



## **PORTFÓLIO C-ÓTIMO NA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS EM OBRAS PÚBLICAS: UM ESTUDO DE CASO NO GOVERNO DE PERNAMBUCO**

**Lucas Borges Leal da Silva**

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE  
borgesleal.lucas@gmail.com

**Rachel Perez Palha**

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE  
rachelpalha@cidsid.org.br

**Adiel Teixeira de Almeida**

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE  
almeida@cidsid.org.br

### **RESUMO**

Numa necessidade inerente de se adaptar às demandas atuais, uma organização busca sua sustentabilidade por meio de mudanças coordenadas com seu planejamento estratégico. Nesse contexto, a gestão de portfólio tem o objetivo gerenciar projetos de uma organização, garantindo que certo conjunto de projetos seja realizado e alocando para eles os recursos necessários e disponíveis, considerando suas limitações. Desse modo, organizações públicas, com o intuito de tomar uma decisão adequada à problemática, apresentam particularidades, como não ter a maximização do lucro como objetivo principal, possuir, em sua hierarquia, uma área política que influencia na área administrativa e não ter clareza sobre quais são seus clientes e stakeholders. Este presente artigo procura aplicar uma metodologia para a seleção de portfólios em obras públicas baseada no método PROMETHEE V, com o uso do conceito de portfólio c-ótimo, a um problema realístico na Secretaria de Planejamento e Gestão do Governo do Estado de Pernambuco.

**PALAVRAS CHAVE.** Seleção de portfólio, PROMETHEE V – C-Ótimo, Obras Públicas.  
**Área principal (Apoio à Decisão Multicritério, Outras aplicações em PO)**

### **ABSTRACT**

An organization has an inherent need to adapt to his current demands, seeking its sustainability by coordinated changes with a strategy planning. In this context, portfolio management has the goal of managing an organization's projects, ie ensuring the right set of projects, allocating the necessary resources to them. In this way, public organizations have some particularities when they need to make a decision, such as nonprofit maximization as a primary objective, a policy area that influences in the administrative area and low clarity about who are the stakeholders and costumers. This article applies a methodology for a portfolio selection in public works, being based on the PROMETHEE V method using the concept of portfolio c-optimal to a real problem in the State Planning and Management Secretariat of Pernambuco.

**KEYWORDS.** Portfolio selection, PROMETHEE V - C-Optimal, Public Works.  
**Main area (Support for Multicriteria Decision, Other applications in PO)**



## 1. Introdução

O momento atual, de efervescência social e política no país, evidencia desafios que devem ser postos em prática pela administração pública de modo a proporcionar resultados efetivos para a retomada do crescimento nacional, baseados numa economia de confiança para os cidadãos consumidores, bem como investidores internos e externos. Desse modo, o controle de gastos públicos ganha força como instrumento essencial para alcançar o objetivo almejado.

Nesse contexto, o panorama das obras públicas ganha ainda mais visibilidade para o cidadão ao integrar aspectos ligados ao patrimônio ambiental e à efetividade social. São constantes as reclamações da população quanto à paralisação de obras pela insuficiência de recursos financeiros, superfaturamento ou desvios de dinheiro público. Como exemplo, a Controladoria-Geral da União [CGU, 2011] divulgou um relatório detalhado de auditoria realizada no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) revelando prejuízos ao erário da ordem de 312 milhões de reais na contratação e execução de obras sob a responsabilidade desta Autarquia. Daí a análise dessas questões está relacionada às atividades de planejamento e gestão de projetos, pois quanto mais minucioso for, menor tende a ser o desperdício de recursos e melhora previsibilidade da execução.

Sendo assim, é importante ressaltar a presença de pressões e incertezas o gerenciamento desses projetos. Aspectos relacionados ao tempo, custo e escopo, pertinentes a qualquer tipo de projeto, exigem habilidade e conhecimento técnico do gerente do setor, visto que isso está intimamente ligado ao processo de tomada de decisões estratégicas da organização, representada pelo governo. Segundo Clemen e Reilly (2001), as decisões são difíceis pela natural complexidade, incerteza inerente, objetivos conflitantes e resultados dependentes de diferentes perspectivas. Fatores comportamentais e o conhecimento especializado do decisor podem também influenciar o processo decisório.

Além disso, é sabido que os recursos financeiros disponíveis não são suficientes para promover benefícios de todas as áreas sociais e econômicas ao implementar uma única ação. Por isso, a priorização e seleção de projetos com melhor desempenho social e econômico se torna essencial para obter uma gestão eficaz do dinheiro público. Em se tratando de um conjunto de projetos, o problema da alocação de recursos se revela de forma ampliada, pois se têm vários projetos disputando recursos limitados, tornando mais complexo o processo de busca pela distribuição ótima [Gonçalves *et al.* 2008].

Diante desses fatores, não é difícil perceber que a estratégia da administração pública dificilmente será resumida em um critério. Em função da necessidade de decidir, o estudo e a análise da tomada de decisão acontecem, bem como a consequência direta de ambos: o desenvolvimento de métodos de apoio multicritério à decisão (MCDA – *Multicriteria Decision Aiding*). Os MCDA contribuem para resolver a priorização de projetos, pois auxiliam na estruturação do problema e proporcionam condições para inserção, no processo decisório, de aspectos de naturezas diferentes: sociais, ambientais e econômicos. Estes métodos são úteis para casos a administração pública, pois usam informações de maneira eficiente, tornando-a mais transparente e simplificando a deliberação.

