

Impacto da ação meteorológica no cronograma de execução de estacas hélice contínua

Impact of meteorological action on the execution schedule of continuous flight augers

¹Mateus Henrique Silveira, ²João Carlos Machado Sanches

¹Graduando em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato
(mateus.silveira@unemat.br)

² Pós-doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Minas Gerais
(joao.sanches@unemat.br)

RESUMO: A ação meteorológica é uma das principais fontes de incerteza durante a previsão para execução de uma obra, o artigo em questão é um estudo de caso que analisa o impacto da ação meteorológica no cronograma de execução de estacas escavadas do tipo hélice contínua. O estudo foi realizado em cinco obras com projetos semelhantes, totalizando somados, 492 estacas hélice contínua executadas em períodos diferentes do ano e em três municípios no estado do Mato Grosso (Lucas do Rio Verde, Sorriso e Primavera do Leste), onde são coletados e analisados os dados de produção de estacas e volume pluviométrico. Os resultados obtidos mostram o grau de influência que a ocorrência de chuvas incide sobre o cronograma de execução das estacas deste tipo, aumentando o tempo necessário para a conclusão da obra. Este estudo encontrou dados estatísticos gerados com base em acervo coletado em campo durante a execução das obras, e apresenta projeções de aplicação dos dados no próprio material de estudo, traçando previsões hipotéticas de acordo com os valores estatísticos obtidos.

Palavras Chave: cronograma; pluviometria; hélice contínua; planejamento.

ABSTRACT: The meteorological action is one of the main sources of uncertainty during the forecast for the execution of a construction, the article in question is a case study that analyzes the impact of the weather action on the execution schedule of continuous propeller-type excavated piles. The study was carried out in five constructions with similar projects, totaling 492 continuous helix piles performed at different periods of the year and in three municipalities in the state of Mato Grosso (Lucas do Rio Verde, Sorriso and Primavera do Leste), where the data of pile production and rainfall volume are collected and analyzed. The results obtained show the degree of influence that the occurrence of rainfall impacts on the execution schedule of piles of this type, increasing the time required to complete the construction. This study provides statistical data generated based on a collection collected in the field during the execution of the constructions and presents projections of data application in the study material itself, tracing hypothetical predictions according to the statistical values obtained.

Keywords: timeline; pluviometry; continuous helix; planning.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento e cronograma de execução na construção civil são elementos fundamentais para garantir o sucesso de uma obra. Dentre os diversos fatores que devem ser considerados com máxima atenção, destaca-se a incidência da ação climática e meteorológica, que exerce um impacto significativo nesse setor. Mesmo efeitos climáticos aparentemente insignificantes podem acarretar em consequências graves, como a impossibilidade de execução de atividades, prejuízos materiais e riscos à segurança dos trabalhadores.

Nesse contexto, é essencial dispor de técnicas de planejamento desenvolvidas com base em dados estatísticos e informações sobre execuções reais anteriores. Através desse acervo, é possível estabelecer relações estatísticas entre fatores influentes e o avanço físico na execução de obras, permitindo previsões mais precisas e a identificação de possíveis obstáculos causados pelas condições climáticas. A não favorabilidade do clima ou meteorologia incidente no local da execução de uma obra, por menor que seja o efeito, pode impossibilitar completamente a execução de uma atividade, seja devido a não possibilidade de execução de certa técnica construtiva, ou prejudicando a performance de algum material utilizado, ou até mesmo ameaçando a integridade das pessoas que compõem a equipe que trabalha no local executando diretamente a atividade (PRAVIN et al., 2017).

A construção civil é um setor que se destaca entre as indústrias por sua sensibilidade à ação climática e meteorológica. Diferentemente de outros ramos, que podem ser afetados por eventos climáticos extremos, a construção é impactada até mesmo por condições sutis, como chuvas fracas ou fortes, ventos e sol intenso. Esses fatores podem inviabilizar atividades construtivas e aumentar o risco de acidentes, comprometendo a integridade dos trabalhadores (PRAVIN et al., 2017). A previsão meteorológica assume um papel crucial na elaboração do cronograma de execução de obras. Algumas empresas registram diariamente o controle de precipitação pluviométrica, utilizando esses dados como material de estudo para obras futuras e justificativas de atrasos imprevistos causados por fatores meteorológicos excepcionais e imprevisíveis. A consideração das condições climáticas durante o planejamento torna-se, portanto, de extrema importância para evitar prejuízos, redefinir prazos e minimizar danos como erosão de taludes (COELHO, 2015).

