UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CLÁUDIA RAFAELA SARAIVA DE MELO SIMÕES NASCIMENTO

MODELO PARA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS FEDERAIS ASSOCIADO À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM: Uma aplicação na Universidade Federal de Pernambuco

Recife
2022

CLÁUDIA RAFAELA SARAIVA DE MELO SIMÕES NASCIMENTO

MODELO PARA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS FEDERAIS ASSOCIADO À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM: Uma aplicação na Universidade Federal de Pernambuco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Estruturas.

Orientadora: Prof. Dr. Rachel Perez Palha

Recife

2022

Catalogação na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz CRB-4 / 2222

N244m Nascimento, Cláudia Rafaela Saraiva de Melo Simões.
Modelo para priorização de projetos em instituições publicas federais associado à implementação do BIM: uma aplicação na Universidade Federal de Pernambuco / Cáudia Rafaela Saraiva de Melo Simões Nascimento. 2022.
78 f.; figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Rachel Perez Palha.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Implementação do BIM. 3. TOPSIS. 4. Programação linear inteira. 5. Seleção de portfólio. I. Palha, Rachel Perez (Orientadora). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG / 2022-42

CLÁUDIA RAFAELA SARAIVA DE MELO SIMÕES NASCIMENTO

MODELO PARA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS FEDERAIS ASSOCIADO À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM: UMA APLICAÇÃO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Concentração Estruturas.

Aprovada em 18/02/2022

BANCA EXAMINADORA

participação por videoconferência
Prof.ª Dr.ª Rachel Perez Palha (orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

participação por videoconferência
Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida Filho (examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

participação por videoconferência
Prof. Dr. Anísio Brasileiro de Freitas Dourado (examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a meu tio Mauro (in memorian) que sempre torceu pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado saúde, disposição, paciência e dedicação em tempos tão difíceis de pandemia.

Agradeço à professora Dra. Rachel Perez Palha pela orientação e conhecimentos passados para a elaboração deste trabalho.

Agradeço a Diretoria de Planos e Projetos na pessoa de Isabel Oliveira pela disponibilização de tempo e de dados para esta dissertação.

Agradeço a FACEPE pela bolsa concedida, e assim, eu ter meios de conduzir a pesquisa.

Agradeço aos colegas de pós-graduação pelo apoio direto e indireto nesta caminhada.

Por fim, agradeço à minha mãe, Patrícia Saraiva, à minha irmã, Brunna Saraiva e ao meu marido, Josinaldo Leandro de Souza, pelo apoio, paciência e torcida para que este trabalho fosse concluído da melhor forma.

RESUMO

Recursos de orçamento disponíveis para o desenvolvimento de infraestruturas em órgãos públicos estão cada vez mais escassos, onde a prioridade de gastos são os pagamentos de pessoal e despesas básicas. Logo, há a necessidade de otimizar os recursos referentes à manutenção e construção e de validar as necessidades e o impacto de sua realização para as instituições. Dentro deste contexto das instituições públicas, está a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde existe a necessidade de criação de um processo de priorização para a seleção de projetos, e, além de existir restrição orçamentária, há também a restrição de pessoal. Assim, este trabalho propõe um modelo híbrido usando o método de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), associado à Programação Linear Inteira (PLI) com o objetivo de selecionar projetos para um compor portfólio que leve em consideração não só as restrições existentes, mas também critérios quantitativos e qualitativos que impactam a UFPE. Além disso, estudou-se o uso do Building Information Modeling (BIM) e sua implementação, a fim de entender de que forma sua aplicação pode contribuir na tomada de decisão e desenvolvimento de projetos. O método proposto é fácil de ser aplicado e de ser entendido por parte dos decisores e tem por resultado a escolha de um portfólio que representa bem o interesse da organização. Além de permitir a auditoria sobre as escolhas feitas ao longo de todo o modelo. A seleção do portfólio admite que apenas os projetos que atendam às restrições sejam escolhidos, o que evita que projetos que não se enquadrem no Plano Diretor da UFPE ou que estejam disputando o mesmo local sejam desenvolvidos. O que é de grande benefício para a equipe de projeto, pois terá seu tempo otimizado, trabalhando com projetos que serão executados. Já com o estudo sobre o uso do BIM na etapa de projetos, entendeu-se que ele traz melhoria na comunicação e na produtividade das equipes e permite diversas simulações, tais como energia, layout etc. Com isso, pode-se inferir que o uso do BIM no processo de seleção de portfólio permite melhor alocação do orçamento disponível, possibilitando construir mais usando os recursos otimizados. O estudo apresentado pode ser usado não só no contexto de Instituições Federais de Ensino Superior, como também em qualquer tipo de organização que se proponha a fazer seleção de portfólio de projetos usando critérios que vão além de medidas quantitativas e que se deseje otimizar os recursos disponíveis.

Palavras-chave: Implementação do BIM; TOPSIS. Programação Linear Inteira – PLI; Seleção de Portfólio.

ABSTRACT

Budget resources available for infrastructure development in public agencies are increasingly scarce, where spending priority is personnel payments and basic expenses. Therefore, there is a need to optimize resources related to maintenance and construction and to validate the needs and impact of its realization for institutions. Within this context of public institutions, there is the Federal University of Pernambuco (UFPE), where there is a need to create a prioritization process for the selection of projects, and, in addition to having a budget constraint, there is also a staff constraint. Thus, this work proposes a hybrid model using the Multicriteria Decision Support (AMD) method, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), associated with Integer Linear Programming (IPL) with the objective of selecting projects for a composition. portfolio that considers not only existing restrictions, but also quantitative and qualitative criteria that impact UFPE. In addition, the use of Building Information Modeling (BIM) and its implementation were studied in order to understand how its application can contribute to decision making and project development. The proposed method is easy to apply and to be understood by decision makers and results in the choice of a portfolio that represents well the interests of the organization. In addition to allowing auditing of choices made throughout the model. The selection of the portfolio admits that only projects that meet the restrictions are chosen, which prevents projects that do not fit into the UFPE Master Plan or that are competing for the same location from being developed. Which is of great benefit to the project team, as it will have its time optimized, working with projects that will be executed. With the study on the use of BIM in the design stage, it was understood that it improves communication and team productivity and allows for various simulations, such as energy, layout, etc. With this, it can be inferred that the use of BIM in the portfolio selection process allows a better allocation of the available budget, making it possible to build more using the optimized resources. The study presented can be used not only in the context of Federal Institutions of Higher Education, but also in any type of organization that proposes to select a portfolio of projects using criteria that go beyond quantitative measures and that want to optimize available resources.

Keywords: BIM implementation. TOPSIS; Integer Linear Programming – ILP; Portfolio Selection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conjunto de interação BIM 19
Figura 2 – Estágios de Maturidade BIM 21
Figura 3 – Matriz de decisão 36
Figura 4 – SIPAC atual 44
Figura 5 – Processo para seleção de portfólio 45
Figura 6 – Fluxograma do Modelo Proposto 46
Figura 7 – Fluxograma do algoritmo para calcular as pontuações aumentadas 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios propostos 48
Tabela 2 – Avaliação do Impacto 48
Tabela 3 – Avaliação do risco de segurança 49
Tabela 4 – Avaliação do risco de patrimônio 49
Tabela 5 – Avaliação de quantas vezes o projeto foi solicitado 50
Tabela 6 – Severidade do efeito 51
Tabela 7 – Ocorrência de Falha 51
Tabela 8 – Possibilidade de detecção de Falha 51
Tabela 9 – Novo Formulário 53
Tabela 10 – Projetos divididos em classes 59
Tabela 11 – Matriz de decisão 60
Tabela 12 – Matriz de decisão ponderada e normalizada 61
Tabela 13 – Cálculo de D 61
Tabela 14 – Ranqueamento dos projetos 62
Tabela 15 – Pontuações aumentadas (pa) 62
Tabela 16 – Resumo dados dos projetos 63
Tabela 17 – Seleção dos projetos 64
Tabela 18 – Análise de sensibilidade 65
Tabela 19 – Ordem de solicitação dos projetos via SIPAC 67
Tabela 20 – Recursos acumulados dos projetos solicitados via SIPAC 68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....14
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO 16
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....17
1.2.1 Objetivo Geral.....17
1.2.2 Objetivos Específicos.....17
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....17
2 REFERENCIAL TEÓRICO 19
2.1 BIM 19
2.1.1 Implementação do BIM 21
2.1.2 Viabilização do BIM.....26
2.2 PLANEJAMENTO DOS RECURSOS PÚBLICOS.....28
2.2.1 Planejamento de Orçamento em IFES 31
2.2.2 Planejamento de Orçamento na UFPE.....32
2.3 APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO.....33
2.3.1 Método TOPSIS Tradicional 36
2.3.2 Programação Linear Inteira.....38
2.4 SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PORTFÓLIO 39
2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO.....40
3. CONTEXTO DO PROBLEMA.....42
4 METODOLOGIA.....45
4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....45
4.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....46
4.2.1 Fase 1: Estágio preparatório 47
4.2.2 Fase 2: Estágio de avaliação individual dos projetos 52
4.2.3 Fase 3: Estágio de seleção de portfólio 56
5 APLICAÇÃO NUMÉRICA E RESULTADOS.....59

5.1 APLICAÇÃO NUMÉRICA.....59
5.2 COMPARATIVO DO MODELO PROPOSTO COM A SELEÇÃO ATUAL 66
5.3 APLICAÇÃO CONTÍNUA DO MODELO NA SINFRA.....68
5.4 IMPLEMENTAÇÃO DO BIM.....68
6 CONCLUSÃO.....71
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....73
REFERÊNCIA.....74

1 INTRODUÇÃO

As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) são fundamentais para a economia e crescimento de um país, pois são agentes de conhecimento tecnologia e capital social (CAETANO; CAMPOS; CAVALCANTI, 2021; FACCO, 2021; MARINO, 2021). Os recursos públicos são a principal fonte de recursos de uma IFES (UFPE, 2020a), onde cerca de 80% desse valor é destinado a despesas obrigatórias (pagamento de pessoal e encargos, energia, água, internet etc.), ou seja, há pouca flexibilidade para gastos e despesas com planejamento e execução de obras, por exemplo (FACCO, 2021; MARINO, 2021).

A existência de limitação de recursos, sejam eles financeiros, humanos ou de ativos para desenvolvimentos de projetos em empresas e instituições, exige decisão complexa e eficiente sobre o que deve ou não ser desenvolvido (ALMEIDA; NETO, 2015; GOMES; GOMES, 2019). Por isso, a seleção e priorização dos projetos deve ser a mais eficiente e que atenda a necessidade da organização (ALMEIDA; NETO, 2015).

Pode-se definir priorização de projetos como a escolha de projetos disponíveis sem exceder a disponibilidade de recursos ou violar as restrições organizacionais (FREITAS, 2016; LIESIÖ et al., 2021; TAVANA et al., 2015). A priorização é uma atividade complexa que considera a existência de múltiplos critérios de avaliação e as possíveis combinações de alternativas a serem priorizadas, podendo ser realizada através de um processo de escolha, ranking, classificação de prioridade ou portfólio (PALHA et al., 2019). Em outras situações, este processo pode envolver além da seleção de alternativas através de múltiplos critérios, a compatibilização de vários decisores (PALHA, 2019).

Em órgãos governamentais, costuma-se medir os critérios para a tomada de decisão em termos financeiros. A forma mais comum é a avaliação de efetividade de custo, que consiste na comparação dos custos de alternativas semelhantes. Mas existem outras técnicas, como a análise financeira, que avalia o impacto de custos e receitas da própria organização e a análise custo-benefício, que avalia todos os custos e benefícios das alternativas (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2009). Porém, é comum haver critérios que são difíceis de serem medidos em termos financeiros ou quantitativos e que, por sua importância, devem

ser considerados, são os critérios qualitativos, tais como a satisfação do usuário, o impacto daquele serviço na vida das pessoas etc.

Dentro desse contexto, está inserido o Apoio Multicritério a Decisão (AMD). O AMD é uma técnica que visa a recomendações de ações aos decisores através de um estudo abrangente das particularidades de problemas de decisão multicritério e é usada na busca de solução para problemas complexos (GOMES; GOMES, 2019). No AMD o processo de análise das alternativas é aberto e explícito, o que facilita caso seja necessária uma auditoria, fornece um importante meio de comunicação entre as partes interessadas envolvidas e pode abranger critérios quantitativos e qualitativos (ANTUNES et al., 2005; DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2009; GOMES; GOMES, 2019).

Os principais métodos de AMD encontrados na literatura são AHP (Analytic Hierarchy Process), ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité), Macbeth (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (ANTUNES et al., 2005).

Nesse contexto de apoio de tomada de decisão em projetos, o Building Information Modeling (BIM), pode ser uma ferramenta bastante útil. O BIM contribui no processo de tomada de decisão, pois melhora a comunicação entre as partes interessadas, facilitando a integração de informações durante todo o ciclo de vida do edifício (LU et al., 2017), aumentando produtividade, melhorando os mecanismos de gestão de projetos (LEUSIN, 2020), além disso, pode assegurar aplicação mais eficiente de recursos e garantir maior transparência (SÁ; PALHA, 2018).

Além de contribuir com o processo de tomada de decisão, o uso do BIM está em conformidade com o Decreto N. 10.306 (BRASIL, 2020) que trata sobre a sua implementação no Brasil e diz que até 2028 ele deverá ser usado para projetos novos, orçamento, construção, gerenciamento e manutenção de edificações públicas e a Lei de Licitação n° 14.133 (BRASIL, 2021) que afirma que o BIM deverá ser adotado preferencialmente para obras e serviços de engenharia e arquitetura.

Assim, devido a necessidade de priorizar a escolha de projetos a serem desenvolvidos em um contexto com restrições de orçamento e, também, a fim de contribuir com o estudo do BIM, este trabalho apresentará uma metodologia para

seleção de portfólio de projetos usando o método TOPSIS associado à Programação Linear Inteira e estudará sobre diretrizes para a implementação do BIM.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Os recursos que podem ser destinados a planejamento e execução de obras estão cada vez menores nas IFES (FACCO, 2021; MARINO, 2021), por isso é necessária a otimização da escolha do que deve ser desenvolvido atendendo as restrições não só de recursos, mas também de pessoal e das necessidades das Instituições.

No contexto da UFPE, Malta (2020) identificou que na Superintendência de Infraestrutura (SINFRA), havia a necessidade de desenvolver-se um processo de priorização de demandas de projetos enviadas à Diretoria de Planos e Projetos (DPP) via Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC). Os projetos solicitados atualmente são encaminhados sem prévia análise de sua real necessidade ou se estão de acordo com o Plano Diretor da UFPE, o que gera sobrecarga de análises das equipes de projetos. Assim, a fim de resolver o problema apresentado, propõe-se a criação de um modelo que auxilie os tomadores de decisão da universidade a selecionar quais projetos arquitetônicos devem ser desenvolvidos pela equipe existente no DPP.

Além disso, este trabalho pretende contribuir com o conhecimento do BIM, estando em conformidade com o Decreto N. 10.306 (BRASIL, 2020) e a Lei de Licitação n° 14.133 (BRASIL, 2021). A implementação do BIM é a base para um sistema integrado de concepção, produção e uso na construção, sendo ele o caminho para a indústria da construção alcançar melhor produtividade e rentabilidade (LEUSIN, 2020). Por isso, apresenta-se um estudo bibliográfico sobre as diretrizes de como implementar o BIM a fim de buscar maximizar todos os benefícios trazidos com seu uso.

Assim, tendo em vista a necessidade de priorizar projetos e recursos no setor público e necessitando-se contribuir com o estudo do BIM no Brasil, esta pesquisa traz as seguintes contribuições:

- Propor um modelo para a priorização de portfólio usando o método TOPSIS associado à Programação Linear Inteira (PLI) a fim de selecionar projetos que

atendam a critérios quantitativos e qualitativos e que satisfaçam às restrições de recursos humanos e financeiros;

- Aplicação do modelo proposto a realidade de uma IFES, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a fim de discutir a aplicabilidade do modelo e suas implicações práticas;
- Elaboração de diretrizes que facilitem a implementação do BIM nos departamentos de projetos, a fim de incentivar a sua adoção e entendimento.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é propor um modelo de seleção associado à implementação do BIM para o setor de projetos em Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), tendo sido feito um estudo aplicado na UFPE, mais precisamente na DPP, para melhor ilustrar o modelo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

a) Entender o processo atual usado pela DPP para escolha de projetos arquitetônicos a serem desenvolvidos;
b) Estudar os critérios a serem considerados na seleção dos projetos para o contexto da DPP;
c) Propor um modelo de priorização de portfólio usando o método TOPSIS associado à Programação Linear Inteira;
d) Aplicar o modelo na DPP para a sua validação;
e) Propor processos que auxiliem a DPP a implementar o BIM.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos da seguinte forma:

- O capítulo 1 apresenta a introdução com as motivações e justificativas para o desenvolvimento do trabalho e os objetivos do estudo;

- O capítulo 2 apresenta o referencial teórico usado para a base conceitual do estudo.
- O capítulo 3 apresenta o contexto do problema a ser estudado;
- O capítulo 4 apresenta a metodologia desenvolvida na dissertação;
- O capítulo 5 apresenta os resultados encontrados e traz uma discussão sobre eles;
- O capítulo 6 apresenta a conclusão e o direcionamento para trabalhos futuros.

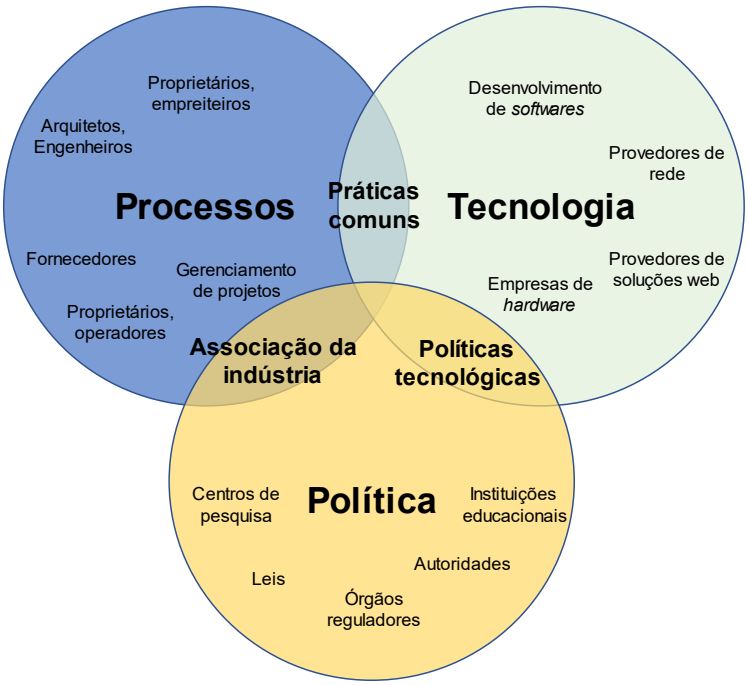
2 REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é descrever os principais conceitos e definições relacionados ao BIM, AMD e seleção de portfólio de projetos, a fim de trazer a base teórica desta dissertação.