É importante observar uma literatura atual que aborda a relação entre gerenciamento de portfólio de projetos com o desenvolvimento e aprimoramento do setor público [Cruz-Reyes *et al.*; 2014, 2015], além de abordar a alocação de recursos financeiros em organizações públicas [Cáñez e Garfias, 2006] de modo amplo – considerando aspectos relativos ao controle e problemas incidentes em portfólios [Hansen e Kræmmergaard, 2013; Nielsen e Pedersen, 2014].

Em contribuição aos estudos já desenvolvidos, este artigo explora a aplicação e benefícios de um modelo multicritério para apoiar a decisão na seleção de portfólio de projetos de obras públicas. Para tanto, será aplicada ao governo do Estado de Pernambuco. Com isso, baseia-se no método multicritério de apoio à decisão PROMETHEE V (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), cuja abordagem é voltada para seleção de portfólios e utiliza a racionalidade não compensatória [Brans e Mareschal, 1992]. Para corrigir o



problema de escala do PROMETHEE V apresentado por de Almeida e Vetschera (2012), o modelo usa o conceito de portfólio c-ótimo proposto por Vetschera e de Almeida (2012).

Este artigo está dividido em cinco seções. A segunda seção apresenta a fundamentação teórica acerca da gestão e seleção de portfólio de projetos. A terceira seção apresenta o modelo proposto de seleção de portfólios – onde se apresenta a estruturação do método PROMETHEE V, suas limitações e distorções, e o conceito de portfólio c-ótimo –, com posterior descrição do estudo de caso, analisado na quarta seção. Por fim, a quinta seção aborda a aplicação do sistema de apoio à decisão (SAD), cujos resultados obtidos são discutidos para o problema apresentado de seleção de portfólio de obras públicas do governo do Estado de Pernambuco. Na seção seis são apresentadas as considerações finais sobre aspectos relacionados ao modelo.

## 2. Gerenciamento e seleção de portfólio de projetos

O Project Management Institute [PMI, 2006] define um portfólio como um conjunto de projetos ou programas e outras atividades, reunidos com a finalidade de um gerenciamento eficaz, visando alcançar os objetivos estratégicos do negócio da organização. Nesse contexto, é importante salientar que a gestão do portfólio de projetos resulta em maior equilíbrio entre os projetos vigentes e novas ações estratégicas por meio de combinação dos mesmos e quantidade de investimento em cada projeto. Isto está associado, ou até limitado, a fatores como capacidade financeira da organização e a alocação de recursos [KERZNER, 2005]. Sendo assim, o principal objetivo do gerenciamento de portfólio é garantir que os projetos e programas sejam avaliados, priorizando a alocação dos recursos da organização, consistência e permitindo que seus projetos possam se alinhar à estratégia da organização [PMI, 2008].

Heising (2012) ainda pontua que, alcançando as oportunidades do portfólio (sendo devidamente reconhecidas), além de ativos gerenciamento e exploração, tão logo o sucesso sustentável da organização será obtido. Desse modo, a decisão por implementar tais projetos, cujos recursos financeiros e humanos são particulares a sua natureza, naturalmente se depara com excedente dos limites disponíveis. Por isso é importante estabelecer uma sequência lógica para a escolha do portfólio analisado. Daí a importância de os projetos passarem por um processo de priorização que considere sua importância e contribuição para a estratégia organizacional.

Archer e Ghasemzadeh (1999) consultaram diversos métodos de gestão de portfólio e concluíram que os mais adequados pressupõem selecionar periodicamente as propostas de projetos disponíveis, bem como reavaliar os projetos existentes e em fase de execução, a fim de se alinhar aos objetivos estratégicos da organização sem exceder recursos disponíveis ou violar outras restrições do negócio – isto é, atender aos requisitos mínimos da empresa. Os autores observam que a gestão de portfólio é uma atividade muito importante na rotina das organizações.

Entretanto, em virtude da complexidade, há muitas técnicas divergentes e/ou não aplicáveis. Nesse contexto, eles propuseram uma abordagem para seleção de portfólios, a fim de contribuir com a simplificação dos processos, a qual é dividida em cinco grandes estágios: (1) Pré-seleção; (2) Análise individual dos projetos; (3) Seleção; (4) Seleção do portfólio ótimo; (5) Ajuste do portfólio. Esse processo permite avaliar profundamente os atributos de cada projeto, eliminando aqueles que não alcançam os critérios mínimos preestabelecidos, assim como possibilita selecionar o portfólio ótimo de projetos. Com a aplicação do modelo adotado para o estudo de caso, pretende-se dar ênfase à seleção de portfólios ótimos, bem como seus benefícios trazidos para a organização.

Especialmente no âmbito das obras públicas, estas surgem de planos globais ou setoriais de desenvolvimento e têm como objetivo apresentar os custos e benefícios para a sociedade. Assim, devem ser executados para servir à sociedade, conseqüentemente, não de ser avaliados de tal forma, nas dimensões social, econômica e política.

Nesse sentido, Vetschera e de Almeida (2012) afirmam que essa natureza dos problemas de portfólio vem sendo evidenciada, o que torna a aplicação de métodos multicritério de apoio à decisão um suporte adequado a esse tipo de problemática.



É importante ressaltar também que está sendo frequentemente abordada na literatura a utilização de métodos MCDA na seleção de portfólios de projetos [de Almeida et al, 2014; Lima et al, 2014; Lopes e de Almeida, 2014; Moraes e Laurindo, 2003; Vetschera e de Almeida, 2012].

