



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA**



**VITO LABRUNA CUNHA**

**APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DO PMBOK NA GESTÃO DE PROJETOS NA  
ENGENHARIA QUÍMICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA CRÍTICA**

**UBERLÂNDIA-MG  
2025**

**VITO LABRUNA CUNHA**

**APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DO PMBOK NA GESTÃO DE PROJETOS NA  
ENGENHARIA QUÍMICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA CRÍTICA**

Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Química.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sarah Arvelos Altino

**UBERLÂNDIA-MG**

**2025**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**VITO LABRUNA CUNHA**

**APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DO PMBOK NA GESTÃO DE PROJETOS NA  
ENGENHARIA QUÍMICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA CRÍTICA**

Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Química.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.ª Dr.ª Sarah Arvelos Altino – Orientadora**  
**Faculdade de Engenharia Química – UFU**

---

**Prof. Dr. Danylo de Oliveira Silva**  
**Faculdade de Engenharia Química – UFU**

---

**Prof.ª Dr.ª Letícia Raquel de Oliveira**  
**Faculdade de Engenharia Química – UFU**

**Uberlândia-MG**

**2025**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C972 Cunha, Vito Labruna, 2001-  
2025 APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DO PMBOK NA GESTÃO DE  
PROJETOS NA ENGENHARIA QUÍMICA: UMA REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA CRÍTICA [recurso eletrônico] / Vito Labruna Cunha.  
- 2025.

Orientadora: Sarah Arvelos Altino.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Química.  
Modo de acesso: Internet.  
Inclui bibliografia.

1. Engenharia química. I. Altino, Sarah Arvelos, 1988-, (Orient.).  
II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Engenharia  
Química. III. Título.

CDU: 66.0

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

Dedico esta monografia aos meus pais, Sérgio Fabiano Labruna Cunha e Elizabeth Labruna Cunha. Não existem palavras suficientes para dimensionar a gratidão que sinto por tudo que fizeram por mim. Sei que a minha trajetória até aqui é resultado direto dos inúmeros sacrifícios que vocês enfrentaram em silêncio, das renúncias que fizeram sem que eu sequer soubesse, e de todo o esforço diário para me proporcionar as oportunidades que vocês mesmos muitas vezes não tiveram. Vocês me deram não só educação, mas também caráter, força e a certeza de que com dedicação e persistência, eu poderia chegar aonde quisesse. Cada dia de estudo, cada escolha e cada conquista minha carrega o peso da luta e da entrega de vocês;

À minha avó Nilce Labruna, por todo o esforço que fez e por ter viabilizado a base da minha educação. Seu apoio foi fundamental para que muitos dos meus passos fossem possíveis. Sem você nada disso aconteceria;

À minha irmã Fabiana, por todo o cuidado, paciência e suporte. Por ser aquele porto seguro nos momentos de dúvida e incerteza;

Ao meu irmão Lucas, pelas orientações sempre certeiras, por me mostrar novos caminhos quando eu só via obstáculos;

Cada linha desse trabalho é uma pequena retribuição a tudo que vocês construíram por mim.

## AGRADECIMENTOS

Finalizar este trabalho é reconhecer que ele só foi possível graças ao apoio e dedicação de pessoas muito especiais.

Primeiramente, agradeço à equipe docente da Universidade Federal de Uberlândia, em especial à professora Sarah Arvelos, pela condução empática, humana e diferenciada na orientação deste TCC. Seu cuidado fez toda a diferença nesta jornada.

Também sou grato à professora Carolina Gonçalves, que me orientou no grupo de Química Bioinorgânica e contribuiu de forma decisiva para o meu desenvolvimento acadêmico e científico.

Aos meus amigos de curso, especialmente aos integrantes do PET Engenharia Química e ao tutor Prof. Dr. Danylo de Oliveira Silva, pelo suporte, incentivo e companheirismo durante todo o percurso.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Letícia Raquel de Oliveira, pela valorosa participação na Banca Examinadora desta Monografia.

Aos técnicos administrativos e demais funcionários da Universidade, em especial aos da Faculdade de Engenharia Química da UFU.

À minha namorada, Maria Clara, pelo cuidado especial e parceria que vai além da amizade e do amor.

A todos vocês, meu sincero obrigado.

“Torna-te quem tu és.”

— Friedrich Nietzsche

CUNHA, Vito Labruna. **Aplicação das diretrizes do PMBOK na gestão de projetos na Engenharia Química**: uma revisão bibliográfica crítica. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2025.

## RESUMO

A gestão de projetos tornou-se um instrumento essencial para o planejamento, execução e controle de empreendimentos complexos em diferentes áreas da engenharia. Na Engenharia Química, a aplicação de metodologias consolidadas como o *Project Management Body of Knowledge* revela-se particularmente relevante devido à natureza técnica, interdisciplinar e regulatória dos projetos. A sétima edição do guia, publicada pelo Project Management Institute (PMI) em 2021, introduziu mudanças significativas ao substituir o enfoque centrado em processos por uma abordagem baseada em princípios norteadores e domínios de desempenho, oferecendo maior flexibilidade e alinhamento estratégico com contextos variados. Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica crítica, a aplicação das diretrizes do PMBOK em projetos da Engenharia Química, com base em autores clássicos da área de gerenciamento de projetos — como Kerzner (2025), Cleland e Ireland (2007), Meredith e Mantel Jr. (2012) —, nas normas internacionais como a ISO 21500:2021, em abordagens complementares como as metodologias *Agile* e *Scrum* (Highsmith, 2009; Schwaber, Sutherland, 2020) e em estudos de caso aplicados ao setor industrial e acadêmico (Bastos, Pereira Junior e Pereira, 2025; Vaz, 2021; Paiva, Morabito, 2014), com apontamentos dos estudos de Ferreira (2023), Freitas (2024) e Naves (2020), engenheiros químicos egressos da Universidade Federal de Uberlândia. A análise destaca o uso de ferramentas como a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), a Técnica do Caminho Crítico (CPM), o Diagrama de Gantt e o gerenciamento de riscos como elementos centrais para o sucesso em ambientes industriais com alta exigência técnica e regulatória. Os resultados demonstram que o PMBOK, quando adaptado às necessidades específicas da Engenharia Química, contribui significativamente para o aumento da eficiência operacional, mitigação de riscos, otimização de recursos e promoção da sustentabilidade. A literatura indica que o sucesso dos projetos está fortemente associado à maturidade organizacional em gestão, à capacitação técnica dos engenheiros e à integração entre planejamento, execução e controle. O estudo conclui recomendando a adoção de abordagens híbridas que conciliem o rigor do PMBOK com a agilidade de modelos contemporâneos, reforçando a importância da formação gerencial no perfil do engenheiro químico.

**Palavras-chave:** Metodologias Ágeis; Modelos Híbridos; ISO 21500; Estrutura Analítica do Projeto; Gerenciamento de Riscos.

CUNHA, Vito Labruna. **Application of PMBOK guidelines in project management in Chemical Engineering**: a critical literature review. 46f. Undergraduate Thesis (Bachelor's in Chemical Engineering) – Faculty of Chemical Engineering, Federal University of Uberlândia, Uberlândia-MG, 2025.

## ABSTRACT

Project management has become an essential tool for planning, execution, and control of complex ventures across various engineering fields. In Chemical Engineering, the application of well-established methodologies such as the Project Management Body of Knowledge proves particularly relevant due to the technical, interdisciplinary, and regulatory nature of projects. The seventh edition of the guide, published by the Project Management Institute (PMI) in 2021, introduced significant changes by shifting from a process-centered approach to one based on guiding principles and performance domains, offering greater flexibility and strategic alignment with diverse contexts. This study aims to critically analyze, through a bibliographic review, the application of PMBOK guidelines in Chemical Engineering projects, based on classical project management authors — such as Kerzner (2025), Cleland and Ireland (2007), Meredith and Mantel Jr. (2012) —, international standards such as ISO 21500:2021, complementary approaches such as Agile and Scrum methodologies (Highsmith, 2009; Schwaber and Sutherland, 2020), and case studies applied to industrial and academic sectors (Bastos, Pereira Junior, and Pereira, 2025; Vaz, 2021; Paiva and Morabito, 2014), including contributions from studies by Ferreira (2023), Freitas (2024), and Naves (2020). Chemical Engineering graduates from the Federal University of Uberlândia. The analysis highlights the use of tools such as the Work Breakdown Structure (WBS), the Critical Path Method (CPM), the Gantt chart, and risk management as key elements for success in highly technical and regulated industrial environments. The results show that when adapted to the specific needs of Chemical Engineering, the PMBOK significantly contributes to increased operational efficiency, risk mitigation, resource optimization, and the promotion of sustainability. The literature indicates that project success is strongly linked to organizational maturity in management, the technical training of engineers, and the integration of planning, execution, and control. The study concludes by recommending the adoption of hybrid approaches that combine the rigor of PMBOK with the agility of contemporary models, reinforcing the importance of managerial training in the profile of the chemical engineer.

**Keywords:** Agile Methodologies; Hybrid Models; ISO 21500; Work Breakdown Structure; Risk Management.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CAPM</b>	<i>Certified Associate in Project Management</i>
<b>COM</b>	<i>Critical Path Method</i> (Técnica do Caminho Crítico)
<b>EAP</b>	Estrutura Analítica do Projeto
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>ITTOs</b>	<i>Inputs, Tools and Techniques, and Outputs</i> (Entradas, Ferramentas, Técnicas e Saídas)
<b>OPM3</b>	Organizational Project Management Maturity Model
<b>P&amp;D</b>	Pesquisa e Desenvolvimento
<b>P3M3</b>	<i>Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model</i>
<b>PMP</b>	<i>Project Management Professional</i>
<b>PMI</b>	<i>Project Management Institute</i>
<b>PMBOK</b>	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
<b>PRINCE2</b>	<i>Projects IN Controlled Environments</i> (Metodologia de Gestão de Projetos)
<b>RACI</b>	<i>Responsible, Accountable, Consulted, Informed</i> (Matriz de Responsabilidades)
<b>SDG</b>	<i>Sustainable Development Goals</i> (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável)
<b>WBS</b>	<i>Work Breakdown Structure</i> (Estrutura Analítica do Projeto)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Gantt exemplificando a visualização de cronograma, com barras temporais para cada atividade e ordenação por sequência lógica	23
Figura 2 – Integração dos 12 princípios de gestão e 8 domínios de desempenho do PMBOK® 7 <sup>a</sup> edição	26
Figura 3 – Exemplo de matriz RACI com distribuição de responsabilidades por fases e <i>stakeholder</i>	28
Figura 4 – <i>Scrum Framework Poster</i>	29
Figura 5 – Estrutura Analítica do Projeto (WBS) hierarquizada, organizando escopo, tarefas e pacotes de trabalho, conforme abordagem clássica de PMBOK	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Conceitos e evolução do gerenciamento de projetos</b>	
		<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Gestão de projetos na Engenharia Química</b>	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Abordagens tradicionais e estruturadas</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Inovação, agilidade e modelos híbridos</b>	<b>24</b>
<b>4.5</b>	<b>Estrutura metodológica do PMBOK: do modelo ITTO às abordagens ágeis</b>	<b>26</b>
<b>4.6</b>	<b>Aplicações práticas e integração metodológica na gestão de projetos</b>	<b>29</b>
<b>4.7</b>	<b>Abordagens híbridas, aplicações reais e formação gerencial na Engenharia Química</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>A gestão de projetos como estrutura sistêmica</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>O escopo e a qualidade como fatores de sucesso</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>A relevância do gerenciamento do tempo e do cronograma</b>	<b>36</b>
<b>5.4</b>	<b>A gestão de riscos e a tomada de decisão técnica</b>	<b>36</b>
<b>5.5</b>	<b>Adoção de metodologias ágeis e modelos híbridos</b>	<b>37</b>
<b>5.6</b>	<b>A importância da comunicação e dos <i>stakeholders</i></b>	<b>37</b>
<b>5.7</b>	<b>A maturidade organizacional e as competências do gerente de projetos</b>	<b>38</b>
<b>5.8</b>	<b>Modelagem matemática, otimização e integração com o gerenciamento de projetos</b>	<b>38</b>
<b>5.9</b>	<b>Alinhamento estratégico e sustentabilidade na gestão de projetos</b>	
		<b>39</b>
<b>5.10</b>	<b>Limitações, desafios e perspectivas de adaptação do PMBOK</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão de projetos consolidou-se, nas últimas décadas, como uma disciplina estratégica e multidisciplinar, fundamental para organizações que buscam alcançar resultados consistentes em ambientes caracterizados por incerteza, restrições de recursos e crescente complexidade. Projetos são, por definição, empreendimentos temporários, com início e fim determinados, conduzidos para criar produtos, serviços ou resultados únicos. Essa natureza transitória e singular impõe desafios específicos de planejamento, coordenação, controle e encerramento, que não podem ser plenamente atendidos pelos modelos tradicionais de gestão organizacional, voltados à operação contínua (Kerzner, 2025; PMI, 2021; Cleland; Ireland, 2007).

