

# Novas tecnologias usadas no acabamento do concreto **de estacas** – técnicas de arrasamento

ABRAHÃO B. ROHDEN - PROF., DR. - <https://orcid.org/0000-0002-8652-5064> (abrcivil@gmail.com) ; JOÃO V. F. DAMÁSIO - ENG. – PUCRS

## RESUMO

O ARRASAMENTO DE ESTACAS DE CONCRETO DO TIPO HÉLICE CONTÍNUA É UMA ATIVIDADE REALIZADA APÓS A EXECUÇÃO DAS ESTACAS E ANTES DA CONSTRUÇÃO DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO. NESTE SERVIÇO A QUALIDADE E PRODUTIVIDADE SÃO ESPECIALMENTE IMPORTANTES EM OBRAS COM ELEVADO NÚMERO DE ESTACAS. EXISTEM DIFERENTES MÉTODOS DE ARRASAMENTO DE ESTACAS, DENTRE ELES O USO DO MARTELO DEMOLIDOR, USO DE FERRAMENTA ESMAGADORA E O ENFRAQUECIMENTO DA SEÇÃO DE CONCRETO. O OBJETIVO DESTA TRABALHO FOI APRESENTAR TRÊS MÉTODOS DIFERENTES PARA O ARRASAMENTO DE ESTACAS, COMPARANDO CUSTOS E PRODUTIVIDADE. PARA ISSO, REALIZOU-SE UM ESTUDO EM OBRA NO QUAL AVALIARAM-SE OS PROCEDIMENTOS, A PRODUTIVIDADE, OS CUSTOS E AS DIFICULDADES PRÁTICAS DE CADA MÉTODO DE ARRASAMENTO EM ESTACAS DE DIFERENTES TAMANHOS. OS RESULTADOS INDICARAM QUE O MÉTODO DE ENFRAQUECIMENTO DA SEÇÃO, COMBINADO AO MARTELO DEMOLIDOR PARA AJUSTES, É UMA SOLUÇÃO VANTAJOSA POR ALIAR SEGURANÇA, ECONOMIA E BOM DESEMPENHO. A PESQUISA REFORÇA A IMPORTÂNCIA DE ADAPTAR A ESCOLHA DOS MÉTODOS ÀS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DO PROJETO, BEM COMO A BUSCA POR INOVAÇÃO PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE E REDUZIR CUSTOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

**PALAVRAS-CHAVE:** ARRASAMENTO DE ESTACAS, FUNDAÇÕES, ENGENHARIA CIVIL.

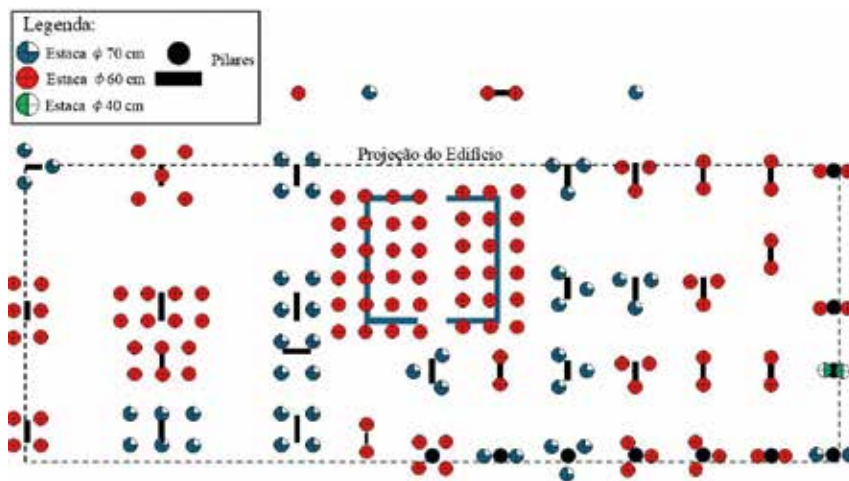
## 1. INTRODUÇÃO

As estacas hélice contínua monitoradas têm sido cada vez mais utilizadas no Brasil. Esta classe de fundação reserva-se em utilizar uma máquina para perfurar o solo com um trado metálico helicoidal atingindo a profundidade desejada, a concretagem simultânea à retirada da hélice do solo até a cota de apoio do equipamento e a instalação da armadura. É denominada monitorada, pois o operador consegue monitorar a profundidade, o volume de concreto injetado, o máximo torque de giro da hélice e um gráfico de perfil da estaca (ABEF, 2022). Diferentemente dos demais métodos de execução de estacas escavadas onde a altura da concretagem das estacas pode ser definida durante a execução da concretagem do elemento, para a estaca de hélice contínua a concretagem sempre é realizada até o nível do solo, ou seja, toda a altura da perfuração é concretada.

