



Case Obra Indústria de Celulose: Estaca Hélice Contínua com necessidade de alto torque para perfuração de solo no noroeste paulista

Douglas Kupske Martins
Engenheiro Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
douglas.martins@geofix.com.br

Marcio Abreu de Freitas
Engenheiro Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
marcio.freitas@geofix.com.br

Denis Pereira de Andrade
Engenheiro Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
denis.andrade@geofix.com.br

Felipe Barbosa Ferreira
Estagiário de Engenharia Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,
felipe.ferreira@geofix.com.br

RESUMO: No segundo semestre de 2019, uma empresa do ramo de celulose, visando a expansão dos seus negócios no Brasil, iniciou a construção de sua segunda fábrica no interior paulista. A obra por si só, foi um grande desafio de engenharia, tendo em vista seus 1,2 milhões de m² de área, as várias empresas presentes no site (mais de 150), seu vasto número de colaboradores (mais de 10.000) e os desafios de compatibilização de projetos. Especificamente, sobre a parte geotécnica, o solo da região não apresentou uma boa resistência inicial, o que implicou em uma quantidade elevada de soluções de fundações, se destacando então, as estacas Hélice Contínua. A quantidade total foi da ordem de 30.000 estacas. Uma camada intermediária de areia argilo-siltosa dificultava a execução das estacas, fato não previsto na concepção do projeto, e que impediu muitas empresas de executarem as estacas. Desta forma, apenas equipamentos com torque elevado viabilizaram o projeto, como mostraremos neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações, solo de alta resistência, Estacas Hélice Contínua.

ABSTRACT: In the second half of 2019, a cellulose company, aiming to expand its business in Brazil, began construction of its second factory in the interior of São Paulo. The work was a major engineering challenge, given its 1.2 million m² area, the various companies present on the site (more than 150), its vast number of employees (more than 10,000) and the project compatibility challenges. Specifically, regarding the geotechnical part, the soil in the region did not present good initial resistance, which resulted in a high number of solutions of foundations, with Continuous Flight Auger piles standing out. The total quantity was in the order of 30,000 piles. An intermediate layer of clay-silty sand made it difficult to execute the piles, a fact that was not foreseen in the project's conception, and which prevented many companies from executing the piles. In this way, only equipment with high torque made the project viable, as we will show in this work.

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



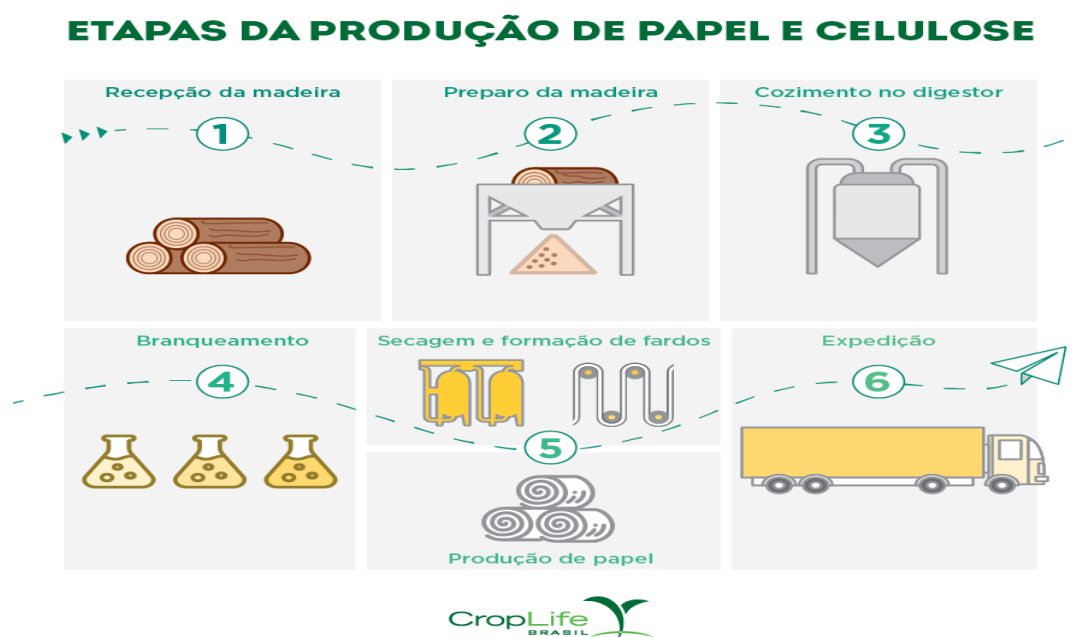
KEYWORDS: Foundations, high resistance soil, Continuous Helix Piles.

