

MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO: UMA APLICAÇÃO NO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DE UM TANQUE DE ESPESSADOR

CRITICAL PATH METHOD: AN APPLICATION IN THE EXECUTION SCHEDULE OF A THICKENER TANK

Maíssa de Moraes Alves¹

Vanderléia de Souza da Silva²

RESUMO

A indústria da construção civil tem enfrentado frequentes problemas com relação ao gerenciamento de prazo e custo das obras, os quais costumam inviabilizar um projeto. Assim, houve uma demanda crescente de desenvolvimento de práticas para auxiliar a gestão de seus empreendimentos, principalmente com relação ao prazo de duração do projeto. O gerenciamento de cronograma tornou-se fundamental ao controle do tempo do projeto, uma vez que envolve processos relacionados às atividades do projeto, duração dos serviços, recursos necessários e restrições existentes, tornando seu desenvolvimento um processo iterativo. Assim, o objetivo do estudo é analisar o gerenciamento do cronograma de construção de um tanque de espessador com o Método do Caminho Crítico, e propor melhorias para o processo. Neste estudo de caso foram utilizadas as metodologias qualitativa e quantitativa, buscando identificar a sequência lógica das atividades que integram o cronograma, os fatos que impactaram no prazo dos trabalhos, além de calcular o atraso no cronograma planejado. Com a aplicação do método foram identificados 134 dias de atraso total na fundação do tanque de espessador, sendo eles detalhados em seis atrasos específicos. Com isso, foram traçados planos de ação para tentar minimizar as referidas delongas nas atividades, como aumento da equipe e equipamentos da superestrutura e aquisição antecipada das peças pré-moldadas da superestrutura.

Palavras-chave: Análise; atraso; construção civil; cronograma; plano de ação.

¹Engenharia de Produção Civil, Especialista em Gestão de Projetos – Universidade de São Paulo

²Doutoranda em Administração – Universidade Estadual de Campinas, Professora Associada – Universidade de São Paulo, Rua Alexandre Herculano, 120 – T6 – Vila Monteiro – 13418-445, Piracicaba, SP, Brasil, e-mail: vanderleia_adm@hotmail.com

ABSTRACT

The civil construction industry has faced frequent problems regarding the management of deadlines and construction costs, which often make a project unfeasible. Thus, there has been growing demand for the development of practices to assist in the management of enterprises, especially those related to project duration. Schedule management has become fundamental for controlling project time, since it involves processes related to project activities, service durations, necessary resources, and existing constraints, making its development an interactive process. This paper aims to analyze the management of the construction schedule of a thickener tank using the Critical Path Method and to propose improvements to the process. In this case study the qualitative and quantitative methodologies were used, seeking to identify the logical sequence of activities that make up the schedule, the facts that impacted the deadline of the work, besides calculating the delay in the planned schedule. One hundred and thirty four days of total delay were identified in the foundation of the thickener tank, which were detailed in six specific delays. Thus, action plans were outlined to try to minimize these delays in activities, such as increasing the team and equipment of the superstructure and the anticipated purchase of precast parts of the superstructure.

Keywords: Action plan; analysis; construction; delay; schedule.

¹Engenharia de Produção Civil, Especialista em Gestão de Projetos – Universidade de São Paulo

²Doutoranda em Administração – Universidade Estadual de Campinas, Professora Associada – Universidade de São Paulo, Rua Alexandre Herculano, 120 – T6 – Vila Monteiro – 13418-445, Piracicaba, SP, Brasil, e-mail: vanderleia_adm@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção tem sido um dos setores que mais vem sofrendo alterações nos últimos anos. Alguns fatores que causam estas mudanças são o aumento da competitividade, a globalização dos mercados, a velocidade no surgimento de novas tecnologias, o aumento do grau de exigência dos clientes e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, principalmente (MATTOS, 2019). Essas mudanças demonstram às empresas que a busca pela melhoria em processos e produtos ou serviços deve ser frequente, para que oportunizem resultados positivos em seus projetos (THIELMANN; QUEIROZ, 2021).

Logo, investir em gestão e controle de processos é essencial para que as empresas não percam de vista os pilares do empreendimento, como, por exemplo, indicadores de prazo, custo, lucro, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa (MATTOS, 2019). Além disso, para atingir o sucesso, uma aplicação adequada de metodologias de gerenciamento de projetos é primordial (THIELMANN; QUEIROZ, 2021).

