



Estacas Helicoidais Com Preenchimento De Graute: Uma Nova Solução Para Solos Moles

Marcelo Starling D'Assunção

Gerente de Engenharia, Incotep, São Paulo, Brasil, marcelo.starling@incotep.com.br

Raphaella Oliveira de Araujo

Coordenadora de Engenharia civil, Elecnor do Brasil, RJ, Brasil, raphaella.araujo@elecnor.es

Filipe Henrique Costa Lima

Engenheiro Civil, Incotep, São Paulo, Brasil, filipe.lima@acotubo.com.br

Joana D'arc Pereira Calixto

Engenheira Civil, Incotep, São Paulo, Brasil, joana.calixto@acotubo.com.br

Camila Froes Figueiredo,

Engenheira civil, Elecnor do Brasil, RJ, Brasil, camila.figueiredo@elecnor.es

Lucas Costa da Silva

Graduando em Engenharia civil, Elecnor do Brasil, RJ, Brasil, lucas.silva@elecnor.es

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo apresentar uma solução desenvolvida para viabilizar fundações em região caracterizada por solo mole amazônico e com baixa capacidade portante ao longo de representativas camadas. O projeto foi executado em uma região de comunidade quilombola Muratubinha, no distrito de Óbidos – oeste do estado do Pará. A tecnologia desenvolvida consistiu em utilizar estacas metálicas helicoidais com preenchimento de graute, melhorando assim sua capacidade de absorção de esforços ao longo da extensão da fundação. A solução apresentou-se viável visto que conferiu maior produtividade em seu processo pois permitiu equipes e equipamentos representativamente menores além de execução simplificada.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações, Solo Amazônico, Estacas Metálicas Helicoidais, Graute, Execução Simplificada.

ABSTRACT: This work aims to present a solution developed to enable foundations in a region characterized by soft Amazonian soil and with low bearing capacity along representative layers. The project was carried out in a region of the Muratubinha quilombola community, in the district of Óbidos – west of the state of Pará. The technology developed consisted of using helical metal piles filled with grout, thus improving its ability to absorb forces along the foundation's length. The solution proved to be viable as it provided greater productivity in its process as it allowed for significantly smaller teams and equipment in addition to simplified execution.

KEYWORDS: Foundations, Amazonian Soil, Helical Metal Piles, Grout, Simplified Execution.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



1 Introdução

O projeto de fundações objeto deste estudo foi de uso no projeto social da Fundação Elecnor, pertencente ao grupo Elecnor do Brasil e que foi fundada em 2008 atuando em mais de 10 países no mundo como Camarões, México, Uruguai, Gana e Espanha. No Brasil, foi fundada em 2002 e seu primeiro projeto foi o protótipo H2ome localizado na comunidade quilombola no estado do Pará ao qual foi escolhida dentro do contexto do projeto de uma Linha de Transmissão de Energia de 230 kV Oriximiná – Juriti e Juruti – Paritins.

Para esta linha de transmissão, cerca de 80% das fundações tiveram a utilização de fundações estaqueadas. Isto porque, a formação geológica da região, denominada de solos “Aluvionares Recentes do Holoceno” possui como principal característica a deposição anual de sedimentos carregados pelo Rio Amazonas. A granulometria desse material depositado varia conforme a velocidade de correnteza do rio e de sua bacia de inundação. Do ponto de vista pedológico, o solo da região é classificado com gleissolo que consiste num solo hidromórfico que se encontra permanentemente ou periodicamente saturado.

As fundações tipificadas dessa linha, foram bloco de coroamento em concreto armado sobre 4 estacas de perfis metálicos tubulares (D406,4 x9,53 ASTM A252), onde o comprimento médio cravado variou entre 15 a 30 metros de profundidade, preenchida parcialmente (5 metros finais) de concreto. A parte desconfinada de solo neste projeto para as estacas foi projetada para ficar até 3 metros por conta da variação do nível de água durante as estações do ano da região.



