

Estrutura analítica do projeto e confiabilidade do cronograma na construção civil: fundamentos técnicos do sequenciamento executivo

Analytical project structure and schedule reliability in civil construction: technical foundations of executive sequencing

Esthela Avancini Gomes

RESUMO

Entre o projeto concebido e a obra executada existe uma camada técnica decisiva, muitas vezes subestimada no debate sobre desempenho de empreendimentos: a decomposição do escopo em pacotes de trabalho, a definição de precedências e a construção de um cronograma tecnicamente confiável. Este artigo analisa, sob enfoque teórico, a estrutura analítica do projeto e o sequenciamento executivo como fundamentos da confiabilidade do cronograma na construção civil. O estudo foi construído como revisão analítica orientada por problema técnico, concentrada em literatura sobre decomposição do escopo, produtividade, duração das atividades, precedências, construtibilidade e integração entre planejamento e execução. Em vez de tratar genericamente a gestão de obras, o texto recorta um problema específico: como a qualidade da decomposição do empreendimento condiciona a consistência do cronograma e, por consequência, a estabilidade da execução. Os resultados indicam que atrasos, paralisações e reprogramações não decorrem apenas de falhas de controle posterior, mas frequentemente de deficiências anteriores na definição de pacotes de trabalho, na vinculação entre atividades e recursos e na leitura das dependências executivas. Evidencia-se, ainda, que a confiabilidade do cronograma depende menos da sofisticação formal do software utilizado e mais da qualidade técnica com que o escopo é estruturado, medido e sequenciado. Conclui-se que o cronograma de obras, quando corretamente formulado, não é mero instrumento administrativo, mas representação técnica da lógica de produção do empreendimento.

Palavras-chave: estrutura analítica do projeto; cronograma; sequenciamento executivo; planejamento de obras; produtividade; construção civil.

ABSTRACT

Between the designed project and the executed work lies a decisive technical layer, often underestimated in discussions on project performance: scope breakdown into work packages, definition of activity precedences, and the construction of a technically reliable schedule. This paper analyzes, from a theoretical perspective, project work breakdown and execution sequencing as foundations for schedule reliability in construction. The study was developed as a problem-oriented analytical review focusing on literature about scope decomposition, productivity, activity duration, precedence relations, constructability, and the integration between planning and execution. Rather than addressing construction management in broad terms, the paper isolates a specific problem: how the quality of project breakdown conditions schedule consistency and, consequently, execution stability. The findings indicate that delays, stoppages, and rescheduling do not stem solely from weak downstream control, but often from earlier deficiencies in the definition of work packages, the linkage between activities and resources, and the reading of execution dependencies. The study also shows that schedule reliability depends less on the formal sophistication of the software used and more on the technical quality with which scope is structured, measured, and sequenced. It is concluded that a construction schedule, when properly formulated, is not a mere administrative tool, but a technical representation of the project's production logic.

Keywords: work breakdown structure; scheduling; execution sequencing; construction planning; productivity; construction.

1 Introdução

A discussão sobre desempenho na construção civil costuma privilegiar, com razão, temas como custo, prazo, qualidade, contratação, modelagem digital e compatibilização de projetos. Ainda assim, há uma camada técnica menos visível que condiciona todos esses resultados: a forma como o empreendimento é decomposto em atividades executáveis, organizado em precedências coerentes e convertido em cronograma. Entre o escopo global do projeto e a produção efetiva da obra existe um problema de tradução técnica. Quando essa tradução é mal resolvida, o cronograma se torna um documento formalmente existente, mas incapaz de representar a lógica real da execução.

A relevância do tema decorre do fato de que muitos atrasos e reprogramações não nascem na etapa de controle, mas em uma formulação anterior deficiente do próprio objeto planejado. Um cronograma pode fracassar não porque foi mal acompanhado,

mas porque foi montado sobre um escopo mal decomposto, sobre atividades genericamente definidas, sobre produtividades presumidas sem aderência à realidade ou sobre dependências pouco consistentes entre frentes de trabalho. Nessas condições, o problema não está no acompanhamento de um bom planejamento, mas na execução de um planejamento tecnicamente frágil desde a origem.

