SUBSTITUIÇÃO DE MÉTODO CONSTRUTIVO CONVENCIONAL POR ESTACA SECANTE PARA A EXECUÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Jayne Garcia Paes[(1)]
Engenheira Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Mestra em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Especialista em Gestão de Projetos pela Universidade de São Paulo (USP/Esalq). Engenheira Civil na Companhia Águas de Joinville.
Marcos Lopes de Souza[(2)]
Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheiro Sanitarista na Companhia Águas de Joinville.

Endereço[(1)]**:** Rua Quinze de Novembro, 3950 - Glória - Joinville – Santa Catarina - CEP: 89.216-202 - Brasil - Tel: +55 (47) 2105-1693 - Cel: +55 (47) 99253-7851 - e-mail: jayne.garcia@aguasdejoinville.com.br.

RESUMO

A Lei nº 14.026/2020 estabeleceu o novo Marco Legal do Saneamento Básico, cuja meta é alcançar a universalização no Brasil até 2033, a fim de garantir que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% à coleta e ao tratamento de esgoto. Sob essa perspectiva, é crucial a aplicação de novas tecnologias e de abordagens inovadoras a fim de otimizar recursos e processos; promover maior celeridade às obras; e garantir o acesso universal ao saneamento básico. Em face do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar o método construtivo de estaca secante para a execução de estações elevatórias de esgoto. Com o presente estudo de caso, foi possível concluir que o método de estaca secante apresentou como vantagens: maior celeridade e segurança na execução de poços profundos, inclusive em se tratando de solos moles e lençol freático elevado. A aplicação deste método também permitiu evidenciar a estanqueidade da estrutura civil, fator este imprescindível para estações elevatórias. Tal método mostra-se como uma solução eficiente para o alcance do novo marco legal, no sentido de reduzir o prazo de execução e ampliar a segurança das obras de expansão do sistema de esgotamento sanitário no país.

PALAVRAS-CHAVE: Estaca secante, estação elevatória de esgoto, inovação.

INTRODUÇÃO

Garantir o acesso universal à água potável e ao tratamento de esgoto é um direito fundamental, essencial para a saúde pública e para a qualidade de vida da população. Nesse sentido, o acesso à água potável garante o consumo seguro e reduz a transmissão de doenças, enquanto o tratamento de esgoto impede a contaminação ambiental e a disseminação de doenças. A falta de saneamento básico, portanto, acarreta graves problemas de saúde, impactos ambientais negativos e prejuízos socioeconômicos.

Os dados Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2020, referentes ao ano de 2019, revelam que 83,7% da população urbana brasileira tinha acesso à água potável, enquanto 54% possuíam acesso à coleta de esgoto. No entanto, apenas 50,8% do esgoto gerado era efetivamente tratado.

Diante desse cenário, foi aprovada a Lei nº 14.026 em 2020, que estabelece o novo Marco Legal do Saneamento Básico, com o objetivo de universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor. A meta é alcançar a universalização no Brasil até 2033, a fim de garantir que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% à coleta e ao tratamento de esgoto.

Assim, o novo marco legal do saneamento apresenta-se como um desafio para os agentes públicos, no sentido de promover a universalização do país por meio de obras de expansão dos sistemas de distribuição de água e de esgotamento sanitário. Sob essa perspectiva, é crucial a aplicação de novas tecnologias e de abordagens inovadoras com o intuito de otimizar recursos e processos; promover maior celeridade às obras de saneamento; e, de fato, garantir o acesso universal ao saneamento básico.

Objetivo

Em face do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar o método construtivo de estaca secante para a execução de estações elevatórias de esgoto em uma obra pública de implantação de sistema de esgotamento sanitário, no município de Joinville/SC.

METODOLOGIA

Nesta seção, é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo para análise do método construtivo de estaca secante na execução de estações elevatórias de esgoto, pertencentes ao sistema de esgotamento sanitário de Joinville/SC.

Descrição do objeto

O município de Joinville, objeto do presente estudo, é a maior cidade do estado de Santa Catarina, com uma população de 616.317 habitantes, conforme dados do último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022).