A fase de fundação na execução de projetos da construção civil é particularmente suscetível a obstáculos causados pelas chuvas. Estudos demonstram que a incidência de chuvas afeta significativamente o cronograma de execução, com maiores impactos nas etapas de escavação e concretagem das sapatas (FARIAS, 2022). Considerando que os fatores mais influenciados pelas chuvas são justamente os relacionados à fundação, este trabalho assume grande relevância ao fornecer informações para a elaboração de cronogramas mais precisos, evitando imprevistos na execução de obras (FARIAS, 2022).

Diante disso, a execução de estacas do tipo hélice contínua demanda equipamentos específicos, como bomba de concreto, caminhão betoneira e perfuratriz do tipo hélice contínua, além de uma equipe qualificada para operar os equipamentos e monitorar a atividade no canteiro. A ociosidade nessa etapa da construção pode acarretar enormes prejuízos para o financiamento do projeto, reforçando a necessidade de estabelecer previsibilidade das condições de trabalho (FORMENTINI, 2017).

O gerenciamento e a programação de obras são fatores essenciais para manter o bom andamento de um projeto na construção civil. A elaboração de um cronograma deve levar em conta diversos aspectos que podem influenciar a programação da obra, como a disponibilidade de material, possíveis imprevistos climáticos e a quantidade adequada de funcionários para a execução das atividades (FORMENTINI, 2017). Considerando que a construção civil é amplamente impactada pelo clima e pela ação da chuva, a avaliação cuidadosa das características climáticas e meteorológicas durante a execução de uma obra se torna fundamental. Autores como Pravin et al. (2017), Formentini (2017) e Coelho (2015) ressaltam o clima como um fator relevante no planejamento de obras, podendo causar atrasos e prejuízos na sua execução.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal analisar quantitativamente a perda real de produtividade de estacas hélice contínua em relação ao impacto pluviométrico. Utilizando dados climáticos registrados in loco, busca-se identificar a interferência direta da ação meteorológica no cronograma de execução desse tipo de estaca, fornecendo informações úteis para o aprimoramento dos cronogramas de construção e evitando que imprevistos meteorológicos influenciem de maneira não programada na execução das obras.

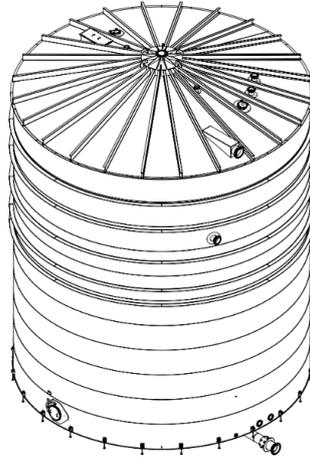
2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Obras de análise – Objeto de Estudo

Todas as obras estudadas referem-se a bases civis para tanques de fermentação (Fermenter, Figura 1), equipamentos que fazem parte do processo industrial de fermentação de etanol de milho. Cada tanque possui um volume útil de retenção de 2.810.271 litros e um peso

total vazio, incluindo equipamentos equivalentes, de 76.712,82 kg. O peso do conjunto, composto pelo tanque mais os equipamentos, quando cheio de água, é igual a 2.886.836 kg, segundo dados fornecidos pela empresa responsável pela produção dos projetos mecânicos dos tanques e equipamentos.

Figura 1 - Desenho isométrico "Fermenter"



A base em concreto armado é moldada in loco e possui um topo circular afunilado com diâmetro de 15,15 m. Essa base é projetada para suportar um tanque cilíndrico, e conta com um estaqueamento do tipo hélice contínua para garantir a estabilidade da estrutura. Além disso, a base possui nichos de fixação e um encanamento central que liga a parte de nível mais baixo do topo afunilado à lateral da base, onde se encontram as bombas responsáveis por transportar o líquido do tanque para os demais setores da indústria. A Figura 2-A mostra uma base para tanque de fermentação em sua etapa de 100% de conclusão, pronta para servir de suporte ao equipamento a ser instalado. Já na Figura 2-B, é exemplificada a instalação do "Fermenter" (tanque fermentador) em sua base de concreto, demonstrando a relação entre a base e o tanque.

Essa estrutura é essencial para garantir a segurança e eficiência do processo de fermentação de etanol de milho na indústria, considerando o grande volume e peso envolvidos no tanque e equipamentos. A utilização do concreto armado e do estaqueamento do tipo hélice contínua assegura a estabilidade e resistência necessárias para suportar as cargas e movimentos decorrentes do processo industrial. Além disso, a integração do encanamento central facilita o transporte do líquido fermentado para as etapas subsequentes de produção. A Figura 2-A e 2-B proporcionam uma visualização concreta da estrutura e sua importância para o funcionamento adequado do processo industrial.