Mattos (2019) observa que o planejamento de obras não se resume à elaboração de datas e barras temporais, mas exige definição de atividades, durações, precedências, rede lógica, caminho crítico e mecanismos de controle. Em chave convergente, Kerzner (2017) sustenta que o planejamento eficaz depende de estruturação adequada do trabalho, clareza das interfaces e compreensão sistêmica das restrições do projeto. O cronograma, portanto, não é produto espontâneo do empreendimento; ele é resultado de uma operação de decomposição, ordenação e medição que exige base técnica consistente.

Essa leitura ganha maior profundidade quando articulada à noção de Work Breakdown Structure. O Project Management Institute (2021) reafirma que a decomposição do escopo em componentes menores e gerenciáveis constitui passo fundamental para o planejamento confiável, pois permite vincular tarefas a recursos, responsabilidades, durações e entregas. Rumane (2017), por sua vez, mostra que a relação entre escopo, prazo e custo deve ser compreendida como problema sistêmico, razão pela qual o sequenciamento executivo não pode ser tratado de forma autônoma em relação à natureza do objeto construído.

O problema se intensifica em empreendimentos de maior complexidade, nos quais o erro de decomposição ou de precedência não afeta apenas uma linha do cronograma, mas compromete a coordenação entre disciplinas, a mobilização de recursos, a sequência de montagem, a produtividade das equipes e a estabilidade de todo o processo executivo. Griffith e Sidwell (1995), ao tratarem da construtibilidade, mostram que a integração do conhecimento de construção às decisões iniciais melhora a implementação do empreendimento e reduz perdas. Embora o centro de seu argumento não seja o cronograma em sentido estrito, a consequência é clara: não há sequenciamento executivo confiável sem leitura construtiva adequada do empreendimento.

Mais recentemente, estudos aplicados como o de Baracho et al. (2025) reforçam que a integração entre estrutura analítica do projeto, modelagem, orçamento e cronograma pode melhorar a organização da execução e a previsibilidade dos resultados. O ponto relevante, contudo, não está apenas na ferramenta usada, mas na qualidade da decomposição que precede o uso da ferramenta. Também nesse sentido, Essam, Khodeir e Fathy (2023) mostram que a otimização do cronograma em construção

depende da articulação entre informação de projeto, restrições de recursos e lógica executiva, o que afasta qualquer compreensão simplificadora do planejamento como mera formalização temporal do empreendimento.

Diante desse quadro, o problema de pesquisa deste artigo pode ser formulado nos seguintes termos: de que modo a estrutura analítica do projeto e o sequenciamento executivo condicionam a confiabilidade do cronograma na construção civil? Parte-se da hipótese de que a qualidade do cronograma depende menos da sofisticação formal do instrumento de programação e mais da consistência técnica da decomposição do escopo, da definição das precedências e da aderência entre atividades planejadas e lógica real de produção da obra.

O objetivo geral consiste em analisar, sob enfoque teórico, a relação entre estrutura analítica do projeto, sequenciamento executivo e confiabilidade do cronograma na construção civil. Como objetivos específicos, pretende-se discutir a função técnica da decomposição do escopo, examinar a relação entre produtividade e duração das atividades, analisar o papel das precedências e da lógica de rede na estabilidade da programação e demonstrar que a fragilidade do cronograma frequentemente decorre de falhas anteriores na formulação do empreendimento. A relevância do estudo reside em recolocar o cronograma como instrumento técnico de produção e não apenas como peça administrativa de acompanhamento.

2 Delimitação do problema e percurso analítico

Este estudo foi construído como **revisão analítica orientada por problema técnico**, e não como levantamento amplo e indiferenciado de literatura sobre gestão da construção. O ponto de partida não foi “a importância do planejamento” em sentido genérico, mas uma dificuldade mais delimitada: por que cronogramas de obras frequentemente perdem aderência à execução mesmo quando há esforço posterior de acompanhamento e controle?