Este fato geralmente aumenta a altura de arrasamento do elemento.

A tarefa subsequente à concretagem da estaca por hélice contínua é o arrasamento e preparação do topo da estaca para receber as armaduras dos blocos. Este procedimento pode ser feito por diferentes métodos, como arrasamento de estaca com a ferramenta de martelo demolidor, quebrando o concreto em volta da armadura da estaca; com um equipamento mecânico que se acopla na máquina escavadeira, gerando pressão hidráulica para esmagar o concreto ao envolver a estaca; ou enfraquecendo a seção do concreto da estaca com determinado material, como madeira ou isopor, tornando-a fácil de ser arrasada. Há diversas limitações no arrasamento das estacas, por exemplo na altura de concretagem, gerando perdas da ordem de até 20%.

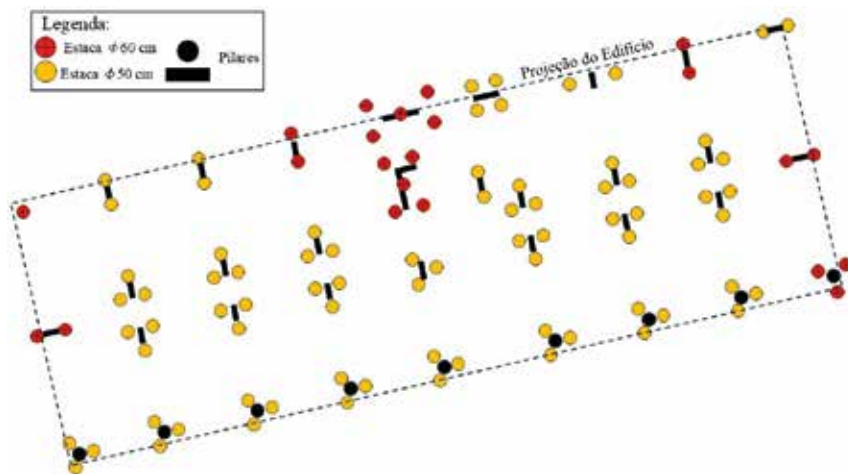
Com o avanço das tecnologias presentes no ramo da construção civil, cada vez mais se busca utilizar mecanismos que reduzam prazo de execução de determinadas tarefas e apresentem economia de custo para o empreendimento. A questão deste trabalho foi avaliar o custo real entre alternativas existentes sobre a etapa de arrasamento, visando economia para a obra.



**FIGURA 1**

PARTE DO PROJETO DE FUNDAÇÕES DA TORRE 3 DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

FONTE: PROJETO DE FUNDAÇÃO DA EMPRESA CONSTRUTORA DO EMPREENDIMENTO (2024)



**FIGURA 2**  
 PARTE DO PROJETO DE FUNDAÇÕES DA TORRE 4 DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO  
 FONTE: PROJETO DE FUNDAÇÃO DA EMPRESA CONSTRUTORA DO EMPREENDIMENTO (2024)

O objetivo deste trabalho foi apresentar três métodos diferentes para o arrasamento de estacas, comparando custos e produtividade. Também foram apresentadas as dificuldades e melhorias que se obtêm na execução da tarefa. Este estudo se delimitou a métodos de arrasamento utilizados em estacas do tipo hélice contínua. O trabalho compreendeu o estudo de uma única obra construída na cidade de Porto Alegre.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O presente estudo foi realizado em uma obra situada na cidade de Porto Alegre, Rio