Figura 2 - (A) "Base para Fermenter" 100% Concluída e (B) "Fermenter" instalado



Neste estudo, são analisadas especificidades de cinco obras de bases para tanques de fermentação de etanol, realizadas pela construtora que forneceu os dados para esta pesquisa em três plantas industriais de fabricação de etanol de milho. As plantas estão localizadas em Lucas do Rio Verde-MT, Sorriso-MT e Primavera do Leste-MT. Devido a um contrato de confidencialidade entre a construtora e o cliente, os projetos de execução e os dados das empresas envolvidas não serão divulgados, e fotos internas tiradas durante a execução das obras serão limitadas.

No entanto, todos os dados relevantes para a análise serão descritos, e as imagens pertinentes ao tema estarão disponíveis. Cada obra possui características individuais a serem consideradas no estudo, incluindo variações nos equipamentos utilizados (hélice contínua), variações nas estacas (quantidade e geometria) e variações decorrentes da localização e dificuldades de acesso nas áreas das obras, bem como as técnicas de execução empregadas. A seguir, são apresentados detalhes de cada obra:

- i) Obra 1 (em Lucas do Rio Verde): Foram executadas 140 estacas com diâmetro de 25 cm e profundidade de 23 m. Foi necessária a realização de pré-furos com diâmetro de 20 cm e 14 m de profundidade. O período de execução das estacas foi de 05/11/2021 até 07/01/2022.
- ii) Obra 2 (em Sorriso): Foram executadas 88 estacas com diâmetro de 35 cm e profundidade de 23 m. Também foi necessária a realização de pré-furos com diâmetro de 20 cm e 14 m de profundidade. O período de execução das estacas foi de 18/11/2021 até 11/12/2022.
- iii) Obra 3 (em Primavera do Leste): Foram executadas 88 estacas com diâmetro de 35 cm e profundidade de 23 m. Nesta obra, não houve necessidade de execução de pré-furos. O período de execução das estacas foi de 04/05/2022 até 11/05/2022.
- iv) Obra 4 (em Primavera do Leste): Foram executadas 88 estacas com diâmetro de 35 cm e profundidade de 23 m. Nesta obra, assim como na anterior, não houve necessidade de execução de pré-furos. O período de execução das estacas foi de 14/05/2022 até 27/05/2022.
- v) Obra 5 (em Primavera do Leste): Foram executadas 88 estacas com diâmetro de 25 cm e profundidade de 23 m. Nesta obra, também não houve necessidade de execução de pré-furos. O período de execução das estacas foi de 12/08/2022 até 31/10/2022.

Essas obras apresentam semelhanças nos projetos, uma vez que se tratam de bases para suportar o mesmo tipo de equipamento, o tanque de fermentação de etanol de milho. Contudo, é importante considerar que podem ocorrer adversidades nos projetos devido à variabilidade do solo nos diferentes locais de execução. A análise das informações coletadas durante a execução destas obras proporcionará um maior entendimento sobre o comportamento e eficiência das estruturas, bem como permitirá a obtenção de dados relevantes para futuros projetos de construção civil e obras similares.

2.2 Processo Metodológico

O primeiro passo para a realização deste estudo consiste na obtenção dos seguintes dados: índice de precipitação pluviométrica diário, número diário de produção de estacas, carga horária diária de atividade e interferências influentes na produção de estacas decorrentes de ações meteorológicas. Para medir o índice pluviométrico diário, utiliza-se uma estação composta por uma tábua de madeira fixada no solo, posicionada em local sem obstruções

superiores ou laterais, permitindo a coleta adequada das amostras de chuva para o funcionamento do pluviômetro, conforme representado na Figura 5.

Figura 5: Estação de pluviometria na obra.



Esses dados foram selecionados para compor o corpo da pesquisa por razões específicas. O índice de precipitação pluviométrica diário é essencial para quantificar de forma numérica a incidência de chuvas nas obras estudadas. O número diário de produção de estacas é registrado de forma inteira, considerando a realização de pré-furos quando necessário. A carga horária diária de atividade é de extrema relevância, visto que o horário de expediente padrão das equipes de hélice contínua nas obras estudadas é de segunda a sexta, das 7:00 às 12:00 e das 13:00 às 17:30, além dos sábados das 7:00 às 11:30, com algumas exceções ocasionais por ações climáticas.

Além da influência direta da chuva no cronograma de execução, outras interferências também são registradas, tais como problemas burocráticos, falhas em equipamentos, falta de material e questões relacionadas à mão de obra, que são consideradas para a filtragem dos dados relevantes para o estudo. Após a obtenção dos dados brutos, é aplicado um tratamento para organizá-los de maneira confiável e relevante para o assunto estudado. Nessa etapa, são separados os dados não úteis à pesquisa, buscando maior precisão na relação direta entre a produção de estacas e a incidência de chuva. Problemas diversos que causaram atrasos no cronograma são identificados, mas são excluídos do estudo, pois não estão relacionados ao tema em análise.

