



Fundações Profundas em Divisas de Terreno com Estacas Tipo Secantes: Vantagens Técnicas e Comerciais

Renato Goldbach

Diretor Técnico, Soloteste Engenharia Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, renato@soloteste.com.br

Sergio Goldbach

Diretor Técnico, Soloteste Engenharia Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, sergio@soloteste.com.br

RESUMO: A construção civil enfrenta, ao longo dos anos, diversos desafios técnicos devido a diminuição de terrenos de grandes proporções disponíveis para novas edificações, principalmente em grandes centros econômicos do país. Com a necessidade de uso de terreno com dimensões reduzidas ou até mesmo projetos em *retrofit*, se faz necessária a implementação de alternativas técnicas que garantam o sucesso do empreendimento, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos. Dentro dessa temática, a adoção de fundação profunda combinando o procedimento de estacas tipo secante (CSP) para contenções de cavas/escavações/subsolos com estacas hélice entubadas no alinhamento divisório do terreno garante não só maior agilidade na execução dos seus elementos, como reduz etapas futuras, como escavação para grandes blocos de coroamento, eliminação de vigas de transição devido a garantia de não-excentricidade entre forças atuantes e forças resistentes, trazendo uma alternativa de melhor custo x benefício para diversos empreendimentos imobiliários país a fora. O presente artigo traz definições técnicas dessa solução combinada entre estacas de fundação e contenção bem como casos de obra e seu histórico de vantagens e desafios para execução em diferentes tipos de solo.

PALAVRAS-CHAVE: estacas secantes, fundação divisa de terreno, fundação profunda.

ABSTRACT: A construction industry has faced numerous technical challenges over the years due to the decrease in available land with ample space for new buildings, particularly in major economic centers of the country. With the need to utilize smaller plots of land or even engage in retrofit projects, the implementation of technical alternatives becomes essential to ensure the success of the endeavor, both in technical and economic aspects. Within this context, the adoption of deep foundations combining the secant pile wall (CSP) procedure for retaining excavations and subsurfaces with helical piles positioned along the property boundary not only ensures greater efficiency in the execution of its components but also reduces future steps. These steps may include excavation for large cap blocks and eliminate the need for transitional beams due to the guarantee of non-eccentricity between the acting and resisting forces. As a result, this approach offers a more favorable costbenefit ratio for various real estate developments throughout the country. This article provides technical definitions of this combined solution involving foundation and containment using piles, as well as real-life case studies and its historical record of advantages and challenges in executing it across different soil types.

KEYWORDS: Secant piles, property boundary foundation, deep foundation.

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



1 Introdução

A indústria da construção civil tem enfrentado mudanças significativas ao longo dos anos devido à urbanização contínua e ao crescimento das cidades. Em centros econômicos densamente povoados, a disponibilidade de terrenos de grandes proporções para novas edificações tem se tornado cada vez mais escassa. Esse cenário impõe desafios técnicos e criativos para engenheiros e projetistas, que precisam encontrar soluções inovadoras para a construção de estruturas sólidas e seguras em espaços limitados.

A diminuição de terrenos amplos disponíveis para construção resulta em uma competição por espaço valioso em áreas urbanas já estabelecidas. Grandes áreas que antes seriam naturalmente dedicadas a novas construções estão sendo substituídas por edifícios mais altos e densos, abrindo caminho para uma verticalização das cidades. No entanto, essa mudança de paradigma não é isenta de desafios.

A necessidade de utilizar terrenos com dimensões reduzidas ou realizar projetos de retrofit em estruturas existentes requer uma abordagem mais criativa e adaptável à realidade atual. A busca por soluções que permitam a edificação em espaços limitados sem comprometer a segurança estrutural, a eficiência operacional e a viabilidade econômica têm se tornado uma prioridade.

