

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROJETOS À ETAPA EXPERIMENTAL DE UMA PESQUISA DE DOUTORADO

APPLICATION OF PROJECT MANAGEMENT TOOLS TO THE EXPERIMENTAL STAGE OF A DOCTORAL RESEARCH PROJECT

Yara Barbosa Franco*  E-mail: yarabf@usp.br
Daniel Luis Garrido Monaro**  E-mail: danielmonaro@pecege.com
Maria Júlia Xavier Belém**  E-mail: mjuliAXB@gmail.com

*Agência Nacional de Mineração (ANM), Piracicaba, São Paulo, Brasil.

**Instituto PECEGE, Piracicaba, SP, Brasil.

Resumo: A aplicação de ferramentas de Gestão de Projetos em pesquisas acadêmicas ainda não é amplamente difundida, seja por resistência ou falta de aprofundamento em relação aos conceitos relacionados a essa área de conhecimento. Uma pesquisa acadêmica, como em um doutorado, caracteriza-se como um projeto único, com duração limitada e, frequentemente, possuindo significativa complexidade, podendo se beneficiar significativamente da gestão de projetos para atingir aos requisitos de qualidade, atendimento ao escopo e aos prazos requeridos. Assim, o objetivo deste trabalho é aplicar a gestão do cronograma e dos riscos na etapa experimental de uma pesquisa de doutorado na área de Engenharia Geotécnica. Foram utilizadas as boas práticas de gerenciamento de projetos presentes no guia PMBOK. A partir do planejamento, partiu-se para a fase de execução do projeto, com concomitante controle do cronograma e monitoramento dos riscos. O controle do cronograma foi feito por meio do acompanhamento das atividades concluídas, em andamento, atrasadas e futuras. Foi necessária a solicitação de mudança da linha de base no decorrer do projeto devido a atrasos consideráveis detectados. O registro dos riscos permitiu antecipar as respostas aos riscos quando ocorridos, agilizando a tomada de decisões. O uso das ferramentas teve impacto positivo no desenvolvimento da etapa experimental da pesquisa, norteando o planejamento de forma organizada das etapas necessárias para a conclusão do projeto, com lições aprendidas para pesquisas futuras em laboratório.

Palavras-chave: PMBOK. Gerenciamento do Cronograma. Gerenciamento dos Riscos.

Abstract: The application of Project Management tools in academic research is not yet widely disseminated, either due to resistance or lack of deepening in relation to the concepts related to this area of knowledge. Academic research, as in a doctorate, is characterized as a unique project, with limited duration and often possessing significant complexity, and can benefit significantly from project management to achieve quality requirements, meeting the scope and deadlines required. Thus, the objective of this work is to apply schedule and risk management in the experimental stage of a doctoral research in the field of Geotechnical Engineering. Good project management practices from the PMBOK guide were used. From the planning, we moved on to the project execution phase, with concomitant schedule control and risk monitoring. The schedule control was done by monitoring the completed, ongoing, delayed, and future activities. It was necessary to request a change in the baseline during the project due to considerable delays detected. The risk register allowed anticipating responses to risks when they occurred, speeding up decision-making. The use of the tools had a positive impact on the development of the experimental stage of the research, guiding the planning in an organized way of the steps necessary to complete the project, with lessons learned for future research in the laboratory.

Keywords: PMBOK. Schedule Management. Risk Management.

1 INTRODUÇÃO

O Guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) contempla um conjunto de boas práticas para o gerenciamento de projetos, para que membros da equipe envolvida no projeto possam aplicar abordagens de desenvolvimento (preditiva/tradicional, ágil ou híbrida), garantindo que sejam proativos, inovadores e ágeis na entrega dos resultados do projeto (PMI, 2021). Conforme descrito no guia PMBOK, um projeto é um esforço voltado para a criação de um produto, serviço ou resultado único em um período definido, podendo envolver um único indivíduo ou um grupo. Ainda, o guia aponta que as técnicas de gerenciamento de projetos visam, justamente, cumprir os requisitos do projeto de forma eficaz e eficiente por meio da aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas (PMI, 2021).

O gerenciamento de projetos é abrangente, com aplicação além de ambientes de negócios, podendo ser utilizado, por exemplo, em projetos pessoais e acadêmicos, considerando as especificidades e complexidades de cada caso. Isso pode ser visto no trabalho de Machado e Campoli (2022), em que foram utilizadas estratégias de gestão de projetos presentes no guia PMBOK para o desenvolvimento de trabalhos no âmbito acadêmico, incorporando ferramentas para o planejamento e desenvolvimento do projeto.

Ainda nesse contexto acadêmico, foram levantados estudos que descreveram a aplicação do Scrum no desenvolvimento de projetos acadêmicos em nível de mestrado (Pinto *et al.*, 2009), e que sugeriram a utilização de uma abordagem adaptativa de práticas de gerenciamento de projetos, para facilitar a sua aplicação em um modelo conceitual para que instituições de ensino superior possam candidatar-se em programas de pós-graduação (Souza *et al.*, 2021).

Especificamente no que se refere à pesquisa acadêmica a nível do desenvolvimento de uma tese de doutorado, pode-se considerá-la um projeto, haja vista que possui duração limitada e que cada pesquisa visa dar uma contribuição original em sua área de conhecimento, portanto, gerando um resultado único. Dessa forma, é necessário que a pesquisa seja estruturada em uma sequência coerente de etapas interconectadas passível de controle e monitoramento durante o seu desenvolvimento (Mustaro; Rossi, 2013).

No Brasil, uma pesquisa de doutorado com dedicação integral, usualmente, tem a duração aproximada de quatro anos (CAPES, 2017). Neste período, o aluno,

sob a supervisão de um orientador, deve desenvolver competências e conhecimentos para delinear com profundidade o seu tópico de pesquisa, definir as metodologias e ferramentas a serem utilizadas, definir os prazos de cada etapa, entre outras etapas. Assim, a pesquisa de doutorado envolve não somente atividades relacionadas ao estudo puramente acadêmico e à execução dos experimentos e/ou análises, mas também atividades auxiliares, porém primordiais, de gerenciamento de aquisições, recursos, cronograma, entre outros.

Frequentemente, as maiores dificuldades dos estudantes relacionam-se à falta de planejamento e gerenciamento dos riscos relacionados às incertezas que envolvem uma pesquisa científica. Como consequência, tem-se atrasos, perda de qualidade e grau de aprofundamento aquém do inicialmente previsto devido à má definição ou mesmo constantes alterações do escopo (Mustaro; Rossi, 2013). Desse modo, o uso de gerenciamento de projetos para o planejamento e monitoramento contínuo de um doutorado, ou mesmo de uma etapa da pesquisa, tem o potencial de contribuir positivamente para a eficácia e eficiência do trabalho.

Apesar disso, Oliveira (2016), a partir de uma revisão sistemática, constatou uma escassez na literatura científica de estudos envolvendo uso de “frameworks” e técnicas de gestão de projetos em pesquisas científicas. Katz (2016) destacou que o ambiente acadêmico ainda se mostra relutante em aceitar e implementar amplamente o uso de ferramentas de gerenciamento de projetos como recurso para o desenvolvimento eficiente de pesquisas de doutorado.

Na área de gerenciamento do escopo do projeto acadêmico, Maximiliano (1998) aponta que deve ser definido e elaborado todo o trabalho necessário para a entrega do produto final esperado, que, nesse caso, trata-se da definição e elaboração do texto final da monografia (tese ou dissertação). Ainda, o autor aponta que as decisões acerca do escopo do projeto acadêmico impactam diretamente no gerenciamento do tempo do projeto, no qual exige muita dedicação e organização para saber lidar com as demandas advindas do programa de pós-graduação.

Nesse contexto, considerando as diversas fases necessárias para a elaboração de um projeto de pesquisa, é fundamental identificar cada atividade e suas condições para realizá-las, além de entender suas dependências e quais podem ser realizadas concomitantemente (Gil, 2017). Nesse contexto, justifica-se o gerenciamento do cronograma por ser a etapa principal para a gestão das

atividades, sendo possível planejar e detalhar as ações, e definir as datas para controle e monitoramento do cronograma do projeto, almejando atender às necessidades esperadas (PMI, 2017; 2021).

Conforme observado, em um projeto acadêmico, além de ser detalhado o conjunto de entregáveis em um plano de gerenciamento da pesquisa, devem ser mapeadas as macros atividades, bem como suas dependências, por meio do cronograma. Esse detalhamento pode prever, por exemplo, os riscos que esses projetos estão sujeitos, e obter estratégias de monitoramento e controle da investigação científica, necessária no desenvolvimento dos projetos acadêmicos (Mustaro; Rossi, 2013).

As incertezas são inerentes a qualquer pesquisa de doutorado, visto que a pesquisa objetiva avançar na fronteira de conhecimento e, conseqüentemente, envolve certo nível de ineditismo. Dessa forma, a ocorrência de problemas internos ou externos é provável, não devendo ser ignorada pelos envolvidos na pesquisa, pois pode comprometer significativamente o andamento do trabalho se não devidamente avaliados (Mustaro; Rossi, 2013). Para Veiga e Silva (2020), estimar os riscos antes de iniciar um projeto é uma etapa importante, permitindo o desenvolvimento de planos de ação, para diminuir ou até mesmo mitigar os riscos no estágio inicial do projeto.

A Gestão dos Riscos em uma pesquisa acadêmica raramente é feita pelos doutorandos, em grande parte pelo desconhecimento ou falta de experiência em gerenciamento de projetos (Katz, 2016). Apesar disso, não é incomum a necessidade de constantes alterações de cronograma e mesmo escopo da pesquisa devido a situações não previstas pelo aluno e orientador. Portanto, a necessidade da Gestão de Riscos seguida de um planejamento das respostas aos riscos se mostra essencial na pesquisa acadêmica, deixando-a menos vulnerável a desafios e falhas, auxiliando na tomada de decisões, e aumentando as chances de sucesso do projeto.

Segundo Kennet (2014), a análise de riscos no contexto de pesquisas tem recebido atenção crescente. Tal relevância amplia-se em um cenário de incertezas como o vivido na pandemia de COVID-19, com fortes implicações das restrições para o desenvolvimento, em particular, de pesquisas experimentais.

A pandemia de COVID-19 elevou enormemente o grau de incerteza em diversos setores, demandando às organizações uma resposta rápida e a

reorganização de sua forma de trabalhar. De forma semelhante, a pandemia teve impacto significativo nas pesquisas de doutorado, impondo necessidade de mudança de hábitos e, muitas vezes, até mesmo a interrupção dos trabalhos. Para investigar tais impactos, Caux (2021) conduziu uma pesquisa por meio de questionários e entrevistas com 118 estudantes de doutorado de cerca de 40 instituições, compreendendo 11 países em 4 continentes. Os resultados mostraram que cerca de metade dos estudantes reportaram atrasos na submissão da tese devido à pandemia de COVID-19 com impactos negativos sendo sentidos em relação à escrita acadêmica por mais de dois terços dos participantes.