Joinville é uma cidade em pleno desenvolvimento e um dos polos industriais da região sul do Brasil (SEPUD, 2017). Diante disso, é importante que os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário acompanhem o crescimento econômico e demográfico do município. Dessa forma, a companhia de saneamento do município investe massivamente em obras de universalização do saneamento básico para garantir o acesso universal à água potável e ao tratamento de esgoto.

Estudo de caso

Trata-se de uma pesquisa qualitativa na forma de estudo de caso (Gil, 2002) no âmbito da engenharia, a fim de analisar a aplicação do método construtivo de estacas secantes na implantação de poços de sucção de estações elevatórias de esgoto; bem como gerar conhecimento aplicável a situações similares.

A primeira etapa do estudo foi uma pesquisa exploratória, que envolveu um levantamento das vantagens do método inovador em relação ao método construtivo convencional e das aplicações práticas do método inovador na área de saneamento.

Após a análise exploratória, a próxima etapa foi a alteração do projeto executivo estrutural das estações elevatórias de esgoto e a revisão do cronograma de execução da obra, seguida da avaliação econômico-financeira dos benefícios da utilização do método de estaca secante para o ente público. Por fim, foi apresentada a sequência executiva do método construtivo de estaca secante na execução dos poços de sucção das estações elevatórias.

RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados obtidos com a aplicação da metodologia descrita anteriormente.

Estacas secantes

Primeiramente, é importante apresentar a definição de estacas secantes. Trata-se de uma técnica de contenção utilizada na engenharia civil, na qual estacas de concreto são executadas de forma que se sobreponham parcialmente, formando uma parede contínua e estanque (Figura 1).

As estacas secantes são executadas alternadamente: primeiro, estacas primárias (sem armação) são perfuradas e concretadas; em seguida, estacas secundárias (com armação) são perfuradas de forma a intersectarem as primárias - daí a origem do nome “secante”, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 1 – Cortina de estaca secante



Fonte: CZM Foundation Equipament, 2015.

Figura 2 – Processo executivo das estacas secantes



Fonte: Adaptado de CZM Foundation Equipament, 2015.

A execução de estacas secantes provém de uma adaptação do equipamento utilizado na execução de estacas hélice contínua. A torre de perfuração da perfuratriz é composta não somente pelo trado helicoidal, mas também por um tubo de revestimento com ponta confeccionada em vídea (material utilizado na confecção de brocas e equipamentos de corte), como mostra a Figura 3. Esta adaptação possibilita o corte de concreto das estacas, proporciona um bom acabamento do fuste e garante a estanqueidade do sistema quando executado abaixo do nível d'água (Mota, Freitas e Cabral, 2025).

Essa técnica é bastante empregada em obras de construção civil para contenção de solos, como uma alternativa às paredes diafragma e às cortinas de estacas pranchas metálicas. No setor de saneamento, é crescente a sua utilização como escoramento e estrutura de poços profundos, em que se busca estanqueidade e estabilidade, tal como em obras com lençóis freáticos elevados ou próximas a corpos d'água.

Dentre as vantagens das estacas secantes, destacam-se: maior estanqueidade, comparando-se com perfis metálicos; possibilidade de escavação em solos moles; ausência de cravação, permitindo a sua execução próximo de edificações; exige menor espaço para canteiro, comparando-se com execução de parede diafragma; permite execução de trechos em curva; dispensa uso de fluido estabilizante uma vez que a escavação é encamisada (CZM Foundation Equipament, 2015).