É dentro desse contexto que a aplicação de fundações profundas com estacas tipo secante em divisa de terreno se destaca como uma abordagem inovadora e promissora. Essa técnica não apenas lida com as limitações de espaço, mas também apresenta vantagens adicionais, como a otimização de processos de construção, eliminação de elementos estruturais complexos e garantia de estabilidade em projetos que enfrentam proximidade com terrenos vizinhos.

Este artigo explora a viabilidade e os benefícios dessa solução combinada, apresentando definições técnicas, análise de casos de obra e considerações geotécnicas e estruturais relevantes. O objetivo é oferecer insights detalhados sobre a aplicação das estacas tipo secante em fundações profundas, contribuindo para a compreensão de como a indústria da construção pode superar os desafios impostos pela escassez de terrenos amplos, de forma segura e eficaz.

2 Estaca tipo secante e suas definições

2.1 Conceituação

Estaca secante é um tipo de estaca escavada por processo rotativo, moldada in loco e composta por estacas justapostas de concreto. A parede final é composta por estacas secantes entre si, conforme se pode observar na figura 1.

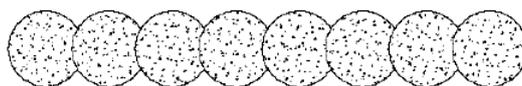


Figura 1. Croquis de estacas secantes (GOMES, 2014)

Este método tem origem na adaptação do equipamento de execução de estacas hélice contínua, para a construção de uma cortina de contenção.

Na Europa, são empregadas, com maior frequência, Estacas Secantes nos diâmetros de 420, 520 e 620 mm. No Brasil, a maior parte dos projetos contemplam estacas com diâmetros de 420

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



mm.

Tecnologia ainda recente em nosso país, a estaca chegou ao Brasil há cerca de quinze anos sendo empregada fundamentalmente no estado de São Paulo. Nos últimos dois anos, as paredes de contenção com estacas secantes começaram a ganhar espaço no mercado construtivo brasileiro com a chegada de novos equipamentos no país e a tendência é que cresça ainda mais.

As fundações profundas com estacas tipo secantes oferecem vantagens técnicas, como alta capacidade de carga e resistência à compressão do solo. Além disso, podem ser utilizadas em terrenos de difícil acesso ou com restrições de espaço, devido ao processo construtivo vertical. Comercialmente, essas fundações podem reduzir a necessidade de escavação excessiva, o que pode resultar em economia de custos e tempo durante a construção.

2.2 Processo construtivo

O procedimento executivo apresenta uma metodologia similar a das estacas contínua, com quatro fases distintas: locação - mureta guia; perfuração; concretagem e lançamento da armadura ou perfil metálico.

2.2.1 Locação – Mureta guia

A locação das estacas secantes é um dos procedimentos executivos mais importantes em todas as fases de execução. Diferentemente das estacas hélice, em que pequenas excentricidades são permitidas inclusive pela norma brasileira, as estacas secantes devem obedecer rigorosamente à locação descrita em projeto. Deste modo, é necessária a execução de uma mureta guia em concreto, capaz de garantir a locação exata das estacas. Sua execução consiste basicamente na escavação de uma vala, na qual é posicionada a fôrma onde as estacas serão executadas e, em seguida, é lançado o concreto em suas laterais (figura 2).



Figura 2. Forma de isopor identificada e com a mureta concretada (autoria própria)

Ao executar estacas em solos arenosos com presença de água, especial cuidado deve ser tomado em relação às muretas guias. Visando diminuir a possibilidade de infiltrações através das estacas, usualmente a distância entre eixos deve ser menor neste tipo de solo, aumentando a

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



interseção das estacas. Cabe ressaltar que o procedimento de execução dessas estacas não gera juntas entre as mesmas, diminuindo a possibilidade de infiltração e/ou vazamentos, garantindo a estanqueidade da técnica. É recomendado, mesmo assim, que haja um acompanhamento técnico por parte do executor das estacas mesmo após sua conclusão, garantindo a eficiência do método durante a fase de escavação. Figura 2. forma de isoper identificada e com a mureta concretada.