### 3. Métodos de apoio multicritério à decisão (MCDA)

López e de Almeida (2014) comentam que os MCDA – *Multiple Criteria Decision Analysis* – buscam realizar o estabelecimento de relações de preferências (subjetivas) perante várias alternativas avaliadas sob a influência de vários critérios durante o processo decisório [de Almeida; Costa, 2003]. Uma vez que a pluralidade de pontos de vista, ou critérios, influenciam diretamente a decisão, de Almeida e Costa afirmam que os métodos desenvolvidos até então traduzem a forma como as pessoas sempre tomaram suas decisões. Apesar da diversidade de métodos existentes, os elementos básicos são simples: um conjunto de alternativas com ao menos dois critérios e a existência de um decisor. Estes métodos podem abordar a análise de seus resultados sob as problemáticas de escolha, ranking ou classificação das ações [de Almeida, 2013]. Gomes e Gomes (2012) afirmam que o MCDA admite a subjetividade como parte do processo decisório, apoiando o decisor por meio de algoritmos e metodologias a explicitar suas preferências de forma confortável, obtendo os melhores resultados, evidenciando, assim um grande mérito na aplicação destes métodos.

Um aspecto importante a ser considerado nos tipos de MDCA é a racionalidade do decisor, que pode ser compensatória ou não compensatória, o que constitui uma forma de classificação de acordo com de Almeida (2013). Para aplicação neste estudo de caso, se faz uso da racionalidade não compensatória, a qual é assim caracterizada, de acordo com Fishburn (1976), quando a relação de preferência entre duas alternativas depende apenas do subconjunto de critérios que as favorecem, independente da sua performance em cada critério assumido para o problema de decisão.

Salo (2011) mostra uma visão geral sobre métodos de seleção de portfólio de projetos, os quais Vetschera e de Almeida destacam o tratamento frequente com racionalidade compensatória, como procedimentos de agregação aditiva, mas que, em diversas situações práticas, o uso de uma abordagem não compensatória seria mais adequado. Para problemas de seleção de portfólio com a racionalidade não compensatória pode se fazer uso do método PROMETHEE V.

A seguir alguns fatores são destacados para a escolha deste método, como:

- Obtenção de uma pré-ordem completa através do uso de fluxo de superação líquido ( $\phi_i$ ) entre alternativas;
- Representação da importância atribuída pelo decisor aos critérios, não requerendo procedimentos de trade-off para a quantificar os mesmos. Isso torna o entendimento cognitivo do processo de atribuição de peso mais simples para o decisor.
- Possibilidade de utilizar programação linear inteira binária para escolher um subconjunto de alternativas possíveis, atendendo as restrições de quantidade de projetos;
- Facilitação do entendimento do método por parte do decisor, assim como a construção do modelo pelo analista de decisão.

#### 3.1 PROMETHEE V para seleção de portfólio de projetos

O método utilizado nesta análise permite construir relações de sobreclassificação para agregar informações entre as alternativas e os critérios. O decisor estabelece um peso para cada critério, que representa o seu grau de importância em relação aos outros critérios do problema. Brans e Marechal (1992) descrevem o método PROMETHEE V, voltado para a seleção de portfólios de projetos, em duas etapas:

- Avaliação dos projetos através do método PROMETHEE II: comparações par-a-par e geração de fluxos  $\varphi_{(a_i)}^+$  de saída e  $\varphi_{(a_i)}^-$  de entrada da alternativa  $a_i$ . O fluxo líquido corresponde à diferença entre eles, como revela a equação 1.



$$\varphi_{(a_i)} = \varphi_{(a_i)}^+ - \varphi_{(a_i)}^- \quad (1)$$

- Maximização da soma dos fluxos líquidos adaptados para programação linear inteira, com restrições de recursos da organização, principalmente as orçamentárias.

$$\max \sum_{i=1}^n \varphi'_{(a_i)} x_i \quad (2)$$

Onde  $\varphi'_{(a_i)}$  representa o fluxo líquido adaptado da alternativa  $a_i$ .

Desse modo, diversas restrições podem ser impostas ao modelo e estas são caracterizadas, de forma genérica, a seguir:

$$\sum_{i=1}^n r_i x_i \leq B \quad (3)$$

A equação B foi escrita de tal forma que B corresponde ao limite ou restrição do total de recursos do portfólio recomendado, enquanto  $r_i$  são os recursos requisitados pelo projeto – a ser incluído ou não no portfólio.

### 3.2 Conceito de portfólio c-ótimo para correção de problemas de escala: aplicação do modelo proposto por Vetschera e de Almeida (2012)

A aplicação do método multicritério abordado na seção 3.1 foi estudada por Mavrotas *et al.* (2006), que notaram a possibilidade de existirem, durante o processo de cálculo, fluxos negativos tais que trariam prejuízos com sua implementação no portfólio, sendo desde então descartadas na função objetivo. Daí a necessidade de todos os fluxos líquidos serem não negativos durante a etapa do problema da mochila levou o autor a sugerir a seguinte escala de transformação segundo a equação 4, no qual o termo  $\min_i(\varphi_{(a)})$  indica o menor valor do fluxo líquido obtido levando em conta todas as alternativas.

$$\varphi'_{(a_i)} = \varphi_{(a_i)} + \left| \min_i(\varphi_{(a)}) \right| \quad (4)$$