Neste cenário, surgem as metodologias e os guias de boas práticas como instrumentos de padronização, sistematização e profissionalização da atividade de gerenciamento de projetos. Dentre os mais reconhecidos mundialmente, destaca-se o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), desenvolvido e mantido pelo *Project Management Institute* (PMI). O PMBOK é um guia que compila práticas, ferramentas, processos e fundamentos amplamente aceitos pela comunidade de gerenciamento de projetos, apresentando uma visão estruturada e integrada de como conduzir projetos de maneira eficiente e eficaz. Sua abordagem é amplamente adotada por organizações públicas, privadas e do terceiro setor, sendo considerada referência internacional em certificações profissionais, consultorias, auditorias e políticas corporativas de governança (PMI, 2021; Kerzner, 2025; Cleland; Ireland, 2007).

O conteúdo do PMBOK passou por sucessivas revisões desde sua primeira publicação, refletindo mudanças no ambiente de negócios, na tecnologia e nos modelos organizacionais. A sétima edição, publicada em 2021 (PMI, 2021), representa uma mudança paradigmática em relação às versões anteriores, ao deixar de enfatizar processos e áreas de conhecimento como elementos centrais, concentrando-se, em vez disso, em princípios, domínios de desempenho e resultados de valor. Essa transformação reflete uma adaptação às novas exigências do mercado, em que abordagens híbridas, ágeis e centradas no valor entregue ao cliente ganham espaço em detrimento de modelos exclusivamente preditivos. O novo enfoque do guia reconhece a diversidade de contextos em que os projetos são conduzidos e valoriza a capacidade dos profissionais de gestão de interpretar e aplicar as práticas conforme a complexidade, o risco e a dinâmica do ambiente em que atuam (PMI, 2021).

Além disso, o PMBOK destaca-se por fornecer uma linguagem comum e um arcabouço conceitual compartilhado, promovendo a integração entre diferentes atores envolvidos nos

projetos e fortalecendo a comunicação organizacional (PMI, 2021). Ao descrever detalhadamente aspectos como escopo, cronograma, custo, qualidade, recursos, comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas, o guia permite não apenas o alinhamento entre os objetivos estratégicos da organização e a execução dos projetos, mas também o monitoramento rigoroso de desempenho ao longo de todo o seu ciclo de vida. Nesse sentido, a adoção das diretrizes do PMBOK contribui para a maturidade organizacional em gerenciamento de projetos e para a mitigação de falhas recorrentes, como atrasos, estouros de orçamento e desalinhamento entre entregas e expectativas (PMI, 2021).

Além do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), várias outras metodologias e padrões são amplamente adotados para a gestão eficaz de projetos, especialmente em ambientes de engenharia, em que a complexidade técnica e a necessidade de cumprimento rigoroso de normas são comuns. Entre esses, destacam-se o *PRojects IN Controlled Environments* (PRINCE2), as metodologias ágeis, como *Agile* e *Scrum*, e a norma ISO – *International Organization for Standardization* – 21500 (ISO, 2021), cada uma com características e aplicações específicas que complementam as boas práticas do PMBOK. Ferreira (2023) destaca que práticas como *Scrum* podem ser adaptadas à realidade da Engenharia Química, contribuindo com uma cultura de entregas contínuas e resposta rápida às mudanças nos projetos.

O *PRojects IN Controlled Environments* (PRINCE2), desenvolvido no Reino Unido, apresenta uma abordagem estruturada e baseada em processos, buscando o controle rigoroso por meio da divisão do projeto em fases bem definidas, papéis e responsabilidades claras e um forte monitoramento da entrega de produtos. Essa metodologia é largamente utilizada em projetos tradicionais de engenharia civil, elétrica e mecânica, em que a previsibilidade e o detalhamento técnico são essenciais para garantir a conformidade com requisitos normativos e de segurança (Morris; Pinto, 2007).

Por outro lado, as metodologias ágeis têm ganhado espaço em contextos que demandam maior flexibilidade, inovação e resposta rápida a mudanças, características comuns em projetos de desenvolvimento de produtos, engenharia de *software* e áreas emergentes da engenharia. Segundo Highsmith (2009), metodologias ágeis como o *Scrum* têm se mostrado eficazes em contextos que demandam flexibilidade, inovação e rápida adaptação às mudanças. Embora originalmente aplicadas ao desenvolvimento de *software*, essas abordagens têm sido adaptadas para setores como a Engenharia Química, especialmente em projetos de pesquisa e desenvolvimento, onde os ciclos iterativos e o trabalho colaborativo agregam valor significativo. Essa transição representa um avanço importante para a engenharia,

tradicionalmente vinculada a processos lineares e sequenciais, mas que reconhece a necessidade de inovação contínua e agilidade para se manter competitiva. Neste sentido, Naves (2020, p. 1) afirma que “[...] a junção de habilidades científicas, técnicas, humanas e sociais permite ao engenheiro buscar soluções inovadoras, propostas computacionais, *softwares*, entre outras ferramentas de interesse da indústria química que são de grande complexidade”.

Complementarmente, a norma ISO 21500 oferece diretrizes internacionais que promovem a harmonização dos conceitos e práticas de gestão de projetos, sendo aplicável a diferentes setores e tipos de projetos (ISO, 2021). A sua adoção em ambientes de engenharia contribui para a integração dos sistemas organizacionais de qualidade, meio ambiente e segurança com a gestão de projetos, facilitando o alinhamento dos objetivos estratégicos com a execução eficiente dos projetos.

No contexto da engenharia, a escolha da metodologia adequada deve considerar a natureza do projeto, a cultura da organização e os requisitos técnicos envolvidos. Projetos que envolvem construção, montagem, comissionamento e outras atividades tradicionais tendem a se beneficiar do rigor e da estrutura do PMBOK e do PRINCE2, garantindo o cumprimento das normas técnicas e a mitigação de riscos operacionais (Kerzner, 2025). Já em projetos que envolvem inovação, pesquisa e desenvolvimento, especialmente na Engenharia Química, a incorporação de práticas ágeis tem se mostrado eficaz para lidar com a incerteza inerente e acelerar o ciclo de desenvolvimento (Schwaber; Sutherland, 2020).

Além disso, em Engenharia Química, a gestão de projetos deve considerar aspectos críticos como o controle de processos, a segurança operacional e a conformidade ambiental, que exigem uma abordagem integrada de riscos, qualidade e comunicação. A utilização combinada das diretrizes do PMBOK, práticas ágeis e normas internacionais possibilita uma gestão mais robusta, capaz de garantir não apenas a entrega técnica, mas também o atendimento a requisitos regulatórios e o compromisso com a sustentabilidade (Vargas, 2018).

A aplicação das diretrizes do PMBOK precisa ser contextualizada e, ao mesmo tempo, rigorosa. Os projetos geralmente envolvem interações complexas entre sistemas mecânicos, elétricos, de automação e processos, o que exige um nível elevado de coordenação multidisciplinar. Além disso, fatores como segurança de processos, impacto ambiental, certificações técnicas, auditorias e exigências legais tornam o gerenciamento de riscos uma prioridade. A literatura especializada enfatiza que ferramentas como a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), a Técnica do Caminho Crítico (CPM), o Diagrama de Gantt e a matriz de riscos devem ser empregadas com sistematicidade para assegurar que os objetivos do projeto sejam

atingidos dentro dos limites estabelecidos de prazo, custo, escopo e qualidade (Kerzner, 2025; Meredith; Mantel Jr., 2012).

O gerenciamento do escopo, por exemplo, é uma área crítica no desenvolvimento de projetos industriais complexos. A clareza quanto ao que será ou não entregue evita retrabalho, atrasos e desperdícios. Conforme Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025), a correta definição e controle do escopo foram determinantes para o sucesso da construção de um gasoduto, permitindo a integração eficaz entre diferentes equipes, fornecedores e requisitos regulatórios. A gestão do tempo, por sua vez, assume papel decisivo diante de cronogramas rígidos e interdependência de atividades. Técnicas como o caminho crítico e os marcos de controle são frequentemente utilizadas para prever atrasos e propor correções em tempo hábil. Já o gerenciamento de riscos, especialmente em instalações com alta periculosidade, deve contemplar desde o levantamento de ameaças até o monitoramento de indicadores críticos e a elaboração de planos de resposta e contingência.

A formação do engenheiro químico, nesse cenário, precisa ser repensada à luz dessas novas exigências. Não basta dominar os fundamentos das operações unitárias, da termodinâmica ou da cinética química. É necessário que o profissional desenvolva competências em planejamento, liderança, análise de risco, comunicação interpessoal e negociação. A gestão de projetos não pode mais ser vista como uma atribuição exclusiva de cargos gerenciais ou administrativos, mas como uma competência transversal a todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento. Autores como Cleland e Ireland (2007) e Vargas (2018) destacam que o sucesso dos projetos está diretamente relacionado ao engajamento e à qualificação dos profissionais envolvidos, bem como à clareza dos objetivos e à capacidade de articulação entre estratégia, técnica e operação.

Apesar da relevância do tema, ainda são escassos os estudos voltados especificamente à aplicação do PMBOK na Engenharia Química, o que justifica a presente pesquisa. O trabalho busca realizar uma revisão bibliográfica crítica das diretrizes do PMBOK, discutindo sua aplicabilidade, seus benefícios, suas limitações e possibilidades de adaptação no contexto da Engenharia Química, com base em autores clássicos da gestão de projetos, normas internacionais e estudos de caso como os de Vaz (2021), Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025) e Paiva e Morabito (2014). Juntam-se aos apontamentos, devido à necessidade de instrumentalizar os engenheiros químicos, as monografias de Ferreira (2023), Freitas (2024) e Naves (2020), que abordam metodologias ágeis, melhorias contínuas e inovação. Ao reunir essas contribuições, espera-se oferecer uma visão integrada, prática e crítica sobre o uso do

PMBOK em projetos de Engenharia Química, contribuindo para a melhoria da formação dos profissionais da área e para o aprimoramento das práticas organizacionais.

Assim, a presente introdução teve como objetivo apresentar o contexto, os fundamentos e a relevância da aplicação do PMBOK na Engenharia Química, bem como justificar a necessidade e a pertinência da pesquisa desenvolvida. Nas seções seguintes, serão discutidos com maior profundidade os conceitos teóricos, os elementos estruturantes da metodologia PMBOK, as contribuições das abordagens ágeis e híbridas, além de exemplos concretos de aplicação da gestão de projetos em ambientes industriais químicos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Analisar criticamente a aplicação das diretrizes estabelecidas no *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide) na gestão de projetos da Engenharia Química, com base em revisão bibliográfica fundamentada, visando a compreender as potencialidades, limitações e possibilidades de adaptação metodológica desse referencial ao contexto da engenharia.