Em função dos frequentes problemas com relação ao gerenciamento de prazo e custo das obras, os quais costumam inviabilizar um projeto, o setor da construção civil apresenta uma demanda crescente de desenvolvimento de práticas para auxiliar a gestão de seus empreendimentos (QUALHARINI *et al.*, 2018).

Os problemas relacionados ao prazo têm sido os mais recorrentes nos projetos (MAIA; OLIVEIRA, 2018). Os motivos mais comuns de atraso em obras no Brasil são compreendidos pelo: gerenciamento ineficaz; falha na comunicação; atraso na entrega de material; escassez de mão de obra especializada; modificações no escopo; dificuldades financeiras do empreiteiro; demora na tomada de decisões; fatores externos ambientais; e baixa produtividade (MARTINS, 2020).

Diante do exposto, o gerenciamento de cronograma torna-se fundamental ao controle do tempo do projeto, uma vez que envolve processos relacionados às atividades do projeto, durações dos serviços, recursos necessários e restrições existentes, tornando seu desenvolvimento um processo interativo (PMI, 2017). Quando elaborado com prazos bem definidos e mantendo seu controle, o cronograma promove o gerenciamento de sucesso do projeto (MAIA; OLIVEIRA, 2018).

Para isso, na gestão de projetos pode ser utilizado o Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method* - CPM), que auxilia o planejamento, a programação e o controle das tarefas relativas ao tempo e aos recursos usados. Isso permite a visualização do sequenciamento

de execução das tarefas, a determinação de caminhos críticos, e a representação da árvore de tarefas de desdobramento dos projetos (NEVES *et al.*, 2021).

A aplicação do CPM possibilita a identificação em rede de projeto, mostrando as atividades que estão atrasadas, ou seja, aquelas que não estão com folga, e que se estiver em atraso afeta o prazo de entrega do projeto (OLIVEIRA; TARRENTO, 2020). Além da identificação da atividade crítica no gerenciamento do cronograma, é possível tomar decisões para que a tarefa seja concluída dentro de um prazo determinado, e sejam verificados os atrasos ocorridos na referida atividade, que podem acumular ao atraso geral na conclusão do projeto (AACE, 2011).

Para melhorar o nível de serviço de logística de uma distribuidora de bebidas, Santos (2020) aplicou o CPM para demarcar as tarefas críticas do processo e elaborar um sequenciamento lógico das operações. Com isso, identificou a interdependência das atividades de entrega dos produtos da empresa, em que 82% destas estão no caminho crítico. Assim, recomendou a revisão dos processos pelo gestor, para implementar melhorias (SANTOS, 2020). O CPM foi utilizado por Oliveira e Tarrento (2020) para melhorar os processos de uma metalúrgica, por meio de uma rede do projeto de montagem de tampas de inspeção com identificação do caminho crítico. A implementação proporcionou uma redução de quase 15% no processo de fabricação da célula produtiva.

Ao analisar o cronograma de construção de tanques espessadores, a Empresa X (fictício), atuante no setor de construção civil, verificou a ocorrência de atrasos e aumento dos custos totais nas obras. Assim, o objetivo do presente estudo é analisar o gerenciamento do cronograma de construção de um tanque de espessador com o Método do Caminho Crítico, e propor melhorias para o processo, visando reduzir os atrasos no cronograma e os custos totais da obra.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo é classificado como uma pesquisa qualitativa, que busca explicar o porquê dos fenômenos observados e têm uma menor estruturação do quadro teórico e das hipóteses, e ao mesmo tempo quantitativa, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo e as regras da lógica (MARCONI; LAKATOS, 2021). Isso em função da necessidade de identificar a sequência lógica das atividades que integram o cronograma, os fatos que impactaram no prazo dos trabalhos, além de calcular o atraso no cronograma planejado.

Este estudo caracteriza-se ainda como um estudo de caso, visto que investiga fenômenos contemporâneos dentro de um contexto da vida real, com o objetivo de explorar, descrever e explicar o evento ou fornecer uma compreensão profunda do fenômeno (LOZADA; NUNES, 2018).

Durante o desenvolvimento deste estudo realizou-se pesquisa documental, a qual caracteriza-se por análise de documentos (LOZADA; NUNES, 2018). Assim, foi realizada consulta e coleta de dados em atas, cartas, diários de obra, relatórios e cronograma real, elaborados durante o acompanhamento das atividades. Esses documentos internos foram utilizados para a identificação do cronograma previsto, pactuado em contrato entre as partes. O período consultado foi entre dezembro de 2019 a dezembro de 2020.