Almeida e Vetschera (2012) verificaram, mesmo com a escala de transformação sugerida acima, que o menor fluxo líquido teria valor nulo, o que implicaria em sua não entrada no portfólio, ao nada acrescentar à decisão no processo de otimização. Assim, de propuseram uma transformação de escala como a descrita abaixo, considerando um acréscimo  $\delta$ , possuindo este um valor pequeno.

$$\varphi'_{(a_i)} = \varphi_{(a_i)} + \left| \min_i(\varphi_{(a_i)}) \right| + \delta \quad (5)$$

Sendo assim, o conceito de c-ótimo para o método em análise [Vetschera e de Almeida, 2012] surgiu com a tentativa de superar uma distorção advinda da equação 5, na qual, a depender do valor adotado de  $\delta$ , pode recomendar portfólios diferentes. Em suma, esse detalhe pode fazer com que o modelo supervalorize os portfólios com mais alternativas, uma vez que é somado ao seu valor uma constante positiva multiplicada pelo número de alternativas.

O modelo proposto por Vetschera e de Almeida se destrincha nas seguintes etapas, de acordo com [Silva *et al.*, 2015]:

a) Calcular a solução do PROMETHEE V clássico, com a mudança de escala de Almeida e Vetschera. A solução é o portfólio p-ótimo;

O PROMETHEE V c-ótimo consiste em resolver o problema da mochila do método tradicional, adicionando a restrição  $\sum_{i=1}^n x_i = c$ , no qual  $x_i$  é uma variável binária que assume valor 1 quando a alternativa  $a_i$  é selecionada ou 0 quando o contrário. Em outras palavras, trata-se de selecionar o melhor portfólio com c projetos. Vetschera e de Almeida (2012) mostraram que o portfólio c-ótimo permanece o mesmo para qualquer valor utilizado na equação (5).

b) Calcular portfólios c-ótimos para  $c = p+1$ , aumentando o valor de c até que não se encontre mais solução viável;

c) Cálculo dos valores dos portfólios c-ótimo;

Para calcular o desempenho de um portfólio c-ótimo em cada critério j, soma-se os desempenhos neste mesmo critério de todos os projetos contidos no portfólio, de acordo com a equação (6):

$$P_j^c = \sum v_{i,j} x_i \quad (6)$$



onde  $P_j^c$  é o desempenho do portfólio c-ótimo para o critério j,  $v_{i,j}$  é o desempenho do projeto i para o critério j.

d) Cálculo dos índices de concordância,

$$C_{(c,p)} = \sum k_j \quad (7)$$

onde  $k_j$  o peso do critério j, considerando que neste critério o desempenho do portfólio da classe c foi maior que o da classe p.

e) Comparação dos portfólios c-ótimos com o p-ótimo e escolha do melhor.

O procedimento será de escolha do portfólio com maior  $C_{(c,p)}$ , desde que ele assuma valor maior que 0,5. Caso não haja  $C_{(c,p)}$  que obedeça a condição, o portfólio escolhido será o p-ótimo.

#### 4. Estudo de caso

O problema se passa no contexto da administração pública do governo do Estado de Pernambuco tratando especificamente dos recursos disponibilizados para a secretaria de planejamento e gestão. Responsável por coordenar o processo de planejamento governamental, inclusive o plano plurianual, a realização de projetos é condicionada a limites orçamentários. Logo, a seleção adequada de um portfólio de projetos é imprescindível para priorizar ações públicas de interesse da sociedade.

Nesse sentido, no âmbito estadual, a Pernambuco 2035 se destaca como uma iniciativa conjunta do Governo do Estado para a formulação de um Plano Estratégico de Desenvolvimento de Longo Prazo que prepare o estado para os desafios do futuro, envolvendo a sociedade no projeto de construção de um Estado próspero, inclusivo e sustentável [Seplag, 2017]. Assim, espera-se que o Estado seja um dos cinco melhores estados brasileiros para viver, trabalhar e prosperar por meio da aplicação de metas para os próximos 20 anos.

Em consonância com a iniciativa, o objetivo fundamental do problema em questão é maximizar os benefícios sociais, econômicos e de desenvolvimento territorial por meio da execução (ainda em 2017) de projetos selecionados de forma adequada a alocar recursos pela secretaria. Para atingir este objetivo fim principal, os objetivos meio são:

- Sustentabilidade econômica do portfólio: obediência às limitações orçamentárias;
- Garantir a execução de obras públicas de menor impacto ambiental possível;
- Aumento do impacto operacional e estratégico com a escolha de mais projetos, com vistas a fortalecer os benefícios e as ações governamentais; e
- Garantir agilidade na execução de obras de urgência para atender as demandas sociais.

O decisor, neste caso, representa a secretaria de planejamento e gestão, que é responsável pelo processo de seleção de portfólios e gerenciamento de projetos. Foi definido também que se trata de uma decisão individual com influência de outros atores no processo decisório. Estes são os analistas das áreas de planejamento, logística e qualidade – diretores, gerentes e assistentes do gabinete da secretaria –, que podem ser considerados como especialistas no contexto do processo decisório, visto que têm informações importantes sobre o problema em análise, pois conhecem bem o ambiente, e conseguem avaliar o desempenho das alternativas em termos de diversos aspectos, como tempo de construção, impacto ambiental, impacto estratégico, impacto operacional etc.