1 Introdução

A Celulose (C₆H₁₀O₅) é a estrutura mais abundante nos vegetais, sendo matéria prima de diversos materiais do nosso dia a dia, tais como papéis, tecidos, fraldas descartáveis, enchimento de comprimidos, estabilizante de alimentos industrializados, biocombustíveis, materiais de construção civil, adesivos, entre outros.

O consumo de celulose no mundo tem aumentado devido aos seus diversos tipos de uso, com uma média de crescimento de 2% ao ano (Mercante, 2020). Por conta disso, diversos projetos de expansão estão sendo realizados, e um destes será foco deste trabalho.

Para entender um pouco melhor, uma fábrica de produção de celulose possui diversas áreas e estruturas. A seguir, um quadro resumo da Croplife 2020 que demonstra as etapas de produção de papel e celulose:



Fotografia 1: Etapas da Produção de Papel e Celulose

Diante disso, são necessárias estruturas que comportem a chegada da matéria prima, como: os processos de cozimento, branqueamento, lavagem, secagem, processamento químico, armazenamento e transporte da celulose. Além disso, boa parte da fábrica é automatizada e possui estruturas chamadas “Pipe Rack”, executando o transporte dos produtos de cada parte do processo.

Resumindo o processo construtivo de construção da fábrica temos a terraplanagem, seguida das fundações, montagem de pré-moldados, montagem de estruturas, montagem das máquinas de

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



cada parte da fábrica, impermeabilização das áreas e acabamento, visto que o intervalo entre as fases é curto e diversas fases podem ocorrer simultaneamente.

A obra chegou a ter aproximadamente 10.000 funcionários trabalhando simultaneamente, com mais de 150 empresas no site. Houve uma crescente na demanda por hotéis, espaços para locação, aluguel de imóveis, entre outros, que contribuíram para a melhora na infraestrutura urbana, e geraram oportunidades para milhares de pessoas. Porém, devido a simultaneidade entre os serviços e toda complexidade envolvida na construção, quando uma fase atrasa acarreta impactos gigantescos em todo o processo.

E eis que surge o grande desafio geotécnico de executar cerca de 30.000 estacas para suportar todas as estruturas necessárias.

4 A fundação

A área da fábrica tem mais de 1 milhão de metros quadrados com diversas estruturas, dentre as quais: caldeiras, prédios de secagem, áreas de cozimento, estações de tratamento de água, entre outras, sendo que estas estruturas possuem esforços e condições que demandam fundações com alta capacidade de carga.



Fotografia 2: Vista do canteiro de obras da fábrica de celulose

Para a construção destas estruturas a área passou por uma terraplanagem e quase que totalmente os prédios ficaram na cota 618,00. Assim, as sondagens realizadas diferem umas das outras apenas nos trechos de aterro. Em trechos que foram necessários aterros (aterros não superiores a 3 metros) há uma camada compactada de argila silto arenosa, com Nspt em torno de 20 golpes. Já as demais áreas com solo natural possuem Nspts baixos, com os cinco primeiros metros com Nspt próximo a 2 golpes. É possível dizer que, até próximo dos 14 metros os Nspts não passaram de um dígito. Em virtude disso, na avaliação inicial do tipo de fundação necessária, optou-se por fundações profundas de modo a atingir camadas mais profundas e chegar a uma resistência de ponta/atrito lateral suficientes para os esforços e os atritos dinâmicos presentes nas estruturas a serem construídas nesta fábrica de celulose. Assim, execução de estacas Hélice