Para analisar o cronograma da construção do tanque de espessador da Empresa X, foram aplicadas as etapas do gerenciamento do cronograma descritas no Guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK): planejar, definir, sequenciar, estimar, desenvolver e controlar. O planejamento do gerenciamento do cronograma compreende o desenvolvimento de políticas, procedimentos e diretrizes acerca do planejamento, execução e controle do cronograma, sendo formalizado por meio do plano de gerenciamento do cronograma. A definição das atividades do cronograma consiste na definição das ações que serão realizadas para produzir as entregas do projeto, complementando a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e decompondo-a em atividades, assim determina-se o nível de detalhamento de cada uma dessas atividades (PMI, 2017).

No sequenciamento das atividades são definidas as restrições relacionadas às atividades e o relacionamento entre elas é possível identificar o sequenciamento lógico do trabalho. A estimação da duração final consiste na definição da duração de cada atividade e do projeto inteiro, utilizando de ferramentas e técnicas. Ao desenvolver o cronograma, a empresa deve ter por base as informações coletadas nos itens anteriores, cria-se o modelo do cronograma do projeto. O controle do cronograma é o processo de monitoramento contínuo dos prazos das atividades, incluindo análise das causas e seus efeitos sobre a duração do projeto (PMI, 2017).

Para analisar o cronograma, a ferramenta utilizada foi o CPM, tendo por base a recomendação da Análise Investigativa de Cronograma 29R-03, da *Association for the Advancement of Cost Engineering* (AACE, 2011). O CPM se refere ao conjunto de tarefas conectadas a uma ou mais tarefas que não têm margem de atraso e esse método possui a vantagem de auxiliar no gerenciamento de projeto em função da capacidade de evitar ou minimizar o risco dos efeitos advindos de uma ocorrência inesperada ou acidental durante a execução do projeto (CUKIERMAN, 2000).

Empregando a metodologia CPM no projeto de construção do tanque de espessador, foram coletados dados previstos e reais e em sequência foi realizada identificação das atividades integrantes do caminho crítico planejado, por meio do cálculo da folga do tempo para a execução dos trabalhos. Os eventos que impactaram o prazo acordado do projeto foram identificados nos documentos de obra, tendo em vista os períodos dilatados verificados no comparativo entre cronograma previsto e real supracitado. Dessa forma, foi possível analisar o cronograma, quantificando e qualificando os atrasos na execução do tanque de espessador.

A Empresa X atua no setor de construção civil desde 1976, tendo sua sede em Belo Horizonte – MG. Ela executa obras de construção pesada, segmento industrial, terraplanagem, manutenção, construção de ferrovias, fabricação e montagem de estruturas metálicas e edificações e manutenção de obras de arte especiais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do tanque de espessadores

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de minério de ferro, sendo um produto de grande importância econômica no país. Entretanto, sua produção pode gerar danos ambientais e impactos sociais negativos, então os rejeitos minerais precisam ser tratados com cautela ambiental (TRAMPUS *et al.*, 2021). Devido à necessidade de adoção de processos mais sustentáveis na atividade mineral, os espessadores são largamente utilizados no processamento de minérios, uma vez que possuem capacidade de recuperação de água para reciclo industrial (FRANÇA; MASSARINI, 2018).

Os tanques de espessadores são estruturas abertas e em formato cilíndrico, com entrada da suspensão na parte superior central, de fundo ligeiramente cônico para a retirada de polpa espessa e calha, circulando o topo para descarga do líquido clarificado. Ou seja, os tanques de espessadores têm por finalidade a separação de compostos sólidos de líquidos no processamento de minérios, baseando-se na diferença entre as densidades dos constituintes de uma suspensão (PEREIRA *et al.*, 2020). A Figura 1 apresenta um tanque de espessador para demonstrar as especificidades da estrutura.

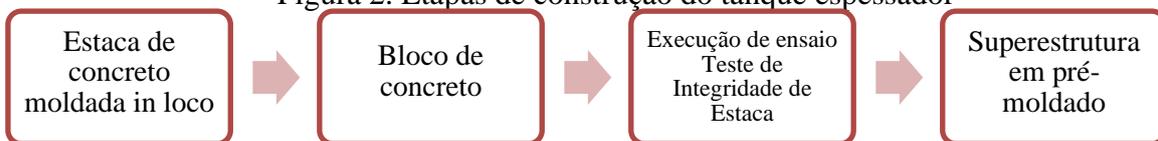
Figura 1. Tanque de Espessador



Fonte: Lopes (2019).