### 2.2 Objetivos específicos

Investigar, à luz da literatura especializada, os fundamentos conceituais e estruturais da 7<sup>a</sup> edição do PMBOK, com ênfase nos princípios norteadores e domínios de desempenho aplicáveis à realidade da engenharia;

Identificar as principais demandas e características dos projetos em Engenharia Química que exigem uma abordagem estruturada de planejamento, execução e controle;

Examinar as contribuições das abordagens ágeis e híbridas — como as propostas por Highsmith (2009) e Schwaber e Sutherland (2020) — na complementação da metodologia tradicional do PMBOK em projetos de inovação, pesquisa ou desenvolvimento tecnológico;

Analizar estudos de caso que exemplifiquem a aplicação prática de ferramentas e processos do PMBOK na gestão de escopo, tempo, riscos, qualidade e comunicação em projetos do setor;

Refletir sobre o papel da gestão de projetos na formação do engenheiro químico e propor caminhos, visando à formação de profissionais mais preparados para atuar em ambientes complexos e regulados.

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho adota como abordagem metodológica a pesquisa bibliográfica crítica, com base em fontes técnico-científicas reconhecidas na área de gerenciamento de projetos e de Engenharia Química. De acordo com Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa bibliográfica consiste na análise sistemática de obras, documentos e produções acadêmicas já publicadas, que permitam fundamentar teoricamente uma investigação. Tal abordagem é particularmente relevante quando se busca compreender, articular e avaliar modelos conceituais amplamente consolidados, como o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide), em relação a um campo de aplicação específico — no caso, a Engenharia Química.

A pesquisa teve caráter qualitativo, uma vez que buscou analisar conteúdos, estruturas conceituais, relações metodológicas e implicações práticas, ao invés de quantificar dados. Conforme Gil (2008), a pesquisa qualitativa é adequada quando o objetivo é aprofundar a compreensão de fenômenos complexos, especialmente quando envolvem múltiplas variáveis, como é o caso da gestão de projetos em ambientes industriais com alta exigência técnica e regulatória.

A escolha da Engenharia Química como campo de aplicação da metodologia PMBOK justifica-se pela crescente complexidade dos projetos nessa área, que exigem integração entre disciplinas, controle rigoroso de processos, segurança operacional e conformidade legal.

A seleção das referências seguiu critérios de atualidade, relevância técnica e aplicabilidade direta ao tema proposto. Foram utilizados livros técnicos clássicos e contemporâneos sobre gerenciamento de projetos — como os de Kerzner (2025), Cleland e Ireland (2007), Meredith e Mantel Jr. (2012), Vargas (2018) e Wysocki (2019) —, bem como normas internacionais como a ISO 21500:2021. A análise também incorporou as contribuições metodológicas do guia PMBOK – 7<sup>a</sup> edição (2021), sendo este a principal referência estruturante da pesquisa.

Além das obras teóricas, foram incluídos estudos de caso que abordam experiências reais de aplicação da gestão de projetos, como o artigo de Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025), que trata do gerenciamento de escopo em um projeto de construção de gasoduto; o trabalho de Vaz (2021), que examina a gestão de projetos com base no PMBOK em um ambiente editorial de inovação; e o estudo de Paiva e Morabito (2014), que propõe uma modelagem de otimização robusta aplicada à produção em usinas de açúcar e álcool.

A análise dos documentos buscou identificar correspondências, lacunas e potencialidades de adaptação das práticas propostas pelo PMBOK à realidade da Engenharia

Química, considerando seus fatores técnicos, normativos e operacionais. Foram priorizados aspectos como: gerenciamento do escopo, riscos, tempo, qualidade e partes interessadas; aplicação de ferramentas clássicas como EAP, Gantt e matriz de riscos; e possibilidades de integração com abordagens ágeis ou híbridas, como o *Scrum* (Schwaber; Sutherland, 2020).

A pesquisa foi organizada em três eixos analíticos: a) fundamentação teórica do gerenciamento de projetos e estrutura do PMBOK 7<sup>a</sup> edição; b) demandas e características específicas dos projetos na Engenharia Química; c) estudos de caso e exemplos aplicados de uso do PMBOK em contextos industriais afins.

A partir dessa estrutura, foi realizada uma análise crítica e comparativa, com o intuito de oferecer subsídios para a aplicação prática do PMBOK no setor industrial e promover reflexões sobre a formação do engenheiro químico diante das exigências contemporâneas da gestão de projetos.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Conceitos e evolução do gerenciamento de projetos

A gestão de projetos, enquanto disciplina estruturada, tem evoluído ao longo das últimas décadas como resposta às demandas de um ambiente técnico-organizacional cada vez mais complexo. Sua consolidação teórica e metodológica se deu por meio de referenciais amplamente aceitos, sendo o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide), desenvolvido pelo *Project Management Institute* (PMI). A primeira edição do PMBOK surgiu em 1996 como uma tentativa de reunir, formalizar e sistematizar práticas aplicadas por profissionais experientes. Desde então, foi objeto de constantes atualizações, até chegar à sua sétima edição, publicada em 2021, que representa uma ruptura significativa com as edições anteriores ao abandonar o modelo de grupos de processos e áreas de conhecimento para adotar uma abordagem baseada em princípios e domínios de desempenho (PMI, 2021).

No cerne do gerenciamento de projetos, estão conceitos fundamentais que definem sua identidade. Um projeto é caracterizado como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2021). Diferencia-se das operações contínuas pela limitação temporal, pela singularidade dos entregáveis e pelo nível de incerteza associado. Dessa forma, o gerenciamento de projetos compreende a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos, envolvendo uma gama de processos que abrangem planejamento, execução, monitoramento e encerramento (Vargas, 2018).

Segundo Vargas (2018), o gerenciamento de projetos é uma forma estruturada de aplicar conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para atingir os objetivos definidos, respeitando restrições como prazo, custo e qualidade. Essa definição dialoga diretamente com o guia PMBOK (PMI, 2021), que organiza essas práticas em processos e áreas de conhecimento.

Por exemplo, no gerenciamento de tempo, Vargas (2018) enfatiza a necessidade de cronogramas realistas e monitoramento contínuo para evitar atrasos. O PMBOK (PMI, 2021) detalha esse princípio por meio de processos como definir atividades, sequenciar atividades, estimar durações e controlar o cronograma.

Dessa forma, a contribuição de Vargas (2018) é a de trazer uma leitura prática e contextualizada do PMBOK (PMI, 2021), especialmente para a realidade brasileira, aproximando a teoria internacional da prática cotidiana das organizações.

Kerzner (2025) destaca que a gestão de projetos não é apenas um conjunto de ferramentas ou *checklists*, mas um sistema integrado de gestão organizacional que busca alcançar resultados dentro dos critérios de tempo, custo, escopo e qualidade. Essa visão sistêmica é especialmente necessária em setores que operam com alta complexidade, como a Engenharia Química. Nessa área, os projetos envolvem o desenvolvimento e a implantação de processos em escala industrial, o que implica rigor técnico, forte componente regulatório, necessidade de integração entre disciplinas e gerenciamento cuidadoso de riscos e variáveis operacionais.

A estrutura do gerenciamento de projetos tradicionalmente repousa sobre pilares como escopo, tempo, custo e qualidade, complementados por áreas como integração, recursos humanos, comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas. Esses elementos formam a base para o planejamento estratégico e operacional de qualquer projeto e são tratados de forma integrada para garantir coerência e eficiência nos resultados entregues (Kerzner, 2025).

No desenvolvimento de um projeto dentro de uma organização, observa-se a necessidade de alinhar fundamentos clássicos da administração com práticas modernas de gestão de projetos. Segundo Chiavenato (2014), a administração envolve quatro funções essenciais: planejar, organizar, dirigir e controlar, que servem de base para qualquer processo gerencial. Já o guia PMBOK (PMI, 2021) desdobra essas funções em áreas de conhecimento e processos específicos para o gerenciamento de projetos, como gerenciamento do escopo, do tempo, dos custos e dos recursos.

Um exemplo claro dessa complementaridade ocorre no planejamento. Em Chiavenato (2014), planejar significa definir objetivos e traçar os meios para atingi-los. No PMBOK (PMI, 2021), isso se traduz em processos como desenvolver o plano de gerenciamento do projeto e definir o escopo, nos quais são estabelecidos entregáveis, cronogramas e recursos. Dessa forma, pode-se compreender que os princípios de Chiavenato fornecem a base conceitual, enquanto o PMBOK apresenta a aplicação prática e estruturada desses princípios no contexto de projetos.

## 4.2 Gestão de projetos na Engenharia Química

A 7<sup>a</sup> edição do PMBOK introduziu doze princípios universais, entre os quais se destacam: a entrega de valor, a colaboração com *stakeholders*, a adaptabilidade, a liderança

eficaz e o pensamento sistêmico. Esses princípios orientam a atuação dos gerentes de projeto em qualquer tipo de empreendimento e são articulados a oito domínios de desempenho: *stakeholders*, equipe, ciclo de vida e desenvolvimento, planejamento, trabalho do projeto, entrega, medição e incerteza (PMI, 2021). Essa mudança amplia a aplicabilidade do guia a diferentes modelos de ciclo de vida — tradicional, ágil ou híbrido — e torna o *framework* mais compatível com realidades industriais diversas, como aquelas encontradas na Engenharia Química.

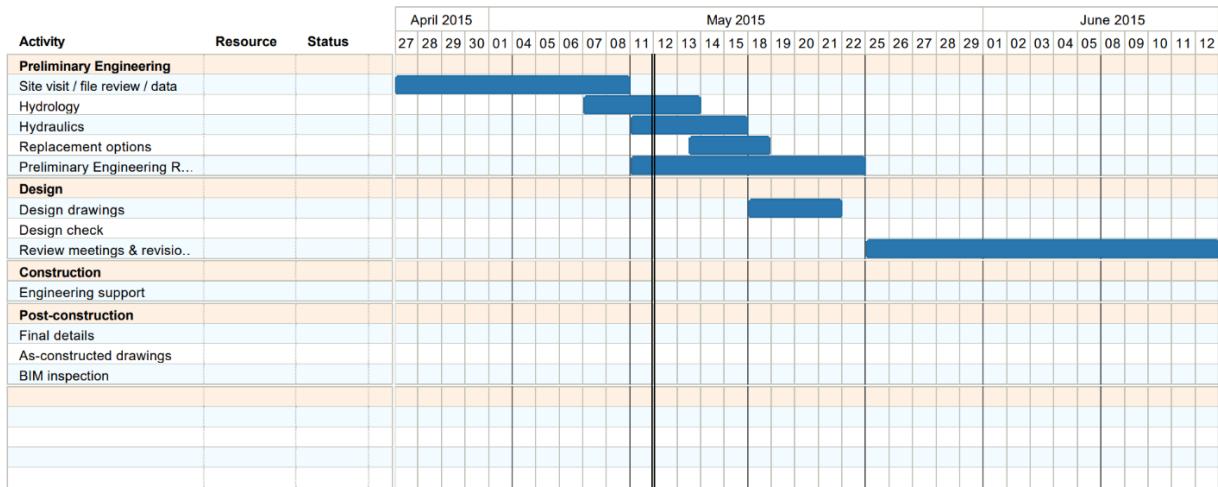
Autores como Meredith e Mantel Jr. (2012) destacam que, além das técnicas de gestão, o sucesso de um projeto depende fortemente das competências do gerente de projetos, figura central no processo de articulação entre os diversos agentes envolvidos. Esse profissional deve dominar habilidades técnicas e interpessoais, como liderança, comunicação, negociação e tomada de decisão, sendo o elo entre as demandas do projeto e os recursos organizacionais disponíveis. Kerzner (2025) reforça que o amadurecimento das práticas de gerenciamento de projetos está diretamente associado à capacidade das organizações de alinhar seus projetos com os objetivos estratégicos e de promover uma cultura voltada à aprendizagem e à melhoria contínua. Segundo Freitas (2024), a melhoria contínua representa um compromisso estratégico das empresas com a eficiência, sendo sustentada por metodologias como PDCA, DMAIC, VSM e outras, com impactos diretos na competitividade dos sistemas produtivos. A formação do engenheiro químico precisa contemplar o domínio das principais metodologias aplicadas à melhoria de processos e à gestão de projetos industriais, especialmente no contexto de competitividade e inovação contínua (Freitas, 2024).