Figura 3 – Ponteira do tubo da estaca secante



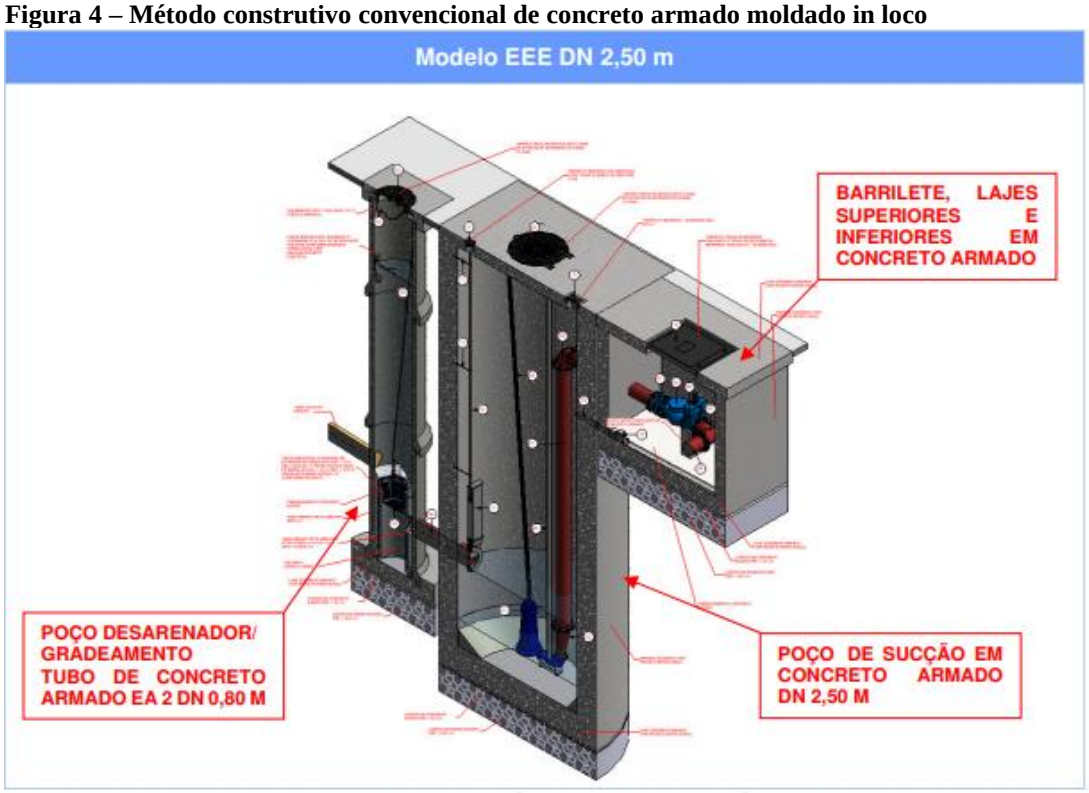
Fonte: Adaptado de CZM Foundation Equipament, 2015.

Além disso, o método de estacas secantes aplicável na área de saneamento permite: atingir maiores profundidades de poços de sucção; dispensar o escoramento convencional; trazer maior segurança na execução de poços profundos, sobretudo nos casos de solos moles e lençol freático raso; e reduzir o tempo de execução das elevatórias.

Alteração do método construtivo

Inicialmente, o projeto executivo das estações elevatórias de esgoto previa a execução da estrutura civil dos poços de sucção por meio de concreto armado moldado in loco para os poços com 2,5 metros de diâmetro (Figura 4), e de tubo de concreto armado pré-moldado para os poços com 2 e 1,5 metros de diâmetro (Figura 5).

Figura 4 – Método construtivo convencional de concreto armado moldado in loco



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 5 – Método construtivo convencional de tubo de concreto armado pré-moldado



Fonte: Os autores, 2025.