Quando são estruturas em concreto pré-moldado, os tanques de espessador possuem as seguintes etapas de construção: Fundação, executando estaca de concreto moldada in loco e blocos de concreto com verificação por meio do teste de integridade de estaca (PIT), e superestrutura em pré-moldados (FIGURA 2).

Figura 2. Etapas de construção do tanque espessador



Fonte: Autores (2021).

Ao analisar o cronograma de construção do espessador da Empresa X, foi identificada a ocorrência de atrasos, os quais geraram um aumento nos custos totais da obra e poderiam comprometer o início da operação da mina, além de impactar na qualidade da estrutura.

3.2 Análise Investigativa de Cronograma

Com base no cronograma previsto, anexo ao contrato de execução do tanque de espessador, verificou-se a sequência planejada das atividades que compõem o caminho crítico e que, conseqüentemente, não possui folga. No cronograma (FIGURA 3) é apresentado o referido caminho crítico. O início da execução do escopo era previsto pela mobilização e, após todos os recursos mobilizados seriam iniciados os serviços preliminares, seguidos pela terraplanagem e, então, a fundação do espessador. A referida fundação seria dividida em estacas

de concreto moldado “in loco” e blocos, nos quais seria necessária a realização de ensaio PIT. Após a conclusão de todos os blocos, seria iniciada a fase de superestrutura.

Figura 3. Cronograma de construção do tanque espessador



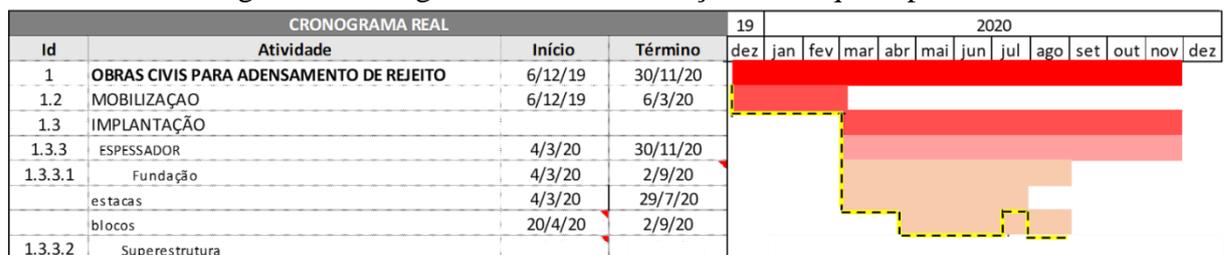
LEGENDA

— CAMINHO CRÍTICO

Fonte: Autores (2021).

Todavia, durante a execução das atividades observou-se que os prazos previstos não estavam sendo cumpridos e a conclusão da obra poderia sofrer atraso. Dessa forma, por meio do método CPM, realizou-se estudo do cronograma real do empreendimento para identificação do caminho crítico e, então, verificação dos serviços que estariam sofrendo dilatação na sua duração. Na Figura 4 apresenta-se o caminho crítico do cronograma real.

Figura 4. Cronograma real de construção do tanque espessador



Fonte: Autores (2021).

Ressalta-se que quando da referida análise, a superestrutura ainda não havia sido iniciada. O caminho crítico supracitado foi traçado com base na análise de cada uma das atividades, por meio do CPM. Inicialmente, foi necessária a análise do início da mobilização para verificação de possível atraso no início da obra, no qual não foi identificado atraso, uma vez que era previsto de se iniciar a mobilização em 03 de dezembro de 2019 e a referida atividade ocorreu na mesma data. Com relação aos serviços preliminares e a terraplanagem, foi informado pela equipe técnica que não houve desvio nesses serviços.

Como a superestrutura ainda não havia sido iniciada constatou-se que se a obra estava atrasada, o desvio teria ocorrido na fundação, atividade subsequente à terraplanagem. Assim, verificou-se que o atraso total da fundação era de 134 dias, comparando a duração prevista e a real, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5. Atraso na duração da fundação



Fonte: Autores (2021).

Dessa forma, passa-se ao detalhamento dos fatos causadores dos 134 dias de atraso identificados. Como verificado anteriormente, a atividade da fundação é subdividida em execução de estacas e blocos. Na atividade de realização das estacas que precedia a execução dos blocos foi verificado impacto de 11 dias em função do atraso na chegada do equipamento de arrasamento da estaca, o qual corresponde ao período de 04 de março de 2020 até 14 de março de 2020, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6. Atraso na chegada do equipamento



Fonte: Autores (2021).