Visando facilitar o julgamento do decisor, para cada projeto proposto estimou-se de forma realística a proposição de projeto – com base em projetos já implementados –, tais como: prazo e custo, contribuição para a estratégia da organização, nível de impacto ambiental e urgência de demanda social. Na aplicação do modelo, a função escolhida para o método foi a critério verdadeiro e tipo usual, em função da própria característica da avaliação das alternativas, visto que não há dúvidas, por parte do decisor, no estabelecimento de situação de indiferença ou preferência para os critérios. Dito isto, de acordo com a experiência do decisor, foram determinados os critérios julgados por ele importantes para o processo de gerenciamento de portfólio dentro do período estudado. Tais critérios foram levantados no intuito de analisar as



alternativas propostas sendo selecionados por ele de acordo com a necessidade de implementação.

É importante salientar que o modelo aplicado admite que todos os projetos pertencentes ao portfólio a ser selecionado são novos e cuja seleção ocorre na etapa inicial do processo de execução dos mesmos. Sendo assim, não é abordado nessa etapa o caráter dinâmico da gestão de projetos; este se traduz na avaliação do prazo de finalização das obras, além da mensuração do prejuízo social obtido com o atraso de projetos e outros parâmetros que precisam ser analisados posteriormente ao processo aqui descrito. Desse modo, os critérios admitidos são:

1. Prazo de execução: É o tempo estimado para a realização da atividade, de acordo com o planejamento em longo prazo (cronograma). A duração da atividade também tem uma grande influência na escolha da atividade: uma atividade de grande duração não pode ser deixada para o fim do projeto porque pode, desta forma, comprometer o prazo final de execução que, por sua vez, vai repercutir nos custos. Estimada em unidade de tempo (meses), sendo um critério do tipo decrescente.

2. Adequação ao planejamento estratégico: projetos que vão ao encontro do planejamento estratégico do Estado são prioritários. Critério do tipo crescente, será avaliada através de uma escala verbal de 1 a 3 para representação do nível de adequação ao planejamento estratégico, que foi construída da seguinte maneira:

- 3: O projeto é muito ou totalmente adequado ao planejamento estratégico – atende a maioria dos pontos para implementação pela administração pública.
- 2: O projeto é normalmente adequado ao planejamento estratégico – atende a uma quantidade relevante de pontos para implementação pela administração pública.
- 1: O projeto é pouco adequado ao planejamento estratégico – atende a uma quantidade baixa de pontos para implementação pela administração pública.

3. Impacto Ambiental: Devem-se escolher os melhores projetos cuja realização dos serviços em relação meio ambiente gere menos danos possíveis. Esse critério também é relevante dada a influência da preservação ambiental na gestão sustentável de projetos. Critério crescente, será avaliado através de uma escala verbal de 1 a 5 para representação do nível de impacto.

- 5 – Ausente: o projeto não causa danos ao meio ambiente, ou estes são pontuais.
- 4 – Baixo: o projeto causa poucos danos ao meio ambiente.
- 3 – Considerável ou Relevante: o projeto causa danos relevantes ao meio ambiente.
- 2 – Alto: o projeto causa muitos danos ao meio ambiente.
- 1 – Muito alto: o projeto em quase sua totalidade causa danos ao meio ambiente.

4. Urgência: definida pela necessidade social (demanda da população) em ter o projeto implementado. É um critério de maximização. Será avaliado através de uma escala de 1 a 3 para representação do nível de urgência, que foi construída da seguinte maneira:

- 3 – Alto: Projetos de emergência, importantes para atuar e corrigir problemas graves.
- 2 – Médio: Projetos importantes para atuar e corrigir problemas de menor gravidade.
- 1 – Baixo: Projetos importantes para prevenir problemas.

O peso de cada critério foi definido pelo decisor através de atribuição direta. Com auxílio do analista, obtém-se para a entrada de dados do problema a importância relativa entre os critérios, com a utilização de exemplos para facilitar o entendimento do processo.

Como restrição ao problema de otimização inteira, adotou-se para este caso apenas o custo: A execução da atividade depende do custo devido ao fluxo de caixa disponível para período em questão, estimado a partir da Lei Orçamentária Anual disponibilizada publicamente pelo governo do Estado [Seplag, 2016]. Esta restrição é facilmente mensurável, já que o orçamento realizado em fase anterior contém todos os valores necessários e permite uma comparação bastante objetiva; obtida em unidade monetária (R\$), os valores especificados são expostos publicamente pela administração pública, como revela a tabela 1. Nesse contexto, estimou-se uma restrição orçamentária de 60% do custo global dos projetos, tendo em vista ajustar os recursos liberados anualmente para realizar atividades de manutenção em equipamentos públicos, obras emergenciais (como estruturas de contenção e controle de cheias),



bem como as despesas operacionais, uma vez que também incidem no orçamento anual disponibilizado para o departamento.

*Tabela 1 - Especificação e custo previsto por projeto para seleção de portfólio. Fonte: Lei Orçamentária Anual 2017 [Seplog, 2016].*