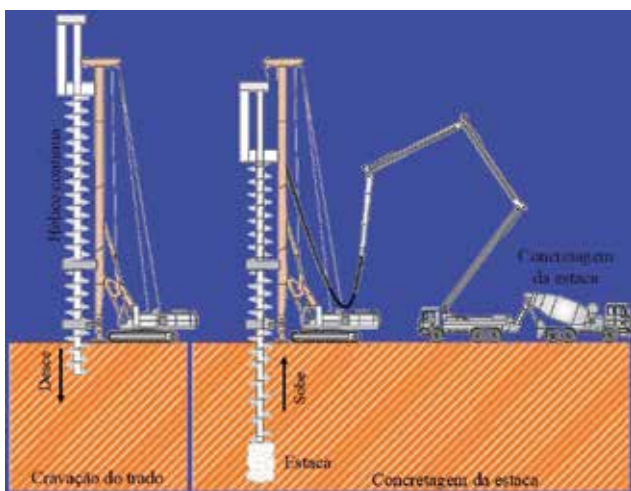
Grande do Sul. A obra foi construída em um terreno com área total de 12.000 metros quadrados e o empreendimento possui, no total, 4 torres que serão construídas em duas etapas. O trabalho foi realizado na primeira etapa (Torres 3 e 4), sendo esta composta de 1 edifício residencial de 16 pavimentos e 01 edifício comercial de 9 pavimentos, iniciados, respectivamente, em fevereiro de 2024 e abril de 2024. O projeto de fundações previa estacas de hélice contínua de diâmetros 40 centímetros, 50 centímetros, 60 centímetros e 70 centímetros, conforme mostrado na Figura 1 e Figura 2.

Como vantagens do uso de

hélice contínua em comparação à estaca escavada, pode-se citar: o maior controle no processo executivo, com monitoramento contínuo; a possibilidade de execução em solos de diferentes características, inclusive solos moles com elevado nível do lençol freático, com baixo nível de ruídos e descompressão do terreno.

As principais etapas de execução das estacas da hélice contínua compõem a limpeza do terreno, removendo vegetação, detritos e outros obstáculos que interferem na perfuração. Em seguida, ocorre a marcação da estaca, podendo ser por gabarito ou topografia. O gabarito deve ser usado para conferência de cota durante a concretagem da estaca. Assim que estiver marcado o eixo da estaca no piquete, a máquina perfuratriz se desloca até o ponto de furação e o operador apruma a torre, deixando-a verticalmente alinhada. Verifica-se, com um prumo, o eixo do trado com a marcação do piquete. Ajustado o eixo, a perfuração do solo é iniciada girando a hélice contínua (trado) até a cota de projeto (Figura 3). Quando finalizada, é realizado o bombeamento do concreto para a estaca através de uma tubulação conectada na parte oca do trado (Figura 4).

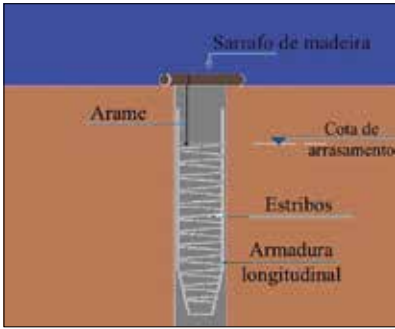
Concluída a injeção de concreto, a máquina perfuratriz se afasta da estaca concretada e é realizada uma limpeza do material escavado realizando-se a colocação da armadura na estaca. A armadura da estaca deve ser preparada anteriormente conforme projeto e introduzida na estaca concretada até o nível de arrasamento, determinado por projeto (Figura 5).



**FIGURA 3**  
 EXECUÇÃO DE ESTACA DE HÉLICE CONTÍNUA



**FIGURA 4**  
 EXTREMIDADE INFERIOR DO TRADO DA HÉLICE CONTÍNUA



**FIGURA 5**  
COLOCAÇÃO DA ARMADURA  
NA ESTACA

Para ocorrer a colocação da armadura até a cota desejada, usa-se um nível laser ou a cota de topo do gabarito.

A cota de arrasamento em um projeto de fundações é determinada pela altura dos blocos de fundação. A cota é um nível até onde será removido excesso de concreto para, posteriormente, a armadura do bloco de fundação apoiar-se sobre a estaca arrasada. Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2022), para execução dos blocos de coroamento, é obrigatório o uso de lastro de concreto magro com espessura não inferior a 5 cm. A cabeça da estaca deve ficar pelo menos 5 cm acima do lastro (Figura 6).