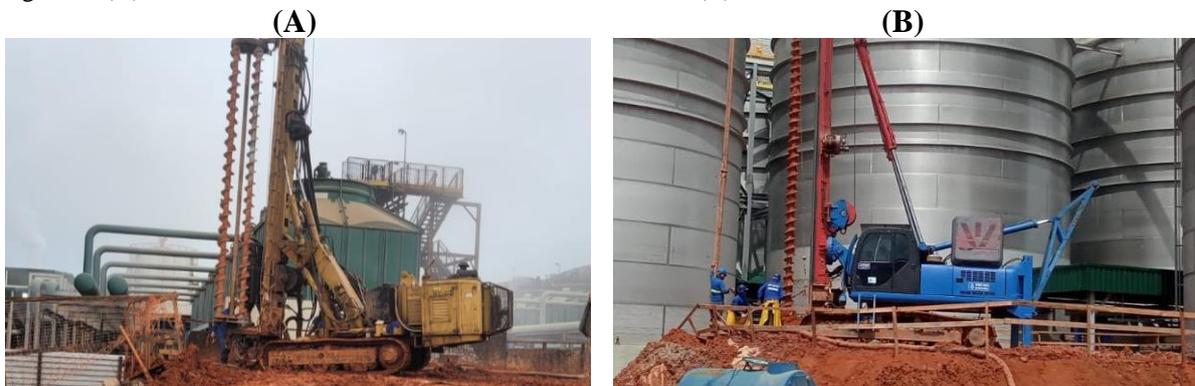
A comparação dos dados obtidos em uma mesma obra em dias diferentes permite identificar o grau de influência causada pela ação meteorológica na produtividade da execução da mesma estrutura. Ao comparar os resultados de diferentes obras, com características estruturais e de execução similares, ocorridas em diferentes épocas do ano, é possível observar maior contraste de dados e identificar o comportamento das obras com maior incidência de chuva em relação às outras. Essa abordagem comparativa permitirá analisar os efeitos das chuvas na produtividade e eficiência da execução das estacas hélice contínua, fornecendo informações relevantes para o planejamento e controle das atividades de construção civil em condições climáticas adversas. A investigação cuidadosa desses dados contribuirá para o

aprimoramento das técnicas de planejamento e execução de obras, promovendo maior eficiência e segurança nas atividades desse setor.

3. RESULTADOS

Os equipamentos utilizados para a escavação dos solos nas obras estudadas consistem em uma perfuratriz hélice contínua do tipo SoloDrill SD55 (Figura 5-A) e outra do tipo BS CFA 1545 (Figura 5-B). Os dados coletados das estacas escavadas e da pluviometria, tanto noturna quanto diurna, eram registrados em uma tabela eletrônica. As observações relevantes que impactam no resultado do experimento, como intervenções externas ou problemas indiretos, eram anotadas e registradas através de fotografias e representadas textualmente na tabela eletrônica. Além dos dados do estudo, fotografias das obras foram tiradas durante seu desenvolvimento, com o intuito de ilustrar as obras e as atividades executadas.

Figura 5: (A) Perfuratriz hélice contínua - SOLODRILL SD55 e (B) Perfuratriz hélice contínua - BS CFA 1542



3.1 Primeira Obra – Lucas do Rio Verde

Analisando a primeira obra em Lucas do Rio Verde, foi possível identificar uma perda de 22% na produtividade nos dias chuvosos. A Obra 1 possui o maior número de estacas, totalizando 140 unidades, o que resultou em um tempo de execução de 19 dias de atividade, equivalente a 148:00 horas de trabalho. Além disso, a obra enfrentou uma maior incidência acumulada de precipitação pluviométrica, chegando a 357 mm.

Comparando esses dados com as demais obras do estudo, a Obra 1 apresentou 11 dias chuvosos, o que equivale a 90:30 horas de atividade afetadas pelas chuvas. Considerando a influência média de perda de produtividade de 22% durante esses dias, conclui-se que, em condições climáticas ideais, a execução das estacas poderia ter sido concluída aproximadamente 19:52 horas mais cedo do que foi efetivamente concluída (conforme demonstrado na Tabela 1).