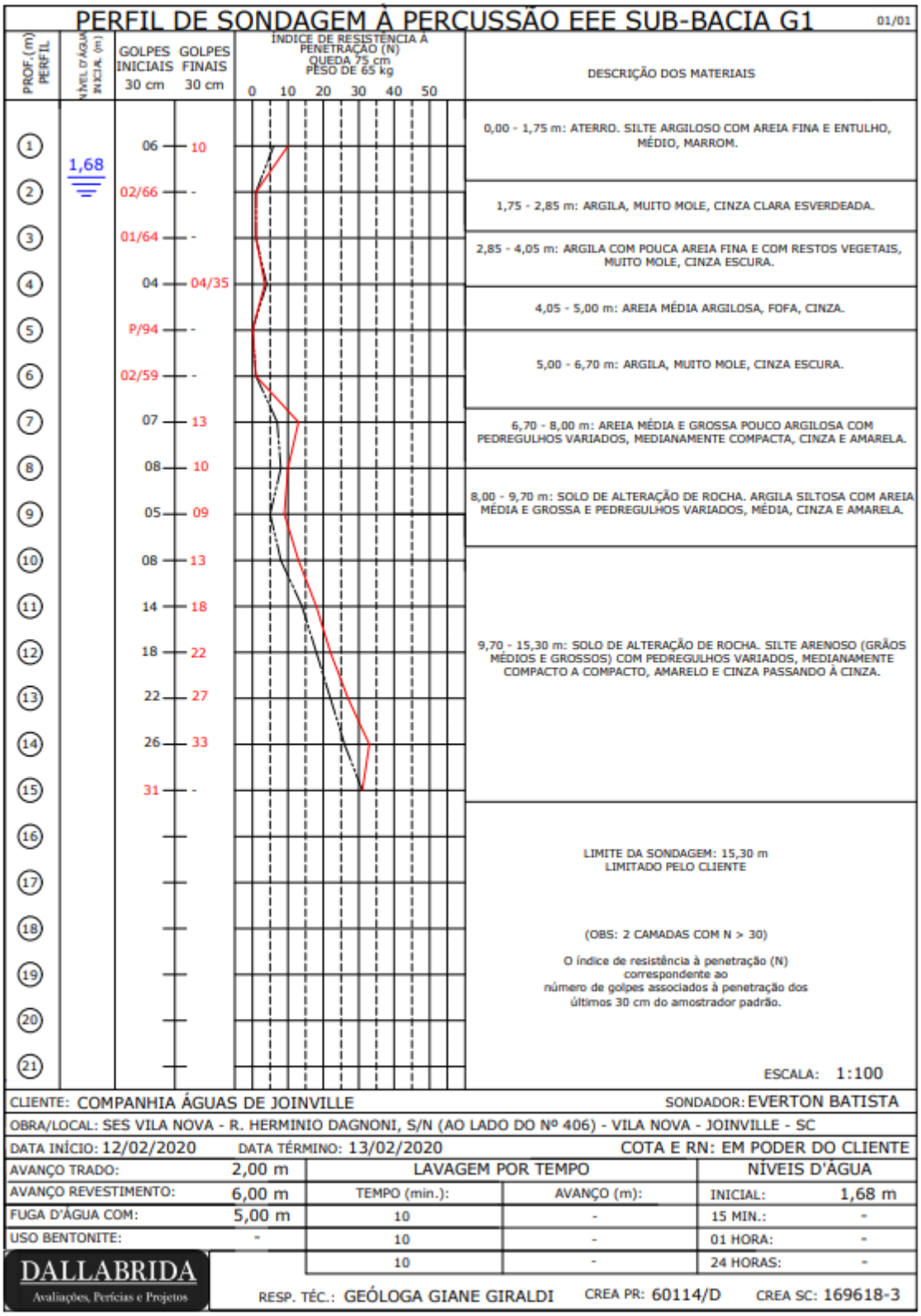
Dessa forma, os motivos que levaram a alteração do método construtivo foram o número significativo de estações elevatórias a serem construídas (total de 10 unidades), cujos poços de sucção ultrapassavam 8 metros de profundidade em determinados casos. Outro fator relevante foi o prazo contratual exíguo de 12 meses de execução.

Além disso, as sondagens de investigação geotécnica atestaram solo com baixa resistência (argila mole) e nível d'água entre 1 e 2 metros, fato este que dificulta o escoramento do solo e, consequentemente, a execução das estruturas do poço. Na Figura 6, é apresentado o perfil de sondagem à percussão do solo de uma das elevatórias a serem implantadas.

Há que se mencionar ainda a existência de edificações adjacentes ao local de execução das elevatórias, o que torna o processo de escoramento ainda mais crítico e exige a adoção de medidas preventivas a fim de minimizar os efeitos adversos nas construções adjacentes.