Para responder a essa questão, o percurso analítico foi organizado em quatro blocos. O primeiro concentrou trabalhos dedicados à decomposição do escopo, à estrutura analítica do projeto e à organização do empreendimento em unidades executáveis, com destaque para PMI (2021), Kerzner (2017), Rumane (2017) e Mattos (2019). O segundo reuniu estudos voltados à relação entre duração das atividades, produtividade e restrições de recursos, especialmente Hanioglu (2023), Souza (2023) e Rosa (2017). O terceiro mobilizou literatura sobre construtibilidade, sequenciamento e integração entre projeto e produção, com ênfase em Griffith e Sidwell (1995), Koskela (2000) e Ballard (2000). O quarto agregou trabalhos que, embora partam de suportes digitais ou de otimização computacional, ajudam a demonstrar que a robustez do cronograma

depende da qualidade da estrutura técnica anterior, como Baracho et al. (2025), Eastman et al. (2011), Dasović, Galić e Klanšek (2020) e Essam, Khodeir e Fathy (2023).

A seleção das fontes observou quatro critérios. O primeiro foi pertinência temática direta com decomposição do escopo, sequenciamento e confiabilidade do cronograma. O segundo foi autoridade acadêmica ou institucional da origem. O terceiro foi utilidade analítica para separar o problema do cronograma de debates mais amplos sobre finanças, contratações ou compatibilização BIM. O quarto foi a capacidade de articular literatura internacional consolidada com referências brasileiras de aplicação prática e reflexão técnica sobre obras.

O objetivo desse recorte foi duplo. De um lado, evitar que o artigo se diluísse em generalidades sobre “gestão” ou “coordenação”. De outro, reconstruir a discussão do cronograma a partir de sua base técnica: pacotes de trabalho, durações, precedências, produtividade e lógica de rede. A hipótese do estudo não é a de que softwares, controles e relatórios sejam irrelevantes, mas a de que todos eles dependem de uma camada anterior de formulação técnica que, quando mal resolvida, compromete o desempenho do empreendimento inteiro.

3 Estrutura analítica do projeto como operação de engenharia

A estrutura analítica do projeto costuma ser apresentada, em manuais de gestão, como ferramenta de decomposição do escopo em componentes menores, mais manejáveis e controláveis. Essa descrição está correta, mas permanece insuficiente se não se explicita que essa decomposição é, na construção civil, uma operação de engenharia. Não se trata apenas de “quebrar o projeto em partes”. Trata-se de definir unidades de trabalho que façam sentido à luz da técnica construtiva, da sequência de produção, das frentes de serviço, dos recursos disponíveis e da lógica do empreendimento.

O PMI (2021) reafirma que a decomposição adequada é condição para planejamento, orçamento, atribuição de responsabilidades e controle. Kerzner (2017) reforça que a qualidade dessa decomposição influencia diretamente a viabilidade do gerenciamento do projeto. Em construção, porém, essa influência é ainda mais sensível, porque as atividades não são abstratas: elas correspondem a operações físicas que exigem acesso, montagem, interferência controlada, materiais, mão de obra e encadeamento técnico. A estrutura analítica do projeto, por isso, não pode ser importada mecanicamente de modelos genéricos de gestão.

Rumane (2017) é particularmente útil para essa discussão ao tratar o empreendimento como sistema integrado de escopo, prazo e custo. Sua leitura permite compreender que o pacote de trabalho não é apenas célula administrativa de controle, mas unidade

técnica de representação da obra. Quando o escopo é mal decomposto, o cronograma herda genericidade; quando o pacote de trabalho não corresponde a uma unidade executiva real, a medição do avanço se torna artificial; quando a atividade planejada não traduz adequadamente a forma como o serviço será produzido, a programação perde aderência à execução.

Esse ponto também aparece na literatura brasileira. Mattos (2019) observa que o planejamento exige definição minuciosa das atividades antes da construção da rede lógica. Rosa (2017), ao estudar o sequenciamento de etapas em edifício residencial, mostra que a ordem da obra não se reduz à listagem de serviços, mas depende da compreensão de suas interdependências, de seu comportamento construtivo e do modo como uma etapa prepara a outra. Em outras palavras, a decomposição do escopo é o lugar em que o cronograma começa a ser ou deixa de ser tecnicamente confiável.