Foram utilizadas estacas com diâmetros de 40 cm, 50 cm, 60 cm e 70 cm. As profundidades das estacas foram de 19 a 23 metros. O arrasamento das estacas foi realizado até a profundidade estabelecida em projeto pelos diferentes métodos estudados neste trabalho. A cota de arrasamento de cada estaca depende do tamanho dos blocos de coroamento, geralmente quanto mais estacas há em um bloco, maior será sua altura, isso faz com que a cota de arrasamento das estacas



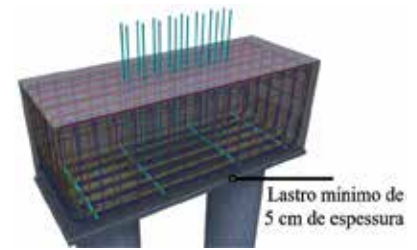
**FIGURA 6**  
ESTACA ARRASADA  
COM CONCRETO MAGRO  
FONTE: NAKAJIMA E MARTINS (2022)

tenha que ser mais profunda. Na Figura 6, é apresentado uma imagem que ilustra o topo de uma estaca após a conclusão do arrasamento, onde ficará exposta a armadura de ligação com o bloco de coroamento que pode ser visto na Figura 7.

## 2.1 Método de arrasamento com martelete (martelo demolidor)

O arrasamento de estacas por martelo demolidor, ou martelete, é o método mais tradicional utilizado no arrasamento de estacas, segundo a NBR 6122 (ABNT, 2022). Ele consiste em remover o excesso de concreto atingindo a cota de arrasamento e mantendo a integridade estrutural do restante da estaca, com procedimentos normativos de execução.

O procedimento utilizado no arrasamento das estacas compreendeu as etapas descritas no fluxograma apresentado na Figura 8. O procedimento foi realizado em 55 estacas do empreendimento.

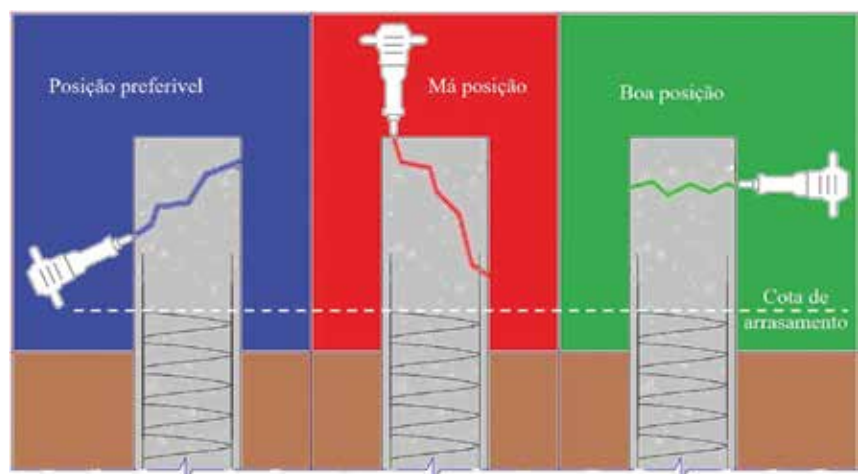


**FIGURA 7**  
ESTACA PRONTA COM ARMADURAS  
DO BLOCO DE FUNDAÇÃO  
FONTE: NAKAJIMA E MARTINS (2022)

Existem diversos tipos de martelo rompedor que possuem diferentes especificações, como maior ou menor potência. Para o arrasamento das estacas estudadas nesta pesquisa, utilizou-se um martelete elétrico de 30 kgf, seguindo o Caderno Técnico do Serviço do SINAPI (2023). O trabalho foi realizado também observando o procedimento estabelecido pela ABEF (Associação



