



AVALIAÇÕES DE SINERGIAS NA FORMAÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE TI/SI COM BASE NO MÉTODO PROMETHEE V

Plínio Marcio da Silva Ramos

Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA)
Rodovia BR 104, S/N, Km 59, Nova Caruaru, Caruaru – PE
plinio.ramos@outlook.com

Josilene Alves Monteiro

Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA)
Rodovia BR 104, S/N, Km 59, Nova Caruaru, Caruaru – PE
josilene-monteiro@hotmail.com

Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima

Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA)
Rodovia BR 104, S/N, Km 59, Nova Caruaru, Caruaru – PE
anapaulahg@hotmail.com

RESUMO

Com o aumento de variedade e disponibilidade de tecnologia de informação (TI) e sistemas de informação (SI), juntamente com as limitações que uma organização enfrenta, a escolha do melhor portfólio de projetos representa um grande ganho à organização. Levando em consideração que entre os projetos que formam um portfólio pode haver algum benefício que não seria percebido caso os projetos fossem visualizados individualmente, a sinergia surge sendo representada em três tipos para o caso de projetos de TI/SI. Dessa forma, este artigo propõe um modelo que considera a avaliação dessas sinergias entre os projetos de TI/SI para formação de um portfólio ideal considerando as restrições impostas ao problema de decisão, baseado no método de apoio multicritério a decisão PROMETHEE V, utilizando ainda do conceito de portfólio c-ótimo. Posteriormente, é feita uma aplicação numérica do modelo proposto e, por fim, uma análise de sensibilidade para verificação da robustez dos resultados.

PALAVRAS CHAVE. Portfólio de Projetos de TI/SI, Sinergias, PROMETHEE V.

Tópicos (TEL&SI - PO em Telecomunicações e Sistemas de Informações)

ABSTRACT

With the increasing variety and availability of information technology (IT) and information systems (IS), together with the limitations that an organization faces, choosing the best project portfolio represents a great gain to the organization. Taking in account that between the projects that form a portfolio there may be some benefit that would not be perceived if the projects were individually analysed, the synergy emerges being represented in three sorts for the case of IT/IS projects. Therefore, this article proposes a model that considers the evaluation of these synergies between the IT/IS projects that would form an ideal portfolio. The model takes into consideration the restrictions imposed on the decision problem. This study was based on the multicriteria decision aid PROMETHEE V method, using portfolio c-optimal concept. After that, a numerical application of the proposed model is made and, finally, a sensitivity analysis to verify the robustness of the results is performed.

KEYWORDS. Portfolio IT/IS Projects, Synergies, PROMETHEE V.

Paper topics (TEL&SI - OR in Telecommunications and Information Systems)



1. Introdução

A partir do momento em que foi percebido que as informações passaram a interferir no modo como as pessoas e, principalmente, as organizações conduziam seus negócios, o adequado processamento de dados e o efetivo tratamento das informações foram considerados significativos, tanto em relação ao desempenho das empresas como de sua competitividade. Portanto, é indispensável que escolhas sobre a TI e os SI sejam feitas de modo eficaz, ainda mais quando se considera o grande potencial sinérgico que os projetos de TI e SI apresentam, podendo ser responsável pela melhor formação do portfólio [Cho e Shaw 2009].

Lopes e de Almeida (2015) discutem que as sinergias vêm se tornando um conteúdo de grande importância para as partes interessadas em gestão de projetos em relação à formação de portfólios. Os autores ainda comentam que o uso de sinergias colabora positivamente como uma dimensão de sucesso do portfólio e do negócio. Isso ocorre pelo fato da sinergia carregar a noção de cooperação entre as partes, característica importante na gestão dos projetos no portfólio, visto que no problema de portfólio, além das características individuais, a interação sinérgica entre os projetos são consideradas [de Almeida e Duarte 2011; López e de Almeida 2014].

Vetschera e de Almeida (2012) discutem que os problemas de seleção de portfólio vêm apresentando uma natureza multidimensional, envolvendo muitas alternativas e muitos critérios, muitas vezes conflitantes. Por esse motivo, a utilização da metodologia de apoio multicritério a decisão (AMD) torna-se um mecanismo adequado a problemática de portfólio, pois permite a seleção das alternativas mediante critérios de avaliação do decisor que levará em consideração suas preferências na tomada de decisão [de Almeida 2013].

Com base nesse contexto, a literatura apresenta estudos que utilizam as sinergias em conjunto com os métodos de AMD. Klapka e Pinões (2002), por exemplo, desenvolveram um método para considerar as interdependências entre os projetos de pesquisa e desenvolvimento e SI, considerando uma abordagem de seleção de portfólio com o uso de uma adaptação do modelo de agregação aditivo, que considera a sinergia entre os projetos em uma função objetivo.