<b>Projeto</b>	<b>Especificação</b>	<b>Custo previsto</b>
<b>A1</b>	Água para Todos - Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário na Área Rural e Comunidades Difusas	R\$ 1.500.000,00
<b>A2</b>	Adequação da Infraestrutura para o Turismo	R\$ 1.823.400,00
<b>A3</b>	Reestruturação do Arquivo e Preservação do Patrimônio Histórico da ALEPE	R\$ 1.995.200,00
<b>A4</b>	Apoio à Implantação e Implementação de Projetos na Área de Recursos Hídricos	R\$ 3.011.000,00
<b>A5</b>	Criação e Consolidação de Parques Tecnológicos	R\$ 3.253.700,00
<b>A6</b>	Valorização, Proteção e Preservação do Patrimônio Cultural Material do Estado	R\$ 3.724.900,00
<b>A7</b>	Instalação e Reforma de CIRETRANS	R\$ 3.922.100,00
<b>A8</b>	Requalificação dos Espaços e Equipamentos Públicos	R\$ 3.989.800,00
<b>A9</b>	Promoção e Implantação de Projetos Estratégicos na Área de Segurança Pública	R\$ 4.000.000,00
<b>A10</b>	Construção e Ampliação de Unidades de Ensino	R\$ 4.492.300,00
<b>A11</b>	Implantação da Infraestrutura Aeroviária do Estado de Pernambuco	R\$ 4.500.000,00
<b>A12</b>	Ampliação da Cobertura da Rede de Academias das Cidades	R\$ 4.644.800,00
<b>A13</b>	Modernização da Fiscalização de Trânsito	R\$ 4.891.800,00
<b>A14</b>	Modernização Operacional e Tecnológica da Defensoria Pública do Estado	R\$ 5.738.700,00
<b>A15</b>	Apoio à Implantação de Projetos Integrados de Intervenção Urbanística e Social	R\$ 5.800.000,00
<b>A16</b>	Ampliação do Acesso à Água para Famílias do Meio Rural	R\$ 6.104.400,00
<b>A17</b>	Ampliação da Infraestrutura para a Prática Esportiva	R\$ 6.223.470,00
<b>A18</b>	Melhoria da Infraestrutura Viária das Rotas Turísticas do Estado	R\$ 6.715.230,00
<b>A19</b>	Implantação e manutenção de Canal Próprio de TV e emissora de rádio	R\$ 6.850.000,00
<b>A20</b>	Adequação das Instalações Físicas da Procuradoria Geral do Estado	R\$ 7.082.700,00
<b>A21</b>	Reaparelhamento e Reequipamento da Secretaria da Fazenda - FAAF	R\$ 7.093.700,00
<b>A22</b>	Implantação e Restauração de Estradas Vicinais no Interior do Estado	R\$ 7.425.000,00
<b>A23</b>	Expansão e Qualificação de Equipamentos Turísticos	R\$ 8.180.200,00
<b>A24</b>	Implantação de BRT nos Corredores Norte - Sul e Leste - Oeste do STPP / RMR	R\$ 8.183.000,00
<b>A25</b>	Implantação de Unidades de Saúde - Zona da Mata e Agreste	R\$ 8.303.592,00
<b>A26</b>	Elaboração de Estudos de Mercado e Desenvolvimento de Projetos no âmbito do PRODETUR Nacional - Pernambuco	R\$ 9.000.000,00
<b>A27</b>	Implantação de Unidades de Saúde - Sertão	R\$ 10.568.208,00
<b>A28</b>	Ampliação da Oferta de Habitação de Interesse Social	R\$ 10.766.700,00
<b>A29</b>	Projeto de Saneamento Ambiental nas Bacias Hidrográficas de Pernambuco - PSA	R\$ 11.286.600,00
<b>A30</b>	Construção, Melhoria e Aparelhamento dos Órgãos de Execução do MPPE	R\$ 11.500.000,00

## 5. Sistema de Apoio à Decisão e Aplicação

Para fins desta análise de portfólio, considera-se que o método PROMETHEE V, com utilização do conceito c-ótimo, é apropriado para resolução deste problema. Nesse sentido, foi





utilizado o software intitulado “PU\_PXCNG\_DT1” desenvolvido pelo CDSID/UFPE, para aplicação [Silva *et al.*, 2015]. Na definição do modelo para seleção dos projetos estratégicos que irão compor o portfólio do grupo foram coletados 30 projetos elencados durante o ciclo de planejamento estratégico do ano de 2016 para participarem do processo de seleção para execução em 2017.

## 5.1 Resultados

Como aplicação do sistema de apoio à decisão utilizado para este problema, a interação com o usuário, no caso o decisor é importante, uma vez que ele estabelece seus julgamentos de valor, compondo os dados de entrada para processamento, como mostra a figura 1: critérios e pesos, parâmetros e limiares, matriz consequência e restrições. Desse modo, como abordado na seção 3.1, o PROMETHEE V segue para o procedimento de comparação par a par entre alternativas, cujo SAD gerou um relatório de fluxos líquidos e adaptados para o processo e otimização inteira.

The screenshot shows the 'Input de Dados' window of the PU-PXCNG-DT1 software. It is divided into several sections:

- Crítérios e Pesos:** A table with columns C1, C2, C3, C4 and rows for 'Pesos' (0,27, 0,24, 0,19, 0,3).
- Parâmetros e Limiares:** A table with columns C1, C2, C3, C4 and rows for 'Tipo' (1, 1, 1, 1), 'q', 'p', and 'g'.
- Matriz Consequência:** A table with columns C1, C2, C3, C4 and rows for alternatives A1 through A8, with values ranging from -12 to 5.
- Restrições:** A table with columns 'nome' and 'Budget', listing alternatives A1 through A13 with their respective budget values.

Figura 1 - Input de dados no Sistema de Apoio a Decisão - Fonte: CDSID, 2017.

Sendo assim, a resolução do problema da mochila e o rigoroso cumprimento das etapas descritas por [Silva *et al.*, 2015] permitiu a aplicação do modelo de decisão resultando em dois portfólios do tipo c-ótimo encontrados além da solução clássica do PROMETHEE V. A tabela 2 mostra os três portfólios que podem ser soluções alternativas para o problema descrito.