**FIGURA 8**  
PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE ARRASAMENTO POR MARTELETE



**FIGURA 9**  
PRÁTICAS DO ARRASAMENTO POR MARTELO DEMOLIDOR

**TABELA 1**

INDICADOR DE PRODUTIVIDADE EM ARRASAMENTO DE ESTACAS COM MARTELETE

Pilar / Bloco	Diâmetro da estaca	Número de estacas no bloco	Altura do arrasamento (m)	Tempo médio por metro de estaca (h)
P301	70	3	1,3	2,00
P302	60	5	1,7	1,20
P309	60	6	1,6	1,20
P328	60	4	1,4	1,20
P311	70	8	2,1	2,20
P330	70	4	1,5	2,00
P351	60	2	1,05	1,10
P352	60	4	1,4	1,20
P319	60	6	1,6	1,25
P333	60	3	1,25	1,10
P310	60	8	1,9	1,25
P348	40	2	0,90	0,80

Brasileira de Empresas de Fundações e Geotecnia), no qual o martelo deve ser utilizado a 90 graus ou superior, tomando sempre o cuidado de não transmitir a força rompedora verticalmente, ou de forma a trincar ou danificar o restante da estaca (Figura 9).

Na Tabela 1, são apresentados os dados coletados em obra para as diferentes estacas estudadas para as quais o método do martelo demolidor foi aplicado.

A partir da observação em campo e medição do tempo gasto no serviço, calculou-se a Razão Unitária de Produção (RUP), que é um indicador de produtividade de seguindo Loturco (2022).

A partir das RUP's calculadas com os valores indicados na Tabela 1 e considerando os procedimentos descritos na Figura 9, foi elaborada a Tabela 2, na qual são descritos os coeficientes (RUP's) e insumos utilizados na composição de custos do serviço de uma unidade para diferentes diâmetros de estaca.

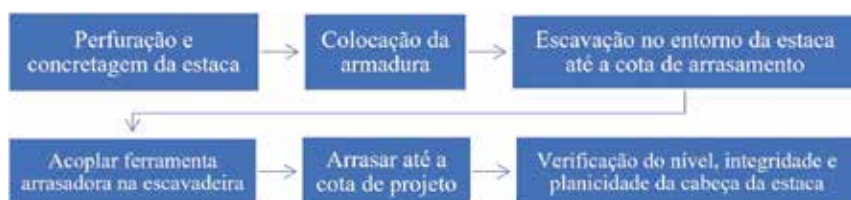
## 2.2 Arrasamento de estacas por ferramenta esmagadora de concreto

O procedimento utilizado no arrasamento das estacas compreendeu as etapas

**TABELA 2**

COMPOSIÇÃO DE INSUMOS PARA O MÉTODO DO MARTELO DEMOLIDOR EM 1 ESTACA - UNIDADE

Insumo	Unidade	Diâmetro da estaca (cm)			
		φ 40	φ 50	φ 60	φ70
Martelo demolidor elétrico 30 kgf	P301	P301	P301	P301	P301
Servente com encargos complementares	P302	P302	P302	P302	P302

**FIGURA 10**

PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE ARRASAMENTO POR FERRAMENTA ARRASADORA

descritas no fluxograma apresentado na Figura 10. O procedimento foi realizado em 42 estacas do empreendimento estudado.

O arrasamento por ferramenta esmagadora de concreto é um método utilizado para nivelar a cabeça da estaca através de um equipamento com força hidráulica acoplada à escavadeira (Figura 11). Este consiste em introduzir a ferramenta envolvendo a estaca e esmagando o concreto em etapas, até atingir a cota de arrasamento (Figura 12). Os elos conectores permitem que este tipo de equipamento possa ter

**FIGURA 11**

EQUIPAMENTO HIDRÁULICO ARRASADOR DE ESTACA

FONTE: AGF EQUIPAMENTOS (2024)

**FIGURA 12**

EQUIPAMENTO SENDO UTILIZADO NO ARRASAMENTO DE ESTACA

FONTE: MSG EQUIPAMENTOS (2024)

**TABELA 3**

INDICADOR DE PRODUTIVIDADE EM FERRAMENTA ESMAGADORA DE CONCRETO

Pilar / Bloco	Diâmetro da estaca	Número estacas do bloco	Altura do arrasamento (m)	Tempo médio por estaca (h)
P312	60	24	2,5	0,20
P313	60	18	2,2	0,20

**TABELA 4**

COMPOSIÇÃO DE CUSTO DO MÉTODO DA FERRAMENTA ARRASADORA DE ESTACA - UNIDADE

Insumo	Unidade	Diâmetro da estaca (cm)			
		φ 40	φ 50	φ 60	φ 70
Máquina escavadeira 21 T	hprod	0,200	0,200	0,200	0,200
Ferramenta esmagadora	hprod	0,200	0,200	0,200	0,200
Martelo demolidor elétrico 30 kgf	hprod	0,100	0,100	0,100	0,100
Servente com encargos complementares	h	0,100	0,100	0,100	0,100

diâmetros variáveis, podendo encaixar em diferentes tamanhos de estacas.