O gerenciamento de escopo, tempo e riscos é particularmente sensível em projetos dessa natureza. Meredith e Mantel Jr. (2012) argumentam que o sucesso do projeto depende do equilíbrio entre o cumprimento de prazos e a integridade técnica do que está sendo entregue. Na Engenharia Química, escopos mal definidos podem acarretar falhas de processo, acidentes industriais ou não conformidades ambientais. A utilização da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), ferramenta central no PMBOK, permite decompor o escopo em partes menores e gerenciáveis, promovendo maior clareza na definição de responsabilidades e entregas.

Para o controle de prazos, técnicas como o Diagrama de Gantt (Figura 1) e a Técnica do Caminho Crítico (CPM) são tradicionalmente utilizadas. Segundo Vargas (2018), essas ferramentas proporcionam uma visão panorâmica da sequência de atividades, identificação de gargalos e ajuste de cronogramas, contribuindo para evitar atrasos e retrabalhos. Em ambientes de Engenharia Química, onde paradas de planta, testes laboratoriais e aquisições especializadas

são comuns, o uso disciplinado desses instrumentos é essencial para manter o cronograma sob controle.

Figura 1 – Diagrama de Gantt exemplificando a visualização de cronograma, com barras temporais para cada atividade e ordenação por sequência lógica



Fonte: ProjectEngineer.net (2025)

No que diz respeito ao gerenciamento de riscos, o PMBOK estabelece diretrizes claras para a identificação, análise qualitativa e quantitativa, planejamento de respostas e monitoramento contínuo. Cleland e Ireland (2007) ressaltam que, nos projetos industriais, o risco não pode ser tratado como uma etapa isolada, mas como um processo transversal que permeia todas as fases do projeto. Em Engenharia Química, riscos operacionais, ambientais e de segurança devem ser mapeados desde a concepção do projeto, com ênfase em medidas de mitigação e planos de contingência. A gestão eficaz desses elementos contribui para evitar acidentes, multas, paralisações e danos à imagem institucional.

### 4.3 Abordagens tradicionais e estruturadas

Ao longo das últimas décadas, o avanço tecnológico e a globalização aumentaram a complexidade dos projetos, tornando-os mais interdependentes, dinâmicos e expostos a variáveis externas. Como observa Naves (2020, p. 1), “[...] o gerenciamento de projetos e processos já não é mais o mesmo de 20 anos atrás. Na era digital, os engenheiros estão constantemente sendo desafiados com mudanças e pressões para inovar”. Esse cenário exige abordagens flexíveis, capazes de lidar com riscos, mudanças frequentes e restrições de mercado. A resposta a essa complexidade foi a disseminação de padrões internacionais de boas práticas, como o PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), o PRINCE2 (*Projects IN*

*Controlled Environments*) e os modelos ágeis. Cada um desses modelos busca fornecer diretrizes estruturadas para promover a entrega de valor, a previsibilidade dos resultados e a governança dos processos decisórios (Wysocki, 2019).

Dessa forma, a consolidação do gerenciamento de projetos como disciplina técnica e científica é o resultado da combinação entre experiências práticas e reflexões acadêmicas, que permitiram o desenvolvimento de um corpo de conhecimento robusto, aplicável às mais diversas áreas da engenharia, da indústria e do setor público (PMI, 2021). A compreensão dos fundamentos dessa área é, portanto, condição necessária para a análise crítica e contextualizada de metodologias como o PMBOK e suas aplicações em contextos específicos, como os da Engenharia Química.

Complementando essa fundamentação, é necessário observar que o gerenciamento de projetos não apenas evoluiu como uma prática organizacional, mas também passou a compor um campo multidisciplinar, influenciado por áreas como a administração, a engenharia, a psicologia organizacional e a ciência de dados. Essa característica torna o gerenciamento de projetos uma ponte entre o conhecimento técnico e a capacidade gerencial, permitindo o controle sistemático de variáveis como cronograma, orçamento e escopo, mesmo em ambientes com alta incerteza (PMI, 2021).

Além disso, a abordagem por projetos tem se mostrado eficaz em promover a inovação e o aprendizado organizacional, particularmente em contextos industriais e tecnológicos, em que mudanças nos processos produtivos e na legislação demandam respostas ágeis e estruturadas. Segundo Cleland e Ireland (2007), os projetos funcionam como mecanismos de transformação estratégica dentro das empresas, proporcionando não apenas a entrega de produtos ou serviços, mas também a geração de conhecimento, o desenvolvimento de competências e a ampliação da vantagem competitiva.

Essa visão alinha-se à crescente demanda por metodologias estruturadas de gestão em ambientes de engenharia, onde os desafios relacionados à integração de tecnologias, à gestão de recursos escassos e à segurança operacional exigem precisão e controle. O gerenciamento de projetos surge, nesse contexto, como um catalisador de eficiência, especialmente em empreendimentos que envolvem riscos técnicos e ambientais significativos. Assim, compreender os fundamentos do gerenciamento de projetos é fundamental para estabelecer um arcabouço teórico sólido, capaz de embasar a adoção crítica de *frameworks* consolidados, como o PMBOK, e de refletir sobre sua aplicabilidade prática em áreas específicas da engenharia.

#### **4.4 Inovação, agilidade e modelos híbridos**

Ao considerar as distintas realidades organizacionais, observa-se que o gerenciamento de projetos pode ser adaptado a diferentes graus de complexidade e maturidade. Pequenas empresas, por exemplo, podem se beneficiar de modelos simplificados, enquanto grandes organizações podem integrar modelos híbridos, combinando metodologias preditivas e ágeis. A flexibilidade metodológica é, portanto, um dos grandes diferenciais dessa disciplina, permitindo sua aplicação tanto em setores tradicionais quanto em áreas emergentes da engenharia, como biotecnologia, energias renováveis e processos sustentáveis — domínios com grande potencial de vínculo com a Engenharia Química, tema que será explorado à frente.

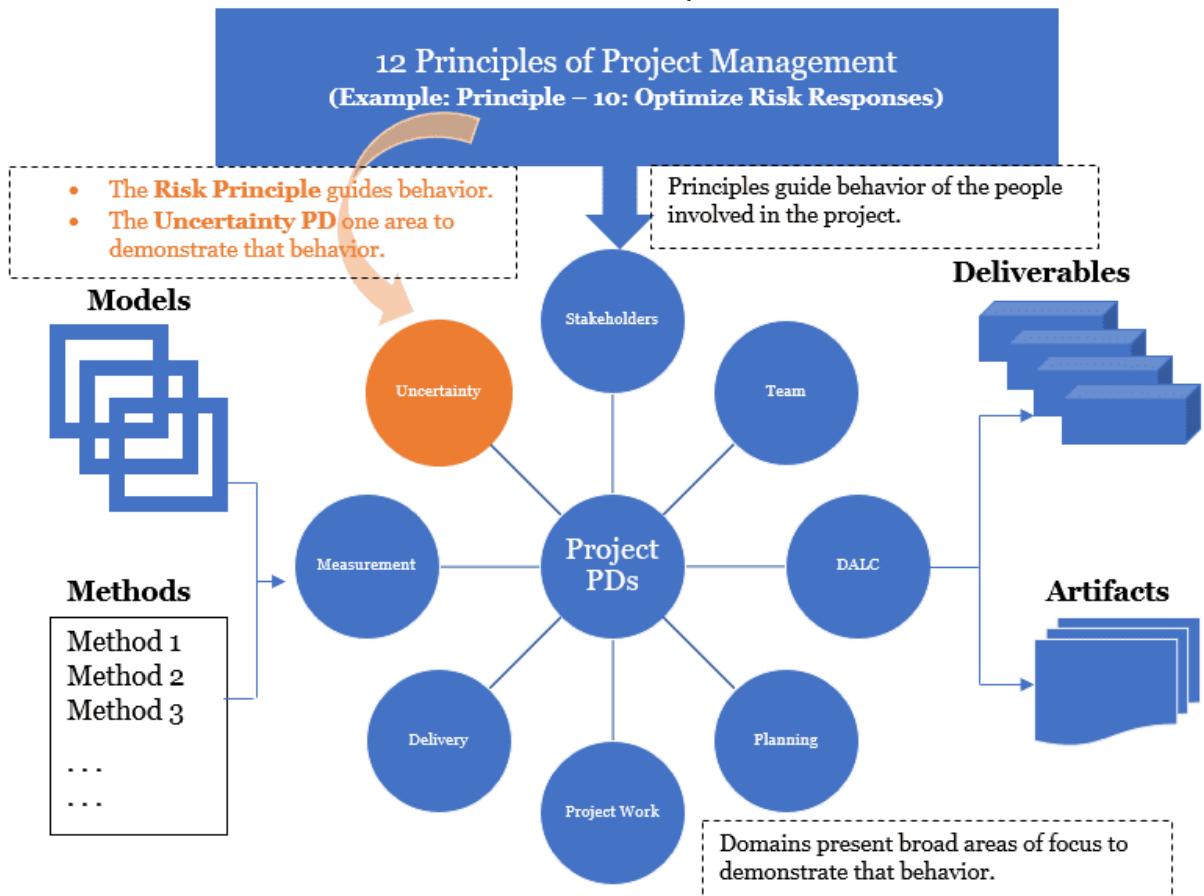
O *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide) é uma publicação do Project Management Institute (PMI) reconhecida internacionalmente como um dos principais referenciais para o gerenciamento de projetos. Seu objetivo é apresentar um conjunto padronizado de boas práticas, ferramentas e técnicas amplamente aceitas na condução de projetos em diversos setores industriais e organizacionais. Desde sua primeira edição em 1996, o guia passou por múltiplas atualizações, refletindo mudanças no ambiente corporativo e nas exigências dos projetos modernos. A versão mais recente, o PMBOK® Guide – 7ª edição, publicada em 2021, introduz uma abordagem mais flexível, baseada em princípios, em contraste com a estrutura anterior centrada em processos (PMI, 2021).

Estruturalmente, até sua 6ª edição, o PMBOK era organizado em torno de 49 processos distribuídos em cinco grupos de processos — iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento — e dez áreas de conhecimento, como escopo, tempo, custo, qualidade, recursos, comunicações, riscos, aquisições, partes interessadas e integração. Cada processo era detalhado com suas Entradas, Ferramentas e Técnicas, e Saídas (EFTS ou ITTOs, na sigla em inglês), compondo um sistema lógico e sistemático que possibilita a repetibilidade e o controle dos resultados esperados. Essa abordagem proporcionava uma visão sequencial e prescritiva da gestão de projetos, sendo particularmente útil em contextos preditivos ou com baixa variabilidade técnica (Kerzner, 2025).

Entretanto, com a crescente adoção de abordagens ágeis, híbridas e adaptativas no ambiente corporativo, a 7ª edição do PMBOK representa uma guinada metodológica ao adotar uma estrutura baseada em 12 princípios de gerenciamento de projetos, alinhados a valores como colaboração, responsabilidade, adaptabilidade e entrega de valor contínuo (Figura 2). Além disso, apresenta oito domínios de desempenho — como partes interessadas, equipe, ciclo de vida, entrega, planejamento, navegação da incerteza, entre outros — que substituem as antigas áreas de conhecimento. Essa nova organização permite uma abordagem mais contextualizada e

menos prescritiva, conferindo maior autonomia aos profissionais e adaptabilidade aos diferentes tipos de projeto (PMI, 2021):

Figura 2 – Integração dos 12 princípios de gestão e 8 domínios de desempenho do PMBOK® 7<sup>a</sup> edição



O PMBOK, portanto, deixa de ser apenas um guia de como executar e passa a oferecer um arcabouço do porquê, fundamentando suas práticas na criação de valor e no alinhamento estratégico com os objetivos da organização. Essa transição conceitual é especialmente relevante para projetos que envolvem alto grau de inovação, riscos técnicos significativos ou múltiplas interfaces disciplinares — cenários cada vez mais comuns na engenharia contemporânea. A estrutura revisada amplia o escopo de aplicação do PMBOK e favorece sua adoção em ambientes de engenharia que demandam customização de processos e foco em entregas incrementais, além da manutenção do controle sobre qualidade, prazo e orçamento.