Conforme contexto apresentado, foi elaborada a seguinte questão-problema de pesquisa: como as técnicas e ferramentas de gestão de projetos podem ser aplicadas para o planejamento assertivo de uma pesquisa de doutorado?

Este trabalho tem como objetivo principal aplicar o gerenciamento de projetos na etapa experimental de uma pesquisa de doutorado na área de Engenharia Geotécnica, seguindo as boas práticas presentes no guia PMBOK.

Como objetivos específicos, têm-se: aplicar a gestão do cronograma do projeto em estudo; aplicar a gestão dos riscos possibilitar a realização do experimento com a consideração dos riscos potenciais; elaborar um plano das respostas aos riscos para auxiliar nas tomadas de decisões; e minimizar o desvio do escopo inicialmente proposto.

2 DESENVOLVIMENTO

Essa seção descreve a metodologia utilizada para a coleta e análise dos dados necessários para atingir o objetivo proposto. Foi detalhado sobre o projeto de doutorado investigado neste trabalho e as técnicas e ferramentas utilizadas para aplicar o gerenciamento do cronograma e de riscos no projeto em questão. Ainda, são apresentados e discutidos os resultados obtidos.

2.1 Procedimento Metodológico

Este trabalho classifica-se, quanto à abordagem ao problema, como uma pesquisa qualitativa e, quanto ao objetivo, como uma pesquisa exploratória, visando uma maior familiaridade com o tema estudado (Gil, 2017).

A metodologia adotada para a condução da pesquisa foi a pesquisa-ação, comumente delineada na pesquisa social. Segundo Thiollent (1986), esse tipo de pesquisa apresenta vertente prática orientada a resolução de problemas ou de objetivos de transformação, na qual os pesquisados interagem ativamente com o objeto de estudo, podendo ser definida como um tipo de pesquisa social com base empírica.

Na presente pesquisa, o conceito foi estendido além do campo social e optou-se por classificá-la como pesquisa-ação, devida a atuação direta da pesquisadora principal nos fatos observados. Teve acompanhamento das ações planejadas que influenciaram o problema em estudo, visando implementar o gerenciamento de projetos, especificamente em relação ao gerenciamento do cronograma e dos riscos, além de avaliar como o seu uso pode contribuir para o sucesso da etapa experimental de uma pesquisa de doutorado em um contexto de grande incerteza proporcionada pela pandemia de COVID-19.

A pesquisa foi realizada na cidade de São Carlos-SP e ocorreu no âmbito da etapa experimental de uma pesquisa de doutorado na área de Engenharia Geotécnica, desenvolvida ao longo do ano de 2021. Especificamente, a pesquisa de doutorado tratou-se do estudo do comportamento e dimensionamento de muros de solo reforçado com geossintéticos com uso de solos finos lateríticos, se subdividindo em três ramos principais: 1) desenvolvimento de um método semi-analítico para o dimensionamento de tais estruturas (etapa concluída); 2) validação numérica do método desenvolvido e análise paramétrica, com uso de “software” de elementos finitos (etapa em andamento); 3) construção e monitoramento do comportamento de um modelo de muro de solo reforçado em escala reduzida (1,7 m de altura x 1,8 de profundidade x 1,42 de largura) levado à ruptura para a validação experimental do método semi-analítico desenvolvido na etapa 1. A etapa experimental da pesquisa (etapa 3) foi o enfoque da pesquisa-ação tratada neste trabalho.

A construção do modelo de muro reforçado envolveu a mobilização, ajuste de umidade e compactação controlada de cerca de oito toneladas de solo, em camadas sucessivas. Os componentes principais para a construção do muro foram:

- Solo coesivo com propriedades selecionadas;
- Reforço geossintético (geogrelha);

- Blocos de concreto pré-moldado para composição da face do muro – em escala reduzida para atender ao fator de escala (fabricados especialmente para a pesquisa);
- Sistema de restrição do ‘pé’ do muro;
- Instrumentação abrangente (adquiridos comercialmente e fabricados na pesquisa).

Devido à necessidade de obtenção, ou até mesmo fabricação, de diferentes componentes, além da realização de uma série de análises preliminares antes de se iniciar propriamente a construção do modelo de muro, o projeto apresentou alta complexidade e desafios frente às restrições impostas pela pandemia de COVID-19. Teve seu início sido substancialmente atrasado em relação ao planejamento inicial da pesquisa de doutorado, sendo necessário replanejar o número de modelos a serem construídos. visto que a pesquisa já se encontrava em seu último ano.

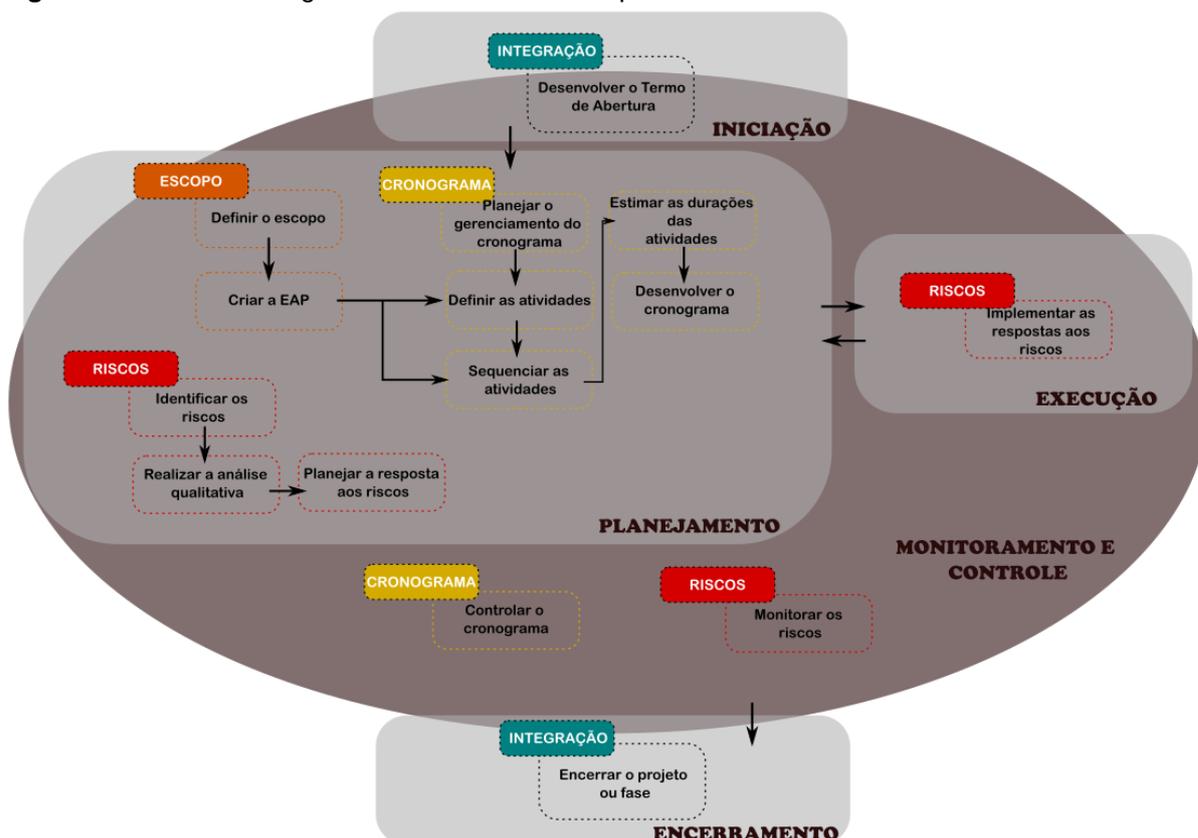
Para a execução eficiente da etapa experimental, a Gestão de Projetos foi incorporada à etapa, com foco principal nas áreas de conhecimento Cronograma e Riscos do guia PMBOK. Dessa forma, foram utilizadas como referência as boas práticas de gerenciamento de projetos presentes no guia, sendo considerados processos dos grupos de iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento (PMI, 2017), conforme a Figura 1.

O primeiro processo considerado se referiu a desenvolver o Termo de Abertura do Projeto (TAP), que pertence ao grupo de Iniciação e à área de conhecimento da Integração, como mostrado na Figura 1. Este documento autoriza formalmente o início do projeto, contendo o escopo preliminar e definindo as expectativas e limites do projeto. No presente trabalho, o desenvolvimento do TAP baseou-se no modelo proposto por Mustaro e Rossi (2013) para projetos de pesquisa acadêmica, em que o TAP foi utilizado para formalizar o início da etapa experimental da pesquisa.

Seguiu-se a definição do escopo do projeto a fim de orientar a Gestão do Cronograma e a Gestão dos Riscos, garantindo que somente as atividades necessárias para o sucesso do projeto fossem incluídas (PMI, 2017). Neste sentido, a partir dos limites para o escopo estabelecidos no TAP, foi construída a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) orientada a entregas (e não a processos ou tarefas/atividades), conforme recomendado por Norman *et al.* (2009), de modo que a

EAP fosse o ponto de referência para a Gestão do Cronograma e a Gestão dos Riscos do projeto. Segundo o referido autor, a importância da EAP na Gestão de Projetos se relaciona ao fato de ser uma ferramenta que representa uma descrição explícita do escopo, das entregas e dos resultados do projeto.

Figura 1 - Processos do guia PMBOK utilizados no presente trabalho



Fonte: Baseado no PMI (2017).

A partir da conclusão da EAP, foi feita a decomposição dos pacotes de trabalho em listas de atividades necessárias para a produção das entregas do projeto e identificados os marcos relevantes do projeto (*milestones*). O sequenciamento das atividades foi feito no *software* gratuito ProjectLibre (versão 1.9.3), detalhando-se as interdependências entre elas. A estimativa da duração das atividades (em dias) foi feita com diferentes técnicas, notadamente a estimativa análoga com base em informações históricas e a opinião de doutorandos que realizaram atividades semelhantes anteriormente. Como a maior parte das atividades foram executadas pela própria doutoranda, foi estabelecido um calendário base de sete dias, com duração diária de oito horas. Para as tarefas dependentes do

colaborador externo, foi utilizado um calendário padrão de cinco dias, com oito horas por dia.

Finalmente, procedeu-se o desenvolvimento do cronograma final no programa ProjectLibre, citado anteriormente, em formato de gráfico de Gantt, estabelecendo uma linha de base para permitir o monitoramento e controle do projeto. No cronograma final, foi identificado o caminho crítico, que demandava maior atenção quanto à Gestão dos Riscos. Foi assumido não haver limitação de recursos materiais e de trabalho para a execução do projeto, não sendo feito, portanto, o nivelamento de recursos. O Controle do Cronograma foi feito periodicamente por meio da comparação das medidas de desempenho à linha de base do cronograma e ao escopo, sendo representado por meio do Cronograma de avanço físico.

O planejamento da Gestão de Riscos foi feito concomitantemente ao desenvolvimento do cronograma, de forma que medidas de contingência, como inclusão de latências ao cronograma, fossem implementadas com vistas a atenuar o impacto dos riscos quando avaliadas como necessárias. O plano de gerenciamento dos riscos foi elaborado, definindo-se os métodos para a identificação dos riscos, o tipo de avaliação dos riscos, as escalas de probabilidade e impacto a serem adotadas, e os limites para a caracterização dos riscos em baixo, médio e alto, com a respectiva indicação da matriz de risco.