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



Contínua foi uma das primeiras alternativas propostas em obra. O primeiro equipamento chegou para executar os serviços na área da Caldeira, que é uma das estruturas mais importantes da fábrica. Esta área é responsável pela geração de energia de toda a fábrica e tem um tempo de execução longo, comparado às demais áreas.



Fotografia 3: Canteiro de obras da fábrica de celulose

Os projetos iniciais saíram com estacas variando entre 22 e 29 metros, para alcançar as camadas com N_{spt} superior a 20 golpes. Chegou inicialmente na obra um equipamento com torque próximo a 15 tf.m e força de extração em torno de 50 tf que, em virtude das condições do solo, em uma análise superficial seria capaz de executar as estacas. Porém, após algumas tentativas, o equipamento não atingia a profundidade de 18 metros, e analisando as sondagens, por volta desta profundidade era alcançada uma camada de solo com presença de silte, areia e argila, ora com predominância de areia, ora com predominância de silte, que aderira ao trado e impossibilitava o avanço da perfuração. Por mais que a sondagem não indicasse dificuldade na perfuração, a prática indicava o contrário. Assim, a construtora presente nesta área trouxe outros equipamentos para área, sempre aumentando o porte das perfuratrizes, de modo a fazer novas tentativas e tornar a estaca Hélice Contínua viável.

Em paralelo, as construtoras/gerenciadoras que estavam chegando, para as demais áreas procuravam outras alternativas de fundação, desde estacas/camisas metálicas (com e sem concreto), passando por estacas escavadas, e terminando em reforços de solo com estacas de brita. Falando um pouco especificamente sobre cada uma das alternativas citadas neste parágrafo, as estacas metálicas tinham um custo altíssimo, em virtude da “nega” só ser atingida em camadas muito profundas. As estacas escavadas e os reforços de solo citados aumentavam demais o prazo de execução da obra, tornando-as inviáveis, tendo em vista o cronograma apertado para conclusão da fábrica. Ressalto ainda que, por mais que estas tenham se tornado opções não vantajosas, em vários momentos foram adotadas na obra, mesmo em menor escala, tendo em vista a grande quantidade de estacas previstas/estimadas na obra (na ordem de 30.000 estacas).

Com muitas tentativas, e vários equipamentos de diferentes torques, foi enviada para a obra uma perfuratriz com 40 tf.m de torque e força de extração de 100 tf, uma das maiores do Brasil.

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



Além dessa perfuratriz, foram usados ponteiras de trado especiais, do tipo “faca”, pois possuíam mais condições de corte destas camadas de solo. Após sua chegada e alguns ajustes/adaptações ao terreno, finalmente foi possível iniciar o estaqueamento.



Fotografia 4: Vista da obra em fase de perfuração das estacas///

A partir daquele momento, a execução de estacas Hélice Contínua expandiu-se para todas as demais áreas/estruturas da fábrica, com perfuratrizes de médio e grande torque.

Superado o desafio do solo, no pico de estaqueamento a obra chegou ao número de 30 perfuratrizes, com estacas Hélice Contínua variando entre 7 e 33 metros de profundidade. Foram cerca de 700.000 metros de estacas Hélice Contínua, com diâmetro variando entre 30 cm e 80 cm.