#### 4.5 Estrutura metodológica do PMBOK: do modelo ITTO às abordagens ágeis

Além dos grupos de processos e das áreas de conhecimento, outra característica fundamental da estrutura tradicional do PMBOK é a padronização dos fluxos de trabalho por meio do modelo de Entradas, Ferramentas e Técnicas, e Saídas (ITTOs). Cada processo descrito no guia é sistematicamente detalhado com base nesse tripé, o que oferece clareza e rastreabilidade ao gerenciamento das atividades. Essa sistematização permite que os profissionais compreendam não apenas o que deve ser feito, mas também com quais insumos, por meio de quais métodos e com quais resultados esperados (PMI, 2021).

Por exemplo, na área de conhecimento de Gerenciamento de Escopo, o processo de “Criar a Estrutura Analítica do Projeto (EAP)” requer como entrada o plano de gerenciamento do projeto, utiliza como ferramenta a decomposição do escopo e tem como saída a própria EAP, que é essencial para o desdobramento das atividades em pacotes de trabalho bem definidos (PMI, 2021). Essa lógica repete-se nas diversas áreas de conhecimento, o que confere ao guia uma consistência metodológica valiosa para a implementação de sistemas de gestão integrados, especialmente em contextos técnicos mais exigentes, como os encontrados em ambientes de engenharia.

Outro aspecto relevante da estrutura do PMBOK é o caráter iterativo e interdependente dos processos. Diferentemente de um modelo estritamente linear, o guia reconhece que muitos processos precisam ser revistos e ajustados ao longo do ciclo de vida do projeto. Por isso, ele propõe uma visão dinâmica da gestão de projetos, na qual o monitoramento e o controle desempenham um papel contínuo e transversal, garantindo a aderência ao plano inicial e permitindo ajustes com base em indicadores de desempenho (Kerzner, 2025).

Ainda no que diz respeito à estrutura, destaca-se a presença dos chamados artefatos e documentos gerenciais, como cronogramas, matrizes de responsabilidade (RACI) (Figura 3), planos de resposta a riscos, entre outros. Esses instrumentos, embora não sejam detalhadamente prescritos pelo PMBOK, são mencionados como práticas recomendadas e têm papel central na governança de projetos. Eles servem tanto como mecanismos de comunicação entre os stakeholders quanto como registros formais de decisão, o que fortalece a rastreabilidade, a conformidade e a transparência das ações realizadas (PMI, 2021). Além das abordagens tradicionais, o PMBOK 7 reconhece a relevância crescente das metodologias ágeis e da gestão adaptativa. Highsmith (2009) afirma que os projetos modernos, mesmo em ambientes técnicos como a engenharia, exigem flexibilidade, ciclos iterativos de entrega e foco na colaboração com *stakeholders*.

Figura 3 – Exemplo de matriz RACI com distribuição de responsabilidades por fases e *stakeholder*

**RACI Matrix**

[Project Title]

**Roles and Responsibilities**

Responsible, Accountable, Consulted, Informed

Deliverable or Task	Status	Roles									
		Sponsor	Name or Role	Project Manager	Technical Lead	Name or Role	Consultant				
Deliverable/Task 1		A	R					I			
Deliverable/Task 2		A		R				I			
<b>Phase 1</b>											
Deliverable/Task 1		C	I					A	R		
Deliverable/Task 2			I					A		R	
<b>Phase 2</b>											
Deliverable/Task 1								A	I	R	C
Deliverable/Task 2								A	I	R	C
<b>Phase 3</b>											
Deliverable/Task 1								A	R		C
Deliverable/Task 2								A		R	
<b>Phase 4</b>											
Deliverable/Task 1											C
Deliverable/Task 2											
Insert new rows above this one											
<b>R</b>	Responsible	Assigned to complete the task or deliverable.									
<b>A</b>	Accountable	Has final decision-making authority and accountability for completion. Only 1 per task.									
<b>C</b>	Consulted	An adviser, stakeholder, or subject matter expert who is consulted before a decision or action.									
<b>I</b>	Informed	Must be informed after a decision or action.									

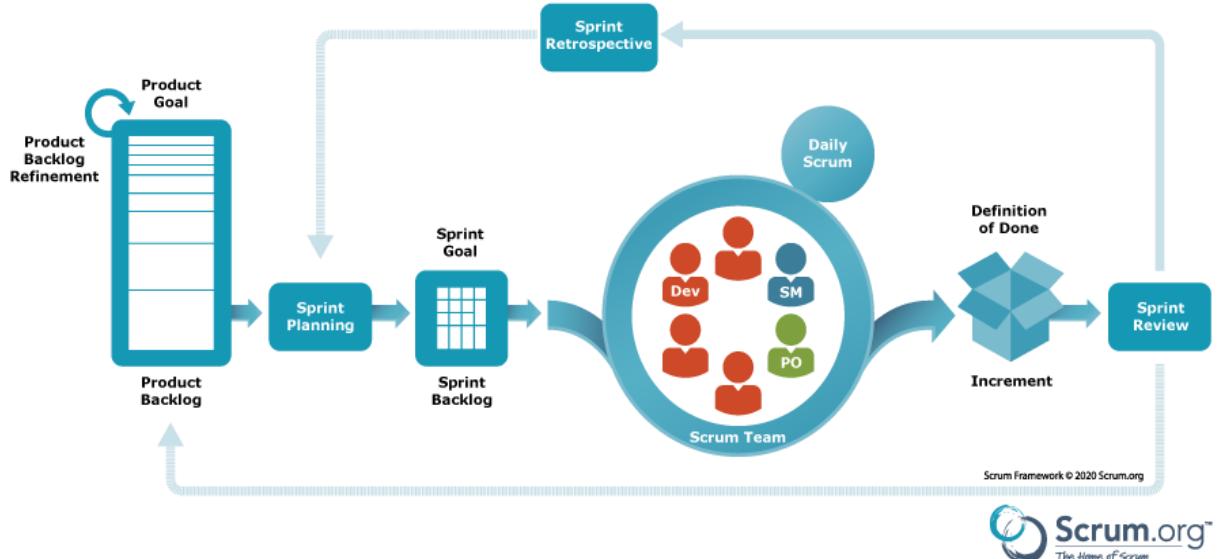
Fonte: Project Management (2025)

A metodologia *Scrum* (Figura 4), por exemplo, tem sido aplicada em fases de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e prototipagem em Engenharia Química, como destaca Schwaber e Sutherland (2020). Embora a rigidez dos processos industriais exija certo nível de controle formal, é possível adotar modelos híbridos, nos quais ferramentas do ágil complementam as estruturas clássicas do PMBOK, especialmente em etapas iniciais do projeto ou em projetos voltados à inovação.

Na Figura 4 abaixo, o *Scrum Framework Poster*, que representa visualmente os papéis – *Product Owner* (Dono do Produto), *Scrum Master* e *Developers* (Desenvolvedores) –, os eventos do Sprint – *Sprint Planning* (Planejamento da Sprint), *Daily Scrum* (Reunião Diária), *Sprint Review* (Revisão da Sprint), *Sprint Retrospective* (Retrospectiva da Sprint) – e os artefatos – *Product Backlog* (Backlog do Produto) e *Sprint Backlog* (Backlog da Sprint):

Figura 4 – *Scrum Framework Poster* (representa visualmente os papéis – *Product Owner* (Dono do Produto), *Scrum Master* e *Developers* (Desenvolvedores) –, os eventos do *Sprint* – *Sprint Planning* (Planejamento da *Sprint*), *Daily Scrum* (Reunião Diária), *Sprint Review* (Revisão da *Sprint*), *Sprint Retrospective* (Retrospectiva da *Sprint*) – e os artefatos – *Product Backlog* (*Backlog* do Produto) e *Sprint Backlog* (*Backlog* da *Sprint*))

## SCRUM FRAMEWORK



Fonte: Scrum.org (2025)

### 4.6 Aplicações práticas e integração metodológica na gestão de projetos

Estudos de caso reforçam essa perspectiva. Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025), ao analisarem um projeto de construção de gasoduto, demonstraram que a aplicação adequada do gerenciamento de escopo conforme o PMBOK resultou em maior controle técnico, integração entre áreas e redução de riscos contratuais. Vaz (2021), por sua vez, investigou a aplicação do PMBOK em uma empresa do setor editorial, evidenciando que, mesmo em contextos não industriais, a adoção de práticas como EAP, cronogramas e reuniões periódicas promove melhorias significativas na entrega e no desempenho da equipe. Já Paiva e Morabito (2014) propuseram um modelo de otimização robusta para o planejamento da produção em usinas de açúcar e álcool, demonstrando como os princípios da engenharia de processos podem ser alinhados a metodologias de gestão estruturada.

Wysocki (2019) contribui com essa discussão ao propor um modelo de gerenciamento de projetos eficaz, baseado na seleção do ciclo de vida mais apropriado ao tipo de projeto. Em sua obra, o autor defende que, para projetos com alto grau de incerteza, como os de desenvolvimento de novos processos ou adaptação de tecnologias para novas escalas, o uso de modelos incrementais e iterativos pode favorecer a tomada de decisão em tempo real, minimizando perdas e maximizando valor.

A norma ISO 21500:2021 complementa essas abordagens ao estabelecer diretrizes para o gerenciamento de projetos com base em princípios reconhecidos internacionalmente. Sua integração com o PMBOK é natural, pois ambos compartilham fundamentos comuns e promovem a padronização da terminologia, da estrutura e dos processos. Para o setor de Engenharia Química, a adoção conjunta do PMBOK e da ISO pode contribuir para o aumento da maturidade organizacional, melhoria contínua e adequação a certificações internacionais de qualidade, segurança e meio ambiente.

Cleland e Ireland (2007) defendem que a competência gerencial deve ser tratada como um pilar da engenharia moderna, e não como uma habilidade secundária. A adoção do PMBOK, nesse sentido, pode ser vista como um caminho para institucionalizar a cultura da gestão de projetos dentro das organizações e dos currículos universitários.

Ainda que o PMBOK tenha como origem os setores de tecnologia e construção civil, sua estrutura conceitual e flexibilidade metodológica o tornam aplicável a uma grande diversidade de contextos. De acordo com Cleland e Ireland (2007, p. 4):

O gerenciamento de projetos é mais do que um conjunto de técnicas. É uma filosofia de administração que foca em objetivos específicos, prazos definidos e alocação racional de recursos. O seu êxito depende da capacidade de integrar as ações humanas, tecnológicas e organizacionais sob um mesmo propósito.

Essa perspectiva é especialmente importante na Engenharia Química, pois os projetos não apenas requerem coordenação de tarefas, mas envolvem transformações físico-químicas em larga escala, em que o risco de falha técnica pode gerar impactos ambientais, sociais e econômicos relevantes. Ao adotar os domínios de desempenho descritos no PMBOK 7<sup>a</sup> edição, como o domínio de "Trabalho do Projeto", que abrange a condução técnica das atividades, ou o domínio de "Incerteza", que trata da previsibilidade, a Engenharia Química encontra fundamentos sólidos para integrar gestão à operação.

Kerzner (2025) complementa essa visão ao afirmar que, em projetos de engenharia, a gestão eficiente precisa ser baseada não apenas em cronogramas e custos, mas na capacidade de adaptação a imprevistos técnicos, novos requisitos regulatórios e mudanças nas condições de operação industrial. O autor enfatiza que a engenharia moderna, especialmente em campos como o químico e o de energia, se apoia cada vez mais em práticas de gestão formalizada como vantagem competitiva.