Tabela 1 - Obra 1 - Lucas do Rio Verde/MT

Data	Carga horária	Estacas exec. (un)	Estacas exec./hora (un)	Pluviometria noturna (mm)	Pluviometria diurna (mm)	Estacas exec./hora	Pluviometria noturna	Pluviometria diurna
05/11/21	9:30	1	0,11	0	0			
06/11/21	4:30	3	0,67	0	0			
08/11/21	4:30	5	1,11	0	3			
09/11/21	9:30	9	0,95	25	0			
11/11/21	9:30	3	0,32	5	0			
18/11/21	9:30	3	0,32	0	0			
19/11/21	5:00	6	1,20	0	0			
22/11/21	9:30	10	1,05	0	0			
29/11/21	9:30	2	0,21	4	0			
06/12/21	9:30	11	1,16	5	5			
07/12/21	5:00	6	1,20	0	0			
09/12/21	9:30	1	0,11	0	22			
10/12/21	5:00	5	1,00	0	0			
13/12/21	9:30	11	1,16	24	0			
14/12/21	4:30	4	0,89	24	0			
15/12/21	9:30	11	1,16	0	0			
16/12/21	4:30	2	0,44	85	20			
20/12/21	9:30	6	0,63	0	42			
21/12/21	9:30	6	0,63	70	0			
22/12/21	9:30	6	0,63	0	21			
05/01/22	9:30	9	0,95	0	0			
06/01/22	9:30	8	0,84	0	0			
07/01/22	10:20	12	1,16	0	11			

Durante a execução da obra, foram registradas algumas observações relevantes que afetaram diretamente o cronograma e a produtividade da atividade de estacas hélice contínua. Inicialmente, observou-se que a escavação da primeira estaca foi iniciada ao final do expediente, o que pode ter contribuído para um tempo de atividade reduzido e potencialmente menor eficiência na execução dessa estaca.

Posteriormente, foram realizados pré-furos nas primeiras 5:00h do dia, o que deixou um período de 4:30h para a continuidade da atividade. No entanto, em decorrência de uma quebra no equipamento (Perfuratriz HC) na parte mecânica durante o período da manhã, a execução das estacas foi impossibilitada. Esse incidente trouxe uma interrupção significativa no andamento da obra, resultando em perda de tempo e recursos.

A remobilização do equipamento, sua montagem e os testes pós-manutenção foram necessários para retomar as atividades. Esse processo demandou tempo adicional, o que novamente impactou negativamente a produtividade e o cumprimento do cronograma previamente estabelecido. Após os devidos ajustes, a execução de pré-furos foi retomada nas últimas 4:30h do dia, mas, novamente, foi interrompida por uma falha elétrica no equipamento durante o período da manhã. Essa segunda ocorrência de falha trouxe mais desafios ao projeto, prolongando o tempo necessário para a conclusão das estacas.

Após superar essas dificuldades, a execução de pré-furos foi realizada novamente nas últimas 4:30h do dia, e dessa vez, sobraram 5:00h de atividade, o que representou um avanço positivo em relação às etapas anteriores. No entanto, o cronograma ainda sofreu com a execução de pré-furos nas primeiras 5:00h do dia em outro momento da obra, restando 4:30h de atividade para a conclusão das estacas.

Tendo em vista as observações mencionadas, fica evidente que as quebras e falhas no equipamento foram fatores críticos que influenciaram diretamente a produtividade e o cumprimento do cronograma da obra. Esses contratempos exigiram esforços adicionais para a retomada das atividades e, conseqüentemente, resultaram em atrasos na execução das estacas. Considerando a importância do cumprimento do cronograma para a eficiência da obra e o uso

efetivo dos recursos, é essencial que medidas preventivas e de manutenção sejam adotadas para minimizar a ocorrência de falhas no equipamento. Além disso, é recomendado que a programação da execução das estacas seja revista para otimizar o tempo disponível e garantir uma distribuição mais equilibrada das atividades ao longo do dia.

3.2 Segunda Obra – Sorriso

Analisando a segunda obra, podemos identificar uma perda de 42% de produtividade nos dias chuvosos. A Obra 2 teve um tempo total de execução das estacas de 10 dias de atividade, totalizando 90:00 horas, com um acumulado de precipitação pluviométrica de 97mm, o que resultou em 5 dias chuvosos, totalizando 47:30 horas de atividade. Levando em consideração a influência média de perda de produtividade nesses dias chuvosos, conclui-se que, em condições climáticas perfeitas, a obra teria encerrado a execução das estacas cerca de 10:27 horas antes do ocorrido (Tabela 2).

Tabela 2 - Obra 2 - Sorriso/MT

Data	Carga horária	Estacas exec. (un)	Estacas exec./hora (un)	Pluviometria noturna (mm)	Pluviometria diurna (mm)	Estacas exec./hora	Pluviometria noturna	Pluviometria diurna
18/11/21	9:30	8	0,84	0	10			
19/11/21	9:30	6	0,63	0	25			
22/11/21	9:30	10	1,05	0	0			
24/11/21	9:30	7	0,74	35	0			
26/11/21	9:30	9	0,95	5	0			
29/11/21	9:30	11	1,16	0	0			
30/11/21	9:30	6	0,63	22	0			
08/12/21	9:30	9	0,95	0	0			
09/12/21	9:30	9	0,95	0	0			
11/12/21	4:30	11	2,44	0	0			

3.3 Terceira e Quarta Obra – Primavera do Leste

Terceira e quarta obras foram realizadas em Primavera do Leste. No entanto, não houve influência meteorológica significativa nessas obras. Portanto, os dados registrados serão de utilidade somente na análise geral, não sendo cabível uma análise individual para essas obras (Tabela 3).