Figura 1 - Bloco Sobre Estacas - Área Alagada

As profundidades médias de cravação das estacas foram definidas e dimensionadas com base nos resultados de ensaios de PDA (prova de carga dinâmica). Este tipo de ensaio tem por objetivo principal determinar a capacidade de ruptura da interação estaca-solo para carregamentos estáticos axiais. Nos estudos realizados para o projeto da linha de transmissão, foram realizados ensaios e sondagens SPT em cinco estações. A partir da análise dos resultados foram definidos critérios para definição da capacidade de carga das estacas do projeto.

Com a engenharia definida, estudo de campo realizados, ensaios executados, materiais disponíveis e equipe de maquinário mobilizadas, todas as etapas do projeto para início da construção da fundação Elecnor (projeto H2OME) se encontravam definidas e prontas. Porém, devido o fato das construções das benfeitorias próximas a área construtiva serem em sua totalidade em estruturas de madeira, analisou-se que a energia de cravação para execução das estacas tubulares comprometeria as benfeitorias vizinhas.

Diante do cenário, foi necessário avaliar uma solução especial que se adequasse com as dificuldades e limitações encontradas no projeto. Nesse contexto, depois de um estudo técnico adotou-se a utilização de estacas metálicas helicoidais em uma condição especial já que seriam instaladas juntamente com um tubo de revestimento (400mm de diâmetro) que tinha por objetivo atuar como barreira à corrosão na região de variação da lamina d'água. Outra medida adotada

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





nesta solução foi a utilização de uma seção de estaca (seção intermediária) com uma aleta (disco formando um “anel”) soldada em seu entorno criando um fuste que aumentaria a inércia e curva de flambagem, com aplicação simultânea de graute por gravidade.

O principal objetivo em propor uma solução com injeção foi aumentar a resistência e rigidez da fundação, melhorando assim sua capacidade de suportar as cargas impostas pela estrutura, uma vez que o solo em questão possuía baixa resistência. Ao preencher os espaços vazios o graute atua melhorando a distribuição das cargas aplicadas, reduzindo a concentração de tensões e aumentando a estabilidade da fundação.

Com base nas condições de projeto (resistência do solo e carregamento da estrutura) as estacas foram projetadas utilizando tubo com 101,6 milímetros de diâmetro externo e espessura de 6,4 milímetros. Adotado ainda 5 hélices com tamanhos de 10”-12”-14”-14”-14”.

2 Estacas Metálicas Helicoidais

2.1 Conceito

Estaca metálica helicoidal é um tipo de fundação profunda utilizada para absorver os esforços aplicados a uma determinada estrutura e transmiti-los ao solo. Pode ser empregada em construções (residenciais e comerciais), obras de infraestruturas (torres de transmissão de energia, pontes, turbinas eólicas, etc), reforços estruturais, prova de carga, entre outras possibilidades.

É instalada em solo através de torque e é constituído por haste metálica, que transmite a força aplicada durante a instalação e fornece a resistência ao carregamento lateral, com helicoides que são responsáveis por transferir os esforços aplicados para a camada de solo competente.

Em razão dos equipamentos de instalação disponíveis no mercado (retroescavadeira, miniescavadeira, pc hidráulica, bobcat, etc) que apresentam comprimento do curso do “braço” limitado, as estacas são produzidas prevendo peças de no máximo 3,5 metros. Com isso, temos:

- Seção guia: primeira seção da estaca a ser instalada onde existe ao menos uma hélice;
- Seção intermediária: presente na instalação quando há necessidade de incluir mais hélices ao sistema. Sua conexão com a seção guia se dá por ponta bolsa (macho/femêa) através de parafusos, porcas e arruelas;
- Seção lisa: quando presente na instalação tem por objetivo dar maior profundidade ao sistema. Sua conexão com a seção guia ou seção intermediária (quando aplicável) também ocorre por conexão macho/femêa através de parafusos, porcas e arruelas;
- Elementos de transição de carga: elementos que são responsáveis por transferir a carga vinda da estrutura para a estaca helicoidal.

A partir do dimensionamento mecânico e geotécnico, obtido através de modelos matemáticos reconhecidos em literaturas nacionais e internacionais, são definidas as propriedades mecânicas e geométricas da haste (diâmetro e espessura) e das hélices (quantidade, tamanho e posicionamento). Definindo ainda os parâmetros de finalização, como comprimento e torque, que são necessários para atender os esforços transmitidos, sejam eles de tração e compressão.