Ademais, definiram-se as alternativas de respostas ao risco a serem consideradas e a forma de realização de revisões no plano. Os riscos avaliados foram aqueles que poderiam impactar o cronograma e o atendimento ao escopo do projeto, fatores considerados prioritários para o sucesso do projeto. Elaborou-se uma Estrutura Analítica de Riscos (EAR) para auxílio na identificação dos riscos segundo a classificação das fontes de risco para o projeto, conforme apresentado no Plano de Gerenciamento dos Riscos (Quadro 1).

Quadro 1 – Plano de Gerenciamento dos Riscos

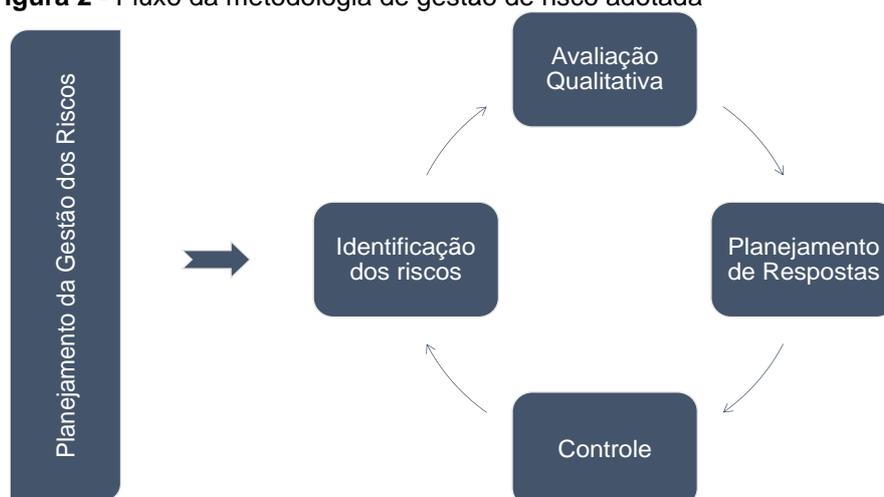
NOME DO PROJETO	MODELO DE MURO DE SOLO REFORÇADO	
Orientador	Orientador de doutorado	
Co-orientador	Co-orientador de doutorado	
Orientanda	Aluno(a) de Doutorado	
Objetivo	Este plano de gerenciamento dos riscos tem por objetivo reduzir a probabilidade e/ou o impacto dos eventos negativos que impactem os objetivos do projeto (cronograma e escopo). Ademais visa orientar a equipe sobre como os processos de riscos serão executados, norteando a resposta aos riscos.	
Metodologia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar os riscos: feita com base no conhecimento da equipe, especialmente da doutoranda e do supervisor. Ademais, foram utilizadas informações de pesquisas anteriores, incluindo entrevistas com doutorandos atuais e passados que atuaram em temas correlatos. 2. Realizar a análise qualitativa dos riscos: atribuição das probabilidades e impactos dos riscos dos projetos para posterior priorização dos riscos. 3. Planejar as respostas aos riscos: desenvolver opções e ações para reduzir a probabilidade e/ou o impacto das ameaças nos objetivos do projeto. 4. Controlar os riscos: Monitorar e controlar os riscos durante o ciclo de vida do projeto. 	
Papéis e responsabilidades	Orientanda	Supervisor
	Principal responsável pela gestão dos riscos do projeto, com responsabilidade de certificar que os riscos foram identificados e tratados adequadamente e de monitorar os riscos conforme descrito neste plano. Ademais, deve executar as respostas aos riscos, quando necessário, e manter o supervisor de doutorado atualizado sobre a gestão de riscos do projeto.	Aprovar o plano de gerenciamento de riscos.
Orçamento	Não há necessidade de um orçamento específico para os riscos deste projeto.	
Prazos associados	Tratados por meio do cronograma.	
Processos relacionados à estratégia para gerenciamento dos riscos	Os riscos serão monitorados continuamente, com identificação de novos riscos quando apropriado.	

<p>Categorias de riscos [EAR]</p>																																									
<p>Definições de probabilidade e impacto de riscos</p>	<p>Probabilidade</p>																																								
	<p>As probabilidades serão tratadas segundo uma escala de Likert de cinco pontos entre 0,1 e 0,9:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0,1: muito baixa chance de ocorrência do evento de risco; • 0,3: baixa chance de ocorrência do evento de risco; • 0,5: nem baixa nem alta chance de ocorrência do evento de risco; • 0,7: alta chance de ocorrência do evento de risco; • 0,9: muito alta chance de ocorrência do evento de risco. 																																								
	<p>Impacto</p>																																								
	<p>O impacto será representado com valores entre 0,1 e 0,9:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0,1 (Baixo): <5% de adiamento/pouca implicação no escopo; • 0,4 (Moderado): entre 5% e 10% de adiamento/aprovação; • 0,7 (Alto): entre 10% e 20% de adiamento/implicação alta no escopo; • 0,9 (Muito alto): Mais de 20% de adiamento/projeto perde utilidade. 																																								
<p>Matriz de probabilidade e impacto</p>	<table border="1" data-bbox="517 1294 1150 1541"> <thead> <tr> <th>Probabilidade (P)</th> <th colspan="4">P x I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,9</td> <td>0,09</td> <td>0,36</td> <td>0,63</td> <td>0,81</td> </tr> <tr> <td>0,7</td> <td>0,07</td> <td>0,28</td> <td>0,49</td> <td>0,63</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,05</td> <td>0,20</td> <td>0,35</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,03</td> <td>0,12</td> <td>0,21</td> <td>0,27</td> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>0,01</td> <td>0,04</td> <td>0,07</td> <td>0,09</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,10</td> <td>0,40</td> <td>0,70</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="4" style="text-align: center;">Impacto (I)</td> </tr> </tbody> </table>	Probabilidade (P)	P x I				0,9	0,09	0,36	0,63	0,81	0,7	0,07	0,28	0,49	0,63	0,5	0,05	0,20	0,35	0,45	0,3	0,03	0,12	0,21	0,27	0,1	0,01	0,04	0,07	0,09		0,10	0,40	0,70	0,90		Impacto (I)			
Probabilidade (P)	P x I																																								
0,9	0,09	0,36	0,63	0,81																																					
0,7	0,07	0,28	0,49	0,63																																					
0,5	0,05	0,20	0,35	0,45																																					
0,3	0,03	0,12	0,21	0,27																																					
0,1	0,01	0,04	0,07	0,09																																					
	0,10	0,40	0,70	0,90																																					
	Impacto (I)																																								
<p>Alternativas de respostas ao risco</p>	<p>Monitorar, eliminar, mitigar ou aceitar.</p>																																								
<p>Revisões</p>	<p>Quinzenais</p>																																								

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O fluxograma apresentado na Figura 2 apresenta o fluxo macro do método de gestão de riscos adotado.

Figura 2 - Fluxo da metodologia de gestão de risco adotada



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na avaliação qualitativa, foram definidos a probabilidade e o impacto para cada risco identificado, obtendo-se o valor do risco final para cada um, via a multiplicação de ambos os fatores. Em seguida, foi feita a priorização dos riscos, ordenando-os de forma decrescente e definidas as ações de resposta para os riscos mais críticos, em caso de ocorrência. A primeira identificação dos riscos negativos e respectiva atribuição de probabilidade e impacto foi feita com base em experiência e pesquisas anteriores realizadas no laboratório da pesquisa.

Porém, convém destacar que o tipo de modelo físico construído, um muro de solo reforçado com face em blocos de concreto, foi o primeiro do tipo no laboratório da doutoranda (muro de referência para pesquisas futuras) e, por esse motivo, a atribuição de probabilidade e impacto de alguns eventos do tipo técnico e que são especificidades do tipo de muro modelado foram definidos com base na intuição da gerente de projeto (a doutoranda).

Planejou-se uma frequência quinzenal para o controle do cronograma e dos riscos do projeto, sendo gerado um relatório de *status* atual do projeto de forma a avaliar o avanço e os desvios em relação ao inicialmente planejado. Quando detectados atrasos, os motivos dos mesmos foram devidamente registrados. Todos os documentos produzidos foram discutidos e aprovados pelo orientador da pesquisa de doutorado.

2.2 Resultados e Discussão

O primeiro passo da pesquisa foi o desenvolvimento do TAP, apresentado no Quadro 2, em que foi definido o escopo preliminar do projeto e definidos as suas expectativas e limites.

Quadro 2 – Termo de abertura do projeto

PROJETO DE UM MODELO DE ESTRUTURA DE SOLO REFORÇADO TERMO DE ABERTURA	
Nome do Projeto	Modelo de estrutura de solo reforçado
Orientador	Orientador de doutorado
Co-orientador	Co-orientador de doutorado
Orientanda	Aluno(a) de doutorado
Resumo do projeto de pesquisa acadêmica	Este projeto reflete a etapa experimental da pesquisa de doutorado, na área de Geotecnia, que consiste da construção de um modelo reduzido de um muro de solo reforçado com geossintéticos com solos coesivos. O modelo de muro reduzido será instrumentado de forma abrangente para alimentar um banco de dados do grupo de pesquisa e para permitir a validação experimental do modelo de dimensionamento semi-analítico desenvolvido na pesquisa de doutorado. O muro será levado à ruptura por meio de aplicação de carregamentos sucessivos, em que cada passo de carga será mantido por 24h antes da aplicação da carga subsequente. A influência de fatores como coesão do solo e contribuição da face será avaliada e discutida.
Objetivos do projeto	Construir um modelo reduzido de muro de solo reforçado com geogrelha com instrumentação abrangente para alimentar o banco de dados do grupo de pesquisa e permitir a validação experimental do modelo de dimensionamento semi-analítico desenvolvido na pesquisa de doutorado.
Justificativa do projeto	Convencionalmente, os métodos de dimensionamento de estruturas de solo reforçado não levam em conta o efeito positivo da consideração de até mesmo uma pequena quantidade de coesão na redução da quantidade de reforço necessária na estrutura. O método analítico desenvolvido em fase prévia do doutorado buscou incluir os efeitos da coesão e da contribuição da face na estabilidade da estrutura. Porém, é necessário realizar uma validação experimental do método, com a construção de modelos físicos, o que justifica a etapa experimental proposta.
Escopo do projeto	Construção de um modelo reduzido (fator de escala de $\frac{1}{4}$) de muro de solo reforçado com geogrelha. Deve ser feito o monitoramento contínuo de tensões na fundação, deslocamentos na face, deslocamentos verticais na superfície do solo, deformações no geossintético e nível de sobrecarga aplicado. A estrutura será carregada até a ruptura do modelo ou limite de sobrecarga do sistema (200 kPa). Neste último caso, a sobrecarga máxima do sistema será mantida por um período de 15 dias para avaliar os efeitos de fluência. O carregamento da estrutura será feito em passos de carga de 10 kPa, com permanência mínima de 24h cada. O descarregamento será feito com passos de carga de 20 kPa, com permanência mínima de 24h cada. O modelo reduzido será de 1.7 m de altura x 1.8 m de profundidade x 1.42 m de largura, a ser construído em ambiente controlado de laboratório.