2.1 BIM

O BIM pode ser entendido como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos de gestão e trabalho colaborativo, com integração de dados e sistemas em um ambiente inovador para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações ao longo de todo o ciclo de vida. Essa integração se dá através da interação entre elementos e suas representações e uma abordagem de componentes virtuais para a representação da construção em um modelo (ABDI, 2017a; DNIT, 2021; LEUSIN, 2020; MENG et al., 2020; SACKS et al., 2018; YANG; CHOU, 2019). De maneira simplificada, o BIM se baseia no conjunto da interação de políticas, processos e tecnologias (ABDI, 2017a; SACKS et al., 2018; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012), como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Conjunto de interação BIM



Fonte: Adaptado de Succar; Sher; Williams (2012) e BIM-Forum (2016)

O BIM traz transformações na cultura de trabalho, pois exige mudança de processos, nova maneira de organizar e desenvolver produtos, troca de computadores e programas, além de novos conhecimentos sobre aplicativos para desenvolvimento e gestão de projetos (ABDI, 2017a; LEUSIN, 2020).

O BIM aumenta a produtividade e reduz a quantidade de revisões, pois os processos de projeto são mais rápidos, claros e acessíveis, já que melhora a comunicação através de modelos 3D automáticos e a geração dos desenhos são mais precisas e consistentes; permite o trabalho simultâneo entre os vários atores envolvidos no projeto; extração precisa de quantidades em qualquer fase do projeto; verificação de conflitos entre disciplinas; redução de solicitação de informações sobre os projetos (ABDI, 2017b; GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; LEUSIN, 2020; SACKS et al., 2018; YANG; CHOU, 2019).

Os benefícios trazidos com o BIM são maiores à medida que o grau de Maturidade BIM aumenta. Entende-se por Maturidade BIM a melhoria gradual e contínua da tecnologia no tratamento da informação na construção ao longo do processo, assim como os níveis de sofisticação do uso das ferramentas individuais (KASSEM; SUCCAR, 2017; LEUSIN, 2020; SACKS et al., 2018). A Maturidade BIM pode ser dividida em quatro estágios como pode ser visto na figura 2. O estágio analógico contempla o nível BIM 0, ou seja, os projetos são desenhos feitos em arcos, linhas etc. e a informação é desestruturada. O estágio digital contempla os níveis BIM 1, 2 e 3, onde os projetos são modelos, objetos e a informação é estruturada (SACKS et al., 2018).

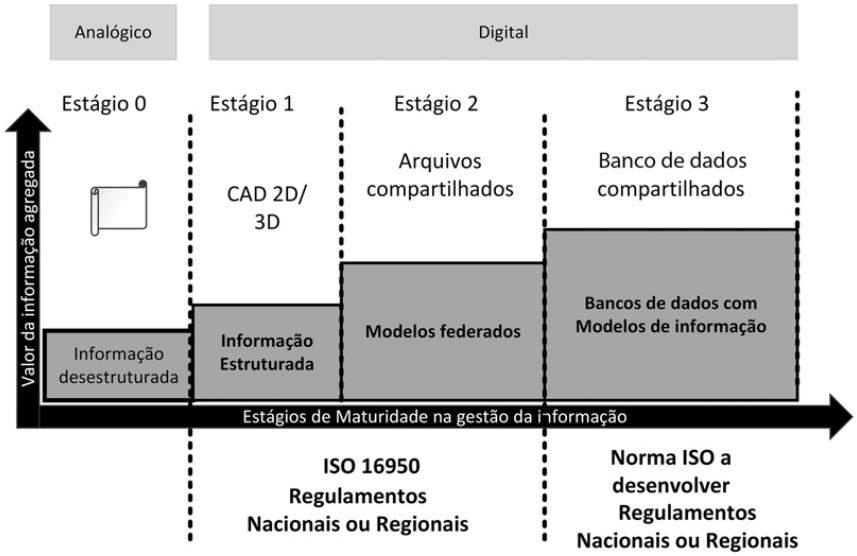
Os estágios BIM são:

- BIM 0 (zero) – é definido como CAD não gerenciado. O projeto é em 2D e a informação não é estruturada, pois são compartilhadas através de desenhos convencionais, em papel ou pdf, com equipe trabalhando separadamente. Isso gera um processo imprevisível, pouco controlado e a organização é reativa.
- BIM 1 (um) – compreende um misto de CAD 3D e 2D. Neste nível, o processo está caracterizado, os projetos são compartilhados eletronicamente, mas não simultaneamente pela equipe e a organização ainda é reativa.
- BIM 2 (dois) – todos os envolvidos no projeto usam seus próprios modelos 3D e o trabalho é colaborativo, porém ainda não se trabalha com um único modelo compartilhado. O processo está caracterizado, a troca de

informações é feita através de formato comum de arquivo. Isso gera organização proativa, pois a combinação da informação é feita com dados próprios, a fim de criar um modelo BIM federado e todas as verificações são feitas com base nele.

- BIM 3 (três) – conhecido como *Open* BIM (BIM aberto) é definido como nível de colaboração total. As informações são compartilhadas em um repositório centralizado (banco de dados em nuvem), onde todos os envolvidos têm acesso e podem modificar o mesmo modelo. Neste nível, as informações estão monitoradas e controladas (AWWAD; SHIBANI; GHOSTIN, 2020; LEUSIN, 2020; SACKS et al., 2018; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012).

Figura 2 – Estágios de Maturidade BIM



Fonte: Leusin (2020)

O nível de maturidade deve avaliar o desenvolvimento dos aspectos de tecnologias, pessoal, políticas, elaboração de procedimentos e normas. Recomenda-se evitar avançar mais rápido em um aspecto, enquanto outro está tendo dificuldades, os avanços devem ocorrer de forma harmônica (LEUSIN, 2020; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012).

2.1.1 Implementação do BIM

A adoção do BIM é um processo desafiador para as organizações, sejam elas públicas ou privadas, devido à complexidade e demanda de recursos. Com o objetivo

de padronizar, expandir e auxiliar o uso do BIM, proprietários públicos ou privados começaram a desenvolver os Mandatos BIM (GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SACKS et al., 2018).

Pode-se definir como Mandatos BIM as leis, os decretos ou os roteiros para o setor da construção civil e de projeto. Os Mandatos BIM governamentais são importantes, pois grande parte dos projetos de construção, como de infraestruturas, são projetos públicos e muitas empresas dependem desses projetos. Além de que esses Mandatos estão relacionados com políticas governamentais, normas regulatórias e sistemas administrativos (CHAREF et al., 2019; SACKS et al., 2018).

Mandatos governamentais começaram a ser desenvolvidos a partir de 2007 por países como Noruega, Dinamarca e Finlândia e impulsionaram a adoção do BIM. Em 2008, os Estados Unidos começaram a exigir a adoção do BIM a partir de projetos com orçamento superior a cerca de 35 milhões de dólares. A partir de 2010, outros países começaram a requisitar o BIM em seus projetos: Coreia do Sul (2010), Cingapura (2013), China (2014), Reino Unido, Itália, Israel (2016), França (2017), Espanha (2018), Alemanha e Brasil (2020) (BRASIL, 2020; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; LEUSIN, 2020; SACKS et al., 2018).

Apesar do último Mandato BIM no Brasil ter sido decretado pelo governo federal em 2020, esforços para impulsionar e promover ações necessárias para seu uso começaram em junho de 2017 com a criação do Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM) (MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2018). O CE-BIM dispõe de guias desenvolvidos pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (ABDI-MDIC) (ABDI, 2017a) e normas (ABDI, 2017b) que seguem o mesmo padrão internacional.

As normas publicadas foram: ABNT NBR ISO 12006-2:2010 - Construção de edificação - Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação, uma tradução da ISO 12006-2 (ABDI, 2017b); ABNT NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - parte 1: Terminologia e estrutura; parte 2: Características dos objetos da construção; parte 3: Processos da construção e parte 7: Informação da construção (ABDI, 2017b).

Já em 2019, o Decreto Nº 9.983 trouxe os objetivos específicos do CE-BIM, são eles: i) difundir o BIM e seus benefícios; ii) coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; iii) criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM; iv) estimular capacitação em BIM; v) propor atos normativos que

estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM; vi) desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM; vii) desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM; viii) estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e ix) incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM (BRASIL, 2019).

Por fim, em 2020, o Decreto Nº 10.306 estabeleceu o uso do BIM na execução de serviços de engenharia realizados em órgãos públicos e pelas entidades da administração pública federal. A implementação é obrigatória para os Ministérios da Defesa e da Infraestrutura e e será feita de forma gradual e é dividida em três fases (BRASIL, 2020):

- Primeira fase: a partir de 1º de janeiro de 2021, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura, engenharia e instalações para novas construções, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância.
- Segunda fase: a partir de 1º de janeiro de 2024, o BIM deverá ser utilizado no orçamento, no planejamento, no controle da execução de obras e na atualização do modelo e de suas informações como construído (as built).
- Terceira fase: a partir de 1º de janeiro de 2028, o BIM deverá ser utilizado no gerenciamento e na manutenção dos empreendimentos após a sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM.

No Brasil, a adesão ao BIM vem avançando nos últimos anos, porém o uso das ferramentas por profissionais e empresas ainda é feito de maneira individual e sem padronização de processos (GRANT THORNTON, 2020). Por isso é necessária que sua implementação seja feita de maneira clara, sistemática e planejada, ou seja, treinar pessoal; configurar o sistema e biblioteca e modelo de documento; adaptar o procedimento de revisão e aprovação de projeto; adaptar-se a regulamentos nacionais e internacionais (GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SACKS et al., 2018; SACKS; GUREVICH; SHRESTHA, 2016).

Do exposto acima, entende-se que a adoção do BIM é baseada em tecnologia, pessoas e processos. A tecnologia envolve a infraestrutura necessária para a operação e a organização tem como prioridade a aquisição de computadores, programas e sistemas atualizados. Os processos compreendem o plano de trabalho

e como a organização está disposta a desenvolver novas soluções e adaptar os processos existentes priorizando troca de informações e dados. Além de fazer uso extensivo de bibliotecas, padrões e recursos da web (ABDI, 2017a; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SACKS et al., 2018; SINOH; OTHMAN; IBRAHIM, 2020).

Por fim, as pessoas, que são o foco principal da implementação, onde a alta administração da organização deve possuir liderança decisiva e estar envolvida na adoção do BIM. Deve também formar equipes envolvendo o pessoal sênior, que possui competência intelectual e experiência, e o pessoal jovem especializado em BIM, a fim de integrar conhecimento e tecnologia. Além disso deve haver treinamento de pessoal através de cursos, palestras, *workshops* e *webinars on-line* (ABDI, 2017a; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SACKS et al., 2018; SINOH; OTHMAN; IBRAHIM, 2020).

Para uma boa implementação do BIM, recomenda-se a criação de um plano de desenvolvimento embasado e alinhado aos objetivos estratégicos da organização (SACKS et al., 2018). Esse plano pode ser dividido em 8 partes: (i) estudar a metodologia da empresa; (ii) avaliar equipamentos de tecnologia; (iii) estudar os fatores técnicos relacionados ao BIM; (iv) treinamento da equipe; (v) criação de processos padrão; (vi) estabelecer metas e objetivos; (vii) testar os processos em um projeto piloto; (viii) monitorar as atividades (ABDI, 2017c; AWWAD; SHIBANI; GHOSTIN, 2020; CARVALHO, 2019; GUREVICH; SACKS, 2020; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; LEUSIN, 2020; SINOH; OTHMAN; IBRAHIM, 2020).

Estudar sobre a metodologia da empresa compreende em entender a estrutura organizacional para o desenvolvimento de projetos e quais as necessidades dos arquitetos, gestores e das equipes vinculadas ao optarem pelo uso do BIM; verificar a qualificação da equipe, os processos já existentes e suas documentações. Além disso, os gestores devem estar comprometidos a alcançar melhores resultados, fornecendo treinamentos e apoio financeiro para adaptação da nova metodologia (ABDI, 2017c; CARVALHO, 2019; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SINOH; OTHMAN; IBRAHIM, 2020).

Avaliar quais equipamentos de tecnologia podem ser adotados e modificados junto a equipe de tecnologia da informação (TI), tais como a configuração necessária para a utilização de programas, computadores, configurações de servidores, impressoras e rede (SACKS et al., 2018).

Estudar os fatores técnicos relacionados ao BIM compreende em avaliar quais programas que podem ser adotados, entendendo os usos, limitações e familiaridade da equipe; compatibilidade entre programas; verificando os custos de compra ou licença e se há suporte técnico do fabricante (ABDI, 2017c; AWWAD; SHIBANI; GHOSTIN, 2020; CARVALHO, 2019; SINOH; OTHMAN; IBRAHIM, 2020).

Treinar a equipe para a mudança de metodologia e programas e assim garantir que todos estejam preparados para os novos processos e uso das ferramentas (ABDI, 2017c; AWWAD; SHIBANI; GHOSTIN, 2020; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SACKS et al., 2018).

A primeira grande dificuldade e preocupação dos líderes de empresas é o alto custo inicial para atualizar computadores, programas, equipamentos e pessoas (AWWAD; SHIBANI; GHOSTIN, 2020; CHAREF et al., 2019). Por isso, Costin *et al.* (2018) recomendam que avaliações do retorno sobre o investimento (ROI) e análises de custos sejam conduzidas para determinar a melhor forma de adquirir novas tecnologias.

Já Meng *et al.* (MENG et al., 2020) afirma que a implementação de novos programas é composta de muitos desafios e fatores de riscos que podem afetar o desempenho das novas tecnologias. Por isso, é necessário compreender de forma abrangente esses fatores a fim de ajudar os usuários do BIM a responder antecipadamente aos riscos potenciais e assim aumentar a possibilidade de sucesso da implementação.

A criação de processos padrão consiste em criar manuais, *templates*, organização da biblioteca dos componentes e famílias para aumentar a produtividade (ABDI, 2017c; CARVALHO, 2019; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017). Biblioteca de objetos BIM ou, simplesmente, biblioteca ou família é um conjunto de classes de objetos paramétricos que refletem sua funcionalidade-alvo, tais como, portas, janelas etc (SACKS et al., 2018). Muitas famílias já são predefinidas pelo sistema, mas quando o objeto paramétrico não existe na ferramenta BIM, pode-se: criá-lo em outro sistema e importá-lo; definir novas famílias ou novas classes que atendam a necessidade do projetista; baixar famílias de bancos de dados na web, tais como o da biblioteca nacional BIM-BR (BIM-BR, 2021; SACKS et al., 2018)

Já o *template* ou gabarito é a pré-configuração do ambiente de trabalho, onde constam as diretrizes para desenvolvimento de um projeto, objetos BIM usados com muita frequência, modelos de planilhas de quantitativos, de folhas e de padrões

gráficos (ABDI, 2017a). Por isso é importante o desenvolvimento de um bom *template*, pois segundo Leusin (2020), o uso de templates pode economizar cerca de 30% das horas técnicas consumidas no projeto.

Estabelecer metas e objetivos possíveis de serem alcançados e sempre motivar a equipe. Testar os processos em um projeto piloto, escolhendo atividades pequenas e/ou fácies de realizar para colocar o processo em prática (ABDI, 2017c; CARVALHO, 2019; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; SACKS et al., 2018).

Por fim, monitorar as atividades, avaliando o sucesso ou fracasso de cada etapa, buscando aprender com os erros e replanejar periodicamente cada novo ciclo (ABDI, 2017c; CARVALHO, 2019; SACKS et al., 2018). O monitoramento das atividades pode ser feito através de medidas quantitativas, tais como controle de tempo e de custo necessário para entrega de cada etapa, redução de número de pedidos de ajustes e/ou explicações do projeto, e medidas qualitativas, como a satisfação do produto final por parte do cliente ou do solicitante do projeto (AWWAD; SHIBANI; GHOSTIN, 2020; GUREVICH; SACKS, 2020; YANG; CHOU, 2019). Também deve ser feito periodicamente testes de Maturidade BIM para entender o comportamento evolutivo das equipes e da empresa (YANG; CHOU, 2019).

Muitas organizações necessitam de ajuda externa para implementar o BIM. Awwad; Shibani; Ghostin (2020) indicaram em seu trabalho que a contratação de um consultor externo pode ser extremamente importante, caso a organização não tenha experiência e conhecimento do BIM para trabalhar em projetos. Para essa situação, o consultor será responsável por desenhar todo o plano de implementação, treinando funcionários e avaliando os resultados finais.

2.1.2 Viabilização do BIM

Para viabilizar o uso do BIM, em paralelo ao projeto piloto, é preciso que haja mudanças nos processos da organização. Nesse contexto, um gerente BIM bem treinado é de fundamental importância para o uso contínuo do BIM após sua implementação, pois ajuda a equipe a manter-se motivada focando no uso do BIM para atingir os objetivos organizacionais. É de responsabilidade do gerente BIM criar documentos contratuais que estabeleçam requisitos e objetivos, o que permite que haja padrões de informações e evite retrabalhos (GUREVICH; SACKS, 2020; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017).

Outra mudança no processo é a entrada de projetistas e especialistas de diferentes disciplinas em etapas iniciais de elaboração do projeto, a fim de trabalhar colaborativamente e garantir que as necessidades do proprietário sejam atendidas. Consegue-se, assim, antecipar a detecção de conflitos, reduzindo o número de pedidos de informação e de divergências, que antes só iriam ser percebidos na construção, o que resulta uma gestão de custos e de tempo mais precisa (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; LEUSIN, 2020; SACKS et al., 2018).

A troca de informações entre aplicações, ou interoperabilidade, é uma questão crítica do uso do BIM, pois pode haver perda de dados na troca de programas. Isso pode ocorrer por razões como: (i) cobertura limitada de um modelo – os dados de interesse não estão dentro do escopo de um modelo de dados ou de um formato de arquivo de intercâmbio; (ii) problemas no tradutor – um tradutor não suporta os dados de interesse; (iii) erros (*bugs*) nos *softwares* ou problemas de implementação – o aplicativo de *software* apresenta um problema para carregar ou visualizar os dados; (iv) problemas no domínio do software – os dados de interesse estão fora do escopo do aplicativo de software; (v) problemas com o controle da versão – atualização de versão do projeto por uma das disciplinas, sem a comunicação com os demais membros das equipes (SACKS et al., 2018).

Segundo Sacks *et al.* (2018), a troca de informações podem ser feitas por ligações diretas, intercâmbio de dados baseado em arquivos e intercâmbio de dados baseado em um servidor modelo.

As ligações diretas consistem na troca de informações entre duas aplicações por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API) e geralmente dependem de linguagens C ++, C# ou Visual Basic. As empresas de programas costumam fornecer uma ligação direta ou intercâmbios proprietários para programas específicos, como por exemplo a GDL (da ArchiCAD), a Open API (da Revit) ou a MDL (da Bentley) (SACKS et al., 2018).

O intercâmbio de dados baseado em arquivos consite na troca de dados por meio de um arquivo modelo, seja ele um formato de intercâmbio proprietário ou um formato padrão publicamente aberto, como por exemplo DXF e RVT da Autodesk e o PLN da Graphisoft (SACKS et al., 2018).