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



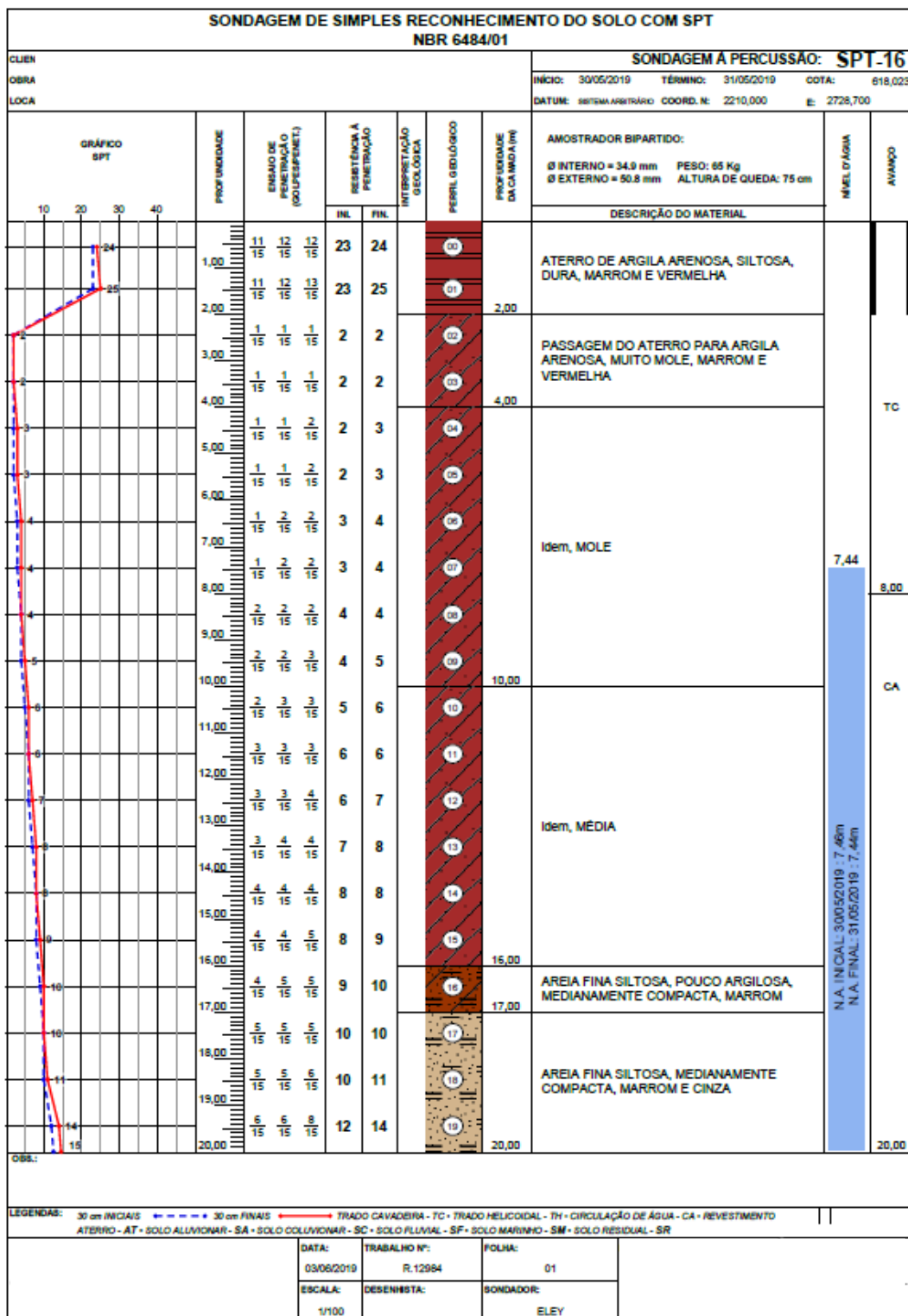


Figura 1a – Sondagem de simples reconhecimento do solo com SPT

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



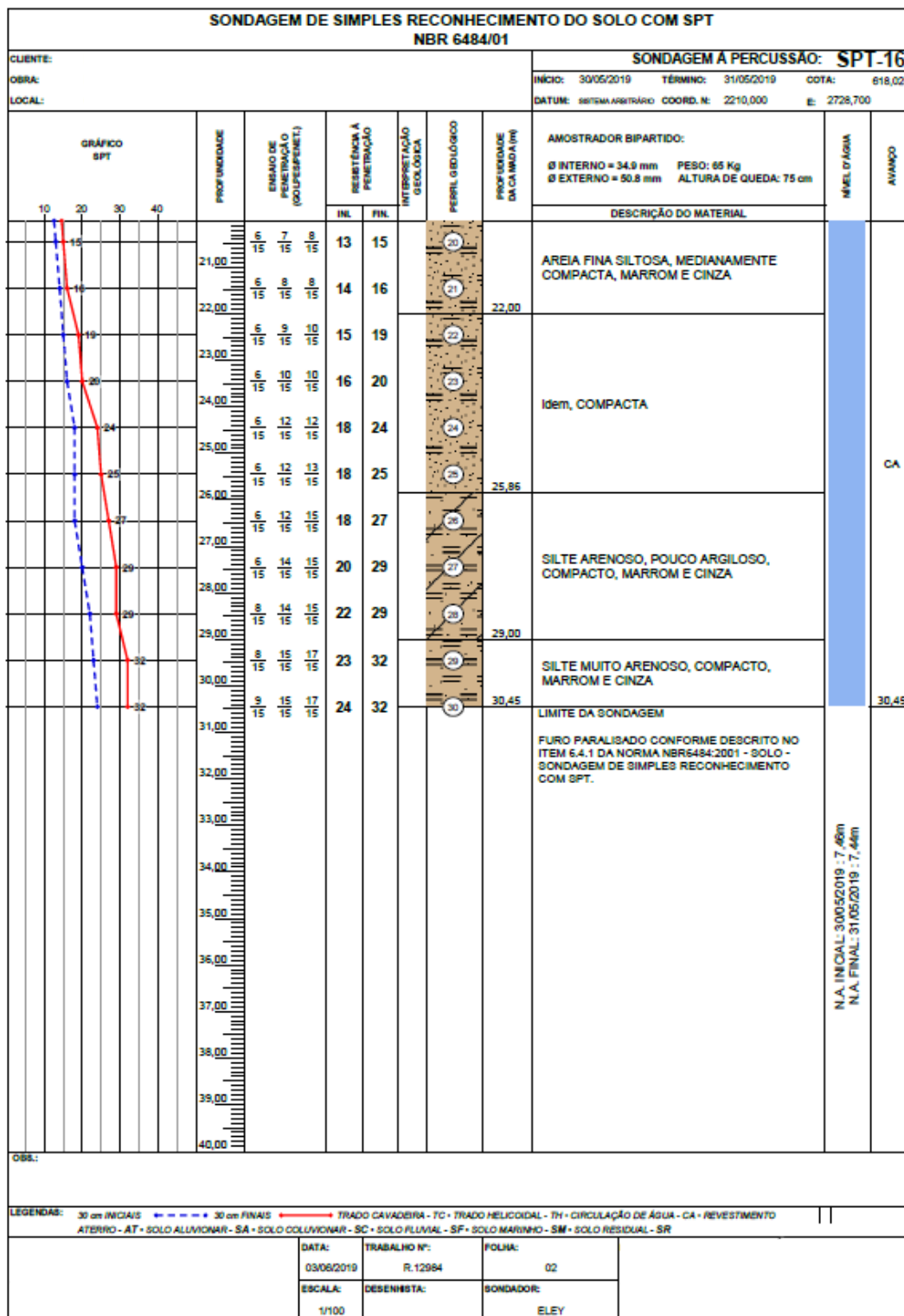


Figura 1b – Sondagem de simples reconhecimento do solo com SPT

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





No gráfico a seguir, podem ser observados dados do fluxo de equipamentos / execução de estacas de uma das empresas de fundação presente na obra, responsável por cerca de 2/3 de todas estacas executadas. Somente desta empresa, foram executadas 20.389 estacas, totalizando 478.155 metros e volume teórico de 86.511 m³ de concreto.