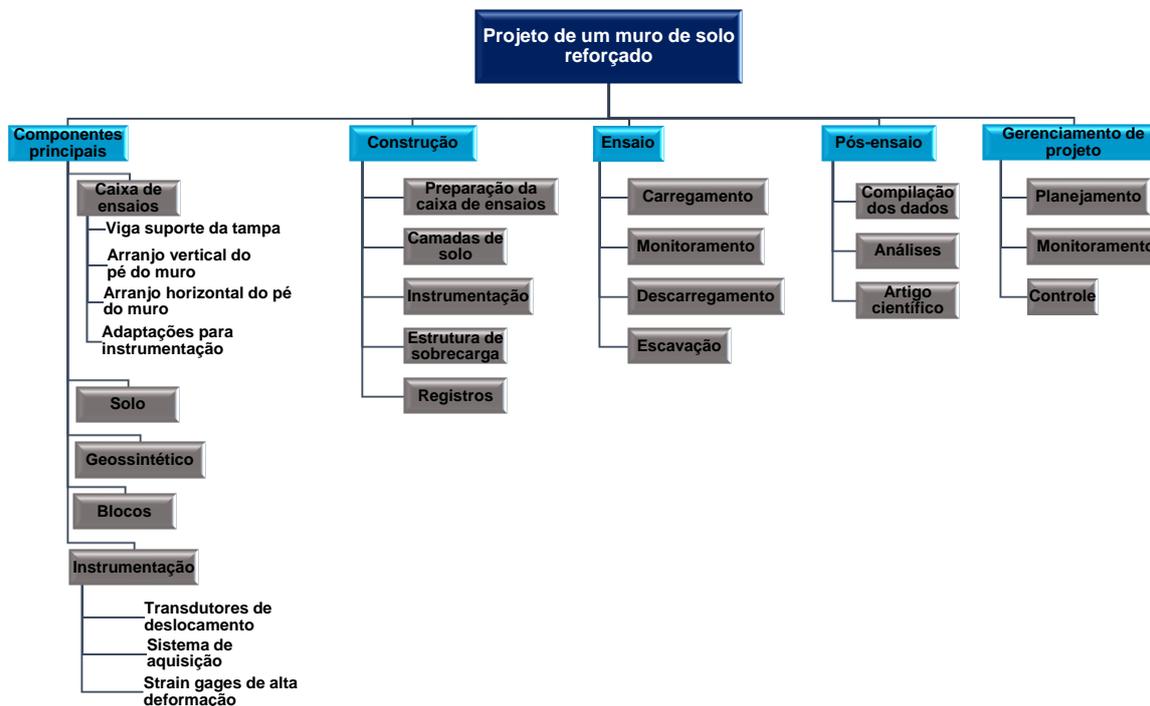
Premissas	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca influência da temperatura da sala no comportamento do muro; • Ter infraestrutura da caixa de ensaios adaptada para construção do muro; • Disponibilidade de colaborador externo para realizar os trabalhos de compactação do solo; • Capacidade de sobrecarga do sistema: 200 kPa; • Bolsa de ar para aplicação de sobrecarga com resistência suficiente. 	
Marcos	• Início da construção do modelo	
	• Início do ensaio	
	• Término da etapa experimental	
	• Início da escrita do artigo científico	
Requisitos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Solo de baixa coesão (inferior a 20 kPa); • Geogrelha de baixa rigidez; • Controle da compactação com desvio máximo de densidade de 3% e de umidade de 2%; • Compressor de ar com limite de pressão superior a 200 kPa; • Sistema de aquisição de dados com até 80 canais; • Instrumentação: medidas de deslocamentos na face (nos níveis de reforço e no topo); deslocamentos na superfície superior do muro; cargas horizontais e verticais no 'pé' do muro; deslocamentos horizontais no 'pé' do muro; deformações na geogrelha (<i>strain gages</i> e extensômetros mecânicos); e tensões verticais no nível de fundação. 	
Prazo	4 meses	
Riscos gerais	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de energia; • Fechamento total da universidade devido à pandemia de COVID. • Inundação da sala de ensaios; • Chuvas: dificuldade no acerto de umidade do solo; • Descolamentos dos <i>strain gages</i> colados no geossintético; • Limitação da capacidade do sistema de sobrecarga; • Rompimento da bolsa de aplicação de sobrecarga; • Problemas nos instrumentos sensores durante o ensaio; • Atrasos no fornecimento de materiais devido à pandemia de COVID. • Perda dos dados de instrumentação. 	
Equipe de projeto	Nome	Papel
	Aluno(a) de doutorado	Doutorando(a) (gerente do projeto)
	Técnico	Suporte técnico
	Colaborador externo	Auxílio na construção
Partes interessadas chave	Nome/Identificação	Papel
	-	Supervisor de doutorado
	-	Co-supervisor de doutorado
	Prof. estrangeiro colaborador	Colaborador na pesquisa
	Fornecedor externo	Produção de peças para ensaios
	Universidade	Instituição de ensino
Conselho Nacional de	Órgão financiador da bolsa de	

	Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	doutorado
	Departamento parceiro	Empréstimo de aquisitores de dados
Requisitos para aprovação/Critérios de sucesso	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega no prazo; • Controle da compactação; • Validação do modelo analítico. 	
Aprovações	Supervisor de doutorado	

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O TAP norteou o desenvolvimento da EAP (Figura 3), em que foi construída no *software* Microsoft Visio. Destaca-se que todas as atividades relacionadas à etapa experimental da pesquisa que já foram realizadas previamente à inclusão das ferramentas de Gerenciamento de Projetos aqui propostas, tais como aquisição de materiais, ensaios preliminares, entre outros, não entraram no escopo do projeto, visto que já estavam concluídas.

Figura 3 - Estrutura analítica do projeto



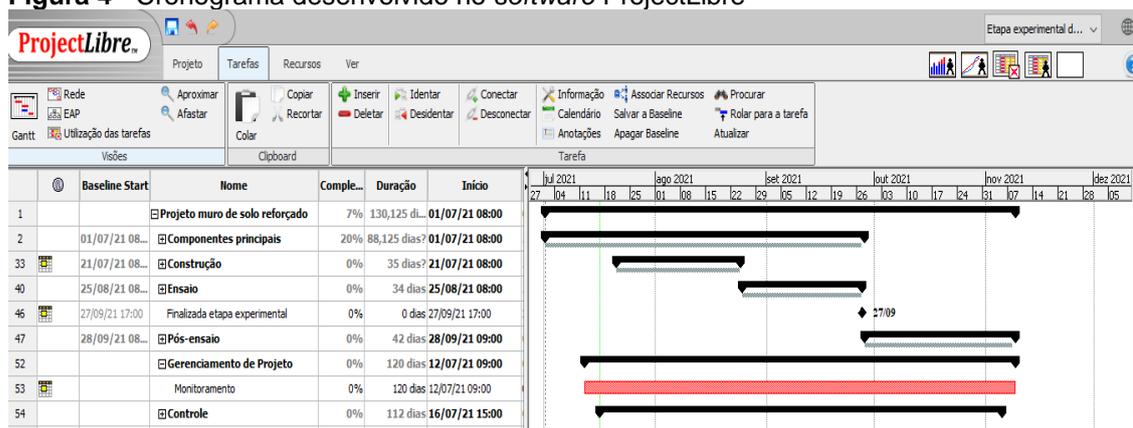
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A decomposição da EAP foi feita com o método *top-down* e segundo o critério dos processos do projeto. Desse modo, o segundo nível corresponde ao detalhamento do escopo com a subdivisão em fases do ciclo de vida do projeto:

componentes principais, construção, ensaio, pós-ensaio e gerenciamento do projeto (que perpassa toda a duração do projeto). Foi possível observar que as quatro primeiras entregas eram sequenciais, correspondendo às diferentes fases do projeto. O terceiro nível de decomposição referiu-se aos pacotes de trabalho que, na transição para o desenvolvimento do cronograma, foram decompostos em atividades e marcos.

O cronograma inicial desenvolvido, com sua respectiva linha de base é apresentado na Figura 4, em que as atividades resumo em destaque foram aquelas advindas diretamente da EAP. Foi possível observar que como o projeto já estava em andamento algumas tarefas já tinham sido concluídas e outras encontravam-se em atraso das tarefas. O projeto se iniciou em 01 jul. 2021, com fim previsto em 09 nov. 2021 pela linha de base estabelecida, totalizando cerca de 130 dias.

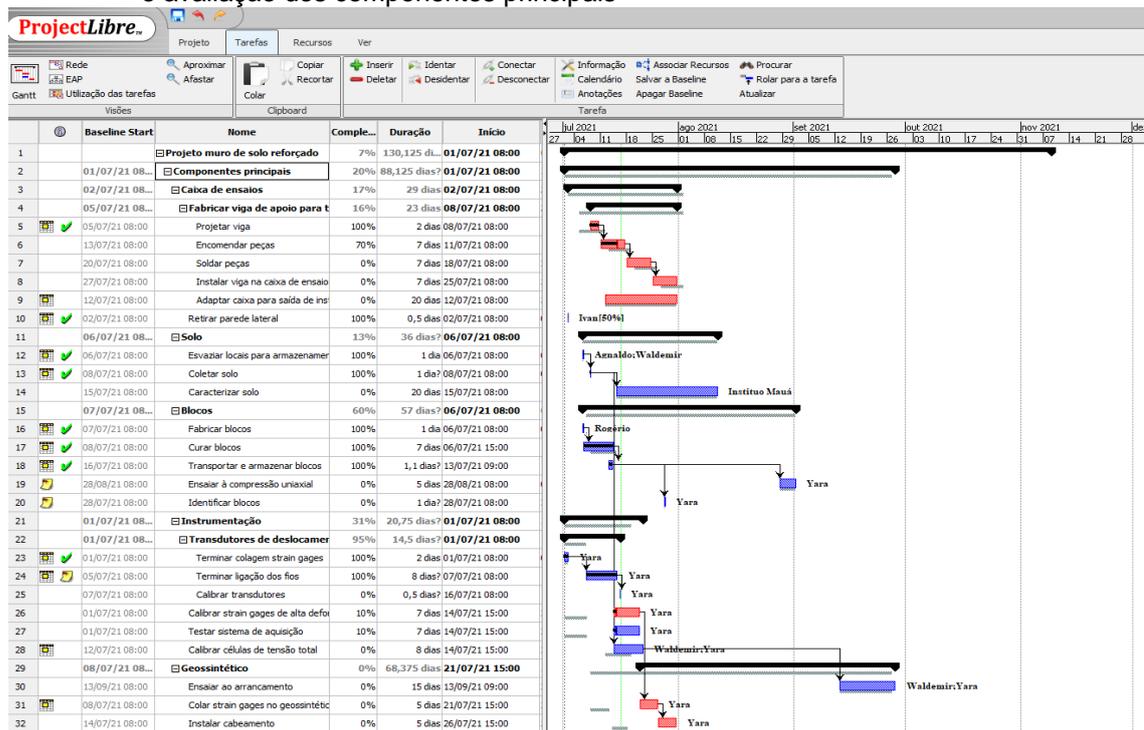
Figura 4 - Cronograma desenvolvido no software ProjectLibre



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Figura 5, estão ilustradas todas as atividades relacionadas aos componentes principais do modelo físico que devem estar finalizadas antes da construção propriamente dita. Tais atividades incluíram a obtenção de materiais, caracterização, ensaios de resistência, ensaios de calibração, entre outras.