Tabela 3 - Obra 3 - Primavera do Leste/MT

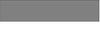
Data	Carga horária	Estacas exec. (un)	Estacas exec./hora (un)	Pluviometria noturna (mm)	Pluviometria diurna (mm)	Estacas exec./hora	Pluviometria noturna	Pluviometria diurna
02/05/22	9:30	10	1,052632	0	0			
03/05/22	9:30	14	1,473684	0	0			
04/05/22	9:30	8	0,84	0	0			
05/05/22	9:30	12	1,26	0	0			
06/05/22	9:30	13	1,37	0	0			
07/05/22	4:30	3	0,67	0	0			
09/05/22	9:30	3	0,32	0	0			
10/05/22	9:30	12	1,26	0	0			
11/05/22	9:30	12	1,26	0	0			
12/05/22	9:30	1	0,11	0	0			

Tabela 4 - Obra 4 - Primavera do Leste/MT

Data	Carga horária	Estacas exec. (un)	Estacas exec./hora (un)	Pluviometria noturna (mm)	Pluviometria diurna (mm)	Estacas exec./hora	Pluviometria noturna	Pluviometria diurna
14/05/22	4:30	5	1,11	0	0	█		
16/05/22	9:30	15	1,58	0	0	██████████		
17/05/22	9:30	10	1,05	0	0	██████		
20/05/22	9:30	5	0,53	0	0	██		
21/05/22	8:00	9	1,13	0	0	██████		
23/05/22	9:30	13	1,37	0	0	██████████		
24/05/22	9:30	13	1,37	0	0	██████████		
25/05/22	9:30	3	0,32	0	0	█		
26/05/22	9:30	12	1,26	0	0	██████		
27/05/22	9:30	3	0,32	0	0	█		

Durante a execução da obra, foram observadas algumas situações que afetaram a produção de estacas de concreto, resultando em atrasos e redução na produtividade. A demanda de 57m³ e 204m³ de concreto para concretagem de laje em obras paralelas acarretou em limitações no suprimento de concreto e no funcionamento da bomba estacionária, levando à redução da produção de estacas.

Essa ocorrência levanta a questão da coordenação de atividades em obras simultâneas, pois a falta de sincronização entre as demandas de concreto pode impactar negativamente em ambas as obras. É essencial que haja um planejamento adequado para garantir o fornecimento contínuo de concreto e evitar prejuízos na execução das estacas. Além disso, identificou-se que atrasos na entrega de carregamentos de cimento também comprometeram a produção de estacas. Os atrasos previstos para os dias 16/05/22 e 24/05/22 ocasionaram falta de concreto para a produção das estacas planejadas, impactando diretamente na conclusão da obra.

Essas situações ressaltam a importância de um eficiente gerenciamento de suprimentos na construção civil, especialmente no que diz respeito ao cimento e ao concreto, materiais essenciais para a execução das estacas. A falta de planejamento e controle adequado pode acarretar em interrupções na produção e, conseqüentemente, em atrasos na obra. Além disso, é crucial garantir a disponibilidade adequada de equipamentos, como a bomba estacionária, para garantir a fluidez do processo de concretagem e a produtividade da equipe. As limitações no suprimento de concreto e o mau funcionamento de equipamentos podem prejudicar o cronograma e elevar os custos da obra.

Por fim, observou-se que as últimas estacas foram executadas na obra. Isso ressalta a relevância de um cronograma bem elaborado e uma gestão eficiente de recursos, evitando atrasos e garantindo o cumprimento dos prazos estabelecidos para a conclusão da obra. A análise desses eventos reforça a necessidade de um planejamento minucioso e de medidas preventivas para enfrentar desafios e incertezas que podem surgir durante a execução de obras de construção civil, contribuindo para a eficiência e sucesso do projeto.

3.3 Quinta Obra – Primavera do Leste

Durante a análise desta obra, foi identificada uma perda de 31% na produtividade nos dias chuvosos. O tempo total de execução das estacas foi de 9 dias de atividade, totalizando 80:30 horas, e durante esse período, houve um acumulado de 22mm de precipitação pluviométrica. Dos 9 dias de atividade, 5 foram dias chuvosos, com um total de 19:00 horas de atividade afetada pela chuva.