2.2 Caracterização Geotécnica da Região de Implantação do Projeto

A implantação do projeto se deu em uma região de comunidade quilombola - Muratubinha localizada no distrito de Óbidos (Pará). É caracterizado com solo amazônico já que possui alta umidade devido ao clima úmido da região amazônica e precipitação pluviométrica abundante que

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



contribui para a saturação do solo, deixando-o assim mais instável. Outra característica peculiar a este tipo de solo se dá pela baixa capacidade de suporte de carga, ou seja, não consegue resistir a grandes carregamentos sem sofrer deformação ou colapso.

As características geotécnicas deste solo, decorrente da formação geológica da região, é registrada por alternância de camadas de grande e pequena granulometria em concordância com o processo de formação estratigráfica da região, um baixo índice de resistência a penetração N_{spt} , saturação e possibilidade de encontrar espessuras de camadas de argila mole ($N_{spt} \leq 5$). Na Figura 3 são demonstrados os boletins de referência utilizados para o dimensionamento das estacas.

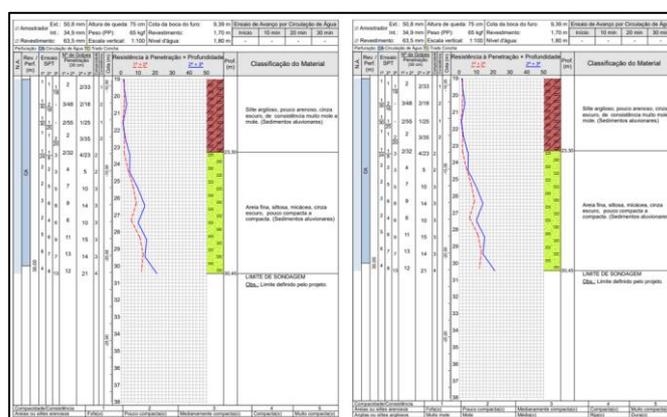


Figura 2 - Boletins de Referência para o Dimensionamento das Estacas

2.3 Metodologia De Cálculo

A capacidade de carga de uma estaca metálica helicoidal pode ser definida pela somatória da capacidade de carga individual de cada hélice quando inserida em solos coesivos e não coesivos. Desta forma temos que para uma estaca helicoidal com múltiplas hélices, a capacidade de carga global será a somatória das capacidades de cada hélice:

$$Q_{global} = \sum_{h=1}^n Q_{helice} \quad (1)$$

Existem diferentes métodos e abordagens para realizar o dimensionamento, sendo a teoria de Terzaghi uma das mais contempladas na literatura internacional para esta solução, que é calculada através da equação:

$$Q_{helice} = A_{helice} (c \cdot N_c + \gamma' \cdot H \cdot N_q) \quad (2)$$

Onde:

Q_{helice} é a capacidade de carga resistente da cada hélice individualmente;

A_{helice} é a área líquida de contato da hélice com o solo;

c é a coesão do solo;

N_c é o fator de capacidade de carga para solos coesivos - normalmente adota-se 9 conforme consta na literatura para as estacas helicoidais.

γ' é o peso específico do solo;

H é a posição da hélice no solo, na vertical;

N_q é o fator de capacidade de carga para solos não coesivos;

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





A partir de equações complementares temos:

$$N_q = 0,5 \cdot (12 \cdot \phi)^{\frac{\phi}{54}} \therefore \phi = \sqrt{20N} + 15^\circ \text{ e } c = \frac{N}{12} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad (3)$$

Onde:

Φ é o ângulo de atrito interno para solos não coesivos;

N é o número de golpes do SPT conforme NBR 6484 (em sua última revisão vigente).

As equações descritas acima são utilizadas para determinar a capacidade de carga global de uma estaca helicoidal, entretanto, um fator de segurança deve ser adotado a fim de reduzir esta capacidade de carga. Normalmente, este valor varia entre 1,1 a 2,0 a depender da aplicação. Para o projeto H2OME - tema deste artigo, foi adotado um coeficiente de segurança igual a 2.