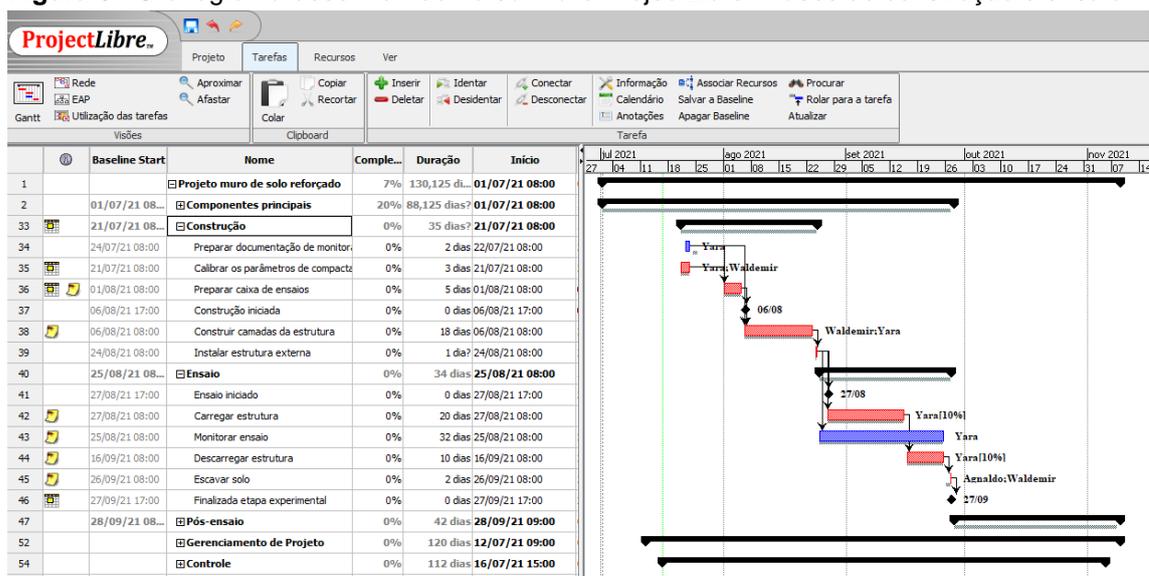
Figura 5 - Cronograma desenvolvido no software ProjectLibre – fase de pré ensaio com obtenção e avaliação dos componentes principais



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Figura 6, as atividades relacionadas à construção do modelo e ao ensaio (fases de carregamento e descarregamento) são apresentadas.

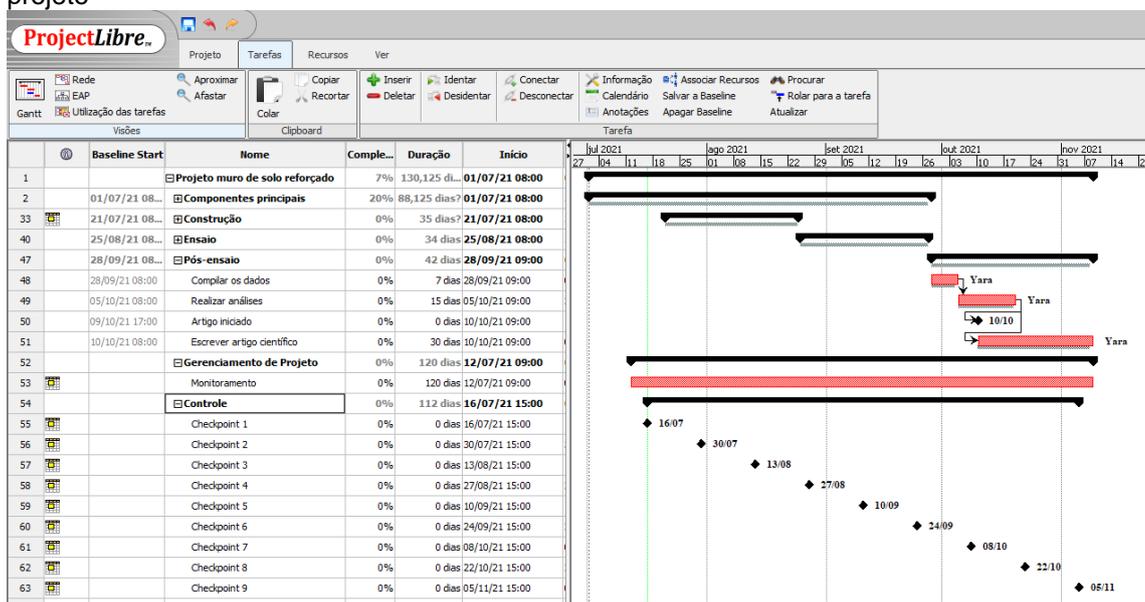
Figura 6 - Cronograma desenvolvido no software ProjectLibre – fases de construção e ensaio



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Finalmente, na Figura 7 são apresentadas as atividades da fase pós-ensaio, relacionadas ao tratamento e análise dos dados obtidos seguida de escrita de artigo científico. Ademais, o monitoramento contínuo do ensaio é apresentado como uma atividade da área de gerenciamento de projetos, e os “checkpoints” periódicos para o controle do cronograma e monitoramento dos riscos do projeto também são indicados.

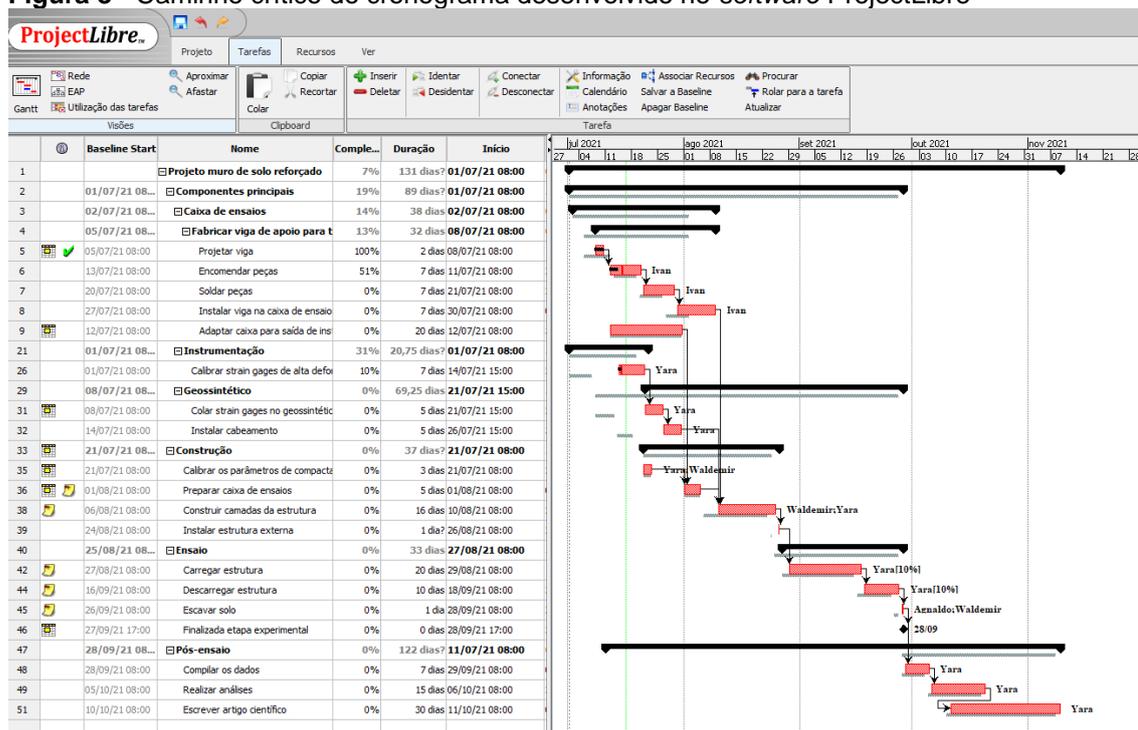
Figura 7 - Cronograma desenvolvido no *software* ProjectLibre – fase pós-ensaio, monitoramento e “checkpoints” para controle do cronograma e monitoramento dos riscos do projeto



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Figura 8 apresenta os caminhos críticos do cronograma desenvolvido. As tarefas críticas perpassam todas as fases do projeto e, por esse motivo, especial atenção deve ser dada a elas. Foram identificados três caminhos críticos principais que convergiram para a fase de construção do muro. Tais caminhos críticos foram relacionados à fabricação e instalação da viga de apoio para o sistema de sobrecarga (dependente de fornecedores externos), à instrumentação das camadas de geogrelha (responsabilidade da doutoranda) e à adaptação da caixa de ensaios para saída de instrumentações (dependente de colaborador externo). O não cumprimento no prazo das tarefas pertencentes aos caminhos críticos ocasiona o atraso do projeto como um todo.

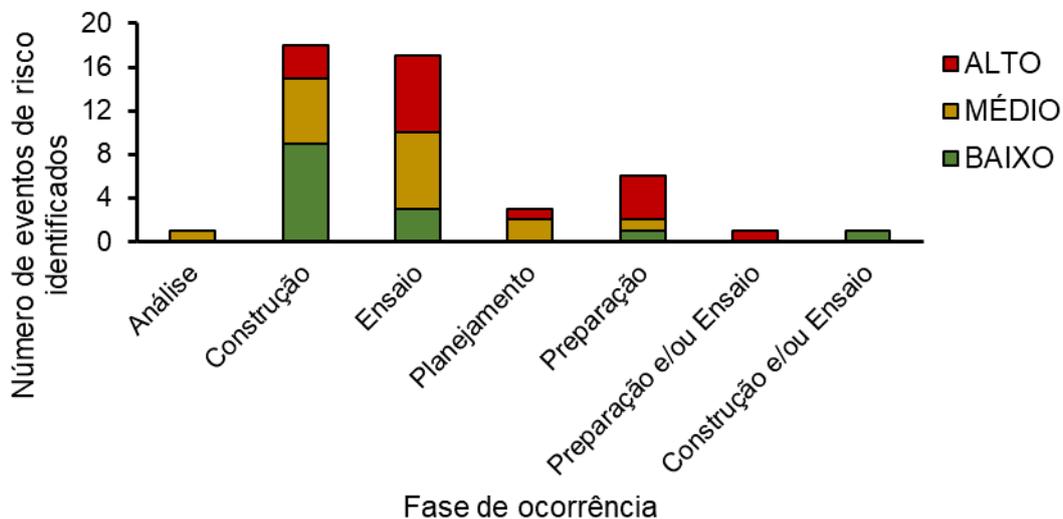
Figura 8 - Caminho crítico do cronograma desenvolvido no software ProjectLibre