O intercâmbio de dados baseado em um servidor modelo é também conhecido por servidor modelo, servidor BIM, repositório de dados, repositório de dados do produto ou ambiente de dados comum (CDE, Common Data Environment). A troca de

informações nesse modelo é realizada através de um gerenciamento de banco de dados (SACKS et al., 2018).

Assim, é importante definir qual processo de troca de dados será o padrão a ser utilizado na organização, devendo, sempre que for possível, preferir que a troca de informações entre as disciplinas sejam síncronas, consentindo aos especialistas acesso ao banco de dados contendo todas as informações do projeto. Isso permite uma abordagem de colaboração entre os parceiros, na qual todos podem perceber as necessidades dos demais, facilitando a comunicação e melhorando enormemente a qualidade do processo decisório (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; LEUSIN, 2020).

A colaboração antecipada entre disciplinas, também permite que diversos tipos de opções de design possam ser previamente testadas e comparadas entre si, a fim de se obter projetos mais eficientes e econômicos (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; LEUSIN, 2020). Com o uso do BIM também podem ser feitas análises de desempenho energético e de luminosidade, conforto acústico, o que pode reduzir custos de impactos ambientais e os custos operacionais (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017). Isso agrega valor aos modelos, pois se pode obter informações antencipadas e planejar melhor a operação e a manutenção, além de melhorar o desempenho da estrutura (GUREVICH; SACKS, 2020).

Do exposto, pode-se afirmar que a mudança no processo de design de projetos usando o BIM permite fazer simulações, tais como energia, luminosidade, além de poder ajustar o layout a fim de que ele se encaixe no orçamento, o que leva a otimização dos recursos dentro da instituição ao longo do ciclo de vida da construção (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; LEUSIN, 2020; LU et al., 2017).

O planejamento de recursos públicos voltados a Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) serão estudados no próximo item.

2.2 PLANEJAMENTO DOS RECURSOS PÚBLICOS

O orçamento público se caracteriza como uma peça jurídica contábil que revisa as despesas a serem realizadas pelo Estado e autoriza a cobrança de impostos e outras fontes de recursos por um período determinado com interesses efetivos da população (FACCO, 2021). E, segundo o TCU (2020), toda e qualquer organização

pública deve existir somente em decorrência da necessidade dos seus serviços ou das políticas públicas que implementam. Para a execução dos serviços públicos é necessário que existam as entidades públicas, que são responsáveis por gerenciar os recursos com eficiência e eficácia com a missão de empregá-los visando o bem-estar social (MARINO, 2021).

O planejamento público é dividido em três níveis: estratégico, tático e operacional. O nível estratégico é responsável pelas diretrizes e objetivos gerais do governo e é um planejamento mais abrangente e de prazo mais longo. Está associado ao Presidente, Ministros e Secretários e se manifesta nas orientações estratégicas do Plano Plurianual (PPA). O nível tático ou gerencial é a decomposição dos objetivos estratégicos em orientações mais detalhadas para cada área de governo e está sob a responsabilidade de Secretários, Gerentes e Coordenadores. É um planejamento de prazo médio e é operado pelas leis orçamentárias PPA, Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e Lei de Orçamento Anual (LOA). O nível operacional refere-se à execução orçamentária e financeira das atividades e é elaborado por Coordenadores, Analistas e Técnicos por um período de curto prazo (COSTA JUNIOR, 2021a).

Segundo a Constituição Federal no artigo 165 (BRASIL, 1988), as leis que determinam as ações de governo são PPA, LDO e LOA. O PPA possui vigência de de 4 anos e estabelece de forma regionalizada as diretrizes, objetivos e metas da administração pública federal. Deve ser enviada ao Poder Legislativo até 4 meses antes do final do primeiro exercício financeiro do mandato do novo governante (31/08) e devolvida ao Poder Executivo até o encerramento da sessão legislativa do ano do seu envio (22/12) (BRASIL, 1988; COSTA JUNIOR, 2021b).

A LDO possui vigência de 18 meses e estabelece as metas e prioridades da administração pública federal, além de orientar a elaboração da LOA. Deve ser enviada ao Poder Legislativo até oito meses e meio antes do encerramento do exercício financeiro (15/04) e devolvida ao Poder Executivo até o encerramento do primeiro período da sessão legislativa (17/07) (BRASIL, 1988; COSTA JUNIOR, 2021b).

A LOA possui vigência de 12 meses e compreende o orçamento fiscal referente aos Poderes da União, seus fundos, órgãos e entidades da administração direta e indireta, inclusive: (i) fundações instituídas e mantidas pelo poder público; (ii) orçamento de investimento das empresas em que a União, direta ou indiretamente,

detenha a maioria do capital social com direito a voto; (iii) orçamento da seguridade social, abrangendo todas as entidades e órgãos a ela vinculados, da administração direta ou indireta; (iv) bem como os fundos e fundações instituídos e mantidos pelo poder público. Deve ser enviada ao Poder Legislativo até 4 meses antes do final do exercício financeiro anterior a sua vigência (31/08) e devolvida ao Poder Executivo até o encerramento da sessão legislativa do ano do seu envio (22/12) (BRASIL, 1988; COSTA JUNIOR, 2021b).

A Constituição ainda estabelece que lei complementar deve dispor sobre: (i) finanças públicas; (ii) fiscalização financeira da administração pública direta e indireta; (ii) exercício financeiro, a vigência, os prazos, a elaboração e a organização das leis orçamentárias; (iv) estabelecer normas de gestão financeira e patrimonial da administração direta e indireta, bem como condições para a instituição e funcionamento de fundos; (v) critérios para a execução equitativa, além de procedimentos que serão adotados quando houver impedimentos legais e técnicos, cumprimento de restos a pagar e limitação das programações de caráter obrigatório, para a emendas individuais e de bancada; (vi) limites da despesa com pessoal ativo e inativo da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 1988; COSTA JUNIOR, 2021b).

É por meio do ciclo orçamentário que se elabora, estuda e aprova, executa, controla e avalia os programas do setor público nos aspectos físico e financeiro (COSTA JUNIOR, 2021b; MARINO, 2021). Elaborar compreende em fixar objetivos a serem alcançados para o período analisado, calculando-se os recursos materiais, humanos e financeiros para sua materialização. É de competência do Poder Executivo e deve estar em conformidade com o PPA e a LDO (COSTA JUNIOR, 2021b; MARINO, 2021).

Estudar e Aprovar compreendem na discussão, votação e aprovação da LOA e é de competência do Poder Legislativo. Executar consiste em materializar o que foi planejado seguindo o que foi previsto na LOA. Controlar e Avaliar referem-se a medir a eficiência com que as ações foram realizadas e o grau de racionalidade de recursos utilizados (MARINO, 2021).

O próximo item tratará sobre o planejamento de orçamento de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES).

2.2.1 Planejamento de Orçamento em IFES

As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) são essenciais para o crescimento do desempenho econômico e financeiro de uma nação, elas são agentes do conhecimento, tecnologia e capital social e possuem como missão produzir ensino, pesquisa e extensão (CAETANO; CAMPOS; CAVALCANTI, 2021; FACCO, 2021; MARINO, 2021). A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) e a Lei nº 9.394 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 (BRASIL, 1996) são as principais normas que definem e regulam o sistema educacional brasileiro e preconizam que a educação é direito de todos os cidadãos, sendo que o Estado e a família são os responsáveis por seu provimento (FACCO, 2021).

As IFES são órgãos da administração indireta e desenvolvem atividades com a finalidade principal de executar a dotação prevista e fixada na LOA (MARINO, 2021). Pode-se entender como Execução Orçamentária a utilização de créditos (ou dotações) consignados no orçamento. O termo crédito, nesse contexto, designa o lado orçamentário, representando a dotação ou autorização de gasto. Que se diferencia de recurso, que nesse contexto refere-se ao lado financeiro, indicando dinheiro ou saldo financeiro (NOBLAT; BARCELOS; SOUZA, 2014).

A gestão de uma IFES é determinada em Estatuto, onde constam informações sobre a estrutura e funcionamento, definição de políticas para ensino, pesquisa, extensão e gestão, além dos objetivos e finalidades da instituição (RIBEIRO, 2012). Uma das principais ferramentas da gestão pública nos processos decisórios é o orçamento público pautado no que é estabelecido pela LOA, definido pelo Governo Federal, e tem como base informações sobre estimativa de gastos com pagamentos para servidores ativos e inativos (vencimentos, encargos e benefícios) e limites para Programas e/ou Ações Orçamentárias Específicas definidas pelos Órgãos do Ministério da Educação (MEC). Esse documento deve ser tratado como instrumento de planejamento e controle operacional, onde, por meio de contas, antecipa o resultado patrimonial e global da gestão (FACCO, 2021).

Como explicado no item anterior (Planejamento dos Recursos Públicos), o ciclo orçamentário se divide em quatro etapas: (i) elaboração, (ii) estudo e aprovação, (iii) execução e (iv) controle e avaliação (COSTA JUNIOR, 2021b; MARINO, 2021). Assim, a elaboração do planejamento de uma IFES é estabelecida através de um acordo entre o MEC e a Associação Nacional de Dirigentes das Instituições Federais

de Ensino Superior (ANDIFES) denominado Matriz OCC (alocação de recursos orçamentários anuais para custeio e capital). A Matriz OCC indica que a distribuição do orçamento terá como base indicadores acadêmicos anuais obtidos em cada IFES, que são coletados, analisados e validados (FACCO, 2021; MARINO, 2021). Também é necessário que cada IFES informe a previsão de receita para compor seu orçamento e, a partir dessas informações, o MEC compõe a Proposta de Lei Orçamentária Anual (PLOA) do ano seguinte (MARINO, 2021).

A etapa estudo e aprovação é de responsabilidade do Poder Legislativo e é onde a LOA é aprovada. Na etapa de execução, os gestores devem executar a dotação orçamentária aprovada na LOA conforme as prioridades estabelecidas nos planejamentos da IFES. Por fim, a etapa de controle e avaliação julga se os objetivos fixados no orçamento foram empregados para os fins estabelecidos de maneira eficiente (MARINO, 2021).

O orçamento das IFES pode ser dividido em três grupos: (i) despesas obrigatórias – pessoal e encargos; (ii) gastos de manutenção – energia, água, internet etc; (iii) investimentos – planejamento e execução de obras, instalações e aquisição de equipamentos. Onde as despesas obrigatórias são elevadas, cerca de 80% do orçamento total, o que faz com que os gestores públicos tenham pouca flexibilidade para exercer o controle sobre os gastos (FACCO, 2021; MARINO, 2021).

O próximo item tratará sobre o planejamento de orçamento de na UFPE.

2.2.2 Planejamento de Orçamento na UFPE

A UFPE é uma instituição pública que possui em suas atribuições ministrar o ensino em grau superior, realizar pesquisa e estimular atividades criadoras no campo das ciências, artes e das letras. A UFPE tem nos recursos públicos sua principal fonte de financiamento (cerca de 99% do total de recursos), sendo assim, é afetada diretamente pelos aspectos políticos, econômicos e sociais que ocorrem no Brasil (UFPE, 2018, 2019, 2020a).

O planejamento da UFPE está dividido em três níveis: (i) estratégico – estabelece a missão e os elementos básicos do Planejamento Estratégico Institucional (PEI) para um ciclo de longo prazo (de 2013 a 2027); (ii) tático – estabelece metas e indicadores de gestão em um prazo médio de 5 anos. Esse plano é chamado de Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI); (iii) operacional – é a execução das ações

necessárias para atingimento dos objetivos e metas do exercício, que é chamado de Plano de Ação Institucional (PAI) (UFPE, 2018).

Baseado no planejamento do PAI, as ações da da Diretoria de Licitações e Contratos (DLC) são monitoradas pela Pró-Reitoria de Planejamento Orçamentário e Finanças (PROPLAN). A PROPLAN é responsável por coordenar a elaboração do planejamento orçamentário, gestão orçamentária, financeira e contábil da UFPE, além de orientar na elaboração, acompanhamento, fiscalização e prestação de contas de projetos de ensino, pesquisa, extensão e desenvolvimento institucional e pela transparência na aplicação dos recursos públicos investidos (UFPE, 2019, 2021).

A Emenda Constitucional (EC) nº 95 (BRASIL, 2016) estabeleceu limites individualizados para as despesas primárias, que são as despesas de pessoal, encargos sociais, transferências para outros entes públicos e investimentos. Uma vez estabelecido o teto de gastos com as despesas primárias, um conjunto de despesas relevantes a UFPE, tais como custos de funcionamento de laboratórios, reposição de equipamentos e manutenção geral de sua infraestrutura, tendem a ser muito comprimidos com tendência a inviabilizar o seu adequado funcionamento (UFPE, 2020a).

Assim, entendendo que os recursos públicos são a principal fonte de financiamento das IFES e que esses estão cada vez mais limitados, deve-se buscar a melhor forma de usá-los, a fim de atender a missão dessas instituições: ensino, pesquisa e extensão. O próximo item aborda o Apoio Multicritério a Decisão e como ele pode auxiliar em escolhas de projetos que melhor usem os recursos públicos.

2.3 APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO

Gomes (2020) define decisão como o processo que leva à escolha de ao menos uma entre diferentes alternativas candidatas a resolver o determinado problema. Em um processo básico de tomada de decisão, um decisor escolhe a melhor alternativa entre as possíveis.

Gomes e Gomes (2019) definem a teoria da decisão como um conjunto de procedimentos e métodos de análise que buscam assegurar coerência, eficácia e eficiência nas tomadas de decisão em função das informações disponíveis. Para Hillier e Lieberman (2013) as decisões muitas vezes são tomadas em ambientes propensos a incertezas. Já Antunes *et al.* (2005) afirmam que a decisão está

relacionada à comparação de diferentes abordagens, alguns a favor e alguns contra. Dentro desta pluralidade de pontos de vista, está o Apoio Multicritério a Decisão (AMD).

O AMD não tem por objetivo apresentar uma solução ao decisor, mas sim apoiar ou auxiliar a decisão, ou seja, recomendar ações a quem vai tomá-la (GOMES, 2020; GOMES; GOMES, 2019). Não é simplesmente um processo técnico, pois sua implementação bem-sucedida depende de um processo eficaz, com análises bem estruturadas e bem conduzidas pelos agentes envolvidos na tomada de decisão (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2009).

Os métodos AMD apoiam e conduzem os decisores na avaliação e escolha de alternativas sob a influência de uma multiplicidade de critérios, tentando incorporar os julgamentos dos agentes a fim de acompanhar a maneira como se desenvolvem preferências e entender o processo de aprendizagem. Esses métodos servem para selecionar, ordenar, classificar ou descrever detalhadamente as alternativas e podem ser usados de forma individual ou combinada (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2009; GOMES, 2020; GOMES; GOMES, 2019; SOUZA; GOMES; BARROS, 2018).

Existem vários métodos e técnicas AMD, mas as características básicas são: (i) possui um conjunto de ações (alternativas, soluções, ações) – uma ação é considerada como potencial quando é possível de implementá-la; (ii) pelo menos dois critérios conflitantes – critério é uma ferramenta que avalia e compara ações potenciais de acordo com um ponto de vista bem definido; (iii) pelo menos um decisor (AMORIM, 2014; ANTUNES et al., 2005; GOMES, 2020; GOMES; GOMES, 2019; TRIANTAPHYLLOU et al., 1998).

A escolha do método AMD a ser usado deve levar em consideração aspectos como a natureza do problema a ser resolvido; a forma como os dados serão levantados; o tipo de comunicação entre o analista e o tomador de decisão (ANTUNES et al., 2005; GOMES, 2020).

Os métodos AMD podem resolver problemas com números finitos ou infinitos soluções. O ramo contínuo de decisão multicritério, comumente conhecido por otimização multiobjetivo ou otimização vetorial se caracteriza por resolver problemas com número infinito de possíveis soluções alternativas. Já o ramo discreto ou decisão multicritério discreta se caracteriza por resolver problemas com número finito de

soluções. É importante destacar que algumas metodologias de otimização multiobjetivo podem ser aplicadas no ramo discreto (GOMES, 2020).

Gomes; Gomes (2019) classificam os métodos discretos de AMD quanto a teoria principal em que se baseiam e os dividem em cinco grupos, a saber:

- Classificação segundo a escola americana – assume que todos os estados são comparáveis e não existe incomparabilidade. Os métodos que representam essa escola são o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)*;
- Classificação de métodos de subordinação e síntese ou escola francesa ou escola europeia – existe a relação de prevalência de síntese que aceita incomparabilidade. Os métodos que representam essa escola são o ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*), Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique e o PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)*;
- Classificação dos métodos interativos – são associados a problemas discretos ou contínuos e têm por característica apoiar e melhorar os processos de decisão;
- Classificação de métodos em outras escolas – não utilizam conceitos de escolas anteriores, por exemplo o método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*);
- Classificação híbrida – usa conceitos de duas ou mais escolas.

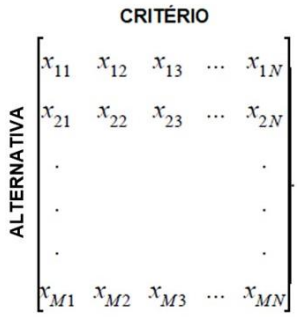
O AMD tem muitas vantagens sobre o julgamento informal: (i) o processo de análise é aberto e explícito, facilitando o entendimento por especialistas e não especialistas caso seja necessária uma auditoria; (ii) as escolhas dos objetivos e critérios podem sofrer mudanças, caso o grupo de tomada de decisão avalie necessidade; (iii) as pontuações e pesos são desenvolvidos de acordo com as técnicas estabelecidas pela literatura ou por fontes de informações relevantes; (iv) fornece um importante meio de comunicação; (v) maior transparências do processo decisório, pois as preferências dos tomadores de decisão ficam claramente explicitadas; (vi) pode abranger critérios quantitativos e qualitativos; (vii) o modelo estabelecido inicialmente pode ser aprimorado com o passar do tempo (ANTUNES et al., 2005; DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2009; GOMES; GOMES, 2019).

Para este trabalho, optou-se pelo uso do TOPSIS tradicional associado ao método de otimização Programação Linear Inteira. Os próximos subitens trazem uma breve explicação a respeito desses métodos.

2.3.1 Método TOPSIS Tradicional

No método TOPSIS uma matriz de decisão é construída para avaliar as M alternativas em termos de N critérios, conforme apresentado na figura 3, além disso, a avaliação acontece em seis etapas (ABDULGADER; EID; ROUYENDEGH, 2018; TRIANTAPHYLLOU et al., 1998). Geralmente, os critérios podem ser classificados em dois tipos, benefício (solução ideal positiva) e custo (solução ideal negativa) (KROHLING; CAMPANHARO, 2011).