2.4 Cálculo Da Estaca Helicoidal

A seguir, apresentado os parâmetros de cálculo adotado para o projeto H2ome que foram estabelecidos também conforme os ensaios do tipo SPT (Figura 3).

Tipologia	Carga solicitada [tf]	F.S.	Carga Solicitante de cálculo [tf]	Carga Resistente de Atrito [tf]	Carga Solicitante de cálculo para as hélices [tf]
E1	Normal: 17,54tf	2.0	Normal: 35,08tf	23,07	12,01
	Horizontal: 0,71tf		Horizontal: 1,42tf		
E2	Normal: 16,39tf	2.0	Normal: 32,78tf	23,07	9,71
	Horizontal: 0,71tf		Horizontal: 1,42tf		
Caixa d'Água	Normal: 10,69tf	2.0	Normal: 21,38tf	23,07	0,00
	Horizontal: 0,42tf		Horizontal: 0,84tf		
Painéis Solares	Normal: 8,09tf	2.0	Normal: 16,18tf	23,07	0,00
	Horizontal: 0,42tf		Horizontal: 0,84tf		

Figura 3 - Carregamentos Solicitados nas Estacas

A carga resistente de atrito foi calculada levando-se em consideração o Método Décourt-Quaresma – estimativa da capacidade de carga fundamentado exclusivamente em resultados de ensaio SPT, com o fuste em graute com comprimento mínimo de 9 metros abaixo do nível do solo. Por conta das condições do solo e após os resultados dos ensaios de validação, confirmou-se que o elemento de fundação em concreto responde bem a situação a qual está exposto, no entanto para se garantir a qualidade e a performance da solução o torque de instalação mínimo de 6.000ft-lbf também deve ser observado em todas as situações de acordo com o projeto executivo.

A Figura 6 apresenta as características admitidas do solo, de maneira conservadora, para este empreendimento.

Parâmetro	Valor	Descrição
ϕ	10°	Ângulo de atrito interno
γ	1.100 kgf/m ³	Peso específico do solo
σ_{adm}	0,60 kgf/cm ²	Tensão admissível
τ	0,08 kgf/cm ²	Tensão de aderência concreto/solo

Figura 4 - Parâmetros Geotécnicos Adotados

Para este projeto, adotando-se a formulação característica das estacas helicoidais para o cálculo do torque, portanto

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



$$Q_{\text{última}} = K_t \cdot T \quad (4)$$

O dimensionamento será:

Diâmetro da hélice [cm]	Área da hélice [cm²]	Inclinação da estaca [°]	H [cm]	N _{SPT}	φ [°]	γ _{crítico} [kgf/cm³]	Q _{hélice} [kgf]
35.6	838.3	0.000	1619	2	10	0.0011	3,069
35.6	838.3	0.000	1726	2	10	0.0011	3,188
35.6	838.3	0.000	1832	4	10	0.0011	4,565
30.5	592.4	0.000	1924	6	10	0.0011	4,187
25.4	384.5	0.000	2000	3	10	0.0011	1,892
L _{médio} [cm]	2000					Q _{ult} [kgf]	16,901
F.S. Torque	1.1	Fórmula característica das estacas helicoidais para cálculo do torque: Q _{ult} = K _t · T				Q _{resistente} [kgf]	15,364
k _t [m ⁻¹]	21					T _{instalação} [kN.m]	8.0
Ø _{externo} [mm]	101.6					T _{instalação} [ft.lbf]	5,936

Figura 5 - Avaliação do Torque de Instalação

Levando em consideração a parcela de carga solicitante, destinada à ser absorvida pelas hélices, conforme apresentado acima e constante dos projetos estruturais:

$Q_{\text{resistente}} \geq Q_{\text{resistente de cálculo}}$, ou seja, $15,36 \text{ tf} > 12,01 \text{ tf}$ – Dimensionamento geotécnico validado.

$$T_{\text{instalação}} = 8,00 \text{ kN.m} \approx 6.000 \text{ ft.lbf}$$

Abaixo as características mecânicas e geométricas da estaca utilizada no projeto H2OME, considerando hastes tubulares com aço A500 de $f_y \geq 350 \text{ MPa}$ (mínimo) patinável:

- Diâmetro externo do tubo utilizado (Ø): 101,6mm;
- Espessura da parede do tubo (e): 6,4mm;
- Torque máximo suportado pela estaca*: 23,1 kN.m \approx 17.000 ft.lbf.