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

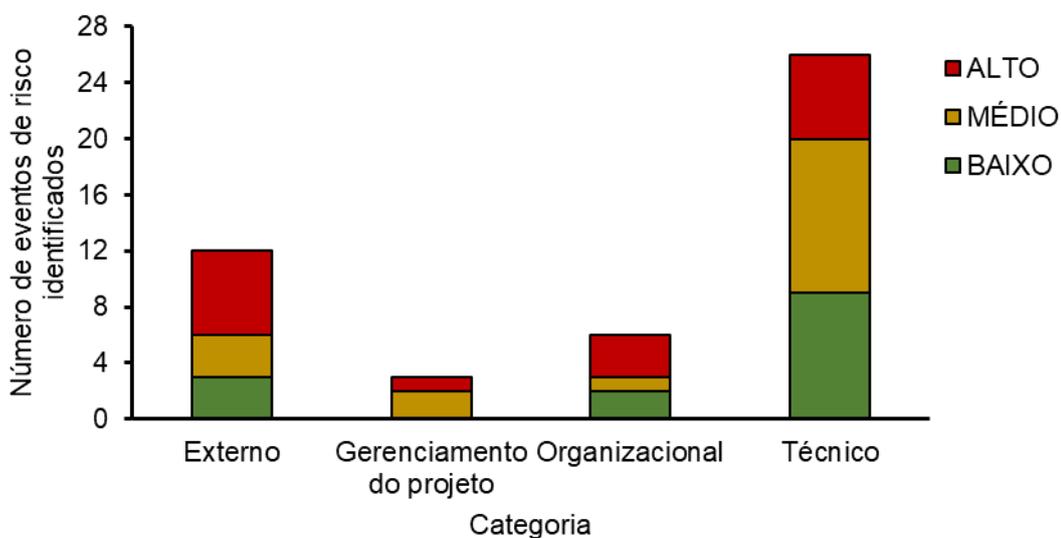
Os riscos foram categorizados em função das categorias apresentadas na EAR (Quadro 1 – Plano de Gerenciamento de Riscos, o qual pode ser visto no subtópico 2.1 Procedimento Metodológico) e ainda em função da fase da etapa experimental em que são passíveis de ocorrerem, conforme apresentado na Figura 9 e na Figura 10, respectivamente.

Figura 9 - Número de eventos de risco identificados por fase de ocorrência



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 10 - Número de eventos de risco identificados por categoria



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Verificou-se que a maior parte dos riscos identificados se referiram a riscos técnicos e que as fases em que foram identificados a maior quantidade de eventos de risco foram as fases de construção do modelo físico e do ensaio propriamente dito, em que a estrutura construída é submetida a etapas de carregamento até a ruptura. Foram também nestas fases, juntamente com a fase de preparação (aquisição de materiais, equipamentos, montagem das estruturas auxiliares etc.), em que os riscos de alto nível foram mais presentes. O risco total normalizado para este projeto situou-se em torno de 28%.

No total, foram identificados 47 riscos para o projeto, dos quais 16 encontravam-se com nível de exposição alto e, portanto, requeriam maior atenção. No decorrer do projeto, ocorreram quatro riscos adicionais não previstos na lista inicial: um na categoria de gerenciamento do projeto (necessidade de adição de atividades ao cronograma) e três de ordem técnica, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Registro dos riscos ocorridos e não previstos

Código	Evento de ameaça	Categoria	Quanto ocorreu	Resposta	Ação tomada
R48	Falha na identificação de atividade necessária na lista de atividades.	Gerenciamento do projeto	Preparação e/ou Ensaio	Monitorar	Quando identificada atividade necessária que não estava incluída no cronograma avaliar o atraso e caso necessário solicitar a mudança no cronograma.
R49	Observação após a instalação da viga de suporte da tampa que altura do muro teria de ser reduzida, com consequente retirada de uma camada de geogrelha.	Técnico	Preparação		Retirada de uma camada de geogrelha do modelo a ser construído e redução da altura do muro de 161cm para 147cm.
R50	Influência do processo de compactação do solo na posição dos blocos da face	Técnico	Construção	Mitigar	Redução da energia de compactação nas camadas subsequentes e leve batida acima dos blocos para reduzir inclinação.
R51	Falha de <i>strain gages</i> colados na geogrelha devido à compactação com energia alta.	Técnico	Construção	Eliminar	Redução da energia de compactação nas camadas compactadas imediatamente acima da geogrelha, com monitoramento em tempo real das deformações registradas pelos <i>strain gages</i> durante a compactação (limite de 10.000 <i>strain</i> não poderia ser atingido).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A lista completa dos riscos inicialmente identificados, com suas respectivas categorizações, probabilidade, impacto e tipo de resposta é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Registro inicial dos riscos

ID	Evento de ameaça	Categoria	QUANDO PODE OCORRER	P	I	Risco (Pxl)	Nível Risco	Resposta	Ação de resposta
R28	Estimativas de duração das atividades equivocadas	Gerenciamento do projeto	Planejamento	0,7	0,7	0,49	ALTO	Monitorar	Quando detectados atrasos superiores a 10 dias rever estimativas e se necessário solicitar mudança do cronograma.
R31	Indisponibilidade de colaborador em trabalhar aos finais de semana.	Organizacional	Construção	0,7	0,7	0,49	ALTO	Aceitar	
R1	Atraso na entrega da viga de suporte da tampa da caixa de ensaios, impedindo início da construção do modelo.	Externo	Preparação	0,5	0,9	0,45	ALTO	Monitorar	Contato no mínimo duas vezes na semana com fornecedor para acompanhar progresso.
R8	Carga no pé do muro superior à capacidade das células de carga.	Técnico	Ensaio	0,5	0,9	0,45	ALTO	Mitigar	Estimar cargas com base em trabalhos anteriores semelhantes e adicionar um fator de segurança de 2.
R9	Método de colagem dos <i>strain gages</i> na geogrelha ineficiente.	Técnico	Preparação	0,5	0,9	0,45	ALTO	Eliminar	Usar método indicado na literatura e utilizado com sucesso em trabalhos anteriores.
R12	Falta de energia durante o ensaio, com perda de dados e interrupção do carregamento.	Externo	Ensaio	0,5	0,9	0,45	ALTO	Monitorar	Uso de "nobreaks" para possibilitar o salvamento dos dados já adquiridos no caso de interrupção da energia. Fechamento das válvulas de pressão para manter carregamento atual até a volta de energia.
R15	Falta de disponibilidade do colaborador externo na data prevista para construção do modelo experimental.	Organizacional	Ensaio	0,5	0,9	0,45	ALTO	Mitigar	Combinar com antecedência mínima de 10 dias.
R19	Ruptura ou vazamento da bolsa de ar que aplica o carregamento	Técnico	Ensaio	0,5	0,9	0,45	ALTO	Monitorar	Deixar sobreposto um conjunto de bolsas reservas para rápida troca

	durante o ensaio.									do engate de mangueiras.
R23	Fornecedor pegar COVID e atrasar entregas.	Externo	Preparação	0,5	0,9	0,45	ALTO	Aceitar		
R24	Doutoranda pegar COVID e atrasar entregas.	Externo	Preparação Ensaio	e/ou	0,5	0,9	0,45	ALTO	Mitigar	Usar máscara em todos os ambientes, manter distanciamento social e usar constantemente álcool em gel.
R6	Resistência entre blocos insuficiente para resistir aos esforços de compactação durante a fase de construção, com queda de blocos.	Técnico	Ensaio		0,5	0,7	0,35	ALTO	Aceitar	
R10	Descolamento de <i>strain gages</i> da geogrelha no decorrer do ensaio.	Técnico	Ensaio		0,5	0,7	0,35	ALTO	Aceitar	
R11	Mau funcionamento de sensores durante o ensaio.	Técnico	Ensaio		0,5	0,7	0,35	ALTO	Aceitar	
R17	Baixa produtividade na construção das camadas de solo (<20 cm por dia).	Organizacional	Construção		0,5	0,7	0,35	ALTO	Monitorar	Se detectada baixa produtividade, contratar um colaborador adicional.
R33	Demora na obtenção de todos os materiais e equipamentos necessários para início da construção do modelo.	Externo	Preparação		0,5	0,7	0,35	ALTO	Monitorar	Priorizar a compra dos materiais ou equipamentos com maior tempo para entrega.
R41	Corredor com passagem impedida devido à obra no prédio adjacente.	Externo	Construção		0,5	0,7	0,35	ALTO	Mitigar	Próximo à data de construção do modelo conversar com encarregado da obra para garantir a livre passagem.
R2	Viga de suporte da tampa da caixa de ensaios não suportar sobrecarga aplicada, impedindo continuação do carregamento e finalização do ensaio	Técnico	Ensaio		0,3	0,7	0,21	MÉDIO	Aceitar	

R16	Compactação do solo mal efetuada.	Técnico	Construção	0,3	0,7	0,21	MÉDIO	Eliminar	Fazer controle de compactação em todas as camadas, com no mínimo 3 pontos por camada.
R18	Chuvas durante a construção do modelo, dificultando a preparação do solo.	Externo	Construção	0,3	0,7	0,21	MÉDIO	Mitigar	Em caso de observada previsão de chuvas em grande intensidade e duração providenciar o aluguel de tenda.
R22	Indisponibilidade e de aquisição de dados por uso por outros alunos.	Organizacional	Ensaio	0,3	0,7	0,21	MÉDIO	Eliminar	Combinar com supervisor e deixar acertado com todos os alunos o período de ensaios que os aquisitores estarão indisponíveis.
R32	Erros na construção do modelo comprometam a qualidade dos resultados.	Técnico	Construção	0,3	0,7	0,21	MÉDIO	Mitigar	Acompanhar de perto a construção e execução dos serviços pelo colaborador externo e registrar qualquer não conformidade, corrigindo quando possível no momento da detecção.
R4	Atraso na adaptação da caixa de ensaios para saídas da instrumentação.	Externo	Preparação	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	
R7	Muro se deslocar mais que os limites de curso dos transdutores de deslocamento posicionados na face, requerendo a retirada por segurança dos transdutores.	Técnico	Ensaio	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	
R20	Capacidade do sistema atingida antes da ruptura do modelo.	Técnico	Ensaio	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	
R26	Dificuldade em atender parâmetros de compactação definidos.	Técnico	Construção	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	
R38	Defeito da peneira automática por quebra ou baixa eficiência	Técnico	Construção	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	