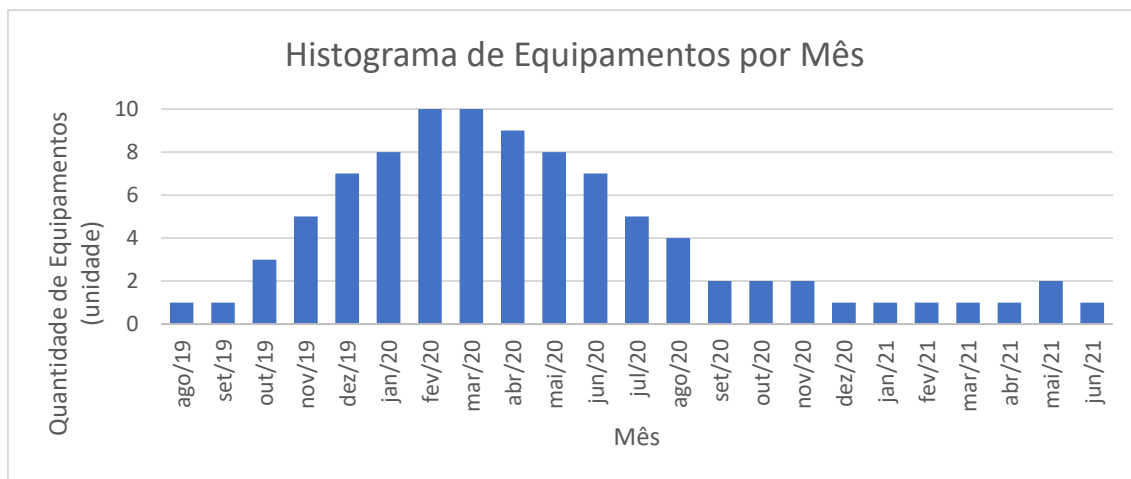


Gráfico 1 – Histograma de equipamentos da construção da fábrica de celulose

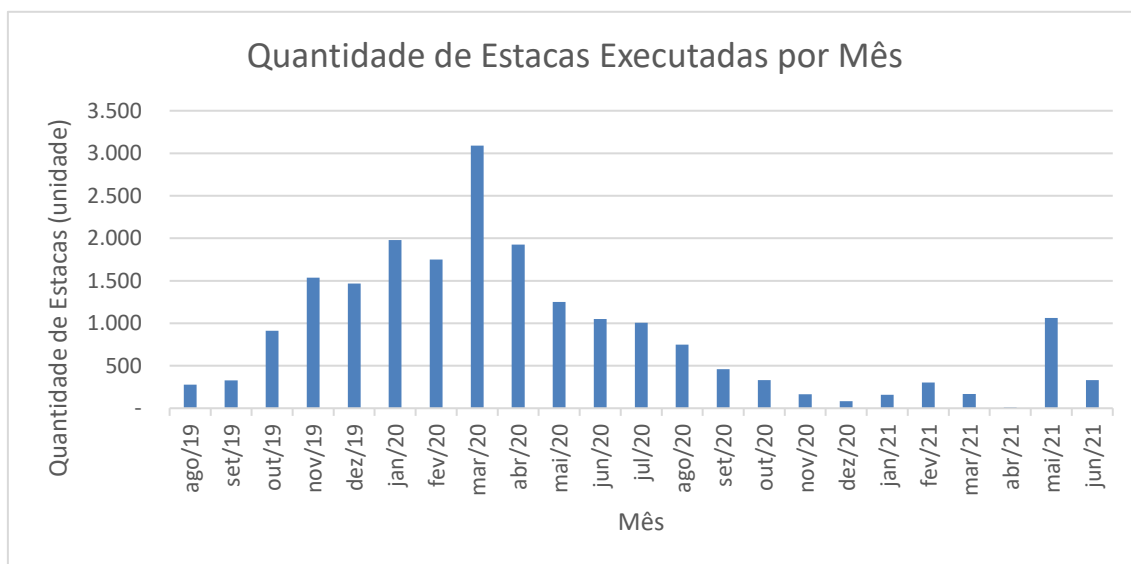


Gráfico 2 – Quantidade de estacas executadas da construção da fábrica de celulose