Além disso, verificou-se um acréscimo no número de testes PIT, os quais não eram previstos contratualmente e acabaram por gerar dilatação no prazo de execução das estacas. Os referidos testes além do acordado foram executados no período entre 26 de março de 2020 e 12

de abril de 2020. Cabe ressaltar que para a execução dos ensaios de carga estática, os ensaios PIT já deveriam ter sido realizados, o que demonstra o caminho crítico passando por essas duas atividades e o atraso gerado por elas. Na Figura 7 demonstra-se o atraso gerado pelos ensaios PIT adicionais.

Figura 7. Atraso por acréscimo no número de testes PIT



Fonte: Autores (2021).

Ainda na execução das estacas, verificou-se que no projeto da torre não era previsto execução de fundação em estacas. Todavia, após o início das obras foram solicitadas seis estacas para as torres, as quais foram executadas entre 13 de abril de 2020 e 18 de abril de 2020 e prejudicaram o andamento das atividades conforme o previsto. Na Figura 8 ilustra-se o referido atraso.

Figura 8. Atraso por execução de fundação de estacas

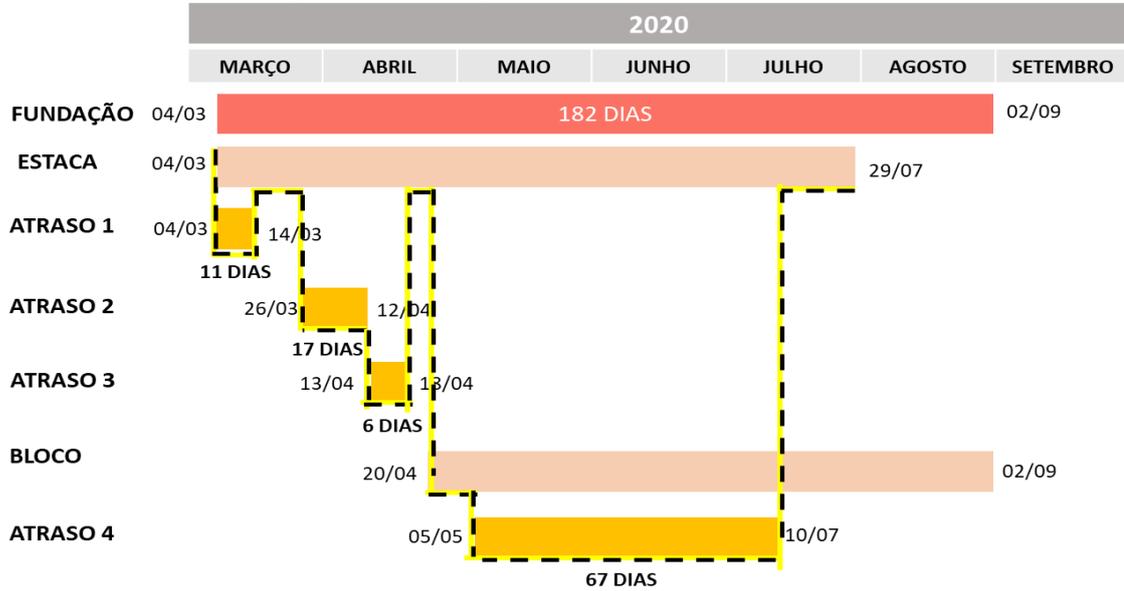


Fonte: Autores (2021).

No dia 20 de abril foi possível iniciar a execução dos blocos. Todavia, no dia 5 de maio de 2020, identificou-se excentricidade em algumas estacas e, até definirem a solução mais adequada, a prova de carga estática foi adiada. Essa suspensão ocorreu do dia 05 de maio de 2020 até 10 de julho de 2020 e impediu o desenvolvimento das atividades de execução dos

blocos conforme previsto, pois o referido teste comprovaria a adequação das estacas. Na Figura 9, observa-se o referido impacto.