2.2.2 Perfuração

A fase de perfuração das estacas secantes se divide basicamente em duas etapas, conforme figura 3. Na primeira etapa são executadas as estacas primárias, que serão posteriormente recortadas. Na segunda etapa são executadas as estacas secundárias, entre duas estacas primárias.

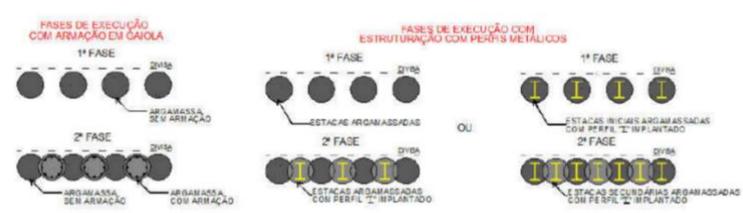


Figura 3. Fases executivas das estacas secantes (JOPPERT JR., 2007)

As estacas secundárias sempre devem ser executadas recortando duas estacas primárias adjacentes. Deste modo, garante-se a interação total das peças e a eliminação de falhas (figura 4).



Figuras 4 e 5. Vista superior do detalhe da interseção de estacas secantes (autoria própria) e Detalhe da ponta do tubo (FLEURY,2012)

O equipamento adotado é uma perfuratriz semelhante à empregada na execução de estacas hélice contínua, com o diferencial de possuir cabeçote de dupla rotação, capaz de girar a hélice em sentido horário e o tubo em sentido oposto. A ponta do tubo é confeccionada em aço-vídea (figura 5), para permitir o recorte das peças de concreto.

2.2.3 Concretagem

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



O procedimento de concretagem é idêntico ao adotado nas estacas hélice, com monitoramento por computador. O bombeamento é feito simultaneamente à retirada do trado, podendo o tubo girar em sentido anti-horário, favorecendo a subida do material e diminuindo o atrito com o solo. A saída do concreto se dá por uma “janela” existente na lateral da ponteira da hélice (figura 6).



Figura 6. Detalhe da ponteira com saída lateral (FLEURY, 2012)

2.2.4 Armação

Em regra, as estacas primárias não são armadas, sendo preenchidas apenas com concreto ou argamassa, enquanto as secundárias devem receber a armação necessária para suportar a solicitação de empuxos a que estarão expostas.

A armação das estacas pode ser composta por “gaiolas” formadas por barras verticais e estribos soldados (figura 7), também sendo possível o emprego de perfis laminados, normalmente das linhas W200 e W250. De acordo com as características de cada projeto, podem ser implementadas alterações executivas, como a introdução de armações em estacas primárias.



Figura 7. Armação empregada nas estacas secantes (FLEURY, 2012)

3 Utilização de estacas tipo secante para fundações profundas em divisa de terreno

O procedimento de estacas tipo secante é comumente utilizado para a contenção do terreno, viabilizando escavações otimizadas para o empreendimento. Nessa configuração, as estacas resistem ao empuxo de terra e da água, se houver, proveniente do desnível do nível do terreno (NT) existente nas adjacências da cortina de estacas. Dessa forma, os esforços horizontais são absorvidos por flexão dessas estacas.

De forma combinada e visando a otimização dos projetos, as mesmas estacas executadas para o sistema de contenção do empreendimento podem resistir aos esforços de compressão a elas

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





aplicadas, possibilitando, assim, receberem os carregamentos de pilares localizados ao longo do alinhamento da cortina. Para tanto, o projeto deverá dimensionar as estacas de forma a resistir ambos os esforços – flexão e compressão – levando em consideração o posicionamento e carga dos pilares, interação solo-estrutura para cálculo de atrito lateral e resistência de ponta em grupo de estacas, além do empuxo gerado.