Um dos diferenciais do PMBOK 7 é o seu alinhamento com padrões internacionais de qualidade e desempenho, como a norma ISO 21500:2021, a qual define princípios gerais de

gestão de projetos que são compatíveis com os valores do PMI. A ISO destaca que a governança dos projetos deve estar alinhada ao planejamento estratégico da organização, devendo contemplar desde o plano de gerenciamento até os critérios de sucesso do projeto. Essa compatibilidade permite que empresas do setor da Engenharia Química adotem modelos integrados de gestão, em que o controle técnico e o administrativo operam em sinergia.

A aplicação de ferramentas específicas, como a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), merece destaque. Segundo Vargas (2018, p. 97):

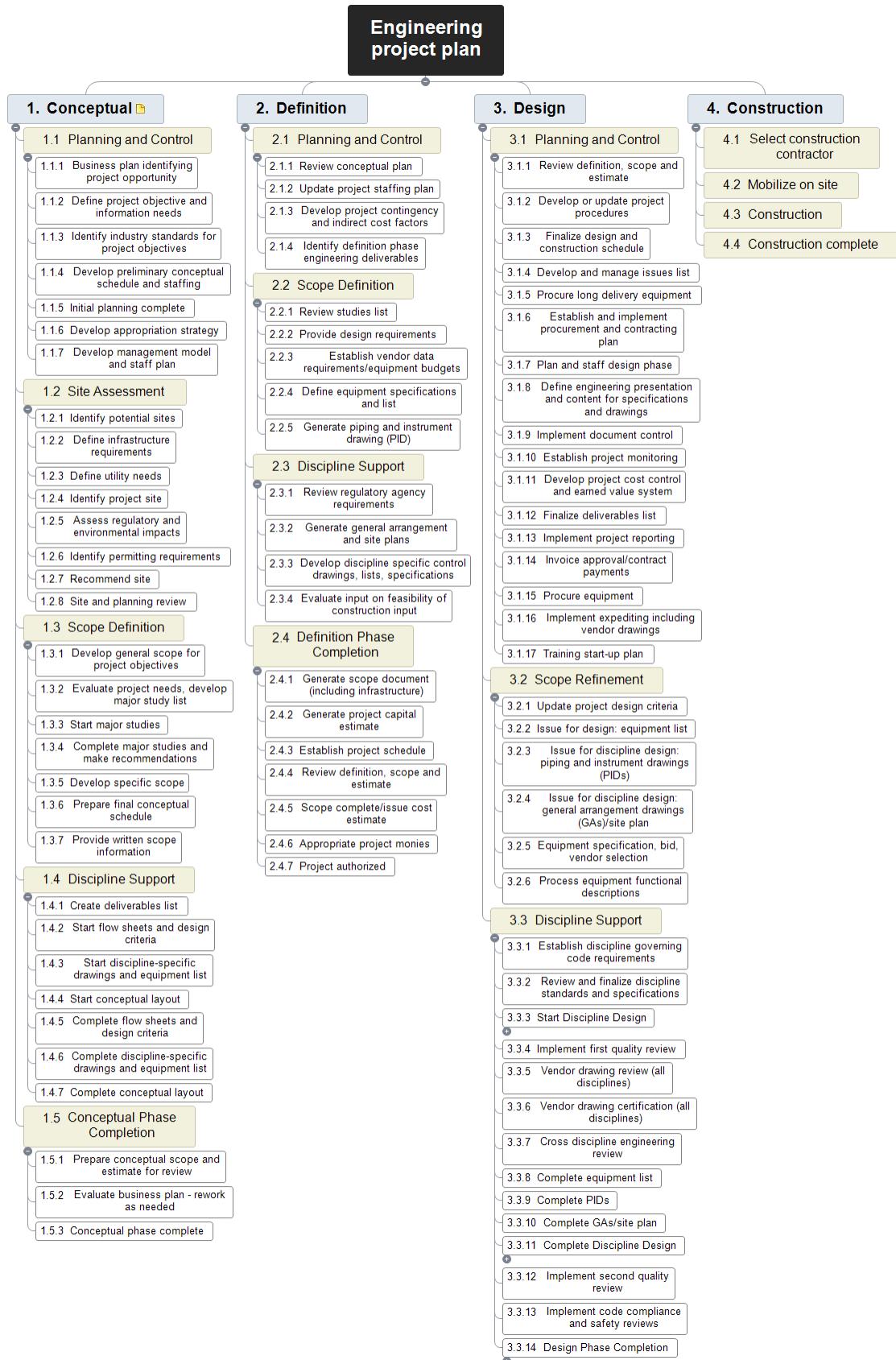
A EAP, ou WBS — Work Breakdown Structure — permite que o projeto seja decomposto em partes menores e mais gerenciáveis, facilitando o controle, o monitoramento e o acompanhamento do progresso das entregas. É um instrumento essencial para projetos de grande complexidade, como aqueles observados na indústria de base.

No contexto da Engenharia Química, essa decomposição permite separar, por exemplo, a etapa de projeto básico da de projeto executivo, ou distinguir entre instalação civil, montagem de reatores, automação, comissionamento e testes de partida (Figura 5). Essa divisão técnica é indispesável para o controle de escopo, integração entre fornecedores e cumprimento de prazos regulatórios.

Em complemento à EAP, o uso da matriz de riscos, ferramenta recomendada tanto pelo PMBOK quanto pela ISO 21500, se mostra fundamental em ambientes onde os riscos não são apenas financeiros, mas também operacionais e ambientais. Meredith e Mantel Jr. (2012) argumentam que o risco em projetos industriais precisa ser entendido como uma variável dinâmica, e não como uma categoria estática a ser eliminada. Projetos que operam com risco residual elevado, devido à manipulação de substâncias inflamáveis, corrosivas ou tóxicas, exigem planos robustos de contingência e resposta.

Na Figura 5 abaixo, pode-se observar a Estrutura Analítica do Projeto (WBS) hierarquizada, organizando escopo, tarefas e pacotes de trabalho, conforme abordagem clássica de PMBOK:

Figura 5 – Estrutura Analítica do Projeto (WBS) hierarquizada, organizando escopo, tarefas e pacotes de trabalho, conforme abordagem clássica de PMBOK



Fonte: MatchWare (2025)

#### 4.7 Abordagens híbridas, aplicações reais e formação gerencial na Engenharia Química

Outro aspecto discutido por autores como Highsmith (2009) e Wysocki (2019) é o papel das metodologias ágeis em projetos técnicos. Embora a engenharia tradicional opere sob cronogramas fixos e detalhamento prévio extenso, projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), novas formulações, ou adaptações de processos para diferentes escalas podem se beneficiar de ciclos iterativos, como os propostos no *Scrum*. Highsmith (2009) enfatiza que a gestão ágil é, acima de tudo, uma filosofia baseada em *feedback* constante, entregas incrementais e colaboração contínua com as partes interessadas — todos elementos que podem ser incorporados, em partes, em ambientes técnicos altamente regulados.

Esse diálogo entre o tradicional e o ágil também aparece na obra de Wysocki (2019), ao propor o modelo híbrido adaptativo, que mescla o uso de cronogramas definidos com ciclos iterativos de refinamento técnico. Projetos de Engenharia Química que envolvem incertezas tecnológicas podem se beneficiar dessas abordagens, sobretudo em fases iniciais.

Casos práticos reforçam essa percepção. O estudo de Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025), ao analisar o gerenciamento do escopo em um projeto de construção de gasoduto, mostra como a definição detalhada das entregas, aliada ao controle de mudanças, foi essencial para evitar conflitos contratuais e garantir a conformidade técnica com os padrões da indústria petroquímica. Da mesma forma, Vaz (2021) identificou que a aplicação das práticas do PMBOK em projetos de inovação, ainda que em ambiente editorial, aumentou a previsibilidade dos prazos e o alinhamento entre as equipes, mesmo com recursos escassos.

Já o estudo de Paiva e Morabito (2014) é um exemplo relevante de aplicação de modelos de otimização robusta para planejamento em indústrias químicas — no caso, usinas de açúcar e álcool. O trabalho demonstra como a formalização do processo decisório por meio de modelagens matemáticas pode ser integrada ao gerenciamento de projetos, sobretudo em etapas de produção contínua com forte interferência de variáveis externas, como clima e mercado.

Outro ponto essencial abordado na literatura é o gerenciamento de *stakeholders*, um dos pilares do PMBOK 7. Em projetos da Engenharia Química, os *stakeholders* incluem desde os engenheiros projetistas até órgãos ambientais, comunidades próximas, órgãos de financiamento e a alta direção da empresa. Gerenciar esses interesses de forma transparente e eficaz é uma tarefa complexa, mas fundamental para o sucesso. Como destaca Kerzner (2025, p. 314), “[...] projetos fracassam não apenas por erros técnicos, mas por falhas em comunicação, expectativas desalinhadas e resistência ao projeto por parte de *stakeholders* com poder decisório”.

A comunicação estruturada, prevista no plano de gerenciamento do projeto, é essencial nesse sentido, devendo considerar os canais, a frequência, os conteúdos críticos e os responsáveis por cada informação. A Engenharia Química, por operar com riscos percebidos elevados, demanda ainda mais atenção a esse aspecto, sobretudo quando envolvem mudanças em processos com potencial impacto ambiental.

Com base em todas essas abordagens, observa-se que a aplicação do PMBOK na Engenharia Química exige, sim, adaptações, mas encontra suporte teórico e prático suficiente para ser não apenas possível, mas recomendável. Quando combinada com normas internacionais, abordagens ágeis e ferramentas quantitativas de otimização, a metodologia oferece um arcabouço robusto para enfrentar os desafios do século XXI.

Dessa forma, a revisão da literatura demonstra que a aplicação das diretrizes do PMBOK na Engenharia Química é não apenas possível, mas desejável, desde que adaptada às especificidades técnicas, normativas e operacionais do setor. A combinação de boas práticas tradicionais, normas internacionais e abordagens ágeis oferece um caminho sólido para o aprimoramento da gestão de projetos no ambiente industrial, contribuindo para a eficiência, a segurança, a sustentabilidade e a formação de profissionais mais completos e preparados para os desafios contemporâneos.

Por fim, é necessário destacar o papel da formação do engenheiro químico nesse cenário. A gestão de projetos deve ser integrada à formação acadêmica como eixo transversal da prática profissional. A atuação em ambientes industriais exige que o engenheiro seja capaz de dialogar com diferentes áreas, liderar equipes, analisar riscos, interpretar indicadores e promover a entrega de valor em todas as etapas do projeto.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação das diretrizes do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) na Engenharia Química exige uma abordagem crítica, capaz de contextualizar os princípios da gestão de projetos às peculiaridades técnicas, normativas e operacionais desse campo. Mais do que adotar um manual de boas práticas, trata-se de compreender a lógica sistêmica que sustenta os projetos industriais modernos e a maneira como essa lógica pode ser adaptada para maximizar valor, reduzir riscos e garantir entregas eficientes e sustentáveis.

### 5.1 A gestão de projetos como estrutura sistêmica

Kerzner (2025) propõe que a gestão de projetos seja entendida como um sistema organizacional em si, articulando objetivos estratégicos, capacidades técnicas e recursos disponíveis. Para ele, “[...] a excelência em projetos não depende unicamente do domínio de ferramentas isoladas, mas da capacidade de integrá-las de modo coerente com os propósitos da organização” (Kerzner, 2025, p. 83). Esse entendimento é especialmente necessário na Engenharia Química, em que os projetos envolvem múltiplos sistemas interdependentes, como reações químicas, controle térmico, automação e gestão de resíduos.