Tabela 2 - Resultados do SAD com conceito de portfólio c-ótimo. Fonte: CDSID, 2017.

Alternativa	P=20 (PROMETHEE V Clássico)	C=21 (C-Ótimo)	C=22 (C-Ótimo)
A1	1	1	1
A2	1	1	1
A3	1	1	1
A4	0	1	1
A5	1	1	1
A6	1	1	1
A7	1	1	1



A8	1	1	1
A9	1	1	1
A10	0	1	1
A11	1	1	1
A12	1	1	1
A13	1	1	1
A14	1	1	1
A15	0	0	0
A16	1	1	1
A17	1	1	1
A18	0	0	1
A19	1	1	1
A20	0	0	1
A21	0	0	0
A22	0	0	0
A23	1	1	1
A24	1	1	1
A25	1	0	1
A26	0	0	0
A27	1	1	0
A28	1	1	0
A29	0	0	0
A30	0	0	0

A tabela 2 apresenta um resumo do procedimento de cálculo com o conceito  $c$ -ótimo, em que a segunda coluna esboça por meio das variáveis binárias a presença ou ausência dos referidos projetos na obtenção da solução clássica, chamada aqui de  $p$ , sugerida pelo método multicritério PROMETHEE V. Para esta solução, foram selecionados 20 projetos ( $p=20$ ). Entretanto, os sucessivos estudos tratados na seção 3.2 levaram a proposição de mudanças de escala e surgimento do conceito  $c$ -ótimo, cuja restrição adicional imposta  $\sum_{i=1}^n x_i = p$  cresce de unidade em unidade, por tentativa, até não encontrar mais solução viável. Nesse sentido, foram encontradas soluções viáveis com vinte e um e vinte e dois projetos, denominadas  $c=21$  ( $c=p+1$ ) e  $c=22$  ( $c=p+2$ ).

## 5.2 Discussões

Com base no exposto na seção 5.1, as soluções encontradas podem ser postas à prova quando comparadas entre si, no tocante ao desempenho global em cada critério. Desse modo, tal procedimento de comparação se baseia na racionalidade não compensatória a fim de ser mais consistente com a abordagem particular do PROMETHEE.

Primeiramente, cabe comparar os portfólios  $p=20$  e  $c=21$ , no qual a diferença entre eles está na troca da alternativa A25 da solução clássica por pelas alternativas A4 e A10. Analisando apenas os desempenhos devidamente normalizados (o que permite a aplicação da etapa de comparação proposta por Silva *et al.*) das alternativas citadas acima, uma escala de comparação entre os portfólios se configura como mais adequada. Daí, a aplicação dos passos “c”, “d” e “e” comprovam que o portfólio  $c=21$  é melhor para três dos quatro critérios – considerando o somatório dos desempenhos dos portfólios em questão – obtendo um índice de concordância de 0,73. Desse modo, o portfólio  $c=21$  é considerado melhor que o portfólio  $p=20$ .



De maneira análoga, a comparação entre os portfólios  $p=20$  e  $c=22$  sugere rejeitar os projetos A27 e A28 da solução clássica em favor das alternativas: A4, A10, A18 e A20. Novamente, a racionalidade não compensatória evidenciou o portfólio  $c=22$  é como melhor que o portfólio  $p=20$ , somando também 0,73 dos pesos em disputa. A escolha entre os portfólios  $c$ -ótimos sugeridos advém da análise de desempenho comparativa entre os mesmos.

No caso de estudo, os portfólios sugeridos apresentam um custo total inferior ou equivalente ao portfólio sugerido pelo modelo clássico, trazendo benefícios econômicos para a organização, como mostra a tabela 3. Vale ressaltar que esta é uma coincidência e que não é o objetivo do modelo fornecer uma solução que utilize menos recursos, mas sim uma que não viole as restrições.

Tabela 3 - Custo do portfólio selecionado

<b>P=20 (PROMETHEE V Clássico)</b>	<b>C=21 (C-Ótimo)</b>	<b>C=22 (C-Ótimo)</b>
R\$ 109.163.970,00	R\$ 108.363.678,00	R\$ 109.130.292,00

## 6. Conclusões

Considerando a problemática abordada para este estudo de caso, a aplicação do conceito de portfólio  $c$ -ótimo trouxe consigo a sugestão de seleção portfólios com desempenho mais interessante que o proposto pelo método clássico do PROMETHEE V, ressaltando assim, os benefícios obtidos com as mudanças de escala para correção das distorções do referido modelo.

De fato, após uma análise detalhada dos resultados, o problema realístico de decisão na área de administração e obras públicas mostrou o aprimoramento das dimensões sociais, econômicas e políticas – em resposta às demandas da população – por meio da modelagem dos dados com o conceito  $c$ -ótimo, garantindo, a partir da escolha eficaz pelo decisor, o melhor desempenho para a organização pública com vistas a alinhar os objetivos estratégicos do Estado (Pernambuco 2035) com suas limitações a fim de atender às necessidades mais urgentes e prioritárias da sociedade pernambucana ao qual a administração está inserida.

Neste caso, indica-se como estudos futuros a realização de uma análise de sensibilidade a fim de verificar a robustez do método aplicado, bem como a implementação do modelo como ferramenta auxiliar na decisão das empresas em seus problemas reais de alocação de recursos na administração pública, como meio de prover a otimização dos mesmos.

## Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente apoiado pelo CNPq.