A implicação é decisiva para a prática profissional. O engenheiro que domina essa camada do planejamento não está apenas “organizando tarefas”; está definindo a representação técnica do empreendimento em termos executivos. A qualidade do cronograma não nasce na barra temporal, mas na unidade de trabalho que lhe dá suporte.

4 Sequenciamento executivo, precedências e rede lógica

Se a estrutura analítica do projeto define as unidades de trabalho, o sequenciamento executivo define a ordem inteligível em que essas unidades podem ocorrer. O problema das precedências, portanto, não é apenas lógico no sentido formal; é construtivo. Uma atividade antecede outra não apenas porque o cronograma assim o exige, mas porque a produção da obra impõe relações materiais, espaciais e técnicas entre etapas.

Mattos (2019) observa que a definição das precedências é um dos momentos centrais do planejamento, pois dela depende a construção da rede lógica e a identificação do caminho crítico. Contudo, a relevância desse ponto vai além do formalismo de rede. Uma precedência mal definida pode gerar falsa liberdade temporal entre atividades que, na prática, dependem de preparação anterior do espaço, de cura de material, de mobilização de equipamento ou de liberação de frente por outra equipe. O erro de precedência é, assim, erro de compreensão da obra.

Griffith e Sidwell (1995) ajudam a aprofundar essa análise. Embora seu foco recaia sobre construtibilidade, a consequência de seu argumento é clara: a sequência executiva precisa ser informada por conhecimento de construção, e não apenas por conveniência gráfica de programação. Um cronograma tecnicamente pobre tende a ignorar restrições reais de acesso, montagem, suporte provisório, logística e

comportamento do sistema construtivo. A rede lógica, nesses casos, torna-se formalmente elegante e operacionalmente frágil.

Ballard (2000), ao desenvolver o Last Planner System, mostra que a confiabilidade do planejamento depende da conversão do plano mais geral em compromissos executáveis de curto prazo, o que exige precedências realistas e remoção prévia de restrições. Sua contribuição é particularmente importante porque rompe com a ideia de que o cronograma fracassa apenas por falta de disciplina no acompanhamento. Em muitos casos, ele fracassa porque foi elaborado sem a densidade necessária para se transformar em fluxo de trabalho confiável.

Koskela (2000), em linha semelhante, argumenta que a produção em construção não pode ser lida apenas como transformação de insumos em produto, mas também como fluxo e geração de valor. Isso significa que a boa sequência executiva não depende apenas do que será transformado, mas do modo como o fluxo entre atividades será mantido sem interrupções desnecessárias. O cronograma confiável, portanto, é aquele que representa adequadamente a lógica do fluxo construtivo, e não apenas aquele que distribui tarefas ao longo do tempo.

5 Produtividade, duração e consistência temporal

Outro ponto decisivo para a confiabilidade do cronograma está na relação entre produtividade e duração das atividades. Em construção civil, a duração não é variável abstrata. Ela resulta da combinação entre quantidade de serviço, método executivo, equipe mobilizada, produtividade esperada, condições de trabalho, logística, restrições físicas e interferências entre frentes. Quando esse vínculo é mal formulado, a duração planejada se torna número sem lastro técnico.

Hanioglu (2023) mostra que custo e tempo se condicionam mutuamente, e que a duração afeta diretamente os custos indiretos do empreendimento. Embora sua abordagem esteja fortemente vinculada ao gerenciamento de custos, sua contribuição é especialmente útil aqui porque evidencia que a duração não pode ser tratada de forma isolada: ela é derivada de decisões técnicas e organizacionais sobre o modo de produzir o empreendimento. Um cronograma confiável depende, portanto, de durações construídas a partir de premissas verificáveis, e não de estimativas intuitivas sem base produtiva consistente.