No procedimento executivo dessa solução, as estacas de contenção+fundação são executadas até sua cota de ponta prevista em projeto (que não são necessariamente iguais as demais estacas de contenção que resistem apenas ao empuxo). Após a cura completa das estacas, há o processo de arrasamento das mesmas e a viga de coroamento é executada no topo das estacas, garantindo assim, a solidarização das mesmas. Durante o processo de armação da viga de coroamento, a armadura de arranque dos pilares é instalada, permitindo assim, que os pilares nasçam sobre a viga de coroamento que, por sua vez, transmite a carga para as estacas de forma axial, sem a geração de momentos fletores adicionais.

3.1. Vantagens técnico-comerciais dessa utilização

Essa modalidade de uso combinado de esforços aplicados em estacas tipo secante gera diversos benefícios técnico-comerciais para o empreendimento, garantindo maior agilidade para as atividades e, conseqüentemente, maior competitividade ao empreendimento.

Usualmente, pilares de periferia, localizados no limite do alinhamento do terreno possuem blocos de fundação com centro de gravidade excêntricos ao eixo de aplicação do carregamento, uma vez que não é possível centralizá-los, pois isso acarretaria na utilização do terreno vizinho, o que não é permitido na maioria dos casos. Essa configuração geométrica gera momento fletor adicional à fundação, e, dessa forma, verifica-se a necessidade de estacas adicionais e/ou vigas de equilíbrio para resistir integralmente aos carregamentos axiais de compressão gerados por esses pilares.

A absorção das cargas dos pilares de divisa, localizados ao longo da cortina de estacas secantes, é feito de forma alinhada entre o eixo de aplicação de carga (pilar) e o centro de gravidade das estacas (alinhamento da viga de coroamento). Isso permite que a carga seja resistida pelas estacas tipo secante sem a necessidade de estruturas de apoio, uma vez que não há a geração de momento fletor, pois não há excentricidade na fundação.

Adicionalmente, a utilização das estacas tipo secante como fundação dos pilares da divisa do empreendimento elimina, também, a necessidade da execução de blocos de coroamento das estacas na cota abaixo da laje do subsolo, uma vez que os pilares nascem na viga de coroamento localizada no topo das estacas. Essa alternativa evita escavação adicional na cota abaixo da laje do subsolo, evitando e/ou diminuindo, muitas vezes, a necessidade da instalação de rebaixamento de lençol freático (uma vez que em diversos empreendimentos pelo Brasil, o subsolo é implantado abaixo do nível do lençol freático (NA) da região. Isso garante uma economia significativa de recursos e tempo para o empreendimento, além de evitar os riscos gerados pelo rebaixamento do lençol freático junto a construções vizinhas à obra.

A utilização de estacas tipo secantes para absorção de carregamentos combinados trazem, além das vantagens acima citadas, um benefício adicional em relação a outros métodos executivos de mesma finalidade, como parede diafragma, por exemplo, é a redução de área útil necessária para instalação dos equipamentos e acessórios para execução das estacas. Assim, é possível utilizar esse procedimento inclusive em canteiros de dimensões reduzidas, aumentando sua aplicabilidade e, conseqüentemente, reduzindo custos para a operação.

O equipamento de estaca secante pode ser utilizado, quando necessário, para execução de

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



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Eventos Especiais

Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br

estacas tipo hélice contínua monitorada, devido a semelhança no processo e operação dos métodos. Assim, é possível otimizar a execução das fundações dos pilares do centro do terreno com o mesmo equipamento, garantindo assim, maior agilidade e economia para o projeto.

4 Casos de obra na cidade do Rio de Janeiro

4.1 Obra Parque Sustentável Gávea

Este empreendimento residencial multifamiliar está localizado no Bairro da Gávea na Cidade do Rio de Janeiro. A construção e incorporação é de responsabilidade da MOZAK ENGENHARIA. Ele está atualmente em execução e as atividades de estaca secante ocorreram entre abril e junho de 2023.