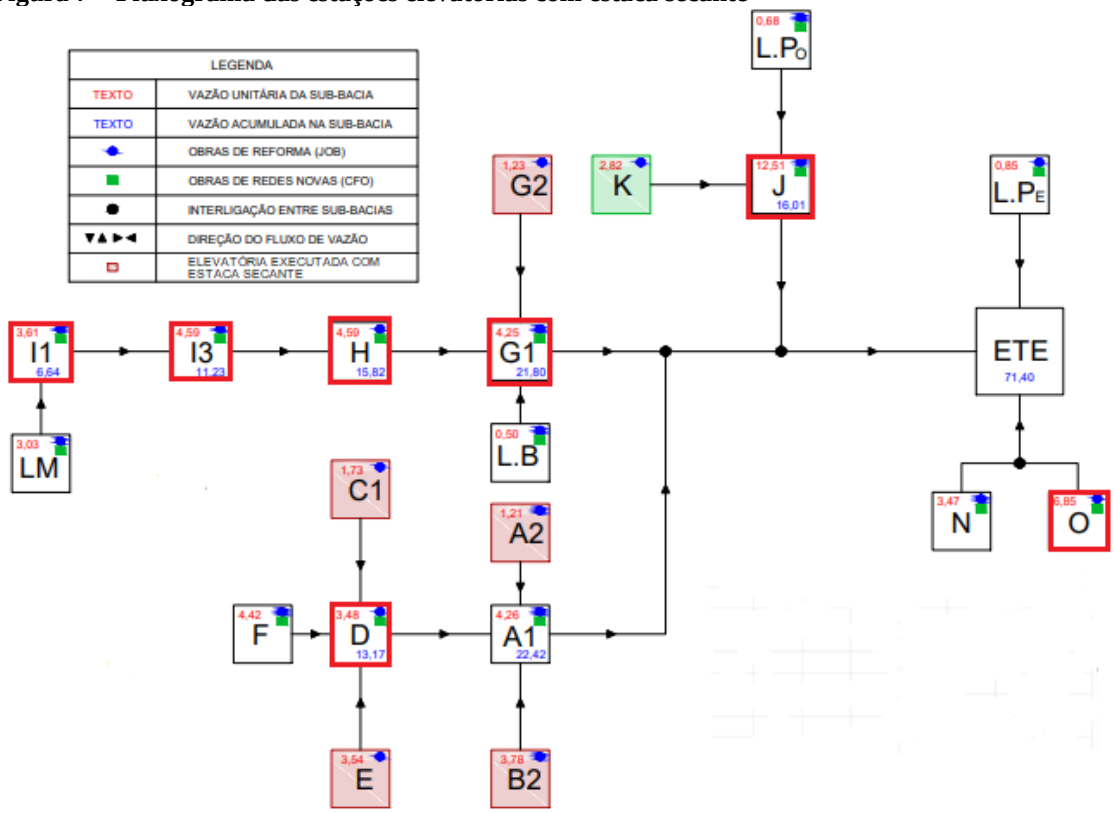
Com base no exposto, optou-se por alterar o método construtivo convencional previsto em projeto para o método de estaca secante de sete estações elevatórias de esgoto, com poço de sucção de 2 e 2,5 metros de diâmetro. Tais elevatórias estão indicadas na Figura 7.

Figura 6 – Perfil de sondagem à percussão do solo



Fonte: Dallabrida, 2020.

Figura 7 – Fluxograma das estações elevatórias com estaca secante

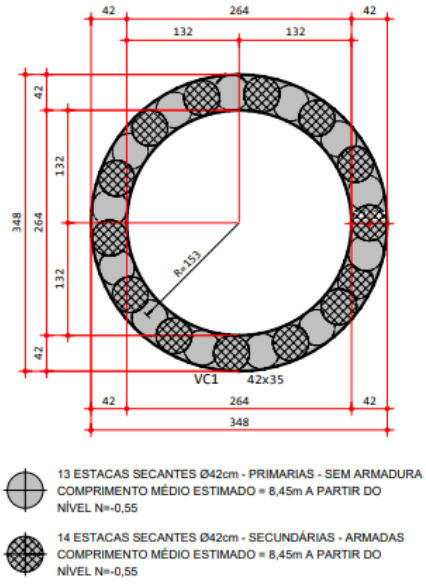


Fonte: Os autores, 2025.