Considerando a média de perda de produtividade nos dias chuvosos, podemos inferir que, em condições climáticas perfeitas, a obra poderia ter concluído a execução das estacas

aproximadamente 4:10 horas antes do ocorrido, de acordo com os dados apresentados na Tabela 5. Esse resultado demonstra a influência significativa das condições meteorológicas no desempenho da obra e reforça a importância de um planejamento cuidadoso e medidas preventivas para mitigar os impactos negativos causados pelas chuvas.

Tabela 5 - Obra 5 - Primavera do Leste/MT

Data	Carga horária	Estacas exec. (un)	Estacas exec./hora (un)	Pluviometria noturna (mm)	Pluviometria diurna (mm)	Estacas exec./hora	Pluviometria noturna	Pluviometria diurna
12/08/22	9:30	1	0,11	0	0	█		
13/08/22	4:30	5	1,11	0	0	██████████		
15/08/22	9:30	12	1,26	0	0	██████████		
16/08/22	9:30	10	1,05	0	0	██████████		
24/10/22	9:30	9	0,95	0	10	██████████		██████████
25/10/22	9:30	12	1,26	0	0	██████████		
26/10/22	9:30	12	1,26	0	0	██████████		
27/10/22	9:30	9	0,95	0	0	██████████		
28/10/22	9:30	11	1,16	0	0	██████████		
31/10/22	9:30	7	0,74	5	7	██████████	██████████	██████████

3.3 Discussões

Ao analisar as tabelas de dados, fica evidente que a incidência de chuva na região onde a pesquisa foi realizada é bastante variável ao longo do tempo. Durante o período de execução das obras 1 e 2, que ocorreu na época do ano de maior incidência de chuvas, o volume pluviométrico registrado foi significativamente mais alto em comparação com a obra 5, que ocorreu no início da temporada chuvosa. Por outro lado, nas obras 3 e 4, que ocorreram durante a estiagem, não houve registros de incidência de chuvas.

Após a coleta de dados, foi realizada a devida tratativa para separar o conteúdo relevante ao tema do estudo dos dados díspares e influências externas. Nessa etapa, todas as ações externas que poderiam ter causado influências na produção de estacas foram identificadas e separadas do estudo. Dessa forma, os dados presentes na Tabela 6 já contemplam essa tratativa e representam uma análise mais analítica e precisa. A análise comparativa da média da produção de estacas de todas as obras possibilita identificar a distinção na produtividade à medida que se varia o volume de precipitação pluviométrica.

Tabela 6 - Análise de dados

Obra	Média de produção de estacas / hora						
	Dia sem chuva	Dia com chuva noturna	Dia com chuva diurna	Média chuva noturna e diurna	Perca de produtividade em dias chuvosos	Precipitação pluviométrica acumulada (mm)	Média de produção de estacas/ hora (um)
1	1,01	0,81	0,75	0,78	22%	357	0,89
2	1,31	0,77	0,74	0,75	42%	97	1,03
3	1,22	-	-	-	-	0	1,22
4	1,27	-	-	-	-	0	1,27
5	1,15	0,74	0,84	0,79	31%	22	1,08

Observando este resumo, podemos perceber uma clara influência direta na relação entre a incidência de chuvas e a produção de estacas. É notado que, proporcionalmente, à medida que o volume pluviométrico aumenta, a produção de estacas diminui. Embora essa relação não seja uma proporção exata de produção em relação ao volume pluviométrico, em todos os casos deste estudo, foi identificada a relação direta entre os dois fatores.

4. CONCLUSÃO

Com base na análise realizada sobre o impacto da ação meteorológica na produtividade de estacas de hélice contínua, podemos afirmar que a incidência de chuvas afeta significativamente o processo de execução dessas estruturas. A coleta de dados em campo em cinco obras distintas permitiu uma análise comparativa, que evidenciou uma relação direta entre o volume pluviométrico e a produtividade das atividades.

Os resultados demonstraram que, em média, a produtividade na execução de estacas em dias chuvosos apresentou uma perda de 32% em relação a dias sem chuva. Essa diferença considerável mostra como a variabilidade climática pode impactar a eficiência da obra, tornando-se um fator crítico a ser considerado em projetos de construção civil que envolvam a execução de estacas de hélice contínua.

A metodologia adotada no estudo mostrou-se eficaz e robusta na obtenção e análise dos dados coletados. A compilação, tratamento e análise criteriosa das informações permitiram identificar padrões consistentes e conclusões sólidas. Dessa forma, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento científico na área de construção civil, fornecendo subsídios para a tomada de decisões e o aprimoramento de técnicas e práticas de construção.