Nesse empreendimento, o projeto executivo previu a instalação de 1.112 (mil cento e doze) estacas secantes de contenção e 84 (oitenta e quatro) estacas secantes de contenção+fundação, para resistir os carregamentos de 28 pilares localizados ao longo da divisa do terreno junto a edificações vizinhas.

Além das estacas secantes na periferia do empreendimento, foram executadas estacas tipo hélice contínua monitorada no centro do terreno para resistir as cargas dos demais pilares do empreendimento.

Por se tratar de um projeto que prevê a escavação para execução de um subsolo na totalidade da área do terreno, a solução em estacas tipo secante trouxe maior agilidade, permitindo a escavação otimizada do terreno, sem a necessidade de estruturas e/ou etapas adicionais. Somado a isso, a utilização de estacas secantes para as fundações dos pilares da divisa garantiu maior economia ao projeto.

Nas figuras 8 e 9, é possível identificar a armadura do pilar nascendo na viga de coroamento.



Figuras 8 e 9: Trecho da viga de coroamento das estacas secantes com detalhe para o preparo para recebimento da armadura do pilar existente na periferia (autoria própria) e Trecho da viga de coroamento das estacas secantes com detalhe para o arranque da armadura do pilar instalada

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



na viga de coroamento das estacas tipo secante (autoria própria)

4.2 Obra Edifício Comercial Estrada do Tindiba

Este empreendimento comercial localizado no Bairro da Taquara – Jacarepaguá – Rio de Janeiro – RJ. Foi realizado pela CONSTRUTORA KLAICON, no ano de 2013.

A edificação foi projetada com 2 níveis de subsolo para atender ao estacionamento do empreendimento. Dessa forma, houve a escavação de 6,00m (seis metros) após a execução das estacas tipo secante.

Foram executadas 320 (trezentos e vinte) estacas secante de contenção e 28 (vinte e oito) estacas secante de contenção+fundação para resistir 7 (sete) pilares localizados na divisa do empreendimento. Para os pilares centrais, as fundações foram dimensionadas em estacas tipo hélice continua monitorada e executada com o mesmo equipamento.

As figuras 10 e 11 apresentam a visão geral da obra durante a etapa de execução da laje do segundo subsolo, com detalhe para pilares de divisa apoiados na viga de coroamento das estacas secante, evitando a necessidade de escavação adicional para esses blocos bem como eliminando o uso de vigas de equilíbrio e/ou outras soluções complementares para essa fundação.



Figuras 10 e 11. Visão geral da obra durante a etapa de armação da laje de subpressão com detalhe para a armadura do pilar de divisa (autoria própria)

4.3 Obra TV Globo Jardim Botânico

O empreendimento comercial foi edificado no ano de 2017, no bairro do Jardim Botânico – Rio de Janeiro – RJ, para atender a equipe técnica da TV Globo. Foi construído pela CONSTRUTORA TECTO. Situado em um terreno de esquina entre duas ruas de grande movimento, a edificação contava com dois subsolos para estacionamento, necessitando assim de escavação de 8,00 metros de profundidade. O nível do lençol freático da região está aproximadamente a 1,50m abaixo do topo da viga de coroamento das estacas.

Foram implantadas 568 (quinhentos e sessenta e oito) estacas tipo secante para contenção e 72 (setenta e duas) estacas secantes para contenção+fundação para absorver a carga de 8 (oito) pilares situados ao longo da periferia da edificação.

A partir do estudo geotécnico detalhado quanto a permeabilidade da camada de argila situada próximo a cota final de escavação do empreendimento e do cálculo da redução do gradiente hidráulico devido ao conjunto de estacas secantes existentes (solução que garante estanqueidade por não possuir juntas de concretagens para a passagem de água), foi possível dimensionar a escavação sem a necessidade da utilização de rebaixamento do lençol freático, garantindo assim economia no processo e mais segurança às estruturas adjacentes a edificação.

