos de fundações, aplicar blocos de estacas, além de adaptar para integração de outras plataformas BIM, conseguindo assim aumentar ainda mais seu impacto na engenharia civil.

Por fim, é necessário o conhecimento prévio sobre as metodologias aplicadas para ter sucesso ao dimensionar estacas do tipo hélice contínua, então, contanto que o usuário tenha prévio entendimento, acentuo que o *software* pode sim ser utilizado tanto de forma acadêmica como profissional, mas, a interpretação de dados deve ser feita unicamente pelo engenheiro civil em casos profissionais ou estudante em situações acadêmicas.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto: NBR 6118:2023**. ABNT. 2023. Rio de Janeiro.

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

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de. **Engenharia de Fundações**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2020.

ALONSO, Urbano Rodrigues. **Dimensionamento de fundações profundas**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2019.

ANDRZEJEWSKI, I. A. **Estudo e Dimensionamento de Fundação Profunda por Estacas tipo Raiz**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2015.

ANTUNES, W. R.; CABRAL, D. A. **Capacidade de carga de estacas hélice contínua**. 3º Seminário de Engenharia de Fundações e Geotecnia. São Paulo, v. 2, p. 105-109, 1996.

AOKI, N.; VELLOSO, D. de A. **An approximate method to estimate the bearing capacity of piles**. In: Proc., 5th Pan-American Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering. Buenos Aires: International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 1975.

BARROS, S. **Evolução tecnológica: um olhar para os últimos 50 anos**. Disponível em: <<https://exame.com/tecnologia/evolucao-tecnologica-um-olhar-para-os-ultimos-50-anos/>>. Acesso em: 21 set. 2024.

BEZERRA, Lindeyney Palmeira. **O impacto do projeto estrutural na execução de uma obra**. Centro Universitário do Norte. UNINORTE, 2018.

CAMPOS, J. C. **Elementos de Fundações em Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações: Fundamentos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. v. 1.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. **Fundações por estacas: projeto geotécnico**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

DANZIGER, B. R.; LOPES, F. R. **Fundações em Estacas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.
DAS, Braja M. **Princípios de engenharia de fundações: Tradução e adaptação da 8ª edição norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A. R. **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT**. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. 1978. p. 45-53.

FIA. **Tecnologia na Construção Civil: o que é, importância e exemplos**. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/tecnologia-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 21 set. 2024.

FILHO, E. F. N. **Automatização Do Cálculo Da Capacidade De Carga E Da Tensão Admissível Do Solo Para Dimensionamento De Sapatas Isoladas**. Caruaru: Universidade Federal De Pernambuco Centro Acadêmico Do Agreste, 2018.

MAIA, G. M. S.; ARAÚJO, D. A. M.; FREITAS, I. L. B. **Desenvolvimento de uma ferramenta em ambiente excel para dimensionamento e otimização de fundações superficiais e profundas**. CILAMCE, Natal/RN, p. 1-15, 14 nov. 2019.

MANRIQUE Antonio Albarracin; POVOA, Marques. **O Papel Das Ferramentas Computacionais Avançadas No Ensino De Engenharia**. *Revista De Ensino De Engenharia*, V. 39, N. 1, P. 03–13, 2020.

MELO, B. N. **Fundações**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

MEYER, Maximiliano. **História do Excel**. [s. l.], 2013. Disponível em: <https://www.aprenderexcel.com.br/2013/artigos/historia-do-excel>.

NETO, J. A. A. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega: Aspectos executivos**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, A. B. **Cobrimento de armaduras de estruturas de concreto armado: Levantamento de Critérios adotados na utilização de espaçadores**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

PENNA, A. S. D.; CAPUTO. A. N.; MAIA. M. C.; PALERMO. G.; GOTLIEB. M.; PARAÍSO. S. C.; ALONSO. U. R. **A estaca hélice-contínua: a experiência atual**. São Paulo, 1ª ed, 1999.

PROBST, C. A. et al. **Análise Comparativa de Métodos de Determinação da Capacidade de Carga em Estacas Hélice Contínua com Ensaios de Prova de Carga Estática Realizados em Uberaba-MG**. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2018.

SILVA, J. K. da. **Análise comparativa de fundações profundas: estaca hélice contínua e estaca raiz**. Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico, Itaperuna, v. 06, n. 3, p. 1-24. 2020.

SOUSA, Adson S. **Desenvolvimento De Rotinas Para Dimensionamento E Detalhamento De Fundação Sobre Bloco De Estacas**. Universidade Federal Rural Do Semi-Árido. Pró-Reitoria De Graduação Centro De Engenharias Curso De Engenharia Civil, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/1d16640e-ee72-4f83-b21c-d91132430260/content>.

SOUSA, M. A. P. DE et al. **Automatização de projetos executivos de fundações superficiais com auxílio da ferramenta VBA nos softwares MS Excel e AutoCAD**. Em: Engenharia no Século XXI – Volume 8. [s.l.] Editora Poisson, 2019.

VELLOSO, D. DE A.; LOPES, F. DE R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ZANON, Mateus da Silva. **As Versatilidades Do Microsoft Excel® E Sua Utilização Na Engenharia.** [S.L.] Universidade Federal De Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33489/1/VersatilidadesMicrosoftExcel.pdf>.