Projeto executivo e cronograma das estacas secantes

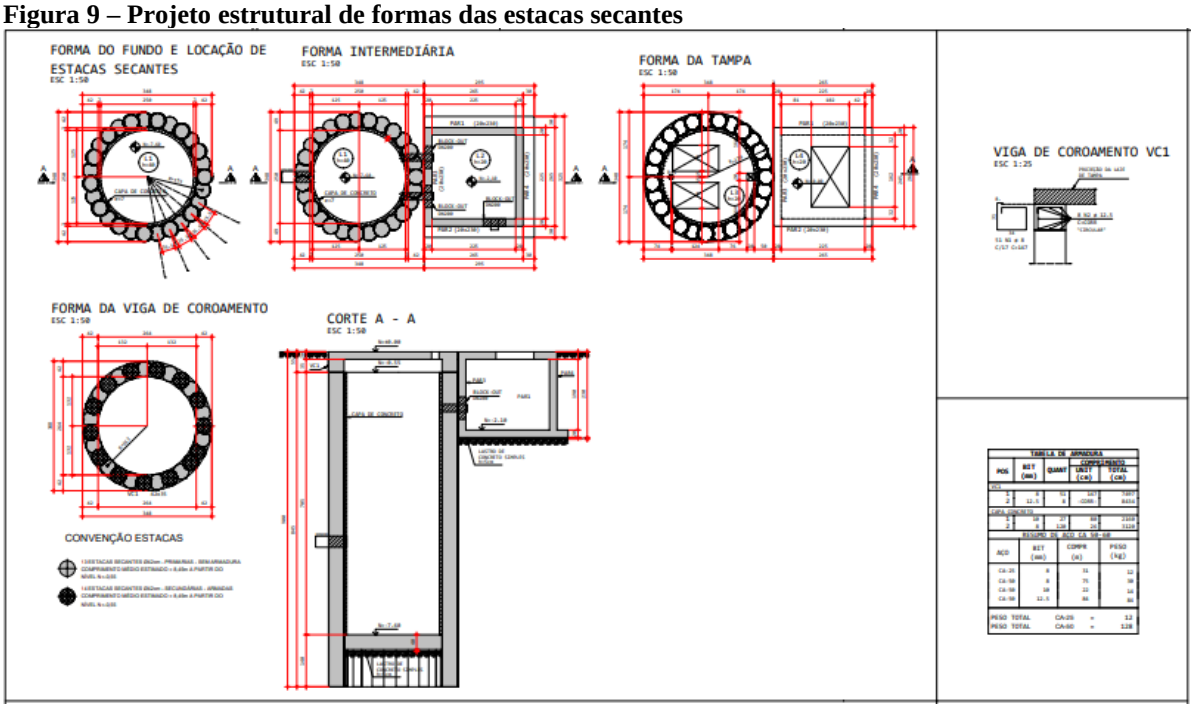
Após a definição de quais elevatórias seriam executadas pelo método inovador, a próxima etapa foi a elaboração do projeto executivo das estacas secantes. Dessa forma, foi elaborado o projeto estrutural das formas (Figura 9) e armação (Figura 10) da laje de fundo, paredes, laje de tampa, viga de coroamento e capa de concreto do poço de sução. A Figura 8 apresenta a convenção das estacas secantes primárias (não armadas) e secundárias (armadas).

Figura 8 – Convenção das estacas secantes (primárias e secundárias)