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



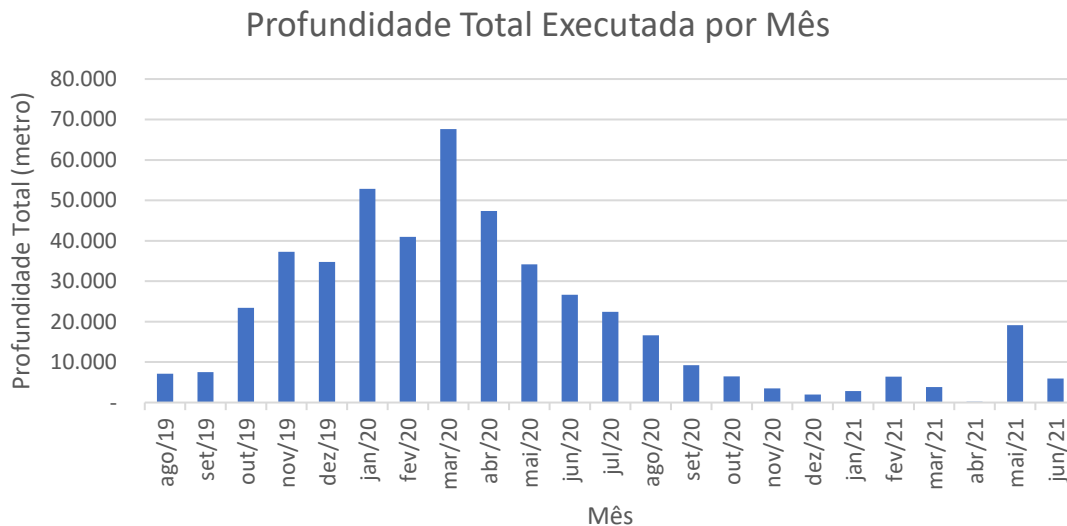


Gráfico 3 – Profundidade total executada da construção da fábrica de celulose

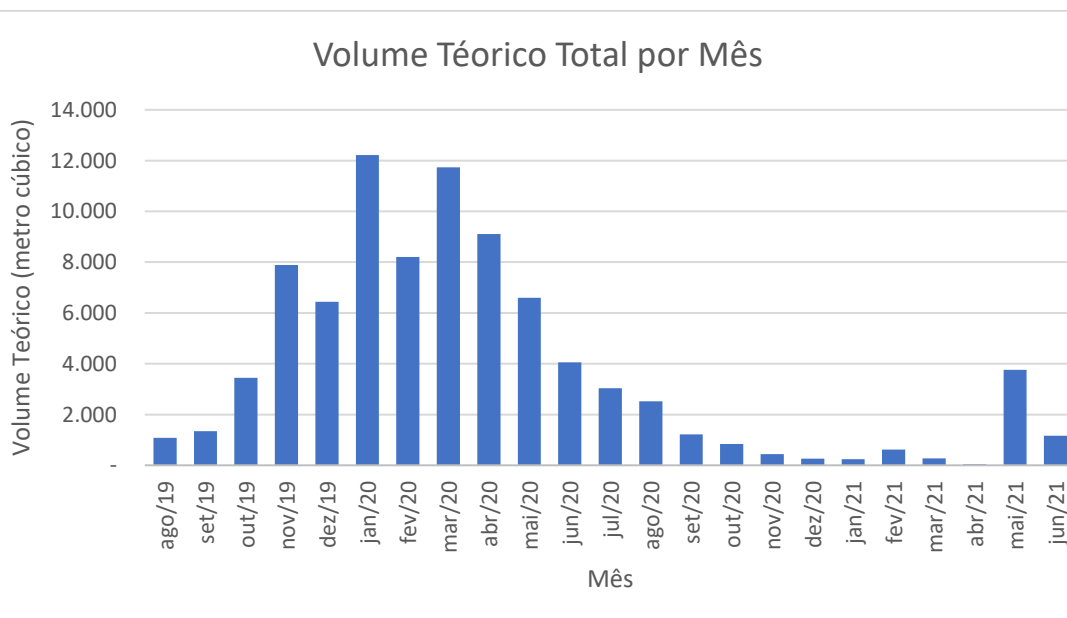


Gráfico 4 – Volume teórico total da construção da fábrica de celulose

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



5 Conclusão

A engenharia civil está no cotidiano para atender a sociedade, e poder realizar sonhos, projetos e obras que impactam positivamente a vida de milhares de pessoas.

A indústria de celulose no interior de São Paulo trouxe transformações para toda região, como empregos, oportunidades e melhorias. Porém, toda obra/projeto possui desafios e neste não foi diferente.

Um dos principais desafios apresentados foi de cunho geotécnico, pois havia a necessidade de fundações capazes de suportar os esforços provenientes de estruturas pesadas com esforços dinâmicos. O solo não possuía condições de suporte para realização de fundações diretas, e era necessário chegar em camadas com considerável resistência de solo. As perfuratrizes empregadas, inicialmente, não foram capazes de realizar tais serviços. Junto a isso, um prazo de obra enxuto poderia tornar a obra inviável.

Por meio da utilização de equipamentos mais potentes e com ferramentas especiais, os desafios puderam ser superados, atendendo os prazos de execução, tornando possível o desenvolvimento das etapas seguintes de construção e deixando um complexo fábri que beneficiará a vida de milhares de pessoas. Em um primeiro momento, o solo que não parecia apresentar muitas dificuldades de escavação, na prática se tornou um grande desafio para este projeto, tornando-se um grande desafio de engenharia de fundação.