Souza (2023) reforça essa leitura ao destacar a necessidade de monitoramento contínuo das premissas de planejamento, sobretudo quando há risco de atraso, de sobrecarga de recursos ou de incompatibilidade entre a capacidade produtiva da equipe e o tempo previsto. Rosa (2017) também mostra que o sequenciamento de obra depende da forma como as atividades são estimadas e conectadas, e que o

cronograma só se sustenta quando as durações têm aderência à forma real de execução.

Baracho et al. (2025) ajudam a demonstrar, por outro ângulo, como a integração entre estrutura analítica do projeto, modelagem e cronograma pode melhorar a aderência temporal do planejamento. Os autores mostram que a decomposição do empreendimento e a vinculação entre tarefas, custos e prazos permitiram organizar a execução de modo mais consistente e comparar o previsto com o realizado. Ainda assim, o ganho obtido não decorre apenas da ferramenta, mas da qualidade da estruturação técnica que precedeu o uso da ferramenta.

Esse ponto merece ênfase porque permite distinguir claramente este artigo dos outros do conjunto. O foco aqui não está no controle financeiro, nem na governança contratual, nem na compatibilização BIM, mas na consistência temporal do empreendimento. O problema central não é “como gastar melhor”, “como contratar melhor” ou “como coordenar modelos”, mas “como construir um cronograma tecnicamente crível”.

6 O cronograma como representação da lógica de produção

Quando adequadamente formulado, o cronograma de obras não é apenas um calendário de atividades. Ele funciona como representação técnica da lógica de produção do empreendimento. Essa formulação é importante porque devolve ao cronograma densidade de engenharia. Se a decomposição do escopo é tecnicamente consistente, se as precedências refletem restrições reais e se as durações se apoiam em produtividade e recursos plausíveis, então o cronograma deixa de ser peça administrativa secundária e passa a ser instrumento de leitura da obra futura.

Rumane (2017) e Kerzner (2017) convergem ao sugerir que o planejamento só é eficaz quando representa o comportamento do empreendimento de forma racionalmente estruturada. Eastman et al. (2011), ainda que escrevendo a partir do BIM, reforçam que a integração de informação pode melhorar o vínculo entre projeto e planejamento, justamente porque torna mais visível a relação entre elementos do empreendimento e sua execução ao longo do tempo. O ponto decisivo, contudo, permanece o mesmo: não há cronograma bom em base ruim.

Dasović, Galić e Klanšek (2020) mostram, ao revisar a integração entre otimização e ferramentas de gerenciamento de projetos para cronogramas sustentáveis, que a sofisticação da análise não resolve, por si, inconsistências básicas do planejamento. A otimização pode aperfeiçoar um cronograma, mas não redime um escopo mal decomposto ou precedências mal compreendidas. Essam, Khodeir e Fathy (2023)

reforçam essa conclusão ao discutir abordagens BIM para otimização multiobjetivo: sem estrutura consistente do empreendimento, o ganho analítico permanece limitado.

Desse modo, o cronograma não deve ser tratado como fase final do planejamento, mas como síntese técnica de operações anteriores: decomposição, definição de precedência, estimativa de duração, leitura de produtividade e compreensão do sistema construtivo. Sua confiabilidade depende da robustez dessa cadeia. Quando uma dessas camadas falha, o cronograma pode continuar existindo formalmente, mas perde valor como instrumento de decisão.

7 Considerações finais

O presente artigo demonstrou que a confiabilidade do cronograma na construção civil depende, em medida decisiva, da forma como o empreendimento é decomposto, sequenciado e traduzido em unidades de trabalho executáveis. A análise teórica permitiu sustentar que atrasos, reprogramações e perda de aderência temporal não decorrem apenas de falhas de controle posterior, mas frequentemente de uma formulação tecnicamente insuficiente do próprio objeto planejado.