A abordagem baseada em princípios, introduzida pelo PMBOK 7<sup>a</sup> edição, representa uma inflexão significativa no gerenciamento de projetos, ao valorizar a adaptabilidade, o pensamento sistêmico e a entrega de valor. Conforme o PMI (2021, p. 4), “[...] os princípios são diretrizes que ajudam os profissionais de projeto a se comportarem de maneira eficaz, independentemente do tipo de projeto ou abordagem escolhida”. Esse novo paradigma favorece a flexibilidade em ambientes complexos como o da Engenharia Química, sem renunciar ao rigor técnico necessário.

### 5.2 O escopo e a qualidade como fatores de sucesso

Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025), ao estudarem a implantação de um gasoduto, demonstraram que a definição precisa do escopo foi o principal fator de sucesso do empreendimento. Os autores relatam: “A adoção de uma EAP detalhada permitiu a correta alocação de responsabilidades, o controle rigoroso das entregas e a minimização de retrabalhos e conflitos contratuais” (Bastos; Pereira Junior; Pereira, 2025, p. 119).

Esse caso demonstra que a clareza no escopo não é apenas desejável, mas essencial em projetos com alta complexidade normativa e técnica. Meredith e Mantel Jr. (2012) reforçam essa perspectiva ao apontar que “[...] um escopo mal definido pode gerar confusão, atrasos e produtos finais que não atendem às expectativas” (p. 129).

No contexto da Engenharia Química, a qualidade das entregas não está associada apenas à conformidade técnica, mas também ao atendimento às normas de segurança, controle ambiental e desempenho funcional do sistema projetado. A gestão do escopo, quando combinada com rigorosos critérios de qualidade, permite atingir esses múltiplos objetivos.

### **5.3 A relevância do gerenciamento do tempo e do cronograma**

A execução de projetos industriais depende diretamente do cumprimento de cronogramas. O uso de ferramentas como o Diagrama de Gantt e a Técnica do Caminho Crítico (CPM), recomendadas tanto pelo PMBOK quanto pela literatura clássica, é vital. Vargas (2018) observa que “[...] o cronograma não deve ser apenas um gráfico visual, mas um instrumento de tomada de decisão, que permite prever atrasos, redistribuir recursos e definir prioridades” (Vargas, 2018, p. 141).

Na Engenharia Química, atrasos em uma etapa de instalação podem gerar efeito cascata sobre processos críticos como comissionamento, testes de qualidade e licenciamento ambiental, com graves implicações técnicas e financeiras. A gestão disciplinada do tempo, portanto, é componente estratégico e não meramente operacional.

### **5.4 A gestão de riscos e a tomada de decisão técnica**

O gerenciamento de riscos ganha protagonismo em projetos de Engenharia Química, devido à presença de substâncias tóxicas, processos térmicos intensivos e exigências legais rigorosas. Segundo Cleland e Ireland (2007, p. 219), “[...] o risco deve ser gerenciado de forma contínua e participativa, como um processo que permeia todas as fases do projeto, desde o planejamento até o encerramento”.

O PMBOK define uma série de etapas para a gestão de riscos, incluindo a identificação, análise qualitativa e quantitativa, planejamento de respostas e controle. Essa sistemática é compatível com as exigências normativas da ISO 21500, que também enfatiza a gestão integrada de riscos como condição para a obtenção de resultados sustentáveis e confiáveis (ISO, 2021).

Na Engenharia Química, um modelo robusto de análise de riscos pode incluir ferramentas como *Hazard and Operability Analysis* — Hazop —, e *Failure Mode and Effects Analysis* — FMEA — e matrizes probabilísticas — todas compatíveis com o *framework* do PMBOK.

## 5.5 Adoção de metodologias ágeis e modelos híbridos

Embora a Engenharia Química, por sua natureza, esteja mais associada a modelos tradicionais de gestão, existe espaço para a adoção de práticas ágeis, sobretudo em fases de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação de processos. Highsmith (2009) defende que “[...] a agilidade não é ausência de disciplina, mas a capacidade de ajustar rapidamente o rumo com base em novas informações” (p. 28). Isso é fundamental em projetos experimentais com alto grau de incerteza.

Schwaber e Sutherland (2020), criadores do *Scrum*, afirmam que “[...] o *framework* *Scrum* é leve, fácil de entender, mas difícil de dominar” (p. 3), pois exige cultura colaborativa e disposição para a mudança. A utilização do *Scrum* em Engenharia Química pode ocorrer em fases como a formulação de novos catalisadores, testes de bancada ou adaptação de tecnologias estrangeiras para a realidade local. Ferramentas como *Scrum* têm sido cada vez mais exploradas fora do setor de tecnologia, sendo adaptadas às realidades industriais, inclusive na Engenharia Química. Como afirma Ferreira (2023, p. 5), “[...] conclui-se que, embora essas metodologias tenham sido concebidas originalmente para o contexto da computação [...] é possível adaptá-las para abordar as dificuldades específicas no âmbito da Engenharia Química”.

Wysocki (2019) propõe um modelo de gerenciamento híbrido, que combina cronogramas rígidos com sprints ágeis. Para ele, “[...] a escolha do ciclo de vida do projeto deve depender de seu grau de incerteza técnica e estabilidade dos requisitos” (p. 145). Tal abordagem é particularmente útil em projetos industriais sujeitos a mudanças tecnológicas rápidas e exigências regulatórias dinâmicas.

## 5.6 A importância da comunicação e dos *stakeholders*

O PMBOK 7 introduz um domínio de desempenho específico para o gerenciamento de *stakeholders*, reconhecendo que sua gestão eficaz é essencial para o sucesso dos projetos. Kerzner (2025, p. 314) alerta: “A maioria dos projetos fracassa não por deficiências técnicas,

mas pela incapacidade de comunicar com clareza as expectativas, os riscos e as mudanças para os principais interessados.”

Na Engenharia Química, *stakeholders* incluem órgãos reguladores, comunidade local, investidores, engenheiros de diferentes especialidades e operadores da planta. A gestão de suas expectativas exige um plano de comunicação estruturado, com definição de canais, periodicidade e responsabilidade sobre as informações. Ignorar essa dimensão pode gerar resistência, atrasos e até bloqueios institucionais.

## 5.7 A maturidade organizacional e as competências do gerente de projetos

Um dos fatores determinantes para o sucesso na aplicação das diretrizes do PMBOK na Engenharia Química é o grau de maturidade organizacional em gerenciamento de projetos. Segundo Morris e Pinto (2007), organizações com estruturas consolidadas de governança de projetos, sistemas de lições aprendidas, centros de excelência e metodologias formalizadas apresentam maior capacidade de alinhar objetivos técnicos com estratégias corporativas. No setor químico, onde as margens operacionais são frequentemente pressionadas por exigências ambientais, custos energéticos e volatilidade de matérias-primas, essa maturidade é essencial para garantir previsibilidade, desempenho e competitividade.

O PMBOK 7<sup>a</sup> edição, ao abandonar o modelo rígido de grupos de processos, oferece maior liberdade às organizações para adaptar seus modelos de acordo com sua maturidade e cultura interna. Essa flexibilidade, no entanto, exige gestores com sólida formação técnica e competências em liderança, negociação, análise crítica e tomada de decisão. Cleland e Ireland (2007) reforçam esse ponto ao afirmar que a competência do gerente de projetos se expressa na habilidade de integrar múltiplos conhecimentos, equilibrar interesses diversos e agir como elo entre a estratégia e a operação.

No contexto da formação do engenheiro químico, esse desafio impõe uma reflexão sobre a inserção da gestão de projetos como eixo transversal nos currículos de graduação. A habilidade de operar ferramentas como EAP, CPM, análise de riscos e *dashboards* não deve ser vista como uma especialização posterior, mas como parte integrante do perfil do engenheiro do século XXI.

## 5.8 Modelagem matemática, otimização e integração com o gerenciamento de projetos

A discussão sobre a aplicação do PMBOK na Engenharia Química pode ser aprofundada ao considerar a sinergia entre modelos quantitativos de otimização e as práticas de gerenciamento de projetos. Paiva e Morabito (2014), ao propor uma modelagem robusta para o planejamento da produção em usinas sucroalcooleiras, demonstram que decisões técnicas e operacionais podem, e devem, ser integradas ao planejamento estratégico por meio de modelos matemáticos. Esse tipo de integração é compatível com o domínio de desempenho “Medição”, previsto no PMBOK 7, e reforça a importância da análise baseada em dados para decisões críticas de projeto.

A utilização de ferramentas como simulações, algoritmos de otimização e análise multicritério contribui para o planejamento mais realista e eficiente, reduzindo a margem de erro e aumentando a qualidade das decisões. Em ambientes industriais com grande número de variáveis interdependentes, como na produção química, tais abordagens quantitativas ampliam a capacidade de previsão, o controle de riscos e a eficiência na alocação de recursos.

## 5.9 Alinhamento estratégico e sustentabilidade na gestão de projetos

A norma ISO 21500:2021, em consonância com os princípios do PMBOK, destaca que a gestão de projetos deve estar alinhada ao planejamento estratégico da organização e aos seus compromissos com a sustentabilidade. Esse alinhamento é particularmente relevante em setores como o da Engenharia Química, em que os projetos impactam diretamente indicadores ambientais, sociais e econômicos.

A sustentabilidade, nesse contexto, não pode ser vista como uma variável secundária, mas como parte essencial dos critérios de sucesso do projeto. Conforme Cleland e Ireland (2007), os projetos devem ser avaliados não apenas pela eficiência na entrega, mas também por seu legado organizacional e impacto no ambiente. A aplicação das diretrizes do PMBOK, quando orientada por esse enfoque estratégico e ético, permite que os projetos contribuam para a reputação institucional, a inovação e o valor de longo prazo.

Além disso, o domínio “Entrega” do PMBOK 7 enfatiza que a geração de valor deve ser contínua e centrada nas necessidades reais das partes interessadas — o que implica, no caso da Engenharia Química, atender tanto aos clientes quanto aos requisitos legais, ambientais e sociais. A gestão do ciclo de vida dos produtos, a economia circular e a responsabilidade socioambiental tornam-se, assim, dimensões inevitáveis da boa gestão de projetos.

## 5.10 Limitações, desafios e perspectivas de adaptação do PMBOK

Apesar de suas contribuições, a aplicação do PMBOK em projetos da Engenharia Química também apresenta desafios. Um deles refere-se à rigidez metodológica que ainda predomina em parte da literatura técnica e que, quando aplicada sem flexibilidade, pode gerar burocratização ou resistência. Como ressaltam Schwaber e Sutherland (2020), *frameworks* ágeis como o *Scrum* surgiram justamente para responder a essa rigidez, propondo ciclos curtos, entregas frequentes e constante adaptação.

Outro desafio está na formação dos profissionais: muitos engenheiros químicos, embora tecnicamente competentes, não foram treinados para lidar com planejamento estratégico, análise de *stakeholders* ou gestão de equipes multidisciplinares. Esse descompasso entre competências técnicas e gerenciais exige ações tanto institucionais — como a inclusão da gestão de projetos na formação acadêmica — quanto organizacionais, como treinamentos e programas de certificação (como CAPM® e PMP®). Por fim, vale ressaltar que, como defendem Meredith e Mantel Jr. (2012), o sucesso de um projeto depende mais do alinhamento entre cultura organizacional, objetivos estratégicos e ferramentas adotadas do que da simples adoção de um modelo de gestão. Isso significa que o PMBOK deve ser compreendido como um conjunto de diretrizes adaptáveis, e não como uma receita inflexível.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo analisar criticamente a aplicação das diretrizes do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide), em sua 7<sup>a</sup> edição, no contexto da Engenharia Química, por meio de uma revisão bibliográfica fundamentada. Os resultados obtidos demonstraram que, apesar de o PMBOK ter sido originalmente concebido para projetos de tecnologia e construção civil, sua estrutura baseada em princípios e domínios de desempenho apresenta alta adaptabilidade às demandas técnicas, regulatórias e operacionais da Engenharia Química.