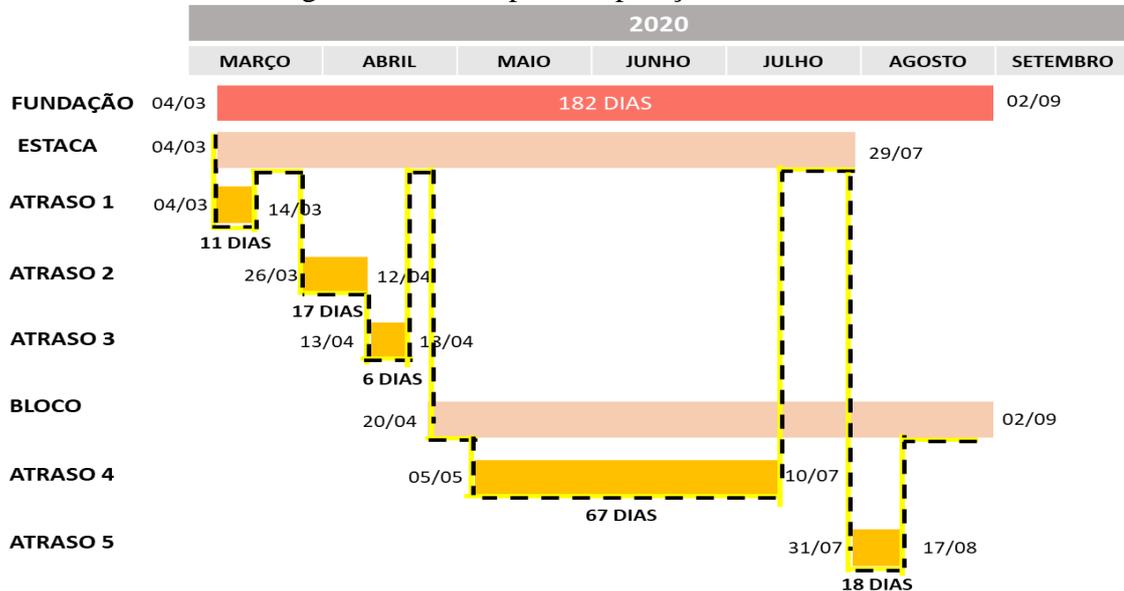
Figura 9. Atraso por excentricidade das estacas



Fonte: Autores (2021).

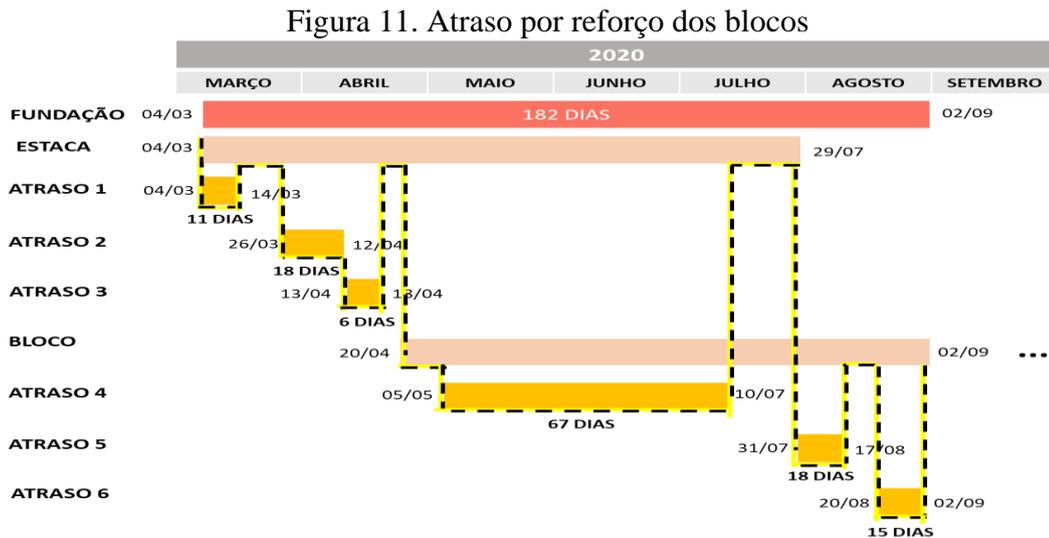
Com a conclusão das provas de carga estática das estacas, observou-se que seria necessária recuperação de algumas estacas para então dar prosseguimento a execução das atividades. A referida recuperação ocorreu entre os dias 31 de julho de 2020 e 17 de agosto de 2020, gerando um atraso de 14 dias (FIGURA 10).

Figura 10. Atraso por recuperação de estacas



Fonte: Autores (2021).

Após a recuperação das estacas, verificou-se que seria necessário reforço dos blocos, em função de inconsistência de projeto, o referido reforço ocorreu do dia 20 de agosto de 2020 até 02 de setembro de 2020, finalizando as atividades da fundação. Na Figura 11, demonstram-se todos os atrasos supramencionados e o caminho crítico traçado com base na análise dos eventos geradores de extensão de prazo, conforme apontado na metodologia CPM.