## Referências

- Archer, N. P.; Ghasemzadeh, F.** (1999) An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*. v. 17, n. 4, p. 207-216.
- Brans, J. P.; Mareschal, B.** (1992) PROMETHEE V: MCDM Problems with Segmentation Constraint. *INFOR Journal: Information Systems and Operational Research*, v.30, n.2, p.85-96.
- Cáñez, L.; Garfias, M.** (2006) Portfolio Management at the Mexican Petroleum Institute. *Research Technology Management*, v. 49, n. 4, p. 46–55.
- Clemen, R. T., Reilly, T.** (2001) *Making Hard Decisions with decision tools*. Duxbury: Pacific Grove.
- Controladoria Geral da União – CGU.** (2011) Web page. [http://www.cgu.gov.br/AuditoriaeFiscalizacao/AuditoriasEspeciais/2011/Arquivos/DNOCS\\_Relatorio%20auditoria%20especial\\_Dez-2011.pdf](http://www.cgu.gov.br/AuditoriaeFiscalizacao/AuditoriasEspeciais/2011/Arquivos/DNOCS_Relatorio%20auditoria%20especial_Dez-2011.pdf) Acessado: 2017-03-30.
- Cruz-Reyes, L. et al.** (2014) A Decision Support System Framework for Public Project Portfolio Selection with Argumentation Theory. *Studies in Computational Intelligence*, v. 547, p. 467–479.



- De Almeida, A. T.** (2013) Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério. Ed. Atlas. São Paulo.
- De Almeida, A. T.; Vetschera, R.** (2012) A note on scale transformations in the PROMETHEE V method. *European Journal of Operational Research*, v. 219, p. 198-200.
- De Almeida, A.T.; Vetschera, R.; Almeida, J.A.** (2014) Scaling Issues in Additive Multicriteria Portfolio Analysis. In: Dargam F; Hernández JE; Zaraté P; Liu S; Ribeiro R; Delibasic B; Papatathanasiou J. “Decision Support Systems III - Impact of Decision Support Systems for Global Environments”. LNBIP 184 (Lecture Notes in Business Information Processing), Springer. pp. 131–140.
- Fishburn, P.C.** (1976) Noncompensatory preferences. *Synthese*, 33, 393-403.
- Gomes, L. F. A. M.; Gomes, C. F. S.** (2012) Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Atlas.
- Gonçalves, J. F.; Mendes, J. J. M.; Resende, M. G. C.** (2008) A genetic algorithm for the resource constrained multi-project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, n. 189, p. 1171-1190.
- Hansen, L. K.; Kræmmergaard, P.** (2013) Transforming local government by project portfolio management: Identifying and Overcoming Control Problems. *Transforming Government: People, Process and Policy*, v. 7, n. 1, p. 50–75.
- Heising, W.** (2012) The integration of ideation and project portfolio management—A key factor for sustainable success. *International Journal of Project Management*, v. 30, p. 582-595.
- Kerzner, Harold.** (2005) Using the project management maturity model: strategic planning for project management. USA: John Wiley & Sons.
- Lima, M. T. A.; Oliveira, E. C. B; Alencar, L. H.** (2014) Modelo de apoio à decisão para priorização de projetos em uma empresa de saneamento. *Prod. [online]*. vol.24, n.2, pp. 351-363.
- López, H. M. L.; De Almeida, A.T.** (2014). Utilizando PROMETHEE V para seleção de portfólio de projetos de uma empresa de energia elétrica. *Production*, 24(3), 559-571. Epub July 23, 2013.
- Mavrotas, G.; Diakoulaki, D.; Caloghirou, Y.** (2006) Project prioritization under policy restrictions. A combination of MCDA with 0–1 programming. *European Journal of Operational Research*. 171, pp 296–308.
- Moraes, R. O.; Laurindo, F. J. B.** (2003) Um estudo de caso de gestão de portfolio de projetos de tecnologia da informação. *Gestão & Produção*, v. 10, n. 3, p. 311-328.
- Nielsen, J. A.; Pedersen, K.** (2014) IT portfolio decision-making in local governments: Rationality, politics, intuition and coincidences. *Government Information Quarterly*, v. 31, n. 3, p. 411–420.
- Project Management Institute – PMI.** (2008) A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). PMI.
- Project Management Institute - PMI.** (2006) The Standard for Portfolio Management. PMI.
- Salo A; Keisler J; Morton A.** (2011) Portfolio Decision Analysis – Improved Methods for Resource Allocation, Springer.
- Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de Pernambuco – SEPLAG** (2016). Web page.[http://www.seplag.pe.gov.br/c/publicador\\_repositorio\\_documento/get\\_file?p\\_l\\_id=938&folderId=4440&name=DLFE-4452.pdf](http://www.seplag.pe.gov.br/c/publicador_repositorio_documento/get_file?p_l_id=938&folderId=4440&name=DLFE-4452.pdf). Acessado: 2017-03-30.
- Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de Pernambuco – SEPLAG** (2017). Web page.<http://www.seplag.pe.gov.br/web/pe2035/2035-plano-estrategico> Acessado: 2017-03-30.
- Silva, L. B. L.; De Almeida, A.T.; Almeida, J.A.** (2015) Uso do conceito c-optimal para seleção de portfolio de projetos na construção civil com base no método multicritério PROMETHEE V. In: *Anais do XLVII SBPO*, p. 561-571, Rio de Janeiro, SOBRAPO.
- Vetschera, R; De Almeida, A T.** (2012) A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Volume 39 (5)*, p. 1010–1020.