Na Tabela 3 foram apresentados os dados coletados em obra para as diferentes estacas estudadas para as quais o método da ferramenta esmagadora de concreto foi aplicado.

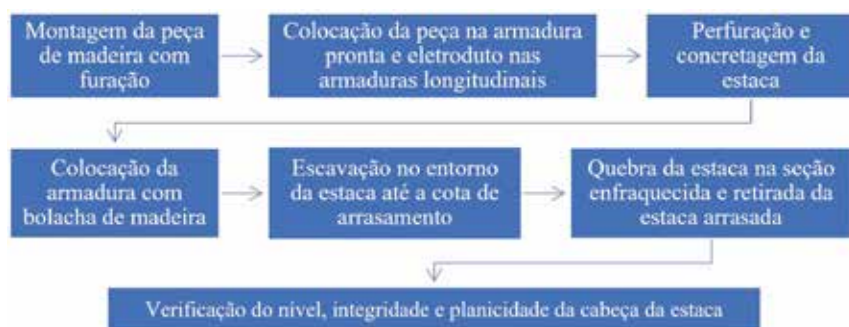
A partir dos valores indicados na Tabela 3 e dos procedimentos descritos na Figura 12 foi elaborada a Tabela 4, na qual são descritos os coeficientes calculados de acordo com Loturco (2022) e insumos utilizados na composição de custos do serviço de uma unidade para diferentes diâmetros de estaca. No cálculo do tempo, considerou-se a retirada das estacas arrasadas, deixando somente pequenos fragmentos de concreto no solo, oriundos do processo de arrasamento do concreto.

Neste processo, foi necessário realizar o alinhamento final da estaca com martelete demolidor elétrico.

### 2.3 Arrasamento de estacas por enfraquecimento da seção da estaca

Na obra estudada, o método de enfraquecimento da seção foi utilizado em 67 estacas da torre 3 e em 99 estacas da torre 4 totalizando 166 estacas. As etapas deste procedimento são descritas no fluxograma da Figura 13.

O arrasamento por enfraquecimento da seção da estaca é um método que se baseia em enfraquecer a estaca no nível da cota de arrasamento, sendo a parte arrasada da estaca removida por uma

**FIGURA 13**

PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE ARRASAMENTO POR ENFRAQUECIMENTO DA SEÇÃO DE CONCRETO

máquina escavadeira. Para isso, durante a armação da ferragem da estaca, coloca-se uma chapa de madeira circular, com diâmetro pouco inferior ao trado da hélice e levemente maior que a circunferência da armadura. Além disso, deve-se encamisar a armadura longitudinal, que será transpassado com o bloco, com mangueira ou eletroduto flexível (Figura 14), não permitindo o concreto aderir a armadura, facilitando o processo de arrasamento. Além disso, foi colocado um sarrafo de pinus 2,5 centímetros por 5 centímetros para reforço do compensado de madeira, para, na hora de afundar a armadura no concreto, não haver a quebra ou fissura do artefato de compensado.

Este tipo de arrasamento tem o mesmo princípio da junta serrada utilizada em pisos de concreto, no qual se fragiliza a seção do piso, cortando-o com uma serra a uma profundidade de 1/4 a 1/3 da espessura do mesmo, fazendo com que haja uma fissura controlada no restante do concreto (Braga e Pereira, 2014). A principal diferença em relação à junta serrada de piso é que esta é realizada posteriormente à concretagem, o arrasamento por enfraquecimento na seção, por outro lado, precisa ser previsto antes da concretagem da estaca, para que a armadura seja introduzida na estaca de concreto com a peça de madeira até a cota de arrasamento. Na Figura 15 foi apresentado uma sequência de imagens que ilustra a técnica sendo aplicada em obra, onde: (15-a) a armadura é colocada