Referências e Bibliografias.

Croplifebrasil. *O que é celulose? Da extração à produção de papel.* Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/da-celulose-ao-papel-como-funciona-essa-cadeia-produtiva/> Acesso em: 23 de jul. 2023.

Croplifebrasil. *Perspectiva Global sobre Celulose e Papel: Impactos da Covid-19 no suprimento e demanda.* Disponível em: https://www.guiacomprascelulosepapel.org.br/publicador/noticia-anexos/1605625120_c4609f0bcd7f6927a49a0cb4f19989cd_1155143280.pdf/ Acesso em: 23 de jul. 2023.

Estadão. *O Brasil é o maior exportador global de celulose e tem a sua produção baseada em áreas de florestas plantadas.* Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/o-que-e-celulose-e-para-que-serve/> Acesso em: 23 de jul. 2023.

Instrumentação e controle. *Produção de Papel e Celulose – Como funciona?* Disponível em: <https://instrumentacaoecontrole.com.br/producao-de-papel-e-celulose-como-funciona/#:~:text=A%20polpa%20de%20celulose%2C%20ainda,papel%20e%20alisam%20a%20folha/> Acesso em: 23 de jul. 2023.

Veracel. *O que é celulose? Saiba para que serve e qual a sua importância.* Disponível em: <https://www.veracel.com.br/entenda-a-celulose-descubra-o-que-e-para-que-serve-e-sua-importancia/> Acesso em: 23 de jul. 2023.

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