No entanto, é importante ressaltar que outros fatores também podem influenciar na execução de estacas, e futuras pesquisas devem considerar uma abordagem mais abrangente, incorporando múltiplos aspectos que possam afetar a produtividade. Além disso, é recomendado estender o estudo para uma amostragem maior e diversificada de obras, a fim de obter resultados mais generalizáveis.

Por fim, a conclusão deste estudo técnico-científico reforça a importância de planejamento adequado, gestão eficiente de recursos, manutenção preventiva de equipamentos e coordenação cuidadosa de atividades em obras civis. Somente por meio de uma abordagem holística e fundamentada será possível enfrentar os desafios impostos pela ação meteorológica e maximizar a eficiência na execução de estacas de hélice contínua, contribuindo para a excelência na construção de infraestruturas com maior resiliência e sustentabilidade.

5. REFERÊNCIAS

ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H. **Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua.** In.: FALCONI, F.; CORRÊA, C. N.; ORLANDO, C.; SCHIMDT, C.; ANTUNES, W. R.; ALBUQUERQUE, P. J.; HACHICH, W.; NIYAMA, S. *Fundações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. p. 345-347

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122 – Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, p. 108, 2019.

BACK, A. J.; COELHO, D. M. **Estimativa dos dias parados em obras de engenharia em função da chuva.** Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2015.

BERNARDES, Maurício M. S., et al. *Diretrizes para avaliação de sistemas de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas empresas de construção* - In: ENTAC 2002 – IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 2002.

CARLUC. **Estacas de hélice contínua.** Disponível em: <https://carluc.com.br/projeto-de-fundacao/estaca-helice-continua/>, Acesso em 18 agosto 2022.

COELHO, Dilson Machado. **Estimativa dos dias parados em obras de engenharia em função da chuva**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense.

DE RESENDE, Carlos César Rigueti. **Atrasos de obra devido a problemas no Gerenciamento**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado de engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FARIAS, Bruna de Britto. **Impacto das chuvas no cronograma físico-financeiro de obras: Estudo de caso de construtoras em Pernambuco**. 2022. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.

FORMENTINI, Letícia. **Análise dos fatores que afetam a programação de obras: estudo de caso na cidade de Toledo-PR**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GOVERNO DE MATO GROSSO. **Geografia**. Disponível em: <http://www.mt.gov.br/geografia#:~:text=O%20estado%20de%20Mato%20Grosso%20apresenta%20sens%C3%ADvel%20variedade%20de%20climas,23%C2%B0C%20no%20planalto>. Acesso em: 30 julho 2022.

GOVERNO DE MATO GROSSO. **Imprensa - Banco de Imagens**. Disponível em: <http://www.mt.gov.br/-/17829017-usina-de-etanol-de-milho-fs-bioenergia>. Acesso em: 24 julho 2022.

HENRIQUE, Y. F. Estaca em perfil metálico: A solução adotada para a fundação dos edifícios do ebn-prosub. **Revista Obras Civis**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 86-93, dez, 2014. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/obrascivis/article/view/1512> Acesso em: 23 jul. 2022.

HERNANDES, Fernando Santos. **Análise da importância de planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p.161. 2002.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **2004 Biomas do Brasil - 1:5 000 000**. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/1992-novo-portal/edicao/16060-biomas-1-5-000-000-biomas.html>, 2008. Acesso em: 30 julho 2022.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS. **Estação de Cuiabá - Climatologia Local**. Disponível em: http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/cuiaba_clima.html. Acesso em: 30 julho 2022. Acesso em 21 julho 2022.

MASCAGNA COSTA, W.; QUARESMA, J. E.; FLORIAN, F. VIABILIDADE DA HÉLICE CONTÍNUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, [S. l.]**, v. 2, n. 10, p. e210807, 2021. DOI: 10.47820/recima21.v2i10.807. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/807>. Acesso em: 22 julho 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini LTDA, 2010.

NETO, J. A. A. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega: aspectos executivos.** Orientador Roberto Kochen. 2002, 174 F. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3145/tde-27012003180424/publico/dissertacao.pdf>. Acesso em: 22 julho 2022.

PRAVIN, S. N. K., MURALI, K., SHANMUGAPRIYAN, R. **Review on Climate and its effects on construction industry.** International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), www.irjet.net, Volume 04, Fascículo 11, p 1179 – 1183, Novembro 2017.

SILVA, C.M. (2011). Energia e Confiabilidade Aplicadas aos Estaqueamentos Tipo Hélice Contínua. Tese de Doutorado, Publicação G.TD - 070/11, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 311p.

VALENTE, Andrey Willen Nunes. **Previsão de risco de atraso na execução de obras por meio da lógica fuzzy:** um estudo de caso na cidade de Manaus. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2021.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.