Figura 3 – Matriz de decisão



Fonte: Triantaphyllou *et al*. 1988

a) Etapa 1: Esta etapa consiste em normalizar os valores intracritério das alternativas. Assim, as várias dimensões de atributos são convertidas em atributos não dimensionais. A normalização da matriz de decisão pode ser calculada de acordo com a equação 1.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^2}} \quad (1)$$

b) Etapa 2: Nesta etapa é feita a elicitação dos pesos junto ao decisor, onde um peso é atribuído a cada critério e é calculada a matriz de decisão normalizada ponderada. O conjunto de pesos é representado por $W = (w_1,\ldots,w_N)$, onde $\sum w_i=1$.

c) Etapa 3: Consiste em determinar as soluções ideais positivas A+ e negativas A-. A+ e A- são definidos como mostram as equações 2 e 3. Para o critério de

benefício, deseja-se o valor máximo entre as alternativas, já para o critério custo, deseja-se um valor mínimo entre as alternativas.

$$A^{+} = (v_1^{+}, \dots, v_m^{+}) \quad (2)$$

$$A^{-} = (v_1^{-}, \dots, v_m^{-}) \quad (3)$$

Onde:

$$v_{ij} = w_i * r_{ij} \quad (4)$$

$$A^{+} = \max_i v_{ij}, j \in J_1; \min_i v_{ij}, j \in J_2 \quad (5)$$

$$A^{-} = \min_i v_{ij}, j \in J_1; \max_i v_{ij}, j \in J_2 \quad (6)$$

d) Etapa 4: Consiste em calcular as medidas de separação usando a distância euclidiana N-dimensional, as medidas de separação de cada alternativa da solução ideal positiva e da solução ideal negativa, conforme apresentado nas equações (7) e (8).

$$d^{+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_j^{+} - v_{ij}\right)^2} \quad (7)$$

$$d^{-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_j^{-} - v_{ij}\right)^2} \quad (8)$$

e) Etapa 5: Nesta etapa é calculada a proximidade relativa à solução ideal utilizando-se a equação 9.

$$D_i = \frac{d_i^{-}}{d_i^{-} + d_i^{+}} \quad (9)$$

f) Etapa 6: Uma vez que todas as distâncias foram calculadas, as alternativas são classificadas de modo decrescente com base em D_i (HWANG; YOON, 1981).

O método TOPSIS possui como principal vantagem a possibilidade de ser analisado com qualquer número de critérios e atributos e como principal desvantagem é que originalmente ele não considerava a incerteza nas ponderações (ABDULGADER; EID; ROUYENDEGH, 2018; KROHLING; CAMPANHARO, 2011). Para resolver problemas de incerteza, o método FUZZY-TOPSIS foi desenvolvido por Triantaphyllou e Chi-tun (1996) com o objetivo de obter o coeficiente de proximidade difuso (CC) para cada alternativa utilizando operações aritméticas FUZZY e fornecer a ordem de preferência das alternativas por meio de um método de defuzzificação.

2.3.2 Programação Linear Inteira

Um problema de programação linear inteira (PLI) é um problema de otimização que nenhuma variável pode assumir valores contínuos, ficando condicionada a assumir valores discretos (GOLDBARG; LUNA, 2005). A PLI usa um modelo matemático para alocar da melhor forma possível recursos limitados para atividades que competem entre si por recursos escassos para realizar as mesmas atividades (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A forma padrão do modelo é apresentada nas equações 10, 11 e 12. Onde Z é valor da medida de desempenho global; x_j nível de atividade (para j = 1, 2, ..., n); c_j é o incremento do nível de atividade j; b_i é a quantidade do recurso i disponível para alocação das atividades (para i = 1, 2, ..., m); a_{ij} é o recurso i consumido por unidade de atividade j. Nesse modelo, admite-se que a atividade só pode ser escolhida uma vez e que a restrição da variável é inteira, ou seja, $x_j = 0$ (se ela não for escolhida) ou $x_j = 1$ (se for escolhida). As variáveis de decisão são x_j e os parâmetros do modelos são c_j, b_i e a_{ij} (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \tag{10}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_1 \tag{11}$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_m \tag{12}$$

$$x_j \in \{0, 1\}$$

O Problema da Mochila é um importante modelo de PLI, pode-se entendendê-lo fazendo analógia ao desafio de encher uma mochila sem ultrapassar seu peso e otimizando o que será carregado. As equações 13 e 14 representam a formulação matemática do Problema da Mochila. Sabendo que c_j representa o valor econômico dado a cada atividade, w_j representa o peso e b a restrição (GOLDBARG; LUNA, 2005).

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \tag{13}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j x_j \leq b \tag{14}$$

$x_j \in \{0, 1\}$

O objetivo da PLI é encontrar a melhor solução (solução ótima) para o modelo, que seja viável e possua o valor mais favorável da função objetivo (função a ser maximizada) (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

2.4 SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PORTFÓLIO

Projeto é um esforço temporário que consiste em atividades coordenadas e controladas com o objetivo de criar um produto, serviço ou resultado único. Já portfólio pode ser definido como um conjunto de projetos, programas e operações que são agrupados a fim de facilitar o gerenciamento e de atender as metas estratégicas (ABNT, 2012; ALMEIDA; NETO, 2015; PROJECT MANANGEMENT INSTITUTE, 2017).

As atividades de gerenciamento de portfólio podem ser divididas em planejamento, coordenação e controle de processos. A seleção de portfólio é um processo de coordenação e deve ser executada após todos os projetos serem avaliados (RAAD; SHIRAZI; GHODSYPOUR, 2020).

Os projetos geralmente competem por recursos escassos e envolve muitos fatores que são complexos para serem considerados simultaneamente (HASHEMIZADEH; JU, 2019). A seleção e priorização de portfólio é o processo de escolha de projetos disponíveis sem exceder a disponibilidade de recursos ou violar as restrições organizacionais. Também se espera que o portfólio escolhido traga benefícios positivos, tais como aumento de receitas e contribuição para o conhecimento da empresa (FREITAS, 2016; LIESIÖ et al., 2021; TAVANA et al., 2015).

Por isso a seleção de projetos não pode ser feita de forma intuitiva ou baseada em critérios inadequados, mas sim de forma clara, lógica, explícita e bem definida (AHRIZ et al., 2018; SOUZA; GOMES; BARROS, 2018). O total de subconjuntos possíveis como melhor cenário é representado por 2^n, onde n é o número de projetos a serem avaliados. Assim, a utilização de modelos para a seleção e priorização de portfólio é importante, pois representa uma realidade simplificada próxima da realidade com o objetivo de suportar o processo de escolha e buscar melhorar a

análise de decisão. (ALMEIDA; NETO, 2015; FREITAS, 2016; SALO; KEISLER; MORTON, 2010).

A abordagem de seleção de portfólio é um processo dinâmico da tomada de decisão, onde uma lista de projetos candidatos é continuamente analisada e revisada (SOUZA; GOMES; BARROS, 2018). Existem vários métodos para priorizar a seleção de portfólios, dentre eles, pode-se destacar: (i) método de ponderação de fatores; (ii) programação linear ou programação linear inteira; (iii) análise por envoltória de dados ou *data envelopment analysis* (DEA); (iv) análise multicritério; (v) moderna teoria do portfólio; (vi) teoria dos jogos (ALMEIDA; NETO, 2015).

O final do processo de priorização é a sua otimização, onde o portfólio de projetos será analisado, otimizado e balanceado a fim de buscar o conjunto de componentes com maior potencial para suportar as estratégias da organização (ALMEIDA; ALMEIDA, 2013; ALMEIDA; NETO, 2015).

2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO

A priorização e seleção de portfólio é um tema bastante discutido na literatura. Alguns trabalhos utilizaram apenas métodos multicritérios para a priorização de portfólio, pode-se citar Ahriz et al. (2018), Souza; Gomes e Barros (2018), Hashemizadeh e Ju (2019) e Ma et al. (2020) que propuseram um modelo que usa a combinação de AHP e TOPSIS para priorizar projetos em tecnologia da informação, contratação de projetos para construção e projetos sustentáveis.

Porém os modelos apresentados acima apenas ordenam os projetos e não levam em consideração limitações, como de orçamento ou de pessoal para seleção do portfólio. Ou seja, há priorização de projetos e não de portfólio.

Já outros trabalhos usaram a PLI para selecionar o melhor portfólio. Heidar-Fathian; Davari-Ardakani (2020) definiram um modelo PLI biobjetiva com maximização do valor presente líquido esperado dos fluxos de caixa do projeto e com minimização da variação do uso de recursos entre períodos sucessivos de tempo. O modelo é usado em seleção onde alguns dos projetos já estão em operação e os projetos candidatos têm relações entre si. Canbaz; Marle (2016) usaram PLI para selecionar portfólio em que os projetos possuem interações entre si, interferindo na quantidade e na obrigatoriedade de alguns projetos serem escolhidos. A limitação de modelos que usam apenas a PLI é que as restrições usam critérios apenas quantitativos.

Por fim, existem trabalhos que propuseram modelos híbridos e usaram a combinação de técnicas AMD e de programação matemática. Mavrotas, Diakoulaki e Kourentzis (2008) propuseram um método usando método multicritério, pontuações aumentadas e programação linear para seleção de portfólio. O modelo foi aplicado para selecionar projetos de propostas de pesquisa de um instituto e foi dividido em duas fases: (i) fase de avaliação – usando um método multicritério e (ii) fase de seleção – usando pontuações aumentadas e método de programação linear inteira.

Tavana *et al.* (2015) seguiram essa mesma estrutura de Mavrotas, Diakoulaki e Kourentzis (2008), com o diferencial de usar a Análise de envoltória de dados (do inglês *Data Envelopment Analysis* – DEA) para a triagem inicial dos projetos. Este modelo foi proposto para projetos que não tem o mesmo tipo de importância e foi divido em 3 fases avaliados dentro de um contexto de uma empresa privada: (i) Estágio Preparatório, (ii) Estágio de Avaliação dos Projetos, (iii) Estágio de Seleção do Portfólio.

Tavana *et al.* (2019) propuseram um novo modelo, desta vez aplicado em uma empresa de segurança cibernética. Neste estudo, a abordagem foi dividida em dois estágios: (i) primeira etapa – cada projetos é avaliado usando critérios qualitativos da FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*) e FIS (*Fuzzy Inference System*); (ii) segunda etapa – programação matemática com objetivo de maximizar lucro e valor de projeto e minimizar risco, considerando a restrição orçamentária.

Nenhuma das pesquisas estudadas eram direcionadas a seleção de projetos aplicados ao contexto de uma IFES. O processo de seleção de projetos neste contexto é afetado por questões de recursos de pessoal e recursos financeiros. Estes são disponibilizados, muitas vezes, relacionados a momentos políticos, o que termina atrapalhando um planejamento consistente. Por isso há a necessidade de um modelo que se adapte a este cenário.

O próximo capítulo apresenta o contexto mais aprofundado do problema deste estudo.

3. CONTEXTO DO PROBLEMA

As IFES possuem como missão produzir ensino, pesquisa e extensão (FACCO, 2021; MARINO, 2021), onde o funcionamento, manutenção e execução de infraestruturas é de fundamental importância para o funcionamento das suas atividades fins. O novo regime Novo Regime Fiscal estabelecido em 2016 impôs um teto de gastos, onde as despesas obrigatórias devem ser prioridade no orçamento das instituições, implicando em baixo orçamento para a reposição de equipamentos, manutenção geral e recuperação de sua infraestrutura, com tendência a inviabilizar o seu adequado funcionamento (UFPE, 2019).

No relatório de Gestão da UFPE (UFPE, 2019), há a indicação de que as principais causas para o não cumprimento dos objetivos relacionados à infraestrutura naquele ano foram as orçamentárias e de força de trabalho. Problema esse que pode ser estendido às demais Instituições Federais, onde cerca de 80% do orçamento total é destinado às despesas com pagamento de pessoal e gastos de energia, água, internet (FACCO, 2021; MARINO, 2021). Ou seja, o orçamento disponível para infraestrutura é bastante limitado.

Neste trabalho, aprofundou-se o estudo para a UFPE e avaliou-se a realidade sobre a solicitações de novos projetos nessa instituição. O estudo foi realizado na Superintendência de Infraestrutura (SINFRA), mais especificamente na Diretoria de Planos e Projetos (DPP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A SINFRA foi criada em 2016 e tem por objetivo projetar, coordenar, fiscalizar, sancionar e executar as ações de planejamento dos espaços físicos, construção e manutenção da infraestrutura e urbanismo, preservação do patrimônio e do meio ambiente da UFPE (UFPE, 2020a).

A DPP é uma das diretorias que compõem a SINFRA e é responsável pela coordenação, elaboração de projetos e orçamento, além de colaborar com o Plano Diretor da UFPE. É composta por arquitetos, engenheiro estrutural, engenheiro elétrico, engenheiro de telecomunicações e técnicos (UFPE, 2020b).

Na DPP ainda não foi implementado o uso do BIM, a elaboração e entrega dos projetos elaborados segue o modelo tradicional de construção (projeto, construção e operação) e usa ferramentas 2D-CAD. Além de que cada disciplina trabalha de forma individualizada e a compatibilização das informações só acontece no final do processo sendo feita por sobreposição das plantas (MALTA, 2020).

As demandas de projetos que são solicitadas à SINFRA chegam de duas formas: (i) pela Reitoria da UFPE e (ii) pelo Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC). Os projetos solicitados pela Reitoria são prioritários, devendo ser obrigatoriamente desenvolvidos pela DPP e se caracterizam por serem estratégicos para a instituição, em conformidade com o PEI, e de grande porte. Esses projetos têm duas origens: Planejamento Anual da Universidade e captação de recursos parlamentares.

Já os projetos do SIPAC variam de pequeno a grande porte e podem ser solicitados a qualquer momento, ou seja, não há período limite durante o ano para que essas demandas cheguem, o que dificulta seu planejamento. Além disso, as informações solicitadas pelo sistema são insuficientes, gerando demandas fora do padrão e sem prévia análise sobre a sua real necessidade (MALTA, 2020). A figura 4 mostra os dados requeridos pelo SIPAC para projetos, onde se pedem os dados do solicitante, descrição da obra, local, observações e permite-se anexar documentos sobre a solicitação. Atualmente o critério para desenvolver esses projetos é a ordem de chegada, não levando em consideração outros critérios como a urgência e prazos de licitação, por exemplo.

Assim, estudando o contexto atual e considerando que na UFPE os projetos a serem desenvolvidos no âmbito da instituição são todos elaborados pela equipe de profissionais que trabalham na DPP, entende-se que há uma capacidade máxima de atendimento à demanda da comunidade. Portanto, a DPP necessita de uma sequência para o processamento das solicitações de projetos e que seja possível rearranjar a sequência inicial considerando as demandas estratégicas da Reitoria. Assim, este trabalho considerará restrições de mão de obra, de orçamento e outras restrições relacionadas à estratégia da Universidade e ao seu Plano Diretor para selecionar o melhor portfólio de projetos a ser desenvolvido pela DPP.

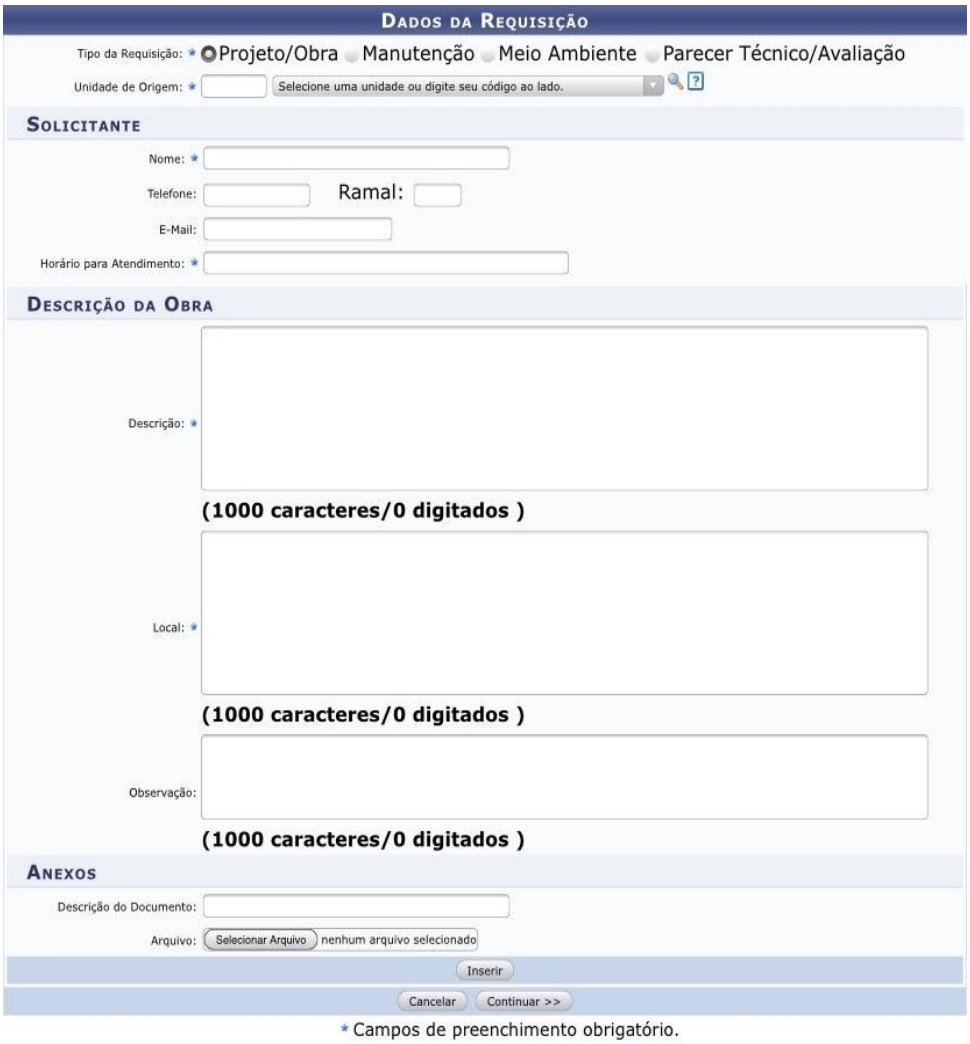
Optou-se neste trabalho pelo uso de um modelo usando o método TOPSIS associado à Programação Linear Inteira. O uso de TOPSIS na seleção de projetos traz maior clareza e facilidade de auditoria nas escolhas dos projetos, pois as pontuações atribuídas a cada critério e os pesos podem ser facilmente verificados ou ajustados com base nas experiências dos decisores. Já a Programação Linear Inteira otimiza a escolha, levando em consideração as restrições existentes no problema. Ou seja, o TOPSIS faz um ranqueamento dos projetos, priorizando-os através das pontuações dadas pelos decisores e a PLI seleciona o portfólio com base nos

resultados da proximidade relativa à solução ideal com mudança de escala e as restrições.

Dessa forma, o modelo proposto poderá ser usado em diversos contextos de instituições públicas, especialmente nas outras 51 IFES existentes no Brasil (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2022), ou até mesmo as privadas, em que se deseje maximizar os benefícios na escolha dos projetos, escolhidos através de análise de critérios quantitativos e qualitativos, e que se otimize os recursos existentes. O modelo também pode ser usado para selecionar projetos que possuem diversas finalidades, não apenas ligados à arquitetura e à construção.

O capítulo 4 apresenta o Modelo usado para a seleção de portfólio de projetos.

Figura 4 – SIPAC atual



Fonte: UFPE (2020a).