Fonte: Autores (2021).

Na Tabela 1 são apresentados os atrasos, que totalizam 134 dias, ou seja, os dias adicionais de execução da fundação do tanque.

Tabela 1. Resumo dos atrasos

Atraso	Descrição	Dias
1	Atraso na chegada do equipamento de arrasamento de estaca	11
2	Acréscimo no número de testes PIT	17
3	Execução das estacas da torre	6
4	Excentricidade das estacas	67
5	Recuperação das estacas	18
6	Reforço dos blocos	15
Total		134

Fonte: Autores (2021).

Observa-se que por meio do método CPM foi possível traçar o caminho crítico da obra e identificar em quais atividades ocorreram os atrasos, os quais estenderam o prazo de execução do empreendimento, uma vez que as referidas atividades não possuíam folga.

Além disso, o método em questão auxilia no gerenciamento do cronograma, pois a partir da identificação dos atrasos é possível minimizar os seus impactos nos serviços subsequentes.

Neste caso, deve-se atentar à atividade de superestrutura, buscando diminuir o atraso total da obra, por meio de medidas que possam diminuir a duração das montagens dos pré-moldados.

Faz-se importante destacar que, durante a realização da análise de cronograma pelo método CPM, foram identificados pontos positivos e negativos relativos ao referido método. Destacam-se como positivos (I) a necessidade do entendimento da sequência executiva da obra, o que aumenta a precisão da análise; e (II) a credibilidade do método no setor de gerenciamento de projetos. Negativamente observou-se que são necessários registros bem realizados sobre a obra, para identificar as causas dos atrasos e, comumente, não há essa preocupação na indústria da construção civil.

3.3 Plano de ação

Com o mapeamento dos atrasos, é possível estudar estratégias para minimizar o impacto dos atrasos identificados nas atividades e determinar o plano de ação. Na Tabela 2, em formato 5W2H, essas estratégias são apresentadas, e seriam empregadas nas atividades subsequentes à fundação. Com mais recursos, a produção diária pode ser aumentada na superestrutura, uma vez que devem contratados recursos diretos (mão de obra e equipamentos) da montagem. Os custos relacionados a essa ação devem ser orçados no planejamento da obra, sendo calculado o número necessário destes recursos para cumprimento da atividade na data esperada. Esses custos podem impactar no custo total da obra e devem ser analisados pela empresa estudada se é vantajoso.

Tabela 2. Plano de ação

O quê? (What)	Por quê? (Why)	Onde? (Where)	Quem? (Who)	Quando? (When)	Como? (How)	Quanto? (How much)
Aumento o número de recursos diretos da montagem	Aumentar a produção diária	Na superestrutura	Setor de Planejamento	No planejamento da obra	Contratando recursos diretos (mão de obra e equipamentos)	Orçamento a realizar
Adquirir as peças pré-moldadas com antecedência	Diminuir o atraso gerado até então na obra	Fabricante das peças	Setor de Suprimentos	No planejamento da obra	Adquirindo as peças necessárias antes da data de utilização	-

Fonte: Autores (2021).

Para reduzir o atraso na execução da obra, também é necessário que o Setor de Suprimentos realize a aquisição das peças pré-moldadas com antecedência junto ao fabricante.

Não existem custos relacionados à aquisição das peças pré-moldadas com antecedência, pois elas devem ser adquiridas para a execução da obra de qualquer forma. Logo, é um problema de gestão, que pode ser resolvido com identificação prévia da necessidade, ou seja, na etapa de planejamento o tempo de entrega deve ser considerado para que não leve ao atraso do cronograma.

4 CONCLUSÃO

O método CPM, por meio da identificação do caminho crítico, possibilitou o gerenciamento dos prazos das atividades da obra, buscando entendimento do período previsto dos serviços e o que de fato foi realizado. Os atrasos foram causados pela demora na chegada dos equipamentos, pelo acréscimo no número de ensaios PIT, pela execução não prevista de estacas na torre, pela excentricidade não prevista das estacas, pela recuperação das estacas, e pelo reforço dos blocos.