Ao longo do estudo, ficou evidente que a evolução metodológica do PMBOK, com o abandono da rigidez processual e a adoção de uma abordagem mais orientada a valor, favorece a flexibilidade, a contextualização e a integração com outras práticas organizacionais. Isso é especialmente relevante para ambientes industriais marcados pela volatilidade dos mercados, pelas pressões regulatórias e pelos avanços tecnológicos constantes — características comuns nos projetos da Engenharia Química.

A literatura especializada (Kerzner, 2025; Cleland, Ireland, 2007; Meredith, Mantel Jr., 2012) corrobora a ideia de que a gestão de projetos não deve se restringir a um conjunto de ferramentas operacionais, mas sim ser compreendida como um sistema organizacional e estratégico, que articula competências técnicas, humanas e gerenciais. O gerenciamento eficaz de escopo, tempo, risco, qualidade e comunicação mostrou-se essencial para o sucesso dos projetos, especialmente em ambientes industriais com alto grau de complexidade técnica e regulatória.

Estudos de caso como o de Bastos, Pereira Junior e Pereira (2025) reforçaram a importância da definição clara do escopo e da estruturação de uma EAP robusta como condição necessária para o controle das entregas, a mitigação de riscos contratuais e o alinhamento entre diferentes atores do projeto. Por sua vez, o trabalho de Vaz (2021) demonstrou que a aplicação do PMBOK pode ser eficaz mesmo fora do setor industrial, desde que adaptada ao contexto organizacional. Já o estudo de Paiva e Morabito (2014) evidenciou que é possível integrar modelos quantitativos de otimização robusta à gestão de projetos, aumentando a capacidade de resposta a variabilidades operacionais.

O uso de ferramentas como Diagrama de Gantt, Técnica do Caminho Crítico (CPM), análise de *stakeholders* e matriz de riscos não só reforça a necessidade de disciplina no gerenciamento, como também contribui diretamente para a melhoria da governança, da produtividade e da sustentabilidade. A norma ISO 21500:2021, ao oferecer diretrizes alinhadas

aos padrões internacionais de gestão, aparece como um complemento natural ao PMBOK, conferindo maior solidez metodológica e ampliando as possibilidades de certificação e reconhecimento organizacional.

Outro ponto relevante discutido ao longo do trabalho foi a crescente presença das metodologias ágeis e a viabilidade da adoção de modelos híbridos na Engenharia Química. Embora essa área costume demandar controle rigoroso e documentação detalhada, a aplicação de práticas ágeis em fases de desenvolvimento, testes laboratoriais ou inovação mostrou-se promissora. Highsmith (2009) e Schwaber e Sutherland (2020) defendem que a agilidade, quando bem estruturada, pode aumentar a capacidade de adaptação das equipes e acelerar a geração de valor, desde que respeitados os requisitos críticos de segurança e qualidade.

Além disso, destacou-se o papel da formação do engenheiro químico no contexto contemporâneo. A complexidade dos projetos atuais exige profissionais capazes de integrar conhecimento técnico com habilidades de planejamento, liderança, análise crítica e comunicação interpessoal, como constataram os engenheiros químicos Freitas (2024), Ferreira (2023) e Naves (2020) em seus estudos. A gestão de projetos, nesse cenário, deve ser entendida como uma competência transversal, e não como uma especialização pontual. A inserção de disciplinas práticas de gerenciamento de projetos nas grades curriculares da engenharia surge, portanto, como uma necessidade urgente, com vistas a formar profissionais mais preparados para atuar em ambientes interdisciplinares e de alta exigência.

A pesquisa também demonstrou que a maturidade organizacional em gestão é um diferencial competitivo no setor. Organizações que tratam o gerenciamento de projetos como uma competência institucional — com processos padronizados, sistemas de lições aprendidas, estruturas de apoio e cultura de desempenho — tendem a obter melhores resultados, tanto operacionais quanto estratégicos. Esse aspecto é especialmente relevante para empresas do setor de Engenharia Química que buscam excelência, inovação e sustentabilidade de longo prazo.

Em suma, a aplicação do PMBOK na Engenharia Química não deve ser vista como uma transposição literal de práticas, mas como um processo contínuo de adaptação crítica, contextualizada às características do projeto, da organização e do ambiente externo. Quando utilizado com discernimento, o PMBOK representa não apenas uma metodologia robusta, mas uma filosofia de gestão orientada a valor, alinhada com as exigências do século XXI.

Como sugestões para futuras pesquisas, propõem-se os seguintes caminhos: a) realizar pesquisas de campo em empresas do setor de Engenharia Química, buscando verificar na prática os impactos da adoção das diretrizes do PMBOK, com indicadores de desempenho

organizacional, econômico e ambiental; b) estudar a efetividade de abordagens híbridas na gestão de projetos industriais, especialmente em fases de desenvolvimento tecnológico, testes e escalonamento industrial; c) desenvolver modelos educacionais que integrem a formação técnica e a gerencial na graduação em Engenharia Química, com estudos de caso, simulações e uso de ferramentas profissionais; d) investigar o nível de maturidade organizacional em gerenciamento de projetos no setor de Engenharia Química brasileiro, com base em modelos internacionais (como OPM3 ou P3M3), identificando boas práticas e pontos de melhoria; e) analisar o impacto da gestão de *stakeholders* e comunicação institucional na aceitação social e regulatória de projetos de alto impacto, incluindo aspectos de responsabilidade socioambiental e governança.

Conclui-se, portanto, que a incorporação sistemática e crítica da gestão de projetos na Engenharia Química pode representar não apenas um ganho de eficiência, mas uma transformação profunda na cultura organizacional e na atuação profissional, orientada por princípios de excelência, inovação e sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, Isadora Santos Silva; PEREIRA JUNIOR, Errol Fernando Zepka; PEREIRA, Gabriel Guerra Braga. Gerenciamento de escopo do projeto: estudo de caso da construção de um gasoduto. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, pp. 113-127, 2025.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CLELAND, David Ira; IRELAND, Lewis Russell. **Project Management: Strategic Design and Implementation**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2007. PDF. ISBN: 978-0-07-177708-7. Disponível em: <https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/de017d44330f7ee9/30651dadebff9b39051aa77bded20fd1cdd7567c367133a2a7bc70c2d766c3ed/book-summary.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

FERREIRA, Maik Souza. **Ferramentas ágeis no desenvolvimento de projetos por engenheiros químicos**: uma revisão sobre *Lean, Scrum e Kanban*. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

FREITAS, Matheus Marçal Gomes de. **A melhoria contínua nos sistemas de produção**: uma revisão das ferramentas e desafios de implementação. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. ISBN: 978-85-224-5142-5.

HIGHSITH, Jim. **Agile Project Management: Creating Innovative Products**. 2. ed. Boston: Addison-Wesley, 2009. PDF. ISBN-13: 978-0-321-65839-5. Disponível em: [https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321658395/samplepages/0321658396\\_Sample.pdf](https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321658395/samplepages/0321658396_Sample.pdf). Acesso em: 8 jun. 2025.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 21500:2021 – Guidance on project management**. Geneva: ISO, 2021.

KERZNER, Harold. **Project management: a Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. 14. ed. Hoboken: Wiley, 2025. ISBN: 10 1394290039 e ISBN: 13 978-1394290031.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MATCHWARE. **Estrutura Analítica do Projeto (WBS) hierarquizada, organizando escopo, tarefas e pacotes de trabalho, conforme abordagem clássica de PMBOK**. 2025. Imagem da Figura 5. Disponível em: <https://www.matchware.com/examples/wbs/engineering-project-plan/2177>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MEREDITH, Jack Raymond; MANTEL JR, Samuel Joseph. *Project management: a managerial approach*. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2012. PDF. ISBN:13 9780470533024. ISBN:10 0470533021. Disponível em: <https://alraziuni.edu.ye/uploads/pdf/book1/%D9%85%D8%A7%D8%AC%D8%B3%D8%A%A%D9%8A%D8%B1-%D8%AA%D9%82%D9%86%D9%8A%D8%A9-%D9%85%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85%D8%A7%D8%AA/Jack-R.-Meredith-Samuel-J.-Mantel-Jr.-Project-Management-A-managerial-Approach-Wiley-2011.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2025.

MORRIS, Peter William Gerald; PINTO, Jeffrey Kent. *The Wiley Guide to Project Organization and Project Management Competencies*. Hoboken: Wiley, 2007. ISBN: 978-0-470-22683-4.

MPUG. *PMBOK® Guide 7th Edition – Principles and Performance Domains*. 2025. Imagem da Figura 2. Disponível em: <https://www.mpug.com>. Acesso em: 13 jun. 2025.

NAVES, Isadora Alvarenga Franco. **Indústria 4.0**: inovações tecnológicas aplicadas à engenharia de processos. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

PAIVA, Rafael Piatti Oiticica de; MORABITO, Reinaldo. Planejamento hierárquico da produção em usinas de açúcar e álcool: modelagem de otimização robusta. **Production**, São Carlos, v. 24, n. 3, pp. 644-663, set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000032>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/hvTXHhfZBx4THhYvL4GdSJj/>. Acesso em: 27 maio 2025.

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® guide)*. 7. ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. PDF. Disponível em: [https://ibimone.com/PMBOK%207th%20Edition%20\(ibIMOne.com\).pdf](https://ibimone.com/PMBOK%207th%20Edition%20(ibIMOne.com).pdf). Acesso em: 22 maio 2025.

PROJECTENGINEER.NET **Gráfico de Gantt exemplificando a visualização de cronograma, com barras temporais para cada atividade e ordenação por sequência lógica**. 2025. Imagem da Figura 1. Disponível em: <https://www.projectengineer.net/3-simple-gantt-chart-examples/>. Acesso em: 12 jun. 2025

PROJECT MANAGEMENT. **Exemplo de matriz RACI com distribuição de responsabilidades por fases e stakeholders**. 2025. Imagem da Figura 3. Disponível em: [https://project-management.com/understanding-responsibility-assignment-matrix-raci-matrix/?utm\\_source=chatgpt.com](https://project-management.com/understanding-responsibility-assignment-matrix-raci-matrix/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 12 jun. 2025.

SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. *The Scrum Guide*. 2020. PDF. Disponível em: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>. Acesso em: 20 maio 2025.

SCRUM.ORG. *Scrum Framework Poster*. 2025. Imagem da Figura 4. Disponível em: [https://www.scrum.org/resources/scrum-framework-poster?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.scrum.org/resources/scrum-framework-poster?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 10 jun. 2025.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos**: estabelecendo diferenciais competitivos. 9. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2018. ISBN: 978-85-7452-903-5. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=eIF1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&ots=gzY7-SASdB&sig=ln7JyrzUZrpQO8\\_Au8wWNcQCQfw#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=eIF1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&ots=gzY7-SASdB&sig=ln7JyrzUZrpQO8_Au8wWNcQCQfw#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 9 jun. 2025.

VAZ, Bianca Sanches. **Gestão de projetos em inovação**: um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia PMBOK em uma empresa do ramo editorial. 2021. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Centro Universitário Sagrado Coração – Unisagrado, Bauru, 2021. PDF. Disponível em: [https://repositorio.unisagrado.edu.br/bitstream/handle/4510/1/GEST%C3%83O\\_DE\\_PROJETOS\\_EM\\_INOVA%C3%87%C3%83O UM ESTUDO DE.pdf](https://repositorio.unisagrado.edu.br/bitstream/handle/4510/1/GEST%C3%83O_DE_PROJETOS_EM_INOVA%C3%87%C3%83O UM ESTUDO DE.pdf). Acesso em: 1 jun. 2025.

WYSOCKI, Robert Kerton. *Effective Project Management: traditional, agile, extreme hybrid*. 8th ed. Indianapolis: Wiley, 2019. PDF. ISBN: 978-1-119-56280-1. Disponível em: <https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/Effective%20Project%20Management%20Traditional-%20Agile-%20Extreme-.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2025.