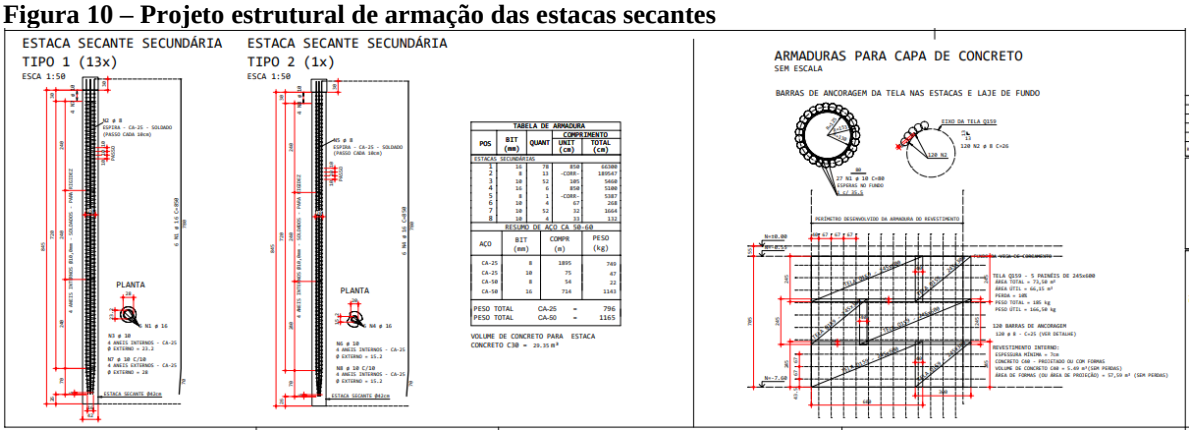
Fonte: Os autores, 2025.

Figura 9 – Projeto estrutural de formas das estacas secantes



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 10 – Projeto estrutural de armação das estacas secantes



Fonte: Os autores, 2025.

Além da alteração do projeto executivo estrutural das estações elevatórias, foi necessário também a revisão do cronograma de execução da obra. É importante destacar que a adoção do método construtivo de estacas secantes permitiu reduzir o prazo total de execução da obra, originalmente de 12 meses, o qual passou a ser de 10 meses. A redução de 2 meses no prazo de conclusão da obra gerou um aumento de R$1.629.928,72 – em torno de 2 milhões de reais - no faturamento da companhia de saneamento, considerando-se o atendimento de 11.797 economias, assim como benefícios indiretos que impactam positivamente a saúde, a qualidade de vida, o desenvolvimento socioeconômico e o meio ambiente.

Sequência executiva das estacas secantes

A execução das estacas secantes iniciou-se pela confecção do gabarito, os quais serviram de guia para a escavação. No presente estudo de caso, foram utilizados elementos circulares de isopor em cada elevatória. Após o posicionamento das placas de isopor, foi realizada uma concretagem, sem armação, para unificar as placas e criar uma “mureta guia”, conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 – Confecção do gabarito



Fonte: Os autores, 2025.

Além da confecção do gabarito, foi necessário também executar a armação das estacas secantes, composta de "gaiolas" de aço CA-50 (Figura 12) de acordo com o projeto estrutural supracitado, a fim de garantir a sua resistência à flexão.

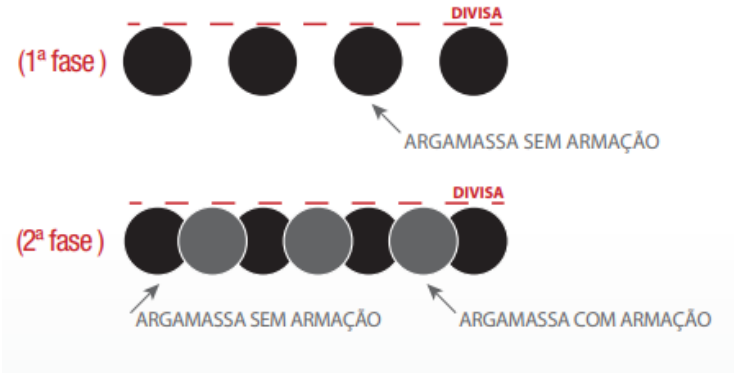
Figura 12 – Armação em gaiola das estacas



Fonte: Os autores, 2025.

Após as etapas preliminares, o processo de execução das estacas secantes foi dividido em duas fases, como esquematizado na Figura 13. A primeira fase consistiu na perfuração e na concretagem das estacas primárias (sem armação), seguida da execução das estacas secundárias (com armação).

Figura 13 – Fases de execução das estacas secantes



Fonte: Adaptado de CZM Foundation Equipament, 2015.