R44	Falta de água durante a construção do muro.	Externo	Construção	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	
R45	Células de carga disponíveis no laboratório com capacidade insuficiente, requerendo a compra de novos sensores.	Técnico	Planejamento	0,5	0,4	0,20	MÉDIO	Aceitar	
R5	Solo coletado com resistência muito superior ao resultado inicial previsto a partir de caracterização de amostra reduzida.	Técnico	Análise	0,3	0,5	0,15	MÉDIO	Aceitar	
R13	Falha no compressor de ar durante ensaio.	Técnico	Ensaio	0,3	0,4	0,12	MÉDIO	Aceitar	
R21	Ruptura brusca do modelo.	Técnico	Ensaio	0,3	0,4	0,12	MÉDIO	Aceitar	
R27	Má definição do escopo	Gerenciamento do projeto	Planejamento	0,3	0,4	0,12	MÉDIO	Aceitar	
R29	Monitoramento pelos sensores falho do ensaio	Gerenciamento do projeto	Ensaio	0,3	0,4	0,12	MÉDIO	Aceitar	
R3	Defeito na ponte rolante que inviabilize seu uso durante a construção do modelo, impossibilitando a construção.	Técnico	Construção	0,1	0,9	0,09	BAIXO	Aceitar	
R25	Universidade fechar laboratórios por conta da pandemia de COVID	Externo	Construção Ensaio	e/ou 0,1	0,9	0,09	BAIXO	Aceitar	
R34	Indisponibilidade orçamentária para pagar colaborador para construção do modelo.	Organizacional	Construção	0,1	0,9	0,09	BAIXO	Aceitar	
R42	Falha na balança de alta capacidade, impedindo a pesagem do solo para as camadas do muro.	Técnico	Construção	0,1	0,9	0,09	BAIXO	Aceitar	
R47	Aquisitores de dados emprestados por outro departamento serem requisitados antes do previsto.	Externo	Ensaio	0,1	0,9	0,09	BAIXO	Aceitar	
R30	Acidente de trabalho durante a construção do modelo	Organizacional	Construção	0,1	0,7	0,07	BAIXO	Mitigar	
R36	Falha na betoneira impedindo a preparação do solo.	Técnico	Construção	0,1	0,7	0,07	BAIXO	Monitorar	Em caso de falha, usar betoneira reserva menor.
R37	Solo coletado insuficiente para a	Técnico	Construção	0,1	0,7	0,07	BAIXO	Aceitar	

	construção do modelo.									
R35	Capacidade do sistema do laboratório insuficiente para ensaiar blocos à compressão.	Técnico	Ensaio	0,5	0,1	0,05	BAIXO	Aceitar		
R40	Falha na empilhadeira	Técnico	Construção	0,5	0,1	0,05	BAIXO	Aceitar		
R43	Areia de o frasco de areia acabar, ocasionando a necessidade de lavagem da areia contaminada e espera da secagem para uso do equipamento.	Técnico	Construção	0,5	0,1	0,05	BAIXO	Mitigar	Obter um equipamento de frasco de areia reserva.	
R14	Entrada de água de chuva na sala de ensaios e contato com modelo experimental durante ensaio.	Externo	Ensaio	0,1	0,4	0,04	BAIXO	Aceitar		
R39	Malha de a peneira automática rasgar	Técnico	Construção	0,1	0,4	0,04	BAIXO	Aceitar		
R46	Falha de canais obrigatórios dos aquisitores de dados, obrigando a reduzir número de sensores no ensaio.	Técnico	Preparação	0,1	0,4	0,04	BAIXO	Mitigar	Estimar capacidades requeridas com antecedência.	
RISCO TOTAL NORMALIZADO						28,1 %				

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

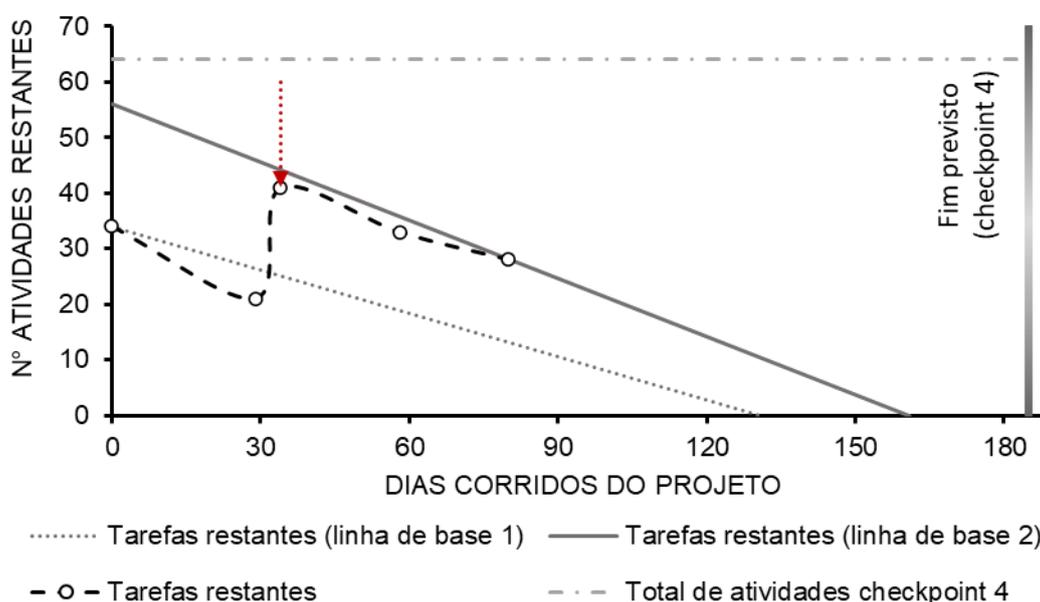
O controle do cronograma foi feito por meio da comparação com a linha de base inicialmente estabelecida, tendo sido feitos quatro “checkpoints” até o fim de setembro de 2021. No *checkpoint 2* (C2), realizado em 04 ago. 2021, foi observado significativo atraso em relação à linha de base, em especial nas atividades dependentes de fornecedor externo (pacote de trabalho ‘1.1.1 – Caixa de ensaios’ da EAP), com atrasos superiores a 15 dias. Este era um risco previsto e ocorrido (R28 e R33 na Tabela 2). Neste caso, foi feita uma solicitação de mudança com postergação dos prazos em 21 dias, com ajuste das datas programadas das atividades, sendo estabelecida uma nova linha de base. Com tal alteração, a duração prevista para o projeto passou de 130 dias para 161 dias.

O histórico de conclusão de atividades e comparação com as respectivas linhas de base são representados pelo gráfico de *burndown* na Figura 11, em que os pontos demarcados no gráfico representam os pontos de controle em que a comparação com a linha de base foi realizada. Após a alteração da linha de base o

andamento do projeto se mostrou adequado, sem atrasos significativos que demandassem nova alteração nos prazos.

Apesar disso, verificou-se que no *checkpoint* 4 a data prevista para o fim do projeto é maior que a prevista pela linha de base 2 (24 dias a mais). Isso se deve ao fato de novas atividades (8 no total) terem sido identificadas e adicionadas ao cronograma após o estabelecimento da linha de base 2, correspondente ao risco R48 descrito na Tabela 1.

Figura 11 - Gráfico de *burndown* do andamento do projeto



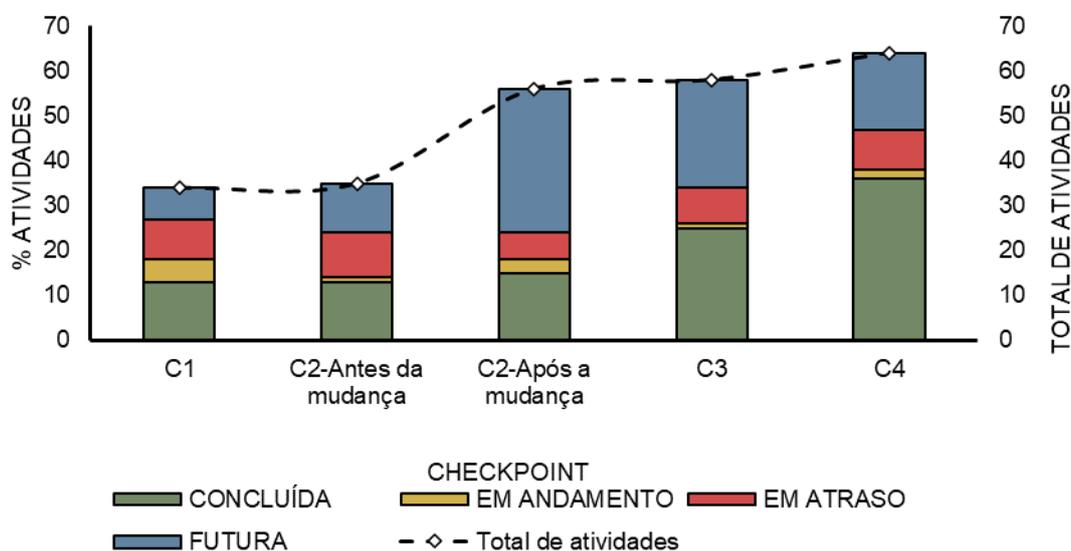
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De fato, observou-se significativa falha na identificação inicial das atividades, com total passando de 34 no *checkpoint* 1 para 64 no *checkpoint* 4, o que gerou um aumento na duração total do projeto. Tal risco era esperado, visto que não havia experiência prévia nem do orientador de doutorado nem na doutoranda na construção de modelos de muros de solo reforçado. O projeto da doutoranda foi o primeiro no grupo de pesquisa e servirá de referência para pesquisas futuras.

A evolução no quantitativo de atividades concluídas, em atraso, em andamento e futuras foi registrada em cada *checkpoint*, sendo ilustrado na Figura 12. O acréscimo do número de atividades ao longo do projeto é representado no eixo secundário do gráfico. Observa-se que, após a solicitação de mudança da linha de base, a porcentagem de atividades em atraso teve um decréscimo (de 28% para

11%) e a partir do *checkpoint* 3 houve significativa melhora na porcentagem de atividades concluídas, com total de 56% de conclusão em C4.

Figura 12 - Evolução do andamento do projeto



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O monitoramento e controle dos riscos foram feitos concomitantemente ao controle do cronograma, sendo registrado o *status* do risco em ativo, ocorrido, obsoleto, identificado ou eliminado. Quando ocorrido, imediatamente era definida a resposta com base na ação de resposta prevista durante a fase de registro de riscos. Até o *checkpoint* 4, de um total de 26 potenciais eventos até a fase de construção, ocorreram 11 riscos, em sua maioria na fase de preparação do projeto, conforme mostra a Tabela 3. Os riscos referentes à fase de preparação diziam respeito à obtenção de todos os materiais e estruturas necessárias para dar início à construção do muro, sendo a fase de maior dependência de fornecedor externo e que ocasionou os maiores atrasos no cronograma do projeto, por estar no caminho crítico. Observa-se que a fase de ensaio do projeto, iniciada após o *checkpoint* 4 apresenta relevante número de eventos potenciais de risco identificados (Figura 9) o que pode elevar o número de riscos ocorridos nos pontos de controle subsequentes.