**FIGURA 14**

ESTACA COM MADEIRA E VERGALHÃO ISOLADO



**A** Colocação **B** Imersão parcial **C** Aprofundamento **D** Retirada

### FIGURA 15

COLOCAÇÃO DE ARMADURA COM ARTEFATO DE MADEIRA

na estaca; (15-b) utiliza-se uma peça de madeira para fazer a imersão da armadura com a círculo de madeira na estaca; (15-c) o conjunto é afundado até a profundidade de arrasamento; e (15-d) a peça de madeira é removida.

Após o endurecimento da estaca com a utilização de uma escavadeira hidráulica, a estaca é arrasada através do contato da concha da escavadeira com a estaca conforme ilustrado na Figura 16.

Finalizada a quebra de seção enfraquecida, deve-se limpar o topo da estaca com uma ferramenta demolidora (martetele), de forma que a superfície se mantenha plana. Na Tabela 5, foram apresentados os dados coletados em obra para as diferentes estacas estudadas para as quais o método do enfraquecimento da seção foi aplicado. A partir da observação em campo e medição do tempo gasto no serviço, calculou-se a Razão Unitária de Produção (RUP) de acordo com Loturco (2022). Foram contabilizados os tempos gastos no corte

das peças de madeira e montagem do aparato na armadura.

O arrasamento da estaca propriamente teve tempo médio observado de aproximadamente de 1 minuto, independente da altura do arrasamento e do diâmetro arrasado. Porém, a máquina escavadeira precisou possuir força suficiente para arrasar à estaca e retirá-la do local da escavação do bloco. Na Tabela 6, foram apresentados os coeficientes e insumos utilizados na composição de custos do serviço de uma unidade para diferentes diâmetros de estaca.

### TABELA 5

INDICADOR DE PRODUTIVIDADE EM ENFRAQUECIMENTO DA SEÇÃO

Diâmetro da estaca (cm)	Número de estacas	Tempo médio fabricação por estaca e arrasamento (h)
50	77	0,417
60	55	0,467
70	34	0,717

### TABELA 6

COMPOSIÇÃO DE CUSTO DO MÉTODO DE ENFRAQUECIMENTO DA SEÇÃO - UNIDADE

Insumo	Unidade	Diâmetro da estaca (cm)			
		φ 40	φ 50	φ 60	φ 70
Máquina escavadeira 21 T	hprod	0,017	0,017	0,017	0,017
Carpinteiro com encargos complementares	hprod	0,111	0,200	0,250	0,500
Martelo demolidor elétrico 30 kgf	hprod	0,100	0,100	0,100	0,100
Servente com encargos complementares	h	0,100	0,100	0,100	0,100
Chapa de compensado resinado 12 mm	m <sup>2</sup>	0,134	0,242	0,242	0,605
Sarrafo de pinus 2,5 cm x 5 cm	m	0,350	0,450	0,550	0,650
Eletroduto flexível PVC corrugado 25 mm	m	3,200	4,000	5,600	6,400