* adotado fator de segurança de 1,3.

2.4.1 Cálculo Do Alongamento Elástico Da Estaca

Durante os ensaios de rotina e validação das estacas helicoidais sujeitas a tração, ocorrem deslocamentos dados pelas iterações abaixo e que devem ser descontado do registrado:

$$\delta_{\text{total}} = \delta_{\text{hélicexsolo}} + \delta_{\text{alongamento}} \quad (5)$$

Sendo assim, do valor total de deslocamento obtido no ensaio deve ser descontado o valor do alongamento do material aço que para a(s) torre(s) do projeto são:

$$\delta_{\text{total}} = \frac{P \cdot L}{A \cdot E} \quad (6)$$

Onde:

P - carga atuante na estaca;

L - comprimento total da estaca;

A - área líquida transversal da haste;

E - módulo de elasticidade do aço $2,04 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



2.4.2 Cálculo do Comprimento Mínimo da Estaca

Para que as hélices tenham o desempenho necessário é importante que a profundidade mínima de instalação, que é uma relação direta com o diâmetro das hélices, seja atendida.

O distanciamento entre as hélices deve ser superior a 3 vezes o diâmetro da última (Figura 8), e a distância da última hélice até a superfície superior a 8 vezes o diâmetro da mesma.

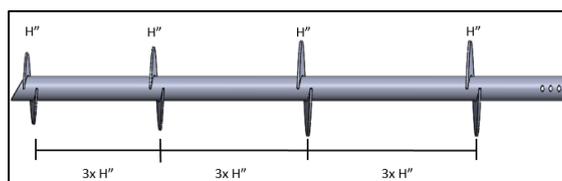


Figura 6 – Distanciamento Entre as Hélices

Sendo assim:

- Instalação utilizando seção guia e a extensão com hélices: $L_{mínimo} = 670,0\text{cm} \approx 6,7\text{m}$.

2.4.3 Cálculo Da Flambagem

Quando uma estaca helicoidal é submetida a uma carga de compressão, tende a se deformar lateralmente devido à flexibilidade do material e ao comprimento relativamente longo em relação à sua seção transversal. Em função disso é realizado o cálculo de flambagem visando avaliar a estabilidade estrutural e garantir sua capacidade de resistir ao carregamento aplicado sem que sofra deslocamento excessivo.

É considerado comprimento livre da estaca, todo o comprimento de estaca aflorado mais o comprimento embutido em solos onde o NSPT é inferior a 4 golpes.

$$P_{CR} = \frac{\pi \cdot E \cdot I_{XY}}{L_f^2} \quad (7)$$

O comprimento de flambagem (L_f) é definido considerando que a estaca estará engastada em uma das extremidades no solo (embutimento) e na outra extremidade estará parafusada ao bloco metálico ou embutida em concreto armado, ou seja, também engastada. Para esta condição, engastada-engastada, adotado:

$$L_f = 0,5 \times L \quad (8)$$

A condição para que não ocorra flambagem levando em consideração a região da estaca envolvida pelo graute é que $PCR \geq Q_{resistente}$. Portanto teremos que:

$$L_f \leq \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{XY}}{Q_{ins}}} \therefore L_f \leq 25\text{m} \therefore L_f \leq 50\text{m} \quad (9)$$

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Desta maneira, considerando que o afloramento máximo da estaca acima do nível do solo é de 3m (± 10 cm), o comprimento dentro de solos onde o NSPT for inferior a 4 golpes é de 50m.