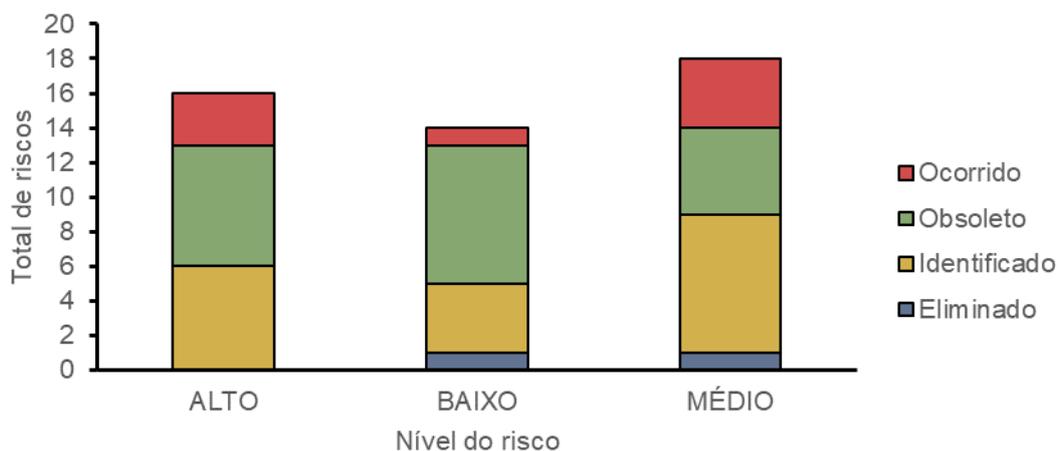
Tabela 3 – Número de riscos ocorridos por fase do projeto no *checkpoint 4*

Fase do projeto	Riscos ocorridos
Construção	3
Planejamento	2
Preparação	6
Total Geral	11

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Figura 13 apresenta o quantitativo de riscos de acordo com o *status* de cada risco registrado no *checkpoint 4* (80 dias corridos após o início do projeto). Observa-se que um número relevante de riscos não ocorreu, estando com *status* de obsoleto por não ter mais chance de ocorrência nas fases subsequentes. Os riscos ocorridos foram predominantemente de nível médio, seguido de riscos de nível alto.

Figura 13 - Controle dos riscos (*checkpoint 4*)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Tabela 4 apresenta uma síntese dos pontos positivos e limitações encontrados na presente pesquisa, quando da aplicação de ferramentas de Gestão de Projetos, notadamente a Gestão do Cronograma e a Gestão dos Riscos, à etapa experimental de um doutorado na área de Geotecnia.

Tabela 4 – Pontos positivos e limitações no uso das ferramentas de Gestão de Projetos na presente pesquisa

Área	Pontos positivos	Impacto no projeto	Limitações	Impacto no projeto	Sugestão
Gestão do Cronograma	Acompanhamento do andamento do projeto (ferramentas de monitoramento e controle) permite mapear deficiências na execução e realizar ajustes ao longo do caminho	Controle efetivo do cronograma e possibilidade de ajustar curso em tempo hábil	Atraso de fornecedores com alto impacto no andamento do projeto, com pouco controle do gerente de projetos (pós-graduando)	Atrasos no cronograma	Prever margem de segurança no tempo de entrega proporcional ao impacto na pesquisa do atraso no prazo de entrega do produto -> base para prazos limites de encomenda
Gestão do Cronograma	Visão detalhada das etapas necessárias para a conclusão do projeto e suas interdependências	Melhor planejamento da etapa de execução de atividades e visualização das etapas críticas para o andamento no prazo estimado do projeto	Falta de experiência no quantitativo de atividades e na estimativa de duração das atividades	Atrasos no cronograma	Aplicação técnica Delphi ou uso de cenários otimistas e pessimistas
Gestão dos Riscos	Antecipação de possíveis situações que possam comprometer o sucesso da pesquisa, de forma que o pós-graduando seja sujeito ativo na mitigação/eliminação dos riscos e necessário, na tomada de ações de resposta aos riscos	Eficiência na resolução de problemas decorrentes da pesquisa	Falta de experiência na identificação dos riscos -> pesquisa muitas vezes é inédita	Subestimativa dos riscos envolvidos no projeto -> impactos possíveis nos custos, cronograma etc.	Realizar identificação contínua dos riscos e alimentar banco de dados do grupo de pesquisa
Gestão do Cronograma e Gestão dos Riscos	Gestão dos riscos apoia a tomada de decisão na ocorrência dos riscos previstos, permitindo uma	Possivelmente menores impactos negativos no cronograma.	Falta de engajamento de outros integrantes do projeto no uso de ferramentas de Gestão	Desmotivação para aplicação das ferramentas de Gestão de Projetos	Promover engajamento das partes interessadas (orientador, estagiários, técnicos) por meio de

ação rápida e efetiva para mínimo impacto no cronograma da pesquisa

de Projetos, por desconhecimento ou inexperiência de aplicação

apresentação das ferramentas de Gestão de Projetos e de sessões periódicas de acompanhamento do andamento do projeto (fase de monitoramento e controle)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Espera-se que os resultados encontrados na presente pesquisa possam nortear futuros estudantes de pós-graduação no uso da Gestão de Projetos no âmbito acadêmico, servindo de ponto de partida, contudo não esgotando, as possibilidades de sua aplicação.

3 CONSIDERAÇÕES

A partir dos resultados e discussões apresentados, conclui-se que a aplicação de ferramentas de gestão de projetos com base no guia PMBOK, notadamente relativas à gestão do cronograma e dos riscos, na etapa experimental de uma pesquisa de doutorado na área de Engenharia Geotécnica contribuiu significativamente para o planejamento e desenvolvimento do projeto, auxiliando a doutoranda na tomada de decisões e na antecipação de situações potenciais de risco.

A visão do escopo do projeto dada pela EAP conjuntamente com a elaboração do cronograma a partir de tal documento forneceram um ponto de partida essencial para planejar de forma organizada as etapas necessárias para a conclusão com sucesso do projeto. O monitoramento e controle do cronograma e dos riscos ao longo do projeto (ainda em andamento) estão permitindo quantificar o andamento do projeto e compará-lo com o planejamento inicial, trazendo valiosos aprendizados que certamente serão aproveitados nas pesquisas futuras do grupo de pesquisa do laboratório.

Visto que a intenção é dar continuidade à pesquisa da doutoranda em trabalhos futuros, conclui-se que o presente trabalho terá uma contribuição relevante

para o grupo de pesquisa, auxiliando na definição da duração de atividades, prevenção de riscos e planejamento do ensaio, fornecendo um conhecimento tácito de gerenciamento de projetos para o grupo de pesquisa do laboratório. Assim, apesar de se observar certa resistência da comunidade acadêmica em adotar o gerenciamento de projetos em pesquisas acadêmicas. Nota-se que o uso de ferramentas de tal área de conhecimento tem o potencial de auxiliar favoravelmente no planejamento e desenvolvimento das pesquisas e contribuir para a definição clara do escopo e para sua conclusão nos prazos estabelecidos, atendendo aos requisitos de qualidade e excelência acadêmica.

Entretanto, o planejamento aqui apresentado se limita ao projeto estudado, em que foi realizada uma análise com base nas características físicas e de gestão do projeto estudado, sendo necessárias adaptações para a aplicação em outros trabalhos científicos. Sugere-se para futuros trabalhos a aplicação das demais áreas da gestão de projetos no desenvolvimento de pesquisas a nível de doutorado, a fim de ampliar o conhecimento sobre a aplicação da gestão de projetos em projetos do *stricto sensu*.

REFERÊNCIAS

CAUX, B. C. Doctoral candidates' academic writing output and strategies: Navigating the challenges of academic writing during a global health crisis. **International Journal of Doctoral Studies**, v. 16, p. 291, 2021. <https://doi.org/10.28945/4755>

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). Resolução nº 7, de 11 de dezembro de 2017. Estabelece normas para o funcionamento de cursos de pós-graduação *stricto sensu*. Disponível em: <http://cad.capes.gov.br/ato-administrativo-detallar?idAtoAdmElastic=199#anchor>.

CAVALHO, M.M.; RABECHINI Jr., R. **Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2017.

KATZ, R. Challenges in doctoral research project management: A comparative study. *International Journal of Doctoral Studies*, v. 11, p. 105, 2016. Disponível em: <http://ijds.org/Volume11/IJDSv11p105-125Katz2054.pdf>

KENNETT, B. **Planning and managing scientific research: a guide for the beginning researcher**. ANU Press, Canberra, Australia. 2014 Disponível em: https://doi.org/10.26530/OAPEN_477381

MACHADO, M. C.; CAMPOLI, J. S. Gestão de projetos acadêmicos e competências comportamentais na educação profissional e tecnológica. **Research, Society and Development**, v. 11, n.1, e5411124554, 2022.

MAXIMIANO, A. C. A. 1998. Aplicação do PMBOK a projetos acadêmicos. In: III Seminário em Administração, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: III SEMEAD, 1998, 1998. p. 1-9.

MUSTARO, P.; ROSSI, R. Da elaboração do termo de abertura de projeto de pesquisa à gestão de riscos: subsídios para a gestão acadêmica de investigações científicas. In: VIII International Conference on Engineering and Computer Education, 2013, Luanda, Angola. **Anais...** Luanda: COPEC, 2013. p. 223–227.

MUSTARO, P.N.; ROSSI, R. Research advisory breakdown structure: proposal of guidelines for students mentoring based on project management principles. In: I Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SINGEP, 2013. p. 1-14.

NORMAN, E.S.; BROTHERTON, S.A.; FRIED, R.T. **Estruturas analíticas de projeto: a base para a excelência em gerenciamento de projetos**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

OLIVEIRA, T.T. **Sistema especialista para a gestão de projetos de pesquisa acadêmica em instituições do ensino superior**. 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação)- Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016.

PINTO, L.; ROSA, R.; PACHECO, C.; XAVIER, C.; BARRETO, R.; LUCENA, V.; ... MAURÇCIO, C. On the use of scrum for the management of practical projects in graduate courses. In: 39th IEEE Frontiers in Education Conference, 2009, San Antonio, Texas. **Proceedings...** San Antonio, 2009, p. 1-6.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 6. ed. Newtown Square, Project Management Institute, 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 7. ed. Newtown Square, Project Management Institute, 2021.

SOUZA, L. F. P.; MACCARI, E. A.; ASGARY, N.; MAZIERI, M. R.; NERY, A. L. Adaptive project management practices applied to the proposal of new online Master's and PhD programs. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 21, n. 4, p. 7-32, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2021.v21i4.2293>

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. Editora Cortez, São Paulo, SP, Brasil. 1986.

VEIGA, E. S. D.; SILVA, E. M. Systematic Review of Risk Management in Projects. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 3, p. 837-857, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i3.3636>

AUTORES

Yara Barbosa Franco

Graduada em Engenharia Civil. Possui Mestrado e Doutorado em Geotecnia. Atua na área de segurança de barragens de mineração na Agência Nacional de Mineração (ANM).

Daniel Luis Garrido Monaro

Graduado em Engenharia Ambiental. Possui Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção. Professor Associado do Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (PECEGE). Orientador de Trabalho de Conclusão de Curso em Gestão de Projetos do PECEGE.

Maria Júlia Xavier Belém

Graduada em Engenharia Mecânica. Possui Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção. Professor Associado do Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (PECEGE). Orientadora de Trabalho de Conclusão de Curso em Gestão de Projetos do PECEGE.



Artigo recebido em: 25/07/2023 e aceito para publicação em: 23/10/2023

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i3.4959>