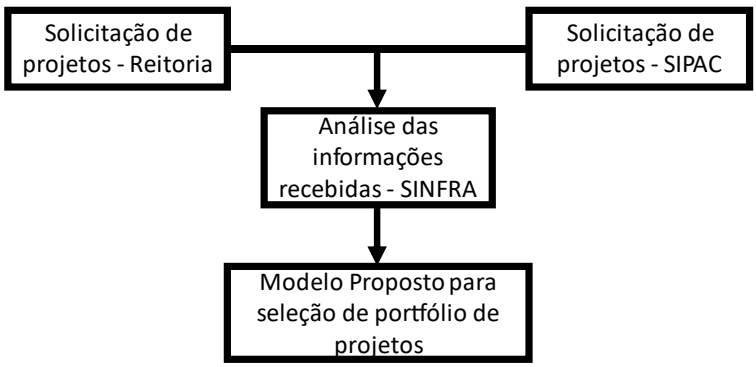
4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para este trabalho foi a Pesquisa Operacional (PO), pois ela envolve atividades em campos científicos e, também, pode ser usada para problemas organizacionais (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). O processo para realização da PO está dividido em etapas, a saber: (i) definição do problema e coleta de informações; (ii) formulação do problema – construção do modelo científico (matemático); (iii) desenvolvimento de procedimento computacional; (iv) validação do modelo – testá-lo e aprimorá-lo; (iv) preparar uma aplicação contínua do modelo pela gerência; (v) implementação – conclusão sobre o modelo estudado (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Os próximos subitens deste capítulo mostrarão o processo da PO realizado nesta dissertação de forma detalhada.

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema a ser caracterizado é priorizar os projetos a serem desenvolvidos pela DPP, escolhendo entre os projetos solicitados pelo SIPAC os que serão desenvolvidos ou não, a fim de formar um portfólio que atenda a critérios importantes para a universidade e que também contenha os projetos solicitados pela Reitoria. Propõe-se que o processo siga o fluxograma apresentado na figura 5: que os projetos sejam solicitados pelo SIPAC ou pela Reitoria, em seguida as informações sejam avaliadas pela SINFRA e, por fim, a análise matemática para seleção de portfólio de projetos.

Figura 5 – Processo para seleção de portfólio



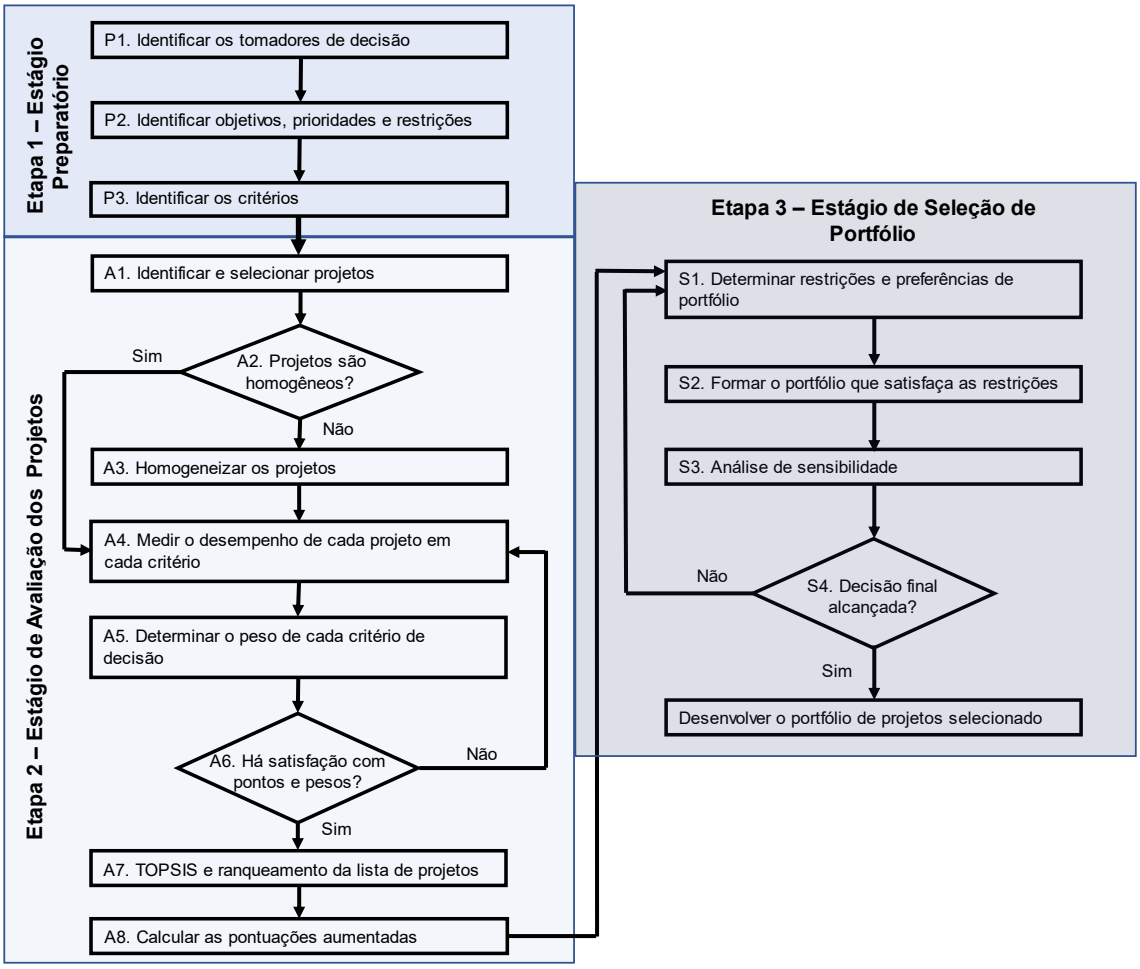
Fonte: a autora

4.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta etapa se propõe um modelo que represente a essência do problema (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Especificar um método formal de seleção, além de organizar o fluxo de trabalho, traz vantagens como: (i) maior facilidade em justificar decisões, pois os critérios são explícitos; (ii) todas as partes interessadas envolvidas no processo de seleção têm uma melhor compreensão do processo (SALO; KEISLER; MORTON, 2010).

O modelo proposto deste trabalho usará o modelo adaptado criado por Tavana *et al.* (2015) que consiste em selecionar portfólio de projetos usando o Método TOPSIS e Programação Linear Inteira. A figura 6 apresenta a estrutura geral proposta neste estudo que é composta por três fases principais: (i) etapa preparatória; (ii) etapa de avaliação individual dos projetos; (iii) etapa de seleção de portfólio.

Figura 6 – Fluxograma do Modelo Proposto



Fonte: Adaptado de Tavana *et al.* (2015)

4.2.1 Fase 1: Estágio preparatório

Nesta fase, define-se dos tomadores de decisão, objetivos, restrições iniciais, limites e identificação dos critérios de avaliação (TAVANA et al., 2015).

A Etapa P1 - Identificar os tomadores de decisão - tem por objetivo identificar os decisores e membros no processo de seleção de portfólio (GOMES; GOMES, 2019; TAVANA et al., 2015). Os atores do processo decisório são:

- Superintendente da SINFRA – responsável pela escolha dos projetos do planejamento anual da Universidade;
- Diretoria da DPP – responsável pelo recebimento das solicitações dos projetos e escolha dos projetos solicitados pelo SIPAC;
- Coordenação de Arquitetura – responsável pela coordenação dos projetos de arquitetura.

A Etapa P2 - Identificar objetivos, prioridades, restrições iniciais e limites – identifica todos os objetivos organizacionais, sinergia entre projetos e restrições relativas ao processo de seleção de portfólio (KREMMEL; KUBALÍK; BIFFL, 2011; TAVANA et al., 2015). Objetivo é escolher os projetos para compor o melhor portfólio. Este deve atender às restrições de pessoal e de orçamento, espaço físico, entre outros critérios importantes para a UFPE.

A Etapa P3 - Identificar os critérios de avaliação - identifica todos os critérios relevantes para o processo de seleção de portfólio. Os critérios não devem ser redundantes e deve haver bom senso sobre a sua quantidade, pois muitos critérios tornam quase impossível a sua análise no processo de seleção. (GOMES, 2020; GOMES; GOMES, 2019; TAVANA et al., 2015).

Para a escolha dos critérios estudou-se o Plano Diretor da UFPE (UFPE, 2020c), trabalhos nacionais e internacionais relacionados às palavras-chave TOPSIS, Portfólio de projetos e Construção e consultou-se a equipe que compõe a DPP. Os critérios são mostrados na tabela 1.

Para o critério de impacto na função fim da UFPE, deve-se avaliar qual a urgência do desenvolvimento desse projeto e como ele impacta no funcionamento de ensino, pesquisa e extensão. É medido conforme a tabela 2 em que para este critério a solução ideal é maximizar a pontuação. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pelo Conselho Departamental e validada pelo Superintendente da SINFRA.

Tabela 1 – Critérios propostos

Critérios	Tipo de critério	Autores
Impacto na função fim da UFPE (Ensino, Pesquisa e Extensão)	Qualitativo	Nascimento, Almeida-Filho e Palha (2021)
Risco de segurança dos usuários das instalações		Nascimento, Almeida-Filho e Palha (2021)
Risco de patrimonial		Nascimento, Almeida-Filho e Palha (2021)
O projeto já foi solicitado outras vezes para desenvolvimento?		Nascimento, Almeida-Filho e Palha (2021)
Planejamento da manutenção		Fogliato; Ribeiro (2011)
Prazo para entrar em licitação	Quantitativo	Nascimento, Almeida-Filho e Palha (2021)
Custo estimado do ciclo de vida		Brasil (2021)
Recurso disponível para construção		Autoria própria

Fonte: a autora

Tabela 2 – Avaliação do Impacto

Avaliação do Impacto	Descrição	Escala
Impacto muito alto	Quando compromete muito as atividades fins da UFPE ou envolve urgência.	5
Impacto alto	Quando provoca alta insatisfação da comunidade acadêmica. Por exemplo, um aparelho que não opera e compromete as atividades.	4
Impacto moderado	Quando provoca alguma insatisfação, devido ao mau funcionamento de partes de algum sistema, mas não compromete as atividades.	3
Impacto baixo	Quando provoca uma leve insatisfação. O usuário observa apenas um leve defeito ou queda no desempenho.	2
Impacto mínimo	Afeta minimamente o desempenho das atividades, e a maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência.	1

Fonte: a autora

Para risco de segurança, avalia-se se como o desenvolvimento do projeto impacta na segurança das pessoas. É medido conforme a tabela 3 e para este critério a solução ideal é maximizar a pontuação. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pela equipe de manutenção e validada pelo Superintendente da SINFRA.

Para risco de patrimônio, avalia-se como o desenvolvimento do projeto impacta no funcionamento da instituição. É medido conforme a tabela 4 em que para este critério a solução ideal é maximizar a pontuação. Sugere-se que a medição desse

critério deva ser feita pela equipe de manutenção e validada pelo Superintendente da SINFRA.

Tabela 3 – Avaliação do risco de segurança

Risco de Segurança	Descrição	Escala
Impacto muito alto	Quando envolve risco muito alto da comunidade acadêmica.	5
Impacto alto	Quando provoca alto risco de insegurança da comunidade acadêmica. Por exemplo, uma parede com desplacamento de material.	4
Impacto moderado	Quando provoca alguma insegurança, devido ao mau funcionamento de partes de algum sistema.	3
Impacto baixo	Quando provoca uma leve insegurança. O usuário observa apenas um leve defeito ou queda no desempenho.	2
Impacto mínimo	Risco mínimo. A maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência.	1

Fonte: a autora

Tabela 4 – Avaliação do risco de patrimônio

Avaliação do Risco	Descrição	Escala
Impacto muito alto	Quando envolve risco muito alto do patrimônio da UFPE.	5
Impacto alto	Quando provoca alto nível risco de patrimônio. Por exemplo, uma coberta com infiltrações.	4
Impacto moderado	Quando provoca algum risco, devido ao dano provocado a algum sistema.	3
Impacto baixo	Quando provoca um leve dano ao patrimônio. O usuário observa apenas um leve defeito.	2
Impacto mínimo	Afeta minimamente o patrimônio e a maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência.	1

Fonte: a autora

Projeto já foi solicitado outras vezes? É medido conforme a tabela 5 em que para este critério a solução ideal é maximizar a pontuação para que projetos que necessitem atualização ou que já foram apresentados anteriormente sejam priorizados. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pelo solicitante do projeto e validada pela Diretoria da DPP.

Tabela 5 – Avaliação de quantas vezes o projeto foi solicitado

Descrição	Escala
Projetos já desenvolvidos que necessitam atualização ou modificação.	5
Projetos já solicitados pelo SIPAC três anos antes ao atual, mas que não foram desenvolvidos.	4
Projetos já solicitados pelo SIPAC dois anos antes ao atual, mas que não foram desenvolvidos.	3
Projetos já solicitados pelo SIPAC no ano anterior ao atual, mas que não foram desenvolvidos.	2
Projetos que nunca foram apresentados.	1

Fonte: a autora

Planejamento de manutenção: será usada a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) para estimar o planejamento da manutenção para cada projeto. A MCC tem por objetivo encontrar a estratégia de manutenção ideal de acordo às características de falha do equipamento (MA et al., 2020a, 2020b). Para a avaliação dos projetos, a MCC usará a avaliação das ações de manutenção medida com base no nível de risco. A FMEA (Failure Mode and Effects Analysis ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) é uma técnica de confiabilidade que reconhece, avalia e identifica as falhas, as chances de ocorrência e o nível de severidade em um produto ou processo. A FMEA calcula o risco (R) a fim de priorizar ações de correção e de melhoria em projetos, conforme apresentado na equação 15 (ABDELGAWAD; FAYEK, 2010; FOGLIATO; RIBEIRO, 2011).

$$R = S * O * D \quad (15)$$

Onde:
S é a severidade do efeito – medida conforme a tabela 6;
O é a ocorrência de falha – medida conforme a tabela 7;
D é a possibilidade de detecção – medida conforme a tabela 8.

Os componentes não-críticos, que são os de consequência não grave e baixa perda econômica, procede-se a manutenção corretiva (FOGLIATO; RIBEIRO, 2011; MA et al., 2020b). Já os componentes críticos e potencialmente críticos dos projetos devem ser incluídos no Plano Básico de Manutenção Predial da UFPE. Nesse Plano consta a periodicidade e o tipo de atividade a ser realizada para a Manutenção Civil, Hidraúlica, Elétrica e Mecânica (SINFRA, 2020). Sendo assim, para o critério de

Planejamento de Manutenção a solução ideal é minimizar a pontuação. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pela equipe de manutenção e validada pelo Superintendente da SINFRA.

Tabela 6 – Severidade do efeito

Severidade do efeito	Descrição	Escala
Muito alta	Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração.	5
Alta	Quando provoca alta insatisfação do usuário, por exemplo, um aparelho que não opera, sem comprometer a segurança ou implicar infração.	4
Médio	Quando provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mau funcionamento de partes do sistema.	3
Baixa	Quando provoca uma leve insatisfação, o usuário observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho.	2
Muito baixa	Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência.	1

Fonte: Adaptada de Fogliato; Ribeiro (2011)

Tabela 7 – Ocorrência de Falha

Ocorrência de Falha	Descrição	Escala
Muito alta	67% (2/3) de chance. O evento certamente ocorrerá.	5
Alta	Entre 33-67% (2/3) de chance. Espera-se que o evento ocorra.	4
Médio	Entre 10-33% (1/3) de chance. O evento pode ocorrer.	3
Baixa	Entre 1-10% de chance. O evento é improvável de ocorrer.	2
Muito baixa	Menos de 1% de chance. O evento é altamente improvável de ocorrer.	1

Fonte: Adaptado de Abdelgawad; Fayek (2010)

Tabela 8 – Possibilidade de detecção de Falha

Possibilidade de detecção	Descrição	Escala
Muito baixa	Difícil de detectar. A equipe do projeto não é capaz de identificar o evento de risco.	5
Baixa	Há baixa probabilidade de ser detectada. A equipe do projeto tem baixa chance de identificar o evento de risco.	4
Moderado	A falha pode ser detectada mais facilmente. A equipe do projeto tem baixa moderada de identificar o evento de risco.	3
Alta	Alta probabilidade de detectar a falha. A equipe do projeto tem grande chance de identificar o evento de risco.	2
Muito alta	Quase certa a detecção da falha. A equipe do projeto tem alta chance de identificar o evento de risco.	1

Fonte: Adaptado de Abdelgawad; Fayek (2010)

Prazo para a Licitação: mede a estimativa de tempo em dias para o projeto entrar em licitação, em que um prazo menor implica em maior prioridade na escolha. Assim, para este critério a solução ideal é minimizar. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pelo solicitante do projeto e validada pela Diretoria da DPP.

Custo estimado do ciclo de vida: pela nova lei de licitação Nº 14.133, valores vinculados ao ciclo de vida, tais como despesas de manutenção, utilização, reposição, depreciação e impacto ambiental do objeto licitado devem ser considerados na licitação (BRASIL, 2021). Esse custo é medido em reais (R$) e para este critério a solução ideal é minimizar a pontuação. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pelo solicitante do projeto e validada pela equipe de orçamento e pela Diretoria da DPP.

Recurso disponível para construção: mede quantos porcento dos recursos necessários para a realização do projeto estão disponíveis. Para este critério a solução ideal é maximizar. Sugere-se que a medição desse critério deva ser feita pelo solicitante do projeto e validada pela Diretoria da DPP.

Outros critérios poderiam ser inseridos, tais como: quantas pessoas poderiam ser impactadas com a execução do projeto, impacto no melhoramento de espaços de pesquisa e de ensino etc. A inclusão dos critérios deve ser analisada cuidadosamente de acordo com a necessidade da instituição e, também, deve-se saber a melhor forma de medi-lo.

4.2.2 Fase 2: Estágio de avaliação individual dos projetos

Esta etapa tem por objetivo identificar e definir quais projetos relevantes irão para a fase posterior (TAVANA et al., 2015).

Na Etapa A1 - Identificar e selecionar projetos – deve-se avaliar os dados dos projetos, verificando se todas as informações para sua análise de desempenho nos critérios de avaliação foram fornecidas pelo solicitante. Para esta etapa, sugere-se uma melhora nas solicitações requeridas pelo SIPAC. Na tabela 9 estão todas as informações necessárias para a análise dos projetos: identificação do solicitante (nome, telefone, email); identificação do projeto (local, área, se já foi apresentado outras vezes para desenvolvimento); necessidades funcionais, estrutura física e *layout* do local, financeiro (orçamento e custo de vida estimados, prazo para entrar em licitação).