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



Na figura 12 é possível observar o empreendimento com a escavação concluída, antes da etapa de execução da laje de subpressão do subsolo sem a utilização de bombas de rebaixamento de lençol freático. É possível observar também o arranque de espera dos pilares nascendo sobre a viga de coroamento das estacas.

Assim como os demais caso de obra, as fundações dos pilares de centro do empreendimento foram executadas com estacas tipo hélice contínua monitorada.



Figura 12. Visão geral da obra (autoria própria)

5 Conclusões

A utilização de estacas tipo secante para carregamentos combinados de contenção e fundações de pilares localizados na periferia de terrenos traz grandes benefícios técnico-econômicos para os empreendimentos, pois trazem maior agilidade no processo, redução de atividades secundárias, trazendo otimização dos custos para os empreendedores.

Como principais vantagens, pode ser destacado:

- Eliminação de excentricidade entre eixo de carga axial dos pilares e centro de gravidade das fundações, eliminando a necessidade de estacas adicionais e/ou vigas de equilíbrio na estrutura;

- Eliminação de blocos de coroamento específicos para os pilares de periferia, podendo utilizar a viga de coroamento da contenção para apoiar os pilares, diminuindo assim escavação na cota abaixo da laje do subsolo, evitando e/ou reduzindo a necessidade de rebaixamento de lençol freático, trazendo mais economia e segurança ao empreendimento;

- Possibilidade de executar estacas em canteiros de menores dimensões devido a sua estrutura acessória enxuta, garantindo o uso da técnica em locais de acesso restrito.

Dessa forma, e entendendo a necessidade pela busca de soluções que visam o melhor custo x benefício para os clientes, a solução da utilização de estacas tipo secante para fundações profundas em pilares de divisa apresenta resultado de grande competitividade técnico-comercial para projetos de pequeno, médio e grande porte em todo território nacional.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao corpo técnico das empresas Solomek Engenharia e Fundações, Soloteste Engenharia LTDA e seus clientes pela disponibilidade de tempo, projetos e registros de suas obras em que foram executadas Estacas Secantes para fundações em pilares situados na divisa dos empreendimentos.

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



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF (2012) – Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. Manual de execução de fundações e geotecnia – Práticas recomendadas. 1 ed. São Paulo, Pini.

ABESC - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem. Estacas Secantes. Disponível em <http://www.abesc.org.br/tecnologias/tec-fundacoes/sistemas_fundacoes_esec.html>. Acesso em: 17 de julho de 2014.

CZM FOUNDATION EQUIPMENT. Estaca Secante – EK18OES. Disponível em <http://www.abesc.org.br/tecnologias/tec-fundacoes/sistemas_fundacoes_esec.html>. Acesso em: 17 de julho de 2014.

FLEURY, Gustavo Vorcaro (2012), Estacas secantes – características gerais e procedimentos executivos. Solomek Fundações Especiais (grupo Soloteste / Meksol).

GOLDBACH, R et al (2015), Utilização de estacas-hélice secantes (csp) como solução para construção de subsolos – casos de obra. Seminário de Engenharia e Fundações SEFE 8. Junho de 2015.

GOMES, Romero César (2014). Material didático da disciplina Obras de Terra. Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP. Engenharia Civil.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz et al (1988). Fundações Teoria e Prática. 2 ed. São Paulo, Pini.

JOPPERT JR, Ivan (2007). Fundações e contenções de edifícios – qualidade total na gestão do projeto e execução. 1 ed. São Paulo, Pini.

MARTINS, Juliano Lopes (2009). Estacas secantes – Uma alternativa à parede diafragma?, Disponível em: <http://julianolm.wordpress.com/2009/08/30/maestacas-secantes-uma-alternativa-a-parede-diafragma/>>. Acesso em: 23 de julho de 2014.

MUSSARRA, Marcello Duarte (2008). Parede diafragma com estacas secantes. Dissertação (Graduação) – Universidade do Estado de Santa Catarina-UESC. Joinville, junho de 2008.

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