2.4.3 Proteção Para Mitigar A Corrosão

Quando o solo possui uma agressividade muito severa, faz-se necessária a adoção de medidas para mitigar o potencial corrosivo daquele solo específico para proteger as estacas metálicas helicoidais. Conforme Perko (2009), são classificados solos agressivos conforme a tabela abaixo:

Resistividade do solo (Ohm.cm)	Categoria do potencial corrosivo	Exemplo de solos
0 - 2.000	Severo	Solos em ambientes marinho; orgânicos; siltes e argilas pouco adensadas e saturadas; xistos saturados
2.000 - 10.000	Alto	Argilas densas e saturadas; silte e barro de densidade média; argila saturada até silte arenoso; arenito saturado
10.000 - 30.000	Moderado	Argilas secas ou pouco saturadas; siltes e siltes secos; areia e cascalho; calcário
>30.000	Baixo	Vegetação seca; arenito seco; areia e cascalho limpos e secos; ardósia e granito

Figura 7 - Classificação Resistividade do Solo

Portanto, para todos os pontos onde houver utilização de fundação metálica e a resistividade do solo for menor ou igual a 2.000 Ohm.cm, deve se ser adotado algum tipo de proteção anticorrosiva, neste projeto, conforme detalhado anteriormente foi adotado a utilização de um tubo metálico instalado de maneira a envolver plenamente à estaca ao longo do afloramento e no primeiro metro abaixo do nível do solo.

A solução final do projeto de estaca helicoidal com graute está apresentada na Figura 9.

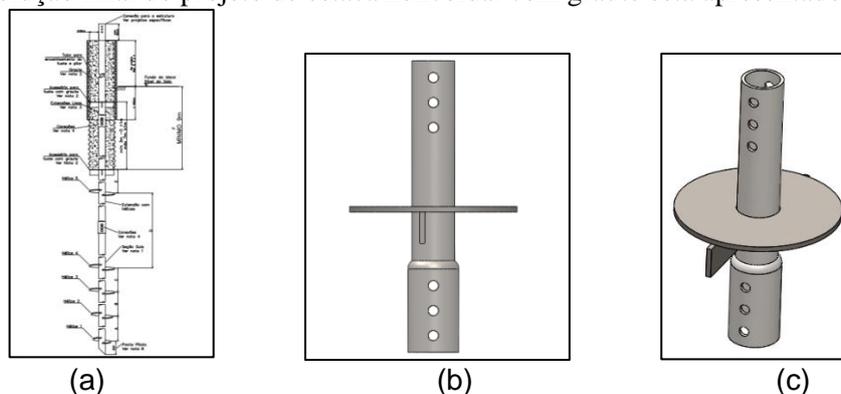


Figura 8 – (a) Projeto de Helicoidal com Graute; (b) e (c) Detalhe do Acessório para Fuste com Graute

2.5 Ensaios de Convalidação

Durante a etapa de ensaios de convalidação do projeto H2ome foram realizadas duas cravações testes que atingiram cerca de 26 metros de profundidade: uma com preenchimento de graute e outra sem. Posteriormente, foram executados ensaios estáticos (prova de carga estática) para avaliar o comportamento da carga versus recalque nas fundações.

A estaca sem utilização de graute apresentou, ainda no primeiro ciclo, com carga da ordem de 80% da carga máxima do ensaio deslocamento médio da ordem 89,22 milímetros, resultado

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



muito acima do limite de cálculo, que, para este projeto, eram de 50 milímetros. Já a estaca com graute apresentou resultado satisfatório obtendo deslocamento máximo de 21,13 milímetros, à 100% da carga, em dois ciclos



Figura 9 - Cravação e Concretagem das Estacas. (Acervo Interno Elecnor do Brasil)

3.0 Implantação Do Projeto

A comunidade ao qual se localiza o projeto H2OME é chamada de Muratubinha, e se localiza ao longo de um dos efluentes do Rio Amazonas, próximo a Lagoa Cativo, no município de Óbidos no Pará. A comunidade possui aproximadamente 270 habitantes e a implantação do projeto visa aumentar o desenvolvimento socioeconômico e educacional da comunidade, melhorando assim a qualidade de vida dos habitantes. A solução de estaca helicoidal com preenchimento de graute foi adotada para as plataformas dos contêineres, dos painéis solares e da caixa d'água.