Tabela 9 – Novo Formulário

Seção SOLICITANTE:	
1.	INFORMAÇÕES GERAIS
1.1	Nome: Informe o nome completo do solicitante.
1.2	Telefone e Ramal: Forneça o número do telefone do solicitante.
1.3	E-mail: Forneça o e-mail do solicitante.
1.4	Horário de atendimento: Informe o horário mais adequado para ser realizado o serviço.
Seção DESCRIÇÃO DA OBRA:	
1.	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO
1.1	Informe qual o local a ser executado o serviço da obra:
1.2	Área em m²:
1.3	O projeto já foi apresentado outras vezes para desenvolvimento? ( ) Não. ( ) Sim, mas não foi desenvolvido. Informar ano da primeira solicitação: ( ) Sim, é uma atualização ou modificação.
2.	NECESSIDADES FUNCIONAIS
2.1	Qual o uso do projeto?
2.2	Quantas pessoas irão usá-lo?
2.3	Em quais os turnos?
2.4	O que funciona hoje no espaço?
2.5	O que não funciona hoje no espaço?
2.6	O que é bom e deveria ser mantido?
2.7	O que deve ser alterado?
2.8	Quais as necessidades dos usuários (local para sentar-se, local para estudar, local para assistir aula, local de reunião, local para refeição etc.)?
3.	ESTRUTURA FÍSICA
3.1	Existe algum problema físico no local (infiltrações, más condições do piso, más condições no forro, problemas em portas e janelas etc.)?
3.2	Existe luz natural no ambiente?
4.	LAYOUT
4.1	O mobiliário atual atende a demanda?
4.2	O mobiliário está em boas condições de uso?
5.	FINANCEIRO
5.1	O projeto já possui recurso para a construção? Se sim, informe.
5.2	O projeto já está incluso no Plano Orçamentário Anual (POA)?
5.3	Qual o orçamento estimado do projeto?
5.4	Qual o prazo estimado para o projeto entrar em licitação?
5.5	Qual o custo de vida estimado do projeto?

Fonte: a autora

Na Etapa A1 também se deve verificar se mais de um projeto está sendo solicitado para o mesmo espaço, ou seja, se há não concordância de uso para a mesma localidade; se há anuência do conselho departamental para o desenvolvimento do projeto; e se os projetos estão em conformidade com o Plano Diretor da UFPE, ou seja, se atendem a questões como a setorização urbana, preservação ambiental (distanciamento de nascente, de espelho d'água e as margens do lago natural existente), acessibilidade, conformidade ao conceito de que todos os

espaços dedicados à formação universitária pública devem ser compartilhados (UFPE, 2020c).

A etapa A2 - Verificar a homogeneidade entre projetos – avalia se os projetos solicitados podem ser classificados de maneira homogênea (TAVANA et al., 2015), ou seja, se pertencem à mesma classe de atividade. Caso possam, pode-se passar para a etapa A4, caso contrário, seguir para a etapa A3 (TAVANA et al., 2015).

A etapa A3 - Homogeneizar projetos - agrupa os projetos em classes de atividades muito semelhantes entre si, onde a semelhança entre as classes é baixa (RAAD; SHIRAZI; GHODSYPOUR, 2020; TAVANA et al., 2015). Tais como:

- Reforma – readequação (x_{ai}): nesta classe estarão os projetos que solicitam modernização das instalações, tais como, acessibilidade, iluminação, divisórias etc.;
- Reforma – reestruturação (x_{bi}): nesta classe estarão os projetos que solicitam mudança de uso de algum espaço;
- Nova construção (x_{ci}): nesta classe estarão os projetos que solicitam construções tais como: novas calçadas, cobertas, salas etc.;
- Nova edificação (x_{di}): nesta classe estarão os projetos que solicitam construções de mais uma sala para o mesmo departamento ou nova edificação.

Na etapa A4 - Medir o desempenho de cada projeto em cada critério de decisão - deve-se avaliar os projetos segundo os critérios estabelecidos na fase preparatória etapa P3 (TAVANA et al., 2015).

Na etapa A5 - Determinar o peso para cada critério de decisão – os tomadores de decisão devem determinar os pesos dos critérios.

Na etapa A6 - Verificar se há satisfação com as pontuações e pesos – os tomadores de decisão devem verificar se há satisfação com as pontuações e pesos dos projetos. Caso haja satisfação, o processo segue para a etapa A7, caso não haja voltar para as etapas A4 e A5, onde se avaliam novamente os pontos e pesos (TAVANA et al., 2015).

Na etapa A7 - TOPSIS e ranqueamento da lista de projetos – deve-se usar o método TOPSIS para o ranqueamento dos projetos. As etapas que compõem o TOPSIS foram descritas no referencial teórico.

Na etapa A8 - Calcular as pontuações aumentadas (pa) - há a mudança de escala que tem por objetivo evitar que projetos bem avaliados no método TOPSIS não sejam selecionados por possuírem custo alto. Para encontrar as pontuações aumentadas, primeiro, deve-se classificar os projetos em ordem crescente de acordo com o resultado da aplicação do modelo multicritério. Para o pior projeto, atribui-se a pontuação aumentada igual a 1 (pa_1= 1) para o k-ésimo projeto, deve-se resolver o Problema da Mochila mostrado pelas equações 16 e 17.

$$Max\ Z_k = \sum_{i=1}^{k-1} pa_i x_i \tag{16}$$

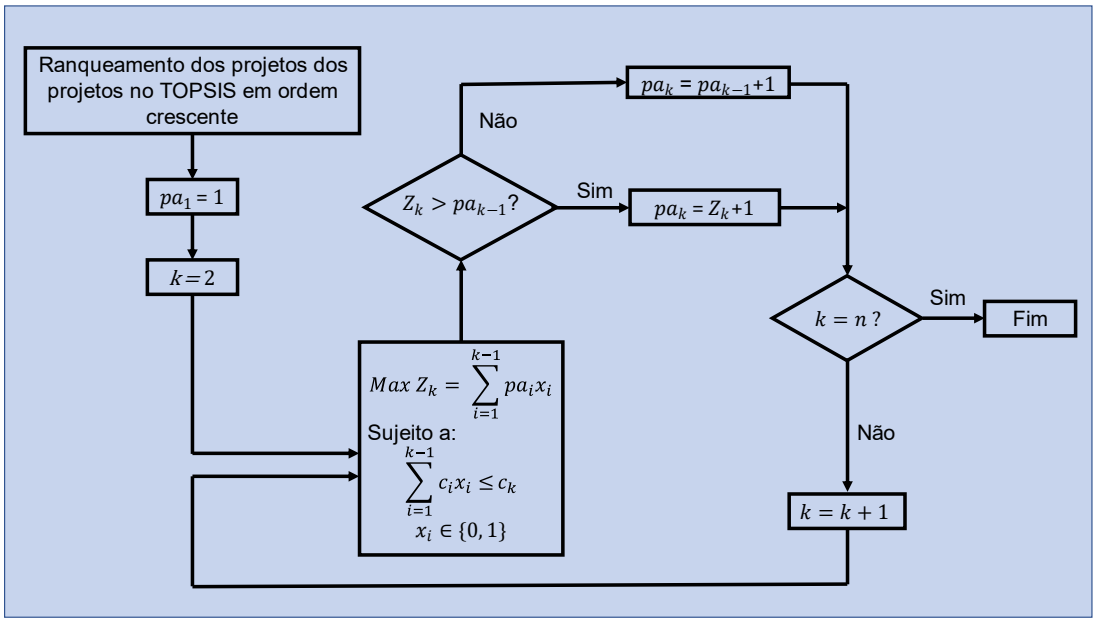
Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{k-1} c_i x_i \leq c_k \tag{17}$$

$$x_i \in \{0, 1\}$$

Onde $\mathrm{pa_i}$ é a pontuação aumentada para o i-ésimo projeto e $\mathrm{c_i}$ é o custo do i-ésimo projeto. O valor de $\mathrm{Z_k}$ é a pontuação mais alta que pode ser alcançada pelos projetos que são piores do que k e têm custo cumulativo baixo mais do que $\mathrm{c_k}$. Se $\mathrm{Z_k} < \mathrm{pa_{k-1}}$, então, $\mathrm{pa_{k-1}}$ é aumentado uma unidade para se obter $\mathrm{pa_k}$. Por outro lado, se $\mathrm{Z_k} > \mathrm{pa_{k-1}}$, então $\mathrm{pa_{k-1}}$ deve ser igual a $\mathrm{Z_k}$+1. O fluxograma do algoritmo para cálculo das pontuações aumentadas é apresentado na figura 7. (MAVROTAS; DIAKOULAKI; KOURENTZIS, 2008; TAVANA et al., 2015).

Figura 7 – Fluxograma do algoritmo para calcular as pontuações aumentadas



Fonte: Adaptado de Tavana *et al.* (2015)

4.2.3 Fase 3: Estágio de seleção de portfólio

A etapa S1 - Determinar restrições e preferências de portfólio - usa as restrições e preferências que não foram determinadas em etapas anteriores (TAVANA et al., 2015). No caso da SINFRA são:

- Projetos que devem obrigatoriamente ser escolhidos para o portfólio – projeto solicitados pela Reitoria (x_{ri}), ver equação 25.
- Atender a carga horária disponibilizada pelos arquitetos, ao longo do ano vigente, para atender as demandas de projetos. A equação 23 mostra a restrição de hora-homem para o total de arquitetos, em que H é o total de hora-homem disponível dos 5 arquitetos disponíveis na DPP e h_i é a quantidade de hora-homem necessária para cada projeto.
- Atender o custo para construção (C) disponível, como mostra a equação 24. Apenas os projetos solicitados via SIPAC disputarão esses recursos, pois os projetos da Reitoria têm como recursos o Planejamento Anual da Universidade e captação de recursos parlamentares.

Também é possível a inserção de novas restrições para a seleção do portfólio conforme a necessidade do atual processo de seleção. Como por exemplo, caso haja recursos orçamentários e de pessoal suficientes, pode-se inserir a seguinte restrição:

- Escolha de pelo menos um projeto de cada classe de atividades para melhor distribuição dos recursos, ver equações 19 a 22.

A etapa S2 - Formar portfólio que satisfaça as restrições - usa a Programação Linear Inteira para escolha do portfólio ótimo para isso, usa-se as pontuações aumentadas obtidas na etapa A8 (pa) e as restrições S1, como mostra a equação 18, sujeito as restrições indicadas em S1 e mostradas nas equações 19 a 25.

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^{n}(pa_j x_{ai} + pa_j x_{bi} + pa_j x_{ci} + pa_j x_{di}) \quad (18)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ai} \geq 1 \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{bi} \geq 1 \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ci} \geq 1 \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{di} \geq 1 \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^{n} (h_{ai}x_{ai} + h_{bi}x_{bi} + h_{ci}x_{ci} + h_{ci}x_{di} + h_{ri}x_{ri}) \leq H \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^{n} (c_{ai}x_{ai} + c_{bi}x_{bi} + c_{ci}x_{ci} + c_{di}x_{di}) \leq C \quad (24)$$

$$x_{ri} = 1 \quad (25)$$

$$x_{ai}, x_{bi}, x_{ci}, x_{di} \in \{0, 1\}$$

Onde:

x_{ai} são projetos de reforma – readequação;

x_{bi} são projetos de reforma – reestruturação;

x_{ci} são projetos de nova construção;

x_{di} são projetos de nova edificação;

x_{ri} são projetos solicitados pela reitoria;

h_{ai} hora-homem necessária para desenvolver os projetos de reforma – readequação;

h_{bi} hora-homem necessária para desenvolver os projetos de reforma – reestruturação;

h_{ci} hora-homem necessária para desenvolver os projetos de nova construção;

h_{di} hora-homem necessária para desenvolver os projetos de reforma – nova edificação;

h_{ri} hora-homem necessária para desenvolver os projetos solicitados pela reitoria;

H hora-homem total disponível;

c_{ai} custo necessário para executar os projetos de reforma – readequação;

c_{bi} custo necessário para executar os projetos de reforma – reestruturação;

c_{ci} custo necessário para executar os projetos de nova construção;

c_{di} custo necessário para executar os projetos de reforma – nova edificação;

c_{ri} custo necessário para executar os projetos solicitados pela reitoria;

C custo total disponível.

Na etapa S3 - Análise de sensibilidade - mede-se o efeito de modificações realistas sobre os resultados causados por uma mudança nas variáveis e nos parâmetros do modelo. A análise de sensibilidade é um componente crucial de problemas lineares de programação inteira porque uma pequena mudança em uma proporção pode levar a uma mudança significativa na solução do problema. Nesta etapa é decidido se deve aceitar o portfólio selecionado ou retornar à etapa S1 (GOMES, 2020; TAVANA et al., 2015).

Na etapa S4 - Avaliar se a decisão final foi alcançada – os tomadores de decisão aprovam ou não os projetos escolhidos para compor o portfólio. Caso seja aprovada, a escolha do portfólio será concluída.

5 APLICAÇÃO NUMÉRICA E RESULTADOS

5.1 APLICAÇÃO NUMÉRICA

Nesta seção é apresentada uma aplicação numérica para ilustrar o modelo proposto como uma prova de conceito, explicitando os procedimentos computacionais com os dados do ano de 2018 fornecida pela DPP composto por 15 projetos solicitados via SIPAC candidatos ao portfólio e 3 projetos solicitados pela Reitoria. Para isso, utilizou-se o MS Excel para a aplicação do Método TOPSIS e Programação Linear Inteira. Destaca-se que o uso do Solver do MS Excel possui como limitação 200 células ajustáveis (MICROSOFT, 2021), ou seja, para situações em que existam muitas restrições para o uso da PLI ou muitos projetos a serem analisados, recomenda-se o uso de outros programas comerciais. De maneira geral, para o contexto de IFES, o uso do Excel não seria um limitante.

Os 15 projetos apresentados foram analisados conforme a Etapa 2 – Estágio de Avaliação de Projetos: identificação e homogeneização. Ou seja, para os projetos foram preenchidas todas as informações iniciais via SIPAC; estão em conformidade com o Plano Diretor, não estão disputando o mesmo espaço para sua execução e há anuência do conselho departamental. A tabela 10 mostra os projetos solicitados via SIPAC agrupados em classes, como indicado na etapa A3.

Tabela 10 – Projetos divididos em classes

Classe	Projeto
Reforma - readequação	Projeto 1
	Projeto 2
	Projeto 3
	Projeto 4
	Projeto 5
	Projeto 6
	Projeto 7
	Projeto 8
	Projeto 9
Reforma - reestruturação	Projeto 10
Nova construção	Projeto 11
	Projeto 12
	Projeto 13
	Projeto 14
Nova edificação	Projeto 15

Fonte: a autora

Em seguida, deve-se medir o desempenho dos projetos em cada critério de decisão definido na etapa P3. A matriz de decisão pode ser vista na tabela 11. Antes da aplicação do Método TOPSIS, os tomadores de decisão definiram os pesos dos critérios igualmente (12,5%), ou seja, todos eles têm a mesma importância.

Tabela 11 – Matriz de decisão

		Critérios							
		A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Alternativas	**Projeto 1**	3	1	1	1	0%	18	120	R$ 10.000,00
	Projeto 2	3	3	3	1	0%	27	365	R$ 90.000,00
	Projeto 3	4	3	3	1	0%	27	120	R$ 30.000,00
	Projeto 4	2	4	1	1	0%	24	200	R$ 35.000,00
	Projeto 5	2	4	1	1	0%	24	200	R$ 40.000,00
	Projeto 6	5	3	2	1	0%	27	120	R$ 90.000,00
	Projeto 7	3	1	1	1	0%	3	400	R$ 20.000,00
	Projeto 8	3	4	3	1	0%	27	120	R$ 20.000,00
	Projeto 9	3	1	1	1	0%	27	420	R$ 80.000,00
	Projeto 10	2	1	1	1	0%	27	120	R$ 60.000,00
	Projeto 11	1	1	1	1	0%	27	120	R$ 70.000,00
	Projeto 12	2	3	1	1	0%	8	150	R$ 45.000,00
	Projeto 13	5	5	3	1	0%	48	200	R$ 80.000,00
	Projeto 14	3	3	3	1	0%	36	120	R$ 50.000,00
	Projeto 15	5	3	2	1	100%	125	120	R$ 200.000,00
Direção de Preferência		Máx					Mín		

Legenda:	
A	Impacto na função fim da UFPE (Ensino, Pesquisa e Extensão)
B	Risco de segurança dos usuários das instalações
C	Risco de patrimonial
D	O projeto já foi apresentado outras vezes para desenvolvimento?
E	Porcentagem de recurso disponível para construção
F	Planejamento da manutenção
G	Prazo para entrar em licitação
H	Custo estimado do ciclo de vida

Fonte: a autora

A tabela 12 mostra a matriz de decisão normalizada e ponderada. A tabela 13 mostra o resultado do cálculo das medidas de separação usando a distância euclidiana N-dimensional para cada alternativa da solução ideal positiva d+ e da solução ideal negativa d-. Também mostra o resultado da proximidade relativa à solução ideal (D). A tabela 14 mostra o ranqueamento dos projetos, finalizando a aplicação do Método TOPSIS.

O ranqueamento apresentado na tabela 14 está coerente com as pontuações dadas pelos tomadores de decisão e apresentadas na tabela 11 e percebe-se isso, ao analisar, por exemplo, o primeiro e o último colocado no ranqueamento. O projeto 15 é o mais bem colocado, pois ele tem a maior avaliação na função fim da UFPE,

curto prazo para entrar em licitação e possui todo o recurso para a sua construção. O último colocado, o projeto 9, tem pontuações baixas nos critérios de risco de segurança e de patrimônio, não possui recurso para sua execução e possui maior prazo para entrar em licitação. Ou seja, para auditar o resultado do TOPSIS, basta o tomador de decisão avaliar as pontuações e os pesos dados nos critérios.

Tabela 12 – Matriz de decisão ponderada e normalizada

		Critérios							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Alternativas	Projeto 1	0,0295	0,011	0,01600461	0,032	0,000	0,014	0,0176	0,0042
	Projeto 2	0,0295	0,033	0,04801383	0,032	0,000	0,021	0,0535	0,0382
	Projeto 3	0,0393	0,033	0,04801383	0,032	0,000	0,021	0,0176	0,0127
	Projeto 4	0,0196	0,044	0,01600461	0,032	0,000	0,019	0,0293	0,0149
	Projeto 5	0,0196	0,044	0,01600461	0,032	0,000	0,019	0,0293	0,0170
	Projeto 6	0,0491	0,033	0,03200922	0,032	0,000	0,021	0,0176	0,0382
	Projeto 7	0,0295	0,011	0,01600461	0,032	0,000	0,002	0,0586	0,0085
	Projeto 8	0,0295	0,044	0,04801383	0,032	0,000	0,021	0,0176	0,0085
	Projeto 9	0,0295	0,011	0,01600461	0,032	0,000	0,021	0,0616	0,0340
	Projeto 10	0,0196	0,011	0,01600461	0,032	0,000	0,021	0,0176	0,0255
	Projeto 11	0,0098	0,011	0,01600461	0,032	0,000	0,021	0,0176	0,0297
	Projeto 12	0,0196	0,033	0,01600461	0,032	0,000	0,006	0,0220	0,0191
	Projeto 13	0,0491	0,054	0,04801383	0,032	0,000	0,037	0,0293	0,0340
	Projeto 14	0,0295	0,033	0,04801383	0,032	0,000	0,028	0,0176	0,0212
	Projeto 15	0,0491	0,033	0,03200922	0,032	0,125	0,097	0,0176	0,0849
	Ideal positiva	0,0491	0,054	0,04801383	0,032	0,125	0,002	0,0176	0,0042
	Ideal negativa	0,0098	0,011	0,01600461	0,032	0	0,097	0,0616	0,0849

Fonte: a autora

Tabela 13 – Cálculo de D

		d+	d-	D
Alternativas	Projeto 1	0,1380768	0,12547	0,47608
	Projeto 2	0,1388368	0,09965	0,41784
	Projeto 3	0,1288987	0,12373	0,48978
	Projeto 4	0,1347312	0,11520	0,46092
	Projeto 5	0,1349151	0,11392	0,45781
	Projeto 6	0,1336282	0,11040	0,45240
	Projeto 7	0,1436371	0,12339	0,46208
	Projeto 8	0,1284329	0,12669	0,49659
	Projeto 9	0,1486411	0,09371	0,38667
	Projeto 10	0,1421626	0,10660	0,42852
	Projeto 11	0,1452023	0,10383	0,41693
	Projeto 12	0,1350794	0,12138	0,47330
	Projeto 13	0,1336742	0,10807	0,44703
	Projeto 14	0,1320241	0,11251	0,46009
	Projeto 15	0,1273834	0,14082	0,52506

Fonte: a autora

Tabela 14 – Ranqueamento dos projetos

Projetos	Ranqueamento
Projeto 15	1
Projeto 8	2
Projeto 3	3
Projeto 1	4
Projeto 12	5
Projeto 7	6
Projeto 4	7
Projeto 14	8
Projeto 5	9
Projeto 6	10
Projeto 13	11
Projeto 10	12
Projeto 2	13
Projeto 11	14
Projeto 9	15

Fonte: a autora

Após a aplicação do método TOPSIS, passa-se para a etapa A8, o cálculo das pontuações aumentadas (pa) seguindo o fluxograma apresentado na figura 7. O resultado da mudança de escala das pontuações pode ser visto na tabela 15. Assim, encerra-se o Estágio de Avaliação de Projetos.