**A** Estaca íntegra



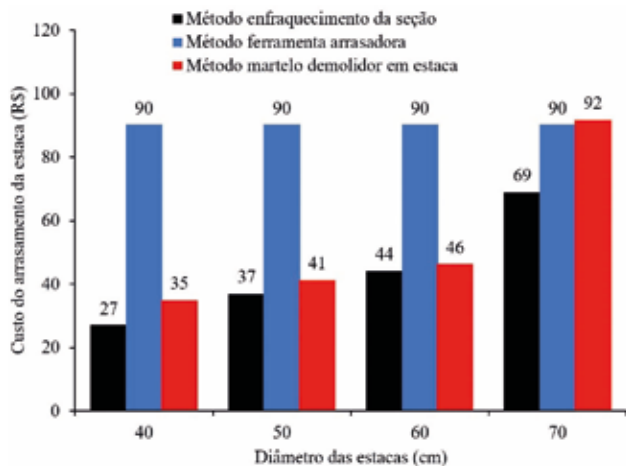
**B** Quebra controlada da estaca



**C** Retirada

### FIGURA 16

QUEBRA DA SEÇÃO ENFRAQUECIDA POR MADEIRA



**FIGURA 17**

CUSTOS TOTAIS PARA O ARRASAMENTO DE ESTACA PARA CADA DIÂMETRO NOS DIFERENTES MÉTODOS ESTUDADOS

### 3. RESULTADOS

Para o cálculo do custo do arrasamento das estacas através dos diferentes métodos estudados, utilizou-se as composições de custos elaboradas nesta pesquisa e apresentadas nas Tabelas 2, 4 e 6. Os coeficientes das composições foram multiplicados por custos unitários da Tabela SINAPI do mês outubro de 2024. Com as composições e custos unitários, realizou-se então o cálculo do custo do arrasamento de cada estaca pelos diferentes métodos estudados. Os valores resultantes foram apresentados no gráfico da Figura 17.

O custo do método da ferramenta arrasadora foi bastante influenciado pelo custo de locação da escavadeira hidráulica e pelo custo de locação da ferramenta

esmagadora de concreto. Seu custo somente foi superado pelo método do martelo demolidor para o diâmetro de estaca de 70 cm, isso ocorreu em função do elevado tempo gasto para realização do serviço nas estacas de maior diâmetro. Já, o custo do serviço realizado pelo método de enfraquecimento da seção teve seu custo influenciado principalmente pelo custo das matérias-primas utilizadas na produção do dispositivo.

Ao analisar os resultados, é importante observar que o custo unitário do arrasamento com martelo rompedor é bastante dependente além do diâmetro também da altura de estaca a ser arrasada (na obra estudada essa altura foi de 50 cm em média). Já, o custo do arrasamento realizado com enfraquecimento da seção depende fundamentalmente do diâmetro da estaca a ser arrasada, isso porque há mais consumo de material e tempo na produção dos aparatos utilizados nas estacas maiores. Por outro lado, o arrasamento feito com a ferramenta esmagadora independe do comprimento a ser removido e do diâmetro da estaca.

De maneira geral, o método de enfraquecimento da seção apresentou menor custo em relação aos dois outros, sendo o método do martelo demolidor o segundo método com menor custo. É importante salientar que estes resultados são fruto de uma obra onde se realizou o arrasamento de 263 estacas, e que, portanto, não podem ser generalizados para obras com porte menor, pois o método de enfraquecimento da seção e o método da ferramenta demolidora pressupõem a utilização de equipamentos que normalmente não estão disponíveis em obras de pequeno porte.

### 4. CONCLUSÕES

Neste estudo, comparando diferentes alternativas para o arrasamento em estacas de concreto, foi possível concluir que, para diferentes diâmetros, o método de enfraquecimento da seção se mostrou com menor custo. A diferença de custo é superior para os diâmetros menores. Para o diâmetro de 70 cm, a diferença de custo é menor entre os diferentes métodos.

Para os diferentes diâmetros, o método de enfraquecimento da seção teve seu custo reduzido em média 15,5% quando comparado ao método do martelo demolidor. Já, o método da ferramenta esmagadora apresentou custo até 3 vezes superior ao custo do arrasamento com o método de enfraquecimento da seção. Essa diferença diminuiu para 25% para as estacas com diâmetro de 70 cm. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos com estacas de diâmetros superiores aos contemplados nesta pesquisa. ©

### ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABEF - Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. Manual de execução de fundações: práticas recomendadas. São Paulo, 2022.
- [2] ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Fundações: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2022.
- [4] BRAGA R. E., PEREIRA, W. A. Método Executivo De Piso Industrial, Revista Pensar Engenharia. v.2, n. 2, 2014.
- [5] LOTURCO, Bruno. Produtividade na Construção Civil: o que é e como medir. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/produtividade-na-construcao-civil/>. Acesso em: 30 de set. de 2024.
- [6] NAKAJIMA, Jorge; ARAKAWA MARTINS, Larissa. Manual de Boas Praticas - Montagem das Armaduras de Estruturas de Concreto Armado. Volume 2. São Paulo: França e Associados Projetos Estruturais, 2022.
- [7] SINAPI. Caderno Técnico: Composições para Serviços de Arrasamento de Estacas. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2023. 29 p. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sinapi>. Acesso em: 10 out. 2024.