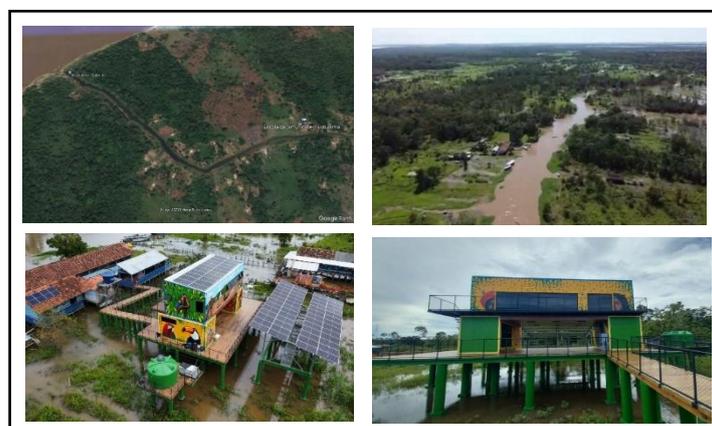


Figura 10 - Localização e o Projeto H2ome Finalizado. (Acervo Interno Elecnor do Brasil)

4.0 Conclusão

Os desafios construtivos, logísticos e geotécnicos do projeto H2ome - financiado pela fundação Elecnor, proporcionou o surgimento de um novo conceito de estaca helicoidal no Brasil, podendo ser adotada como solução para situações que apresentarem perfil de solo semelhante à deste projeto, portanto, baixa capacidade portante ao longo de representativas camadas.

Do ponto de vista construtivo, esta solução impôs uma série de vantagens que apresentou efeitos ainda mais positivos por se tratar de região amazônica com grande relevância global e que

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



requer responsabilidades tanto na necessidade da conservação ambiental como na proteção da biodiversidade.

A ausência de vibrações permite que este tipo de fundação seja adotado em regiões com construções vizinhas, sem que comprometa as estruturas próximas. Além disso, a velocidade na instalação e a possibilidade de utilizar equipamentos menos robustos que facilitam a logística de transporte resultando assim em maior produtividade da obra.

Do ponto de vista estrutural da estaca, o tubo de revestimento juntamente com a aleta (acessório para fuste) com preenchimento de graute, possibilitou a aplicação em regiões alagadas, com variação de nível d'água que exigem fundações com afloramentos elevados.

A solução desenvolvida permitiu ainda aumentar a resistência da fundação contra corrosão já que contou com a utilização de graute criando uma barreira entre a estaca e o ambiente corrosivo. Sendo assim, o tipo de fundação proposto foi suficientemente capaz de resistir aos esforços solicitados eliminando ainda a possibilidade de flambagem.

Além disso, como observado nos ensaios de convalidação a estaca utilizada com injeção de calda de cimento apresentou resultados de deslocamento satisfatório, ou seja, deslocamentos consideravelmente menores em relação à estaca sem a utilização de graute.

Através do exposto neste trabalho, observou-se diversos benefícios na utilização das estacas helicoidais com preenchimento de graute, o que confirmou ser a melhor solução de fundação para o projeto H2ome da Fundação Elecnor.

5.0 Referências Bibliográficas

ALONSO, Urbano Rodriquez. Dimensionamento de Fundações Profundas. 2. ed. Brasil: Blucher, 2012. 158 p.

NBR 6122 – Projeto e execução de fundações, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 6484 – Sondagens de simples reconhecimento com SPT, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 8800 – Estruturas metálicas, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR 16903 – Solos – Prova de carga estática em fundações profundas, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR ISO 1001:2004 – Sistema de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

PFEIL. Estruturas de Aço Dimensionamento Prático. 8. ed. Brasil: Ltc, 2008. 380 p. CAMPOS, João Carlos de. Elementos de Fundações em Concreto. Brasil: Oficina de Textos, 2015. 544 p.

PERKO, Howard A.. Helical Piles: A Practical Guide to Design and Installation. Usa: Wiley, 2009. 529 p.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco R. Fundações – Volume único. Brasil: oficina de textos, 2011. 568p.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