Tabela 15 – Pontuações aumentadas (pa)

Projetos	Di	ci	k	pa
Projeto 9	0,38667	R$ 120.000,00	1	1
Projeto 11	0,41693	R$ 350.000,00	2	2
Projeto 2	0,41784	R$ 500.000,00	3	4
Projeto 10	0,42852	R$ 85.000,00	4	5
Projeto 13	0,44703	R$ 45.500,00	5	6
Projeto 6	0,45240	R$ 350.000,00	6	13
Projeto 5	0,45781	R$ 45.000,00	7	14
Projeto 14	0,46009	R$ 90.000,00	8	15
Projeto 4	0,46092	R$ 25.500,00	9	16
Projeto 7	0,46208	R$ 25.000,00	10	17
Projeto 12	0,47330	R$ 35.500,00	11	18
Projeto 1	0,47608	R$ 35.000,00	12	19
Projeto 3	0,48978	R$ 25.000,00	13	20
Projeto 8	0,49659	R$ 70.000,00	14	40
Projeto 15	0,52506	R$ 1.670.000,00	15	189

Fonte: a autora

O Estágio de Seleção de Portfólio se inicia determinando os valores de preferência e restrições, conforme explicado na etapa S1. As restrições existentes para o portfólio são a força de trabalho, medida em hora-homem (h_i) e o custo para a construção (c_i). A DPP possui 5 arquitetos em seu quadro técnico e do total de horas

disponíveis de trabalho, cerca de 70% são direcionadas ao desenvolvimento de novos projetos, o que totaliza no ano de 2018, cerca de 6050 horas-homem.

Já o orçamento no ano de 2018 foi de R$ 1.284.822,72 para obras e instalações (UFPE, 2018). As preferências são os projetos solicitados pela Reitoria e que pelo menos um projeto de cada classe deva ser selecionado. O custo de cada projeto (c_i) e a quantidade de hora-homem necessária para o seu desenvolvimento (h_i) são mostrados na tabela 16.

Tabela 16 – Resumo dados dos projetos

Projetos	pa_i	c_i	h_i
Projeto 1	19	R$ 35.000,00	35
Projeto 2	4	R$ 500.000,00	520
Projeto 3	20	R$ 25.000,00	35
Projeto 4	16	R$ 25.500,00	45
Projeto 5	14	R$ 45.000,00	40
Projeto 6	13	R$ 350.000,00	370
Projeto 7	17	R$ 25.000,00	50
Projeto 8	40	R$ 70.000,00	45
Projeto 9	1	R$ 120.000,00	340
Projeto 10	5	R$ 85.000,00	180
Projeto 11	2	R$ 350.000,00	400
Projeto 12	18	R$ 35.500,00	40
Projeto 13	6	R$ 45.500,00	70
Projeto 14	15	R$ 90.000,00	90
Projeto 15	189	-	704
Projeto R1	-	-	1050
Projeto R2	-	-	1140
Projeto R3	-	-	880

Fonte: a autora

Utilizando os dados apresentados na tabela 16 e as equações 18 a 25 apresentadas em S2, pode-se encontrar o portfólio ótimo usando a PLI. Deve-se entender que apenas os projetos 1 a 14 irão disputar o orçamento disponível, já que o projeto 15 possui todo recurso financeiro e os projetos da Reitoria também não irão usar o orçamento para obras e construção.

A tabela 17 mostra os projetos que serão selecionados para compor o portfólio com base em todos os dados apresentados para cada projeto e as restrições existentes. Apenas os projetos 2 e 11 não seriam desenvolvidos, pois a inclusão deles extrapolaria o limite de orçamento. A escolha dos projetos está coerente com o resultado do Método TOPSIS, pois os projetos 2 e 11 estão na antepenúltima e

penúltima colocações respectivamente, o que ocasionou valores baixos de pa_i, implicando uma não escolha ao ser realizada a PLI com as restrições estipuladas.

Percebe-se que para o ano de 2018, a restrição de força de trabalho não foi um limitador para o desenvolvimento dos projetos, já que o total necessário de horas para desenvolver todos os projetos era de 6034, valor menor que o total de horas disponíveis que era de 6050. A limitação era o orçamento disponível para desenvolver todos os projetos. O total necessário para desenvolver todos era de R$ 1.801.500,00 valor maior que o orçamento disponível.

A seleção dos projetos mostrados na tabela 17, está de acordo com as restrições necessárias para a escolha do portfólio: todos os projetos solicitados pela Reitoria fazem parte, pelo menos um projeto de cada classe foi selecionado e os limites de força de trabalho e orçamento não foram ultrapassados. Para o portfólio escolhido seriam utilizados R$ 951.500,00 do orçamento disponível e 5114 horas-homem.

Tabela 17 – Seleção dos projetos

Projetos	x_i
Projeto 1	1
Projeto 2	0
Projeto 3	1
Projeto 4	1
Projeto 5	1
Projeto 6	1
Projeto 7	1
Projeto 8	1
Projeto 9	1
Projeto 10	1
Projeto 11	0
Projeto 12	1
Projeto 13	1
Projeto 14	1
Projeto 15	1
Projeto R1	1
Projeto R2	1
Projeto R3	1

Fonte: a autora

Após a seleção dos projetos, passa-se a etapa S3 – análise de sensibilidade. Foram feitas mudanças nos pesos na matriz de decisão do TOPSIS apresentada na etapa A7, a fim de estudar que em que situações haveria mudanças no resultado, ou seja, os projetos não selecionados (projetos 2 e 11) entrariam no portfólio escolhido pela PLI. Foram feitas simulações com pesos diferentes, como mostrado na tabela 18.

Assim, mantiveram-se os pesos dos critérios em que a direção de preferência é de maximização, critérios A, B e C, onde, de maneira geral, os projetos 2 e 11 não apresentaram boas pontuações, e mudaram-se os pesos dos critérios F, G e H. Há mudança no ranqueamento TOPSIS a partir da situação em que o critério F é aumentado acima de 20% e os critérios G e H tem seus pesos diminuídos. O projeto 11 apresenta melhora no ranqueamento TOPSIS, mas só é selecionado para o portfólio quando a combinação de pesos é F=20% e H=5%. Já o projeto 2 passa a fazer parte do portfólio para valores de F iguais ou maiores que 22,5%.

Comparando-se as avaliações, percebe-se que a utilização do orçamento é mais bem aproveitada com a mudança nos pesos do que na inicialmente proposta (todos os pesos dos critérios iguais a 12,5%). Logo, a análise de sensibilidade, além de entender sob que situações as mudanças dos pesos impactam nos projetos selecionados, também permite verificar como essa mudança afeta na utilização dos recursos disponíveis.

Tabela 18 – Análise de sensibilidade

Pesos critérios	**Posição ranqueamento TOPSIS**		**Projetos selecionados**	**Projetos não selecionados**	**Orçamento utilizado**	**Hora-homem utilizada**
F=20,0% H=5,0%	**Projeto 2**	**Projeto 11**	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, R1, R2, R3	2, 9	R$ 1.181.500,00	5174
	10º	12º				
F=22,5% G=10% H=5,0%	**Projeto 2**	**Projeto 11**	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, R1, R2, R3	9, 11, 14	R$ 1.241.500,00	5204
	9º	12º				
F=25,0% G=7,5% H=5,0%	**Projeto 2**	**Projeto 11**	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, R1, R2, R3	9, 11, 14	R$ 1.241.500,00	5204
	9º	13º				
F=27,5% G=5,0% H=5,0%	**Projeto 2**	**Projeto 11**	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, R1, R2, R3	9, 11, 14	R$ 1.241.500,00	5204
	9º	12º				
Todos iguais a 12,5%	**Projeto 2**	**Projeto 11**	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, R1, R2, R3	2, 11	R$ 951.500,00	5114
	11º	14º				

Fonte: a autora

Por fim, a etapa S4 – avalia-se se a decisão final foi alcançada, onde os tomadores de decisão devem aprovar a seleção dos projetos para compor o portfólio.

É importante destacar que o portfólio escolhido agrega valor à instituição, pois os critérios escolhidos têm por objetivo priorizar projetos que atendam às funções fins

da instituição, a questões de segurança, de manutenção, custo do ciclo de vida. Nesse ponto, podem ser acrescentados outros critérios não citados neste trabalho, mas que sejam importantes ao órgão ou empresa estudado. Em um contexto de IFES, um projeto estratégico, como por exemplo a requalificação do Restaurante Universitário, entraria obrigatoriamente no portfólio, ou seja, o modelo não prejudicaria o desenvolvimento de projetos importantes para a instituição. Por fim, pode-se destacar que a PLI usada no modelo, seleciona um portfólio com projetos importantes e que otimiza os recursos limitados existentes.

Mesmo a UFPE sendo um caso atípico de organização, onde já existe um processo de gestão organizado e há o uso de sistemas, como o SIPAC para solicitação de projetos e um Plano Diretor, o método pode ser estendido para instituições que não possuem esses sistemas. O modelo sugere na Tabela quais informações devem ser disponibilizadas para analisar os projetos de arquitetura e engenharia. Caso os projetos a serem analisados sejam de outra natureza, deve-se criar um formulário que atenda a necessidade e o novo contexto.

Também se deve destacar o papel dos tomadores de decisão na escolha do portfólio, onde devido a suas experiências e por conhecerem bem o contexto da organização, ao longo de todo o processo, eles têm papel importante na validação do processo e na adoção do modelo.

5.2 COMPARATIVO DO MODELO PROPOSTO COM A SELEÇÃO ATUAL

Atualmente, a escolha dos projetos solicitados via SIPAC é feita por ordem de chegada. Os 15 projetos foram solicitados conforme a ordem mostrada na tabela 19. Analisando os projetos pela ordem de solicitação e calculando-se o acumulado do valor gasto do orçamento e hora-homem disponíveis, percebe-se que os projetos 1, 2 e 11 não seriam executados por falta de recursos, pois extrapolariam o orçamento de R$ 1.284.822,72, como mostra a tabela 20. Ou seja, na situação atual de escolha dos projetos aplicada aos dados de 2018, a equipe iria desenvolver todos os projetos, pois teria hora-homem suficiente para isso. Porém como não haveria recursos para realizar todos, iria-se direcionar esforços para desenvolver projetos que não iriam ser executados.

Tabela 19 – Ordem de solicitação dos projetos via SIPAC

Projeto	Ordem de chegada
Projeto 1	14º
Projeto 2	13º
Projeto 3	11º
Projeto 4	10º
Projeto 5	8º
Projeto 6	6º
Projeto 7	5º
Projeto 8	3º
Projeto 9	2º
Projeto 10	9º
Projeto 11	15º
Projeto 12	12º
Projeto 13	7º
Projeto 14	1º
Projeto 15	4º

Fonte: a autora

A escolha dos projetos por ordem de chegada não é a solução mais adequada, pois pode deixar de fora do portfólio projetos importantes para a UFPE. O que pode ser visto no portfólio que seria escolhido para o ano de 2018, onde o projeto 1, apesar de ser bem avaliado no TOPSIS, não seria escolhido, pois foi o penúltimo a ser solicitado.

O modelo de seleção de portfólio proposto traz a SINFRA uma metodologia onde os arquitetos só irão desenvolver os projetos dentro do limite de horas-homem disponíveis e dentro do orçamento da Universidade. Esse modelo permite que os tomadores de decisão, avaliem a importância dos projetos individualmente através dos critérios estabelecidos no método TOPSIS e a nível de portfólio no método PLI. Além de permitir, através da análise de sensibilidade, uma avaliação ampla das escolhas realizadas. O que não pode ser feito na atual metodologia de escolha aplicada na SINFRA.

O modelo proposto também visa evitar, através da análise inicial na Etapa P2 do estágio Preparatório, que projetos diferentes sejam solicitados para o mesmo local, ou projetos que não se enquadrem no Plano Diretor ou nos planos do departamento sejam desenvolvidos. Otimizando, assim, o tempo dos arquitetos, e das demais disciplinas de projetos, que não necessitarão desenvolver projetos que não se enquadrem aos interesses dos departamentos e da universidade.

Tabela 20 – Recursos acumulados dos projetos solicitados via SIPAC

Ordem de chegada	Projeto	c_i	c_i acumulado	h_i	h_i acumulado
1º	Projeto 14	R$ 90.000,00	R$ 90.000,00	90	90
2º	Projeto 9	R$ 120.000,00	R$ 210.000,00	340	430
3º	Projeto 8	R$ 70.000,00	R$ 280.000,00	45	475
4º	Projeto 15	-	R$ 280.000,00	704	1179
5º	Projeto 7	R$ 25.000,00	R$ 305.000,00	50	1229
6º	Projeto 6	R$ 350.000,00	R$ 655.000,00	370	1599
7º	Projeto 13	R$ 45.500,00	R$ 700.500,00	70	1669
8º	Projeto 5	R$ 45.000,00	R$ 745.500,00	40	1709
9º	Projeto 10	R$ 85.000,00	R$ 830.500,00	180	1889
10º	Projeto 4	R$ 25.500,00	R$ 856.000,00	45	1934
11º	Projeto 3	R$ 25.000,00	R$ 881.000,00	35	1969
12º	Projeto 12	R$ 35.500,00	R$ 916.500,00	40	2009
13º	Projeto 2	R$ 500.000,00	**R$ 1.416.500,00**	520	2529
14º	Projeto 1	R$ 35.000,00	**R$ 1.451.500,00**	35	2564
15º	Projeto 11	R$ 350.000,00	**R$ 1.801.500,00**	400	2964

5.3 APLICAÇÃO CONTÍNUA DO MODELO NA SINFRA

Para a aplicação continuada do modelo na SINFRA, recomenda-se seguir o fluxograma apresentado na figura 6 e ampliar as informações solicitadas no SIPAC, conforme apresentado na tabela 9. Sugere-se limitar o período que as solicitações chegam ao SIPAC, de preferência no mesmo período que chega o planejamento vindo da Reitoria, pois assim, pode-se fazer o planejamento total do ano seguinte. Mas, se essa sugestão não puder ser seguida, ou seja, as solicitações dos projetos continuem chegando ao longo do ano, pode-se usar o modelo toda vez que cheguem novas demandas.

5.4 IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

A implementação do BIM possui alguns grandes desafios, tais como formação de pessoas, custo para aquisição/locação de softwares, atualizações de computadores, mudanças de processos e o envolvimento das pessoas no processo. Em especial no caso de organizações públicas, como o DPP, o processo de formação

dos profissionais que já atuam no mercado e o estímulo das equipes que já possuem processos de trabalho bem definidos a mudar para o BIM é bastante difícil, tendo em vista que o início da adoção requer muitas mudanças. Além disso, uma equipe não engajada, pode abandonar o processo no meio do caminho das diretrizes e, assim, não obter todos os benefícios esperados do BIM, como pode ser visto no trabalho de Gurevich e Sacks (2020), onde esta situação foi verificada tanto em projetos desenvolvidos na Inglaterra como em Israel.

Na DPP são utilizadas ferramentas CAD-2D e são desenvolvidos projetos arquitetônicos, estruturais, hidrossanitários e elétricos, e alguns arquitetos e engenheiros já iniciaram os estudos do BIM de maneira individual, logo é necessário avaliar o nível de Maturidade em BIM da equipe, a fim de entender se há conhecimento suficiente para que a implementação não precise de consultor externo. Neste processo de implantação, é preciso estabelecer métricas a serem, desenvolver um plano de desenvolvimento da equipe e da organização para que juntos todos possam aumentar em termos de nível de maturidade e contribuir com as metas estabelecidas pela estratégia BIM-BR (MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2018).

O BIM bem implementado implica em uma melhor comunicação entre disciplinas, obtendo-se como resultado projetos compatibilizados e mais bem detalhados. O uso do BIM e a criação de um banco de dados com os projetos desenvolvidos também pode ajudar na gestão do portfólio a ser escolhido pela SINFRA. Para projetos de reforma e readequação, o levantamento das medidas dos locais já estaria nos modelos BIM, o que otimizaria o tempo de arquitetos e projetistas das demais disciplinas, pois não há necessidade de novo levantamento no local. Além de facilitar o acesso às informações de projetos antigos similares, como por exemplo quantitativos de materiais, o que pode auxiliar nas estimativas orçamentárias.

Outros pontos importantes sobre a adoção do BIM são a Estratégia BIM-BR e a Lei nº 14.133, Lei de Licitações e Contratos Administrativos. A Estratégia BIM-BR traz como objetivos a ampliação da utilização do BIM, o aumento em 10% da produtividade por trabalhador e a redução de 9,7% dos custos de produção nas empresas que adotarem o BIM (MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2018). Já a Lei nº 14.133 recomenda o uso preferencial do uso do BIM para obras e serviços de engenharia e arquitetura, além de exigir outros critérios que são mais bem desenvolvidos com o uso do BIM, tais como as estimativas de custo ao longo do ciclo de vida da edificação (BRASIL, 2021). Sendo assim, para estar em conformidade com

a Estratégia BIM e com a Lei de Licitações, deve-se implementar o BIM visando um ciclo de vida mais eficiente e econômico. Para isso, são necessárias simulações para a melhor escolha de *layouts* arquitetônicos, de materiais para a sua execução e de equipamentos para seu uso.

O uso do BIM permite facilitar os estudos sobre os diversos *layouts* arquitetônicos, além de agregar simulações de iluminação, desempenho energético e de luminosidade e conforto acústico a fim de ter menor custo de operação. O trabalho colaborativo entre as disciplinas permite um melhor planejamento da obra e orçamentos, possibilitando melhores escolhas de materiais, tanto na questão do custo, quanto na questão da sustentabilidade (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; GUREVICH; SACKS; SHRESTHA, 2017; LEUSIN, 2020; YANG; CHOU, 2019).