A literatura examinada mostrou que a estrutura analítica do projeto não é simples ferramenta administrativa. Em PMI (2021) e Kerzner (2017), ela aparece como base para organização, responsabilidade e controle; em Rumane (2017), ganha leitura sistêmica ao se articular com escopo, prazo e custo; em Mattos (2019), vincula-se à definição precisa das atividades e da rede lógica; em Griffith e Sidwell (1995), relaciona-se à necessidade de incorporar conhecimento construtivo ao processo; em Ballard (2000) e Koskela (2000), conecta-se à confiabilidade do fluxo de trabalho e à eliminação de restrições; em Hanioglu (2023), evidencia a relação entre duração, método e consistência econômica; e, em Baracho et al. (2025), mostra-se decisiva para a aderência entre modelagem, cronograma e execução.

A principal conclusão do estudo é que o cronograma de obras deve ser compreendido como representação técnica da lógica de produção do empreendimento. Sua qualidade depende menos da sofisticação do software e mais da densidade técnica da decomposição do escopo, da correta leitura das precedências, da aderência entre duração e produtividade e da capacidade de transformar o objeto projetado em sequência executiva plausível.

Como limitação, o artigo não realizou comparação empírica entre cronogramas de empreendimentos específicos nem mensuração quantitativa do impacto de diferentes padrões de decomposição do escopo sobre o desempenho da obra. Seu propósito foi

analítico e conceitual. Ainda assim, oferece base consistente para investigações futuras sobre confiabilidade do planejamento, qualidade das estruturas analíticas do projeto, efeitos de restrições não antecipadas sobre cronogramas e relação entre modelagem do escopo e estabilidade da execução em obras de edificações.

Permanece, assim, uma conclusão fundamental: na construção civil, o cronograma só adquire valor real quando deixa de ser lista de datas e passa a expressar, com fidelidade técnica, a ordem possível da produção.

Referências

BALLARD, Glenn. *The last planner system of production control*. Birmingham: University of Birmingham, 2000.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; SANTIAGO, Luiz Gustavo da Silva; SILVA, Antonio Tagore Mendoza Assumpção e; VIDIGAL, Mozart Joaquim Magalhães; PORTO, Marcelo Franco. Building information modeling (BIM) for planning and construction. *Architecture, Structures and Construction*, [s. l.], v. 5, art. 6, 2025. DOI: 10.1007/s44150-024-00119-x.

DASOVIĆ, Bojana; GALIĆ, Mario; KLANŠEK, Uroš. A survey on integration of optimization and project management tools for sustainable construction scheduling. *Sustainability*, Basel, v. 12, n. 3405, 2020.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011.

ESSAM, N.; KHODEIR, L.; FATHY, F. Approaches for BIM-based multi-objective optimization in construction scheduling. *Ain Shams Engineering Journal*, Cairo, v. 14, art. 102114, 2023.

GRIFFITH, Alan; SIDWELL, Tony. *Constructability in building and engineering projects*. London: Macmillan, 1995. DOI: 10.1007/978-1-349-13137-2.

HANIOGLU, Mehmet Nihat. *A cost based approach to project management: planning and controlling construction project costs*. London: Routledge, 2023.

KERZNER, Harold. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 12. ed. Hoboken: Wiley, 2017.

KOSKELA, Lauri. *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

MATTOS, Aldo Dórea. *Planejamento e controle de obras*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

NEVES, Antônio Arthur Fortaleza; CARDOSO, Daniel Ribeiro; BARROS NETO, José de Paula. Proposta de processo para o desenvolvimento de projetos de empreendimentos públicos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 21-40, 2020.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. 7. ed. Newtown Square: PMI, 2021.

ROSA, Á. L. R. *Estudo de sequenciamento de etapas de obra de edifício residencial no sistema construtivo convencional*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2017.

RUMANE, Abdul Razzak. *Handbook of construction management: scope, schedule, and cost control*. Boca Raton: CRC Press, 2017.

SAMPAIO, Alcínia Zita; AZEVEDO, Gonçalo; GOMES, Augusto. BIM manager role in the integration and coordination of construction projects. *Buildings*, Basel, v. 13, art. 2101, 2023. DOI: 10.3390/buildings13082101.

SOUZA, W. C. Estudo prático das técnicas de planejamento, gestão e controle de obras. *Boletim do Gerenciamento*, [s. l.], v. 36, n. 36, p. 66-80, 2023.