De Almeida e Duarte (2011) propuseram um modelo que traz uma abordagem alternativa do método de agregação aditivo para medir os benefícios adicionais da sinergia na seleção de portfólio de projetos de pesquisa e desenvolvimento e com o emprego de uma abordagem de otimização combinatória, na qual, a função objetivo é uma função aditiva.

Jadda e Janati Idrissi (2015) desenvolveram um modelo de otimização que permite determinar o portfólio de projetos de TI/SI ideal, tomando em consideração duas dimensões: (1) o valor do alinhamento estratégico correspondente ao portfólio, considerando uma função estratégica de SI e (2) o valor dos projetos de TI/SI no portfólio, através de uma função de agregação aditiva com a avaliação das sinergias criadas entre os projetos no portfólio.

Ramos et al. (2016) apresentaram um modelo com o uso do método de agregação aditivo levando em consideração a avaliação de três tipos de sinergias de TI/SI apresentados por Cho e Shaw (2009) e Cho et al. (2013), propondo uma função aditiva que incorpora as sinergias, gerando, assim, uma recomendação das alternativas de portfólios formados por dois projetos de TI/SI. Monteiro et al. (2016) também utilizaram a classificação dos três tipos de sinergia de TI/SI como exemplos de critérios na aplicação do método de apoio multicritério a decisão PROMETHEE II, propondo um ranking de portfólios de projetos de TI/SI.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo para formação de portfólio de projetos de TI/SI considerando a avaliação de sinergias entre diferentes projetos, bem como as limitações impostas ao problema de decisão. Para tanto, o modelo proposto baseia-se no método PROMETHEE V com o conceito de portfólio c-ótimo, com o intuito de obter um portfólio de projetos de TI/SI ideal aos objetivos e restrições da organização.

Este artigo está dividido em seis seções, incluindo a introdução. A seção 2 contém o referencial teórico sobre o método de apoio multicritério a decisão PROMETHEE V, a seção 3 aborda uma discussão sobre os diferentes tipos de sinergia de TI/SI, a seção 4 apresenta a proposta do modelo, a seção 5 mostra uma aplicação do modelo proposto, bem como uma análise de sensibilidade e discussão dos resultados e, por fim, a seção 6 traz as conclusões sobre o artigo.



2. PROMETHEE V

O PROMETHEE V consiste em um método de sobreclassificação com comportamento não-compensatório, aplicado à problemática de portfólio para seleção de um subconjunto de alternativas, cumprindo com certas restrições [Brans e Mareschal 2005; Lopéz e de Almeida 2014]. Para isso, esse método é realizado em duas etapas: (1) avaliação das alternativas em relação aos critérios com base no PROMETHEE II e (2) aplicação da programação linear inteira (0-1), onde são consideradas as restrições identificadas no problema [Brans e Mareschal 2005].

Segundo Brans e Mareschal (2005), para a implementação dos métodos da família PROMETHEE, torna-se necessário uma aplicação em duas fases iniciais. Primeiramente, deseja-se construir uma relação de sobreclassificação das alternativas e para isso são realizadas comparações par a par entre as alternativas para um dado conjunto de critérios. Assim, com a avaliação das alternativas para todos os critérios, na segunda fase, para explorar a relação de sobreclassificação, dois indicadores são definidos: fluxo de sobreclassificação de saída e de entrada, conforme as equações (1) e (2) respectivamente. A primeira com a ordem de sobreclassificação de uma alternativa a sobre as demais b , e a segunda com a ordem de sobreclassificação de todas as alternativas b sobre a alternativa a . Esses valores são formados pelo somatório das avaliações de cada alternativa em relação aos critérios, multiplicadas pelos pesos (P_i) de cada critério e dividido pelo número de alternativas (n) menos um (1).

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in a} [P_i(a, b)] \quad (1)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{a \in b} [P_i(b, a)] \quad (2)$$

Além desses fluxos, o método PROMETHEE II apresenta uma pré-ordem completa através da definição de um fluxo de sobreclassificação líquido que pode ser obtido por meio da seguinte formulação:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (3)$$

O método PROMETHEE V utiliza inicialmente os conceitos do PROMETHEE II utilizando os resultados dos fluxos líquidos como sua função conjunto de alternativas. A função objetivo é, então, aplicada usando a programação linear inteira (0-1), conforme a equação (4).

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \phi_i x_i \quad (4)$$

onde: $x_i \begin{cases} 1 & \text{se } x_i \text{ for selecionada} \\ 0 & \text{se } x_i \text{ não for selecionada} \end{cases}$
 ϕ_i é o fluxo líquido.