A facilidade de acesso às informações dos projetos, permite melhor gestão da obra, o que implica na redução de atrasos na construção e de horas de trabalho onerosas, inibição de desvios de conduta e maior transparência e controle dos custos de execução da edificação (KAEWUNRUEN; SRESAKOOLCHAI; ZHOU, 2020).

Como citado anteriormente, o uso do BIM na fase de projetos permite simulações diversas, o que implica em um projeto otimizado e que traria economia de custos a UFPE em relação à construção e ao uso das construções. Além de facilitar a manutenção, pois todas as informações teriam fácil acesso, o que possibilitaria o melhor planejamento das atividades para resolver os problemas.

Por fim, pode-se afirmar que o uso do BIM na fase de projetos agregado a um processo de seleção de portfólio de projetos, auxilia no item de melhoria na produtividade do setor da construção, pois ao fazer uma melhor alocação de recursos, é possível construir mais estruturas e realizar melhores investimentos utilizando os mesmos recursos disponíveis.

6 CONCLUSÃO

Organizações, sejam elas públicas ou privadas, possuem recursos limitados para desenvolvimentos de projetos e por isso, a tomada de decisão de quais devem ser desenvolvidos ou não, é complexa. Dentro desse contexto está a UFPE, onde existem limitações de recursos de orçamento e de pessoal para a escolha de projetos. Na UFPE há solicitações diversas de projetos feita através do SIPAC (pela comunidade acadêmica) e pela Reitoria que não são suportadas pela atual estrutura de trabalho. Assim, há a necessidade de escolha de projetos para compor o portfólio a ser desenvolvido que represente as necessidades da UFPE.

Para isso, este trabalho propôs o uso do método TOPSIS associado a PLI. A escolha da metodologia híbrida deu-se, pois o TOPSIS faz apenas o ranqueamento da priorização dos projetos, não levando em consideração as restrições existentes. Para a escolha do portfólio, usou-se o resultado da proximidade relativa à solução ideal com mudança de escala e as restrições de orçamento e hora-homem no cálculo da PLI.

O método tinha por objetivo auxiliar os tomadores de decisão na escolha de quais projetos de arquitetura deveriam ser desenvolvidos pela equipe da DPP. Para o uso do TOPSIS, criaram-se critérios de avaliação quantitativos e qualitativos com o objetivo de representar bem a necessidade da universidade. A criação dos critérios deu-se através de estudos de documentos da UFPE, como por exemplo o Plano Diretor, pesquisa na literatura e consultas à equipe da SINFRA. Também se propôs mudança nos dados requeridos pelo SIPAC atual, de modo a terem dados suficientes para a avaliação dos projetos no método proposto.

O método possui um fluxo de avaliações em que, em algumas etapas, há a necessidade da validação dos tomadores de decisão para que o processo siga para a etapa seguinte. Essa validação tem por objetivo analisar ao longo do processo se as escolhas feitas estão coerentes, além de permitir que critérios e pesos sejam facilmente verificados ou ajustados com base nas experiências dos decisores ou por pesquisa na literatura especializada. O que é de bastante interesse das organizações, especialmente em Universidades, onde as escolhas precisam ser as que mais trazem benefícios e menores custos.

O método é fácil de ser aplicado, neste trabalho usou-se planilhas do Excel, e de ser entendido por parte dos decisores e tem por resultado a escolha de um portfólio

que agrega valor às necessidades da instituição, selecionando projetos dentros das restrições existentes e que não prejudica o desenvolvimento de projetos estratégicos, pois estes serão obrigatoriamente escolhidos.

No caso específico da SINFRA, a seleção do portfólio permite que apenas projetos que atendam às restrições sejam escolhidos, além de evitar que projetos que não se enquadrem no Plano Diretor da UFPE, ou que estejam disputando o mesmo local sejam desenvolvidos. O que traz como benefício que os arquitetos e as demais disciplinas terão seu tempo otimizado, pois só irão desenvolver projetos que serão executados.

Como limitação, pode-se apontar que, algumas informações para o desenvolvimento do método proposto, tais como hora-homem disponível e dados do SIPAC não estavam disponíveis. Pois os dados requeridos atualmente pelo SIPAC não possuem informações suficientes para as avaliações do método proposto e a quantidade de hora-homem trabalhada só começou a ser medida no ano de 2020 pelo DPP. Sendo assim, as informações ausentes tiveram que ser estimadas através de conversas com a equipe da SINFRA.

Este trabalho também contribuiu para o estudo do BIM, fazendo estudo na literatura sobre a implementação, criando diretrizes a serem aplicadas em diversas organizações e entendendo que benefícios seu uso traz. No caso da SINFRA, a DPP desenvolve, além de projetos arquitetônicos, projetos estruturais, hidrossanitários e elétricos. Logo o BIM implementado melhoraria a comunicação entre as disciplinas, além de permitir diversos tipos de simulações nos projetos, resultando em construções mais eficientes e com menor custo ao longo de todo o ciclo de vida.

A combinação do uso do BIM e o processo de seleção de portfólio traz como principal benefício a melhora de produtividade das equipes e do setor da construção como um todo, pois melhora a alocação dos recursos de orçamento e de pessoal, permitindo assim, construir mais usando os recursos otimizados.

O estudo apresentado nesta dissertação, pode ser usado não só no contexto de outras IFES, como em qualquer organização que se proponha a fazer seleção de portfólio de projetos utilizando critérios que vão além de medições de custos e onde existam restrições de natureza quantitativa.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O método híbrido usando o TOPSIS e a PLI para a seleção de portfólio foi verificado com base nos dados do ano de 2018 e com as informações complementares fornecidas pela SINFRA, logo ele necessita de estudo sobre o uso continuado para verificar se a forma de estimar a restrição de hora-homem está de acordo com a realidade ou se há necessidade de mudá-la. Deve-se também avaliar o desempenho do portfólio escolhido e usar isso como parâmetro para possíveis ajustes do modelo.

O método proposto pode ser usado em outros contextos diferentes da UFPE. Sendo assim, sua aplicação pode ser estudada em outras instituições públicas e em organizações privadas para seleção de projetos.

No contexto da SINFRA, recomenda-se estudar a avaliação da Maturidade BIM e a aplicação das diretrizes para implementação do BIM apresentadas neste trabalho. De modo a entender na prática as dificuldades e os impactos positivos.

Sugere-se também a aplicação do modelo em organizações que já implementaram o BIM e, assim, poder estudar o impacto do BIM como facilitador de processos e como ele impactaria na seleção dos projetos para compor o portfólio.

REFERÊNCIA

ABDELGAWAD, M.; FAYEK, A. R. Risk Management in the Construction Industry Using Combined Fuzzy FMEA and Fuzzy AHP. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 1028–1036, 2010.

ABDI. **Processo de projeto BIM**. Brasília, Brasil: www.abdi.com.br, 2017a. v. 01

ABDI. **Classificação da Informação no BIM**. Brasília, Brasil: www.abdi.com.br, 2017b. v. 03

ABDI. **A Implantação de Processos BIM**. Brasília, Brasil: www.abdi.com.br, 2017c. v. 06

ABDULGADER, F. S.; EID, R.; ROUYENDEGH, B. D. Development of decision support model for selecting a maintenance plan using a fuzzy MCDM approach: A theoretical framework. **Applied Computational Intelligence and Soft Computing**, 2018.

ABNT, A. B. DE N. T. **ISO 21500: Orientações sobre gerenciamento de projeto.**Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

AHRIZ, S. et al. Cobit 5-based approach for IT project portfolio management: Application to a Moroccan university. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 9, n. 4, p. 88–95, 2018.

ALMEIDA, N.; ALMEIDA, F. **Metodologia de Gerenciamento de Portfólio: teoria e prática**. Rio de Janeiro: BRASPORT, 2013.

ALMEIDA, N. DE O.; NETO, R. O. **Gestão Profissional do Portfólio de Projetos: maturidade e indicadores.** Edição do ed. Rio de Janeiro: BRASPORT, 2015.

AMORIM, L. A. **Agente para suporte à decisão multicritério em gestão pública participativa**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2014.

ANTUNES, C. et al. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. 1. ed. Estados Unidos: Springer, 2005.

AWWAD, K. A.; SHIBANI, A.; GHOSTIN, M. Exploring the critical success factors influencing BIM level 2 implementation in the UK construction industry: the case of SMEs. **International Journal of Construction Management**, v. 0, n. 0, p. 1–8, 2020.

BIM-BR. **Biblioteca Nacional BIM**. Disponível em: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/objetos>. Acesso em: 20 out. 2021.

BIM-FORUM. **Level Of Development Specification for Building Information Modelling**. Disponível em: <https://www.bimframework.info/>. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/internet/comissao/index/mista/orca/Legisla_CMO/const_f

ed.html>. Acesso em: 22 nov. 2021.

BRASIL. **LEI Nº 9.394**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 23 nov. 2021.

BRASIL. **EMENDA CONSTITUCIONAL Nº 95**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc95.htm>. Acesso em: 24 nov. 2021.

BRASIL. **DECRETO Nº 9.983**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm>. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL. **DECRETO Nº 10.306**. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 1 nov. 2021.

BRASIL. **Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm>. Acesso em: 17 jun. 2021.

CAETANO, E. F. DA S.; CAMPOS, I. M. B. M.; CAVALCANTI, V. P. A Captação de Recursos Próprios pelas Universidades Públicas Federais: autonomia ou mercantilização? **Revista de Financiamento da Educação**, v. 11, p. 1–21, 2021.

CANBAZ, B.; MARLE, F. Construction of project portfolio considering efficiency, strategic effectiveness, balance and project interdependencies. **International Journal of Project Organisation and Management**, v. 8, n. 2, p. 103–126, 2016.

CARVALHO, C. M. H. DE. **Building information modelling na manutenção predial e reformas de edificações hospitalares existentes**. [s.l.] Universidade Federal de Ouro Preto, 2019.

CHAREF, R. et al. Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview. **Journal of Building Engineering**, v. 25, 2019.

COSTA JUNIOR, L. **Instrumentos de Planejamento: PPA, LDO e LOA: Políticas Públicas e Planejamento Governamental**. Brasília: https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/6450, 2021a. v. 1

COSTA JUNIOR, L. **Instrumentos de Planejamento: PPA, LDO e LOA: Ciclo Orçamentário**. Brasília: https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/6450, 2021b. v. 2

COSTIN, A. et al. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. **Automation in Construction**, v. 94, n. June, p. 257–281, 2018.

DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. **Multicriteria Analysis - A manual**. London: www.gov.uk, 2009.

DNIT. **BIM DNIT**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit>. Acesso em: 14 out. 2021.

FACCO, G. B. **ARRECADAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RECURSOS PRÓPRIOS EM UNIVERSIDADES FEDERAIS BRASILEIRAS**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

FOGLIATO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2011.

FREITAS, C. A. **Gestão Estratégica por meio de Projetos, Programas e Portfólio**. Rio de Janeiro: BRASPORT, 2016.

GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, n. September 2016, p. 1046–1053, 2017.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasil, 2005.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da decisão (Debates em administração)**. São Paulo: Cengage Learning, 2020.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério**. 6ª edição ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GRANT THORNTON. **Maturidade BIM no Brasil**. Disponível em: <https://www.grantthornton.com.br/insights/artigos-e-publicacoes/maturidade-bim-no-brasil/>. Acesso em: 3 nov. 2021.

GUREVICH, U.; SACKS, R. Longitudinal Study of BIM Adoption by Public Construction Clients. **Journal of Management in Engineering**, v. 36, n. 4, p. 05020008, 2020.

GUREVICH, U.; SACKS, R.; SHRESTHA, P. BIM adoption by public facility agencies: impacts on occupant value. **Building Research and Information**, v. 45, n. 6, p. 610–630, 2017.

HASHEMIZADEH, A.; JU, Y. Project portfolio selection for construction contractors by MCDM–GIS approach. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, n. 12, p. 8283–8296, 2019.

HEIDARI-FATHIAN, H.; DAVARI-ARDAKANI, H. Bi-objective optimization of a project selection and adjustment problem under risk controls. **Journal of Modelling in Management**, v. 15, n. 1, p. 89–111, 2020.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9ª ed. Porto Alegre: Brasil, 2013.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making: methods and applications**. Lecture No ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1981.

KAEWUNRUEN, S.; SRESAKOOLCHAI, J.; ZHOU, Z. Sustainability-based lifecycle management for bridge infrastructure using 6D BIM. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 6, 2020.

KASSEM, M.; SUCCAR, B. Macro BIM adoption: Comparative market analysis. **Automation in Construction**, v. 81, n. April, p. 286–299, 2017.

KREMMEL, T.; KUBALÍK, J.; BIFFL, S. Software project portfolio optimization with advanced multiobjective evolutionary algorithms. **Applied Soft Computing Journal**, v. 11, n. 1, p. 1416–1426, 2011.

KROHLING, R. A.; CAMPANHARO, V. C. Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 4, p. 4190–4197, 2011.

LEUSIN, S. R. DE. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 1ª edição ed. Rio de Janeiro: Thomson Digital, 2020.

LIESIÖ, J. et al. Portfolio decision analysis: Recent developments and future prospects. **European Journal of Operational Research**, v. 293, n. 3, p. 811–825, 2021.

LU, Y. et al. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. **Automation in Construction**, v. 83, n. November, p. 134–148, 2017.

MA, J. et al. Sustainability driven multi-criteria project portfolio selection under uncertain decision-making environment. **Computers & Industrial Engineering**, v. 140, n. August 2019, p. 106236, 2020a.

MA, Z. et al. Data-driven decision-making for equipment maintenance. **Automation in Construction**, v. 112, n. July 2019, p. 103103, 2020b.

MALTA, J. V. O. DE A. **Diagnóstico para implementação BIM usando o método de desenvolvimento e análise de alternativas estratégicas**. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2020.

MARINO, R. A. **AVALIAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE: UM ESTUDO A PARTIR DOS INDICADORES CONTÁBEIS DE DESEMPENHO**. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; KOURENTZIS, A. Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints. **European Journal of Operational Research**, v. 187, p. 177–192, 2008.

MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E S. **Estratégia BIM BR**. Brasília, Brasil: www.abdi.com.br, 2018.

MENG, Q. et al. A review of integrated applications of BIM and related technologies in whole building life cycle. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 27, n. 8, p. 1647–1677, 2020.

NASCIMENTO, C. R. S. M. S.; ALMEIDA-FILHO, A. T.; PALHA, R. P. **UMA PROPOSTA PARA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS NO CONTEXTO DE UMA**

INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR. Anais do Simpósio Brasileiro de Qualidade de Projeto do Ambiente Construído. **Anais**...Londrina (PR): Even3, 2021Disponível em: <www.even3.com.br/Anais/sbqp2021/437966-UMA-PROPOSTA-PARA-PRIORIZACAO-DE-PROJETOS-NO-CONTEXTO-DE-UMA-INSTITUICAO-FEDERAL-DE-ENSINO-SUPERIOR>

NOBLAT, P. L. D.; BARCELOS, C. L. K.; SOUZA, B. C. G. DE. **Orçamento Público Conceitos Básicos: Noções Sobre Execução Orçamentária**. Brasília: [s.n.].

PALHA, R. P. et al. Sorting subcontractors' activities in construction projects with a novel additive-veto sorting approach. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 25, n. 4, p. 306–321, 2019.

PALHA, R. P. Negotiation throughout flexible and interactive tradeoffs applied to construction procurement. **Automation in Construction**, v. 99, n. October 2018, p. 39–51, 2019.

PROJECT MANANGEMENT INSTITUTE, I. **Guia do Conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBok)**. [s.l: s.n.].

RAAD, N. G.; SHIRAZI, M. A.; GHODSYPOUR, S. H. Selecting a portfolio of projects considering both optimization and balance of sub-portfolios. **Journal of Project Management**, v. 5, p. 1–16, 2020.

RIBEIRO, R. M. DA C. **OS DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS DA GESTÃO UNIVERSITÁRIA: DISCURSOS POLITICAMENTE CONSTRUÍDOS**. Associação Nacional de Política e Administração da Educação. **Anais**...Porto: 2012Disponível em: <https://anpae.org.br/IBERO_AMERICANO_IV/GT2/GT2_Comunicacao/RaimundaMariadaCunhaRibeiro_GT2_integral.pdf>

SÁ, G. L. P. DE; PALHA, R. P. Implantação Do Bim : Priorização De Atividades Usando Promethee II. **50° Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2018.

SACKS, R. et al. **BIM Handbook**. 3. ed. New Jersey: Wiley, 2018.

SACKS, R.; GUREVICH, U.; SHRESTHA, P. A review of Building Information Modeling protocols, guides and standards for Large construction clients. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 21, n. January 2017, p. 479–503, 2016.

SALO, A.; KEISLER, J.; MORTON, A. **Portfolio Decision Analysis Improved**. Springer ed. California: USA, 2010. v. 139

SINFRA, S. DE I. **Plano Básico de Manutenção Predial da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**. Recife: UFPE, 2020.

SINOH, S. S.; OTHMAN, F.; IBRAHIM, Z. Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 27, n. 9, p. 2737–2765, 2020.

SOUZA, L.; GOMES, C.; BARROS, A. Implementation of New Hybrid AHP – TOPSIS-2N Method in Sorting and Prioritizing of an it CAPEX Project Portfolio. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 17, n. 4, p. 977–1005,

2018.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: Five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, n. 2, p. 120–142, 2012.

TAVANA, M. et al. A fuzzy hybrid project portfolio selection method using Data Envelopment Analysis, TOPSIS and Integer Programming. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 22, p. 8432–8444, 2015.

TAVANA, M. et al. A hybrid mathematical programming model for optimal project portfolio selection using fuzzy inference system and analytic hierarchy process. **Evaluation and Program Planning**, v. 77, n. July, p. 101703, 2019.

TCU, T. DE C. DA U. **Referencial básico de governança aplicável a organizações públicas e outros entes jurisdicionados ao TCU**. 3ª ed. Brasília: Secretaria de Controle Externo da Administração do Estado – SecexAdministração, 2020.

TRIANTAPHYLLOU, E. et al. Multi-Criteria Decision Making : An Operations Research Approach. **Electronics**, v. 15, n. August, p. 175–186, 1998.

TRIANTAPHYLLOU, E.; CHI-TUN, L. Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 14, n. 4, p. 281–310, 1996.

UFPE, U. F. DE P. **RELATÓRIO DE GESTÃO UFPE 2018**. Recife: UFPE, 2018.

UFPE, U. F. DE P. **Relatório de Gestão UFPE 2019**. Recife: UFPE, 2019.

UFPE, U. F. DE P. **Relatório de Gestão UFPE 2020**. Recife: UFPE, 2020a.

UFPE, U. F. DE P. **A SINFRA - UFPE**. Disponível em: <https://www.ufpe.br/sinfra/a-sinfra>. Acesso em: 10 set. 2021b.

UFPE, U. F. DE P. **Plano Diretor - Universidade Federal de Pernambuco**. Recife: UFPE, 2020c.

UFPE, U. F. DE P. **A Proplan**. Disponível em: <https://www.ufpe.br/proplan>. Acesso em: 23 nov. 2021.

YANG, J. BIN; CHOU, H. Y. Subjective benefit evaluation model for immature BIM-enabled stakeholders. **Automation in Construction**, v. 106, n. 300, p. 102908, 2019.