Assim, verificou-se impacto em 06 momentos diferentes da realização da fundação do tanque do espessador, os quais geraram 134 dias de extensão no prazo total do projeto. Com o desvio identificado, foi possível traçar estratégias para minimizar o atraso total, aplicando-as nas atividades subsequentes à fundação, por meio de aumento no número de recursos da montagem e aquisição antecipada das peças pré-moldadas da superestrutura. O gerenciamento de projetos na indústria da construção civil permite controlar os custos, o prazo e a logística das obras, o que impacta diretamente na qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF COST ENGINEERING (AACE). **Práticas Recomendadas Internacionalmente No. 29R-03 – Análise Investigativa de Cronograma**. West Virginia, EUA. 2011. Disponível em: <<http://brasil-aacei.org/wp-content/uploads/2018/08/29R-03-Analise-Investigativa-de-Cronograma-1.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

CUKIERMAN, Z. S. **O modelo PERT/CPM aplicado a projetos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Riechmann & Affonso, 2000.

FRANÇA, S. C. A.; MASSARANI, G. **Separação sólido-líquido**. In: Tratamento de minérios. 6.ed., Cap.14, p. 597-647. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2183>>. Acesso em: 28 mai. 2021.

LOPES, M. **Separação Sólido Líquido: Tipos de espessadores**. Técnico em Mineração. 2019. Disponível em: <https://tecnicoemineracao.com.br/separacao-solido-liquido-tipos-de-espessadores/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

LOZADA, G.; NUNES, K. S. Metodologia científica. Porto Alegre: Sagah, 2018.

- MAIA, D. F.; OLIVEIRA, R. R. Abordagens e perspectivas para gestão do cronograma em projetos: Análise dos métodos tradicionais e ágeis. *Iberoamerican Journal of Project Management (IJOPM)*. v.9, n. 2, p.48-70, 2018. Disponível em: <<http://www.ijopm.org/index.php/IJOPM/article/view/373>>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos da metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- MARTINS, M. **9 Motivos pelos quais as obras atrasam no Brasil**. 2020. Disponível em: <<http://sociedadeengenhariars.com.br/2020/01/29/9-motivos-pelos-quais-as-obras-atrasam-no-brasil/>>. Acesso em: 19 abr. 2021.
- MATTOS, A. D. **Duração das Atividades**. p.74-88. In: Mattos, A. D. Planejamento e controle de obra. 2.ed. Oficina de Textos: São Paulo, 2019.
- NEVES, C. R.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S.; QUINTAL, R. S. Utilização do método do caminho crítico em obras no Complexo Naval da Ilha do Governador. *Diversitas Journal*. Santana do Ipanema/AL. vol. 6, n. 1, p.396-410, jan./mar. 2021. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i1-1340
- OLIVEIRA, L. S. P.; TARRETO, G. E. Estudo do método do caminho crítico (CPM) no processo de fabricação de tampas de inspeção em uma indústria metalúrgica. *Revista Tekhne e Logos*, Botucatu, SP, v.11, n.1, junho 2020. Disponível em: <<http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/645>>. Acesso em: 14 jul. 2021.
- PEREIRA, A. M. F.; MARTINS, W. T.; MOREIRA, V. S.; BRAGA, M. F.; EUZÉBIO, T. A. M. Euzébio. Aplicação de controle PI e DMC multivariável em espessadores de minério de ferro. Sociedade Brasileira de Automática – SBA, *Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Automática*. v.2. n.1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.1739>>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Project Management Institute (PMI). Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos*. Guia PMBOK®, 6 ed. EUA: *Project Management Institute*, 2017.
- QUALHARINI, E.; PLAISANT, V. A.; CASTRO, D. C.; HADDAD, A. N. Análise de Valor Agregado no Acompanhamento de Projetos no Setor da Construção Civil. *Boletim do Gerenciamento*, v. 1, n. 1, p. 32 - 44, set. 2018. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/28>>. Acesso em: 09 fev. 2021.
- SANTOS, P. V. S. Metodologia *Programme Valuation and Review Technique (PERT)* e *Critical Path Method (CPM)*: uma aplicação no setor de serviços. *Revista de Administração Unimep*. v. 18, n. 1., p. 71-90, 2020. Disponível em: <<http://www.raunimep.com.br/ojs/index.php/rau/article/view/1437/833>>. Acesso em: 23 mai. 2021.
- THIELMANN, R.; QUEIROZ, K. O. L. *Trade-off* entre custo e tempo em projetos. *Revista Valor*, v. 6, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.22408/rev602021629e-6007>>. Acesso em: 05 jan. 2022.
- TRAMPUS, B. C.; FRANÇA, S. C. A.; MOURA, C. P. C. Espessamento do rejeito de minério de ferro: efeito da Associação dos processos de coagulação e floculação sobre o rejeito adensado e líquido clarificado. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. **XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Salvador/BA – 08 a 11/11/2021. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/II-009.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2022.