Entretanto, deve-se considerar um importante aspecto relacionado aos fluxos líquidos do PROMETHEE II. Alguns desses fluxos têm *scores* positivos e outros negativos. Assim, a existência de fluxos líquidos negativos na função objetivo do PROMETHEE V ocasionaria a exclusão da alternativa pelo método, mesmo se houver uma folga nas restrições [Mavrotas et al. 2006]. No entanto, conforme de Almeida & Vetschera (2012), esse fluxo líquido negativo não indica necessariamente que o item por si só tem um valor negativo, só que ele é sobreclassificado por outros itens.

A forma de evitar a questão do fluxo líquido negativo é proposta por Mavrotas et al. (2006), a qual, no entanto, foi questionada por de Almeida e Vetschera (2012) e Vetschera e de Almeida (2012) que trazem uma abordagem mais ampla da aplicação do método PROMETHEE V na seleção de portfólios. Segundo Mavrotas et al. (2006), para que todas as alternativas sejam consideradas, o fluxo líquido de cada alternativa deverá ser subtraído pelo resultado do menor fluxo líquido, tornando todos os valores não negativos, conforme fórmula a seguir:



$$\phi' = \phi_i + |\min \phi_i| \quad (5)$$

onde: ϕ' é o fluxo líquido após a transformação de escala.

Contudo, estudos mostram a existência de problemas com a transformação de escala (Equação 5), visto que a alternativa com menor fluxo líquido passaria a ter valor zero, deixando de ser considerada no portfólio. Sugere-se que ao ser adicionado uma constante ε o problema seria superado, conforme equação (6) [de Almeida e Vetschera 2012; Almeida et al. 2014].

$$\phi' = \phi_i + |\min \phi_i| + \varepsilon \quad (6)$$

Vetschera e de Almeida (2012) mostraram que apenas essa transformação dos fluxos em valores positivos não é suficiente. Os autores afirmam que, enquanto as transformações lineares nas escalas dos fluxos líquidos não alteram os resultados do PROMETHEE II, elas podem mudar os resultados para os portfólios do PROMETHEE V. Ou seja, as mudanças de escala podem incorrer em distorções, levando a escolha de conjuntos de portfólios diferentes, dependendo do valor da constante ε . Para superar esse problema de escala, os autores propuseram o conceito de portfólio c-ótimo para o método PROMETHEE V que consiste em uma restrição para selecionar o melhor portfólio com um número fixo de c projetos (Equação 7).

$$\sum_{i=1}^n x_i = c \quad (7)$$

3. Sinergias de TI/SI

A sinergia de TI/SI pode ser compreendida como o retorno adicional que uma empresa pode conseguir a partir de várias unidades de investimento em TI/SI, que não pode ser obtido a partir de unidades individuais [Cho et al. 2013].

De acordo com Cho e Shaw (2009), a sinergia de TI/SI na seleção de portfólio de projetos de TI/SI pode ser classificada em três tipos diferentes. A sinergia de TI de custo sub-aditivo (Tipo 1), refere-se a economia de custo adicional quando há partilha de recursos de TI/SI comuns entre duas unidades de TI/SI [Tanriverdi 2006; Cho e Shaw 2009]. Uma condição para a sinergia de TI de custo sub-aditivo seria: $\text{Custo}(A + B) < \text{Custo}(A) + \text{Custo}(B)$ [Teece 1982 apud Cho e Shaw 2009]. A sinergia do Tipo 1 é encontrada quando as unidades são implantadas e/ou operadas simultaneamente. Exemplos desse tipo de sinergia podem ser: hardware, software, sistemas de rede, recursos humanos de TI/SI e outros recursos de TI/SI que podem ser compartilhados entre diferentes unidades de negócios ou grupos funcionais.

Um segundo tipo é a sinergia de TI de valor super-aditivo de uma via (Tipo 2), que refere-se ao valor adicionado pela relação de complementaridade entre duas unidades de TI/SI [Tanriverdi 2006; Cho e Shaw 2009]. A condição para que se tenha a sinergia do Tipo 2 é a seguinte: $\text{Valor}(A + B) > \text{Valor}(A) + \text{Valor}(B)$ [Davis e Thomas 1993 apud Cho e Shaw 2009]. Essa sinergia ocorre quando, entre duas unidades de investimento em TI/SI, o valor intrínseco da primeira unidade afeta o valor da segunda unidade, porém essa segunda não influencia a primeira. Por exemplo, o desempenho da maioria dos sistemas de informação é influenciado pelo desempenho do hardware, mas o hardware não é afetado pelos sistemas que ele executa.