Conforme demonstrado na Figura 14, o equipamento utilizado possui duas cabeças rotativas (itens A e B), uma para girar um tubo e outra para girar uma hélice, simultaneamente. Dessa forma, utilizando-se um tubo de revestimento com uma coroa de corte na ponta (item 1) e uma hélice interna ao tubo (item 2), que giram simultaneamente, as estacas primárias foram perfuradas, alternadamente, seguindo um alinhamento garantido pelo gabarito.

Figura 14 – Execução das estacas primárias (sem armação) – 1ª Fase



Fonte: Os autores, 2025.

A perfuração foi realizada de maneira contínua, sem interrupções, para retirada do material escavado. O trado girando no sentido contrário ao tubo transportou este material à superfície, analogamente à estaca hélice contínua. Atingida a cota de projeto, procedeu-se a concretagem, seguindo as especificações de fck e slump do projeto estrutural.

A segunda fase teve início no dia seguinte à primeira. Após a cura do concreto da estaca primária, uma estaca secundária é perfurada secantemente entre as duas anteriores. A união se dá nesta perfuração, em que o tubo com sua coroa de corte (item 3 da Figura 14) corta o concreto das estacas primárias. Imediatamente após a perfuração, procedeu-se com a concretagem e a armação das estacas secundárias (Figura 15).

Figura 15 – Execução das estacas secundárias (com armação) – 2ª Fase



Fonte: Os autores, 2025.

A próxima etapa foi e execução da viga de coroamento, em atendimento ao projeto estrutural das estacas secantes. Na Figura 16, é apresentada a armação e a concretagem da viga de coroamento em questão.

Figura 16 – Execução da viga de coroamento



Fonte: Os autores, 2025.

Na sequência, procedeu-se com a escavação do poço e a limpeza superficial das estacas. Após isso, foi realizada a armação e a concretagem da capa de concreto, a qual foi executada em etapas por meio de formas circulares em toda a extensão da parede do poço, como é possível visualizar na Figura 17. Por fim, foi

realizada a desforma e a impermeabilização interna das paredes do poço de sucção, de forma a garantir a estanqueidade e o acabamento adequados.

Figura 17 – Execução da capa de concreto



Fonte: Os autores, 2025.

Pode-se afirmar, portanto, que o método construtivo de estaca secante atendeu aos requisitos de estanqueidade e de estabilidade da estrutura do poço, o qual pode ser aplicado em obras semelhantes de estações elevatórias de esgoto.

CONCLUSÃO

Com o presente estudo de caso, foi possível analisar o método construtivo de estaca secante em relação ao método convencional para a execução de estações elevatórias de esgoto. Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que o método de estaca secante é eficiente quando aplicável na área de saneamento, o qual apresentou como vantagens maior celeridade e segurança na execução de poços profundos, inclusive em se tratando de solos moles e lençol freático elevado. A aplicação deste método também permitiu evidenciar a estanqueidade da estrutura civil executada, fator este imprescindível no caso de estações elevatórias de esgoto.

Em última análise, tem-se que o método construtivo de estaca secante é uma importante inovação na área do saneamento básico. Tal método mostra-se como uma solução eficiente para o alcance do novo marco legal, no sentido de reduzir o prazo de execução e ampliar a segurança das obras de expansão do sistema de esgotamento sanitário no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.* Brasília, 2020.

2. CZM Foundation Equipment. *Catálogo*. 2015. Disponível em: https://czm.com.br/ek180es/. Acesso em: 01/06/2025.

3. GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa.* São Paulo: Atlas, 2002.

4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo Demográfico 2022*. Brasil, 2022. Disponível em: Joinville (SC) | Cidades e Estados | IBGE. Acesso em: 01/06/2025.

5. MOTA, A. M., FREITAS, A.C., CABRAL, E.V. *Contenções em cortinas de estacas secantes – uma análise do perfil de deslocamentos instrumentado frente a análise numérica*. 2025. Disponível em: pdfN8IDFP.pdf. Acesso em: 01/06/2025.

6. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SEPUD. *Joinville cidade em dados 2017*. Joinville: Prefeitura Municipal, 2017. 73 p. Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/01/Joinville-Cidade-em-Dados-2017.pdf. Acesso em: 22/03/2021.

7. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. *25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019*. Brasília: SNS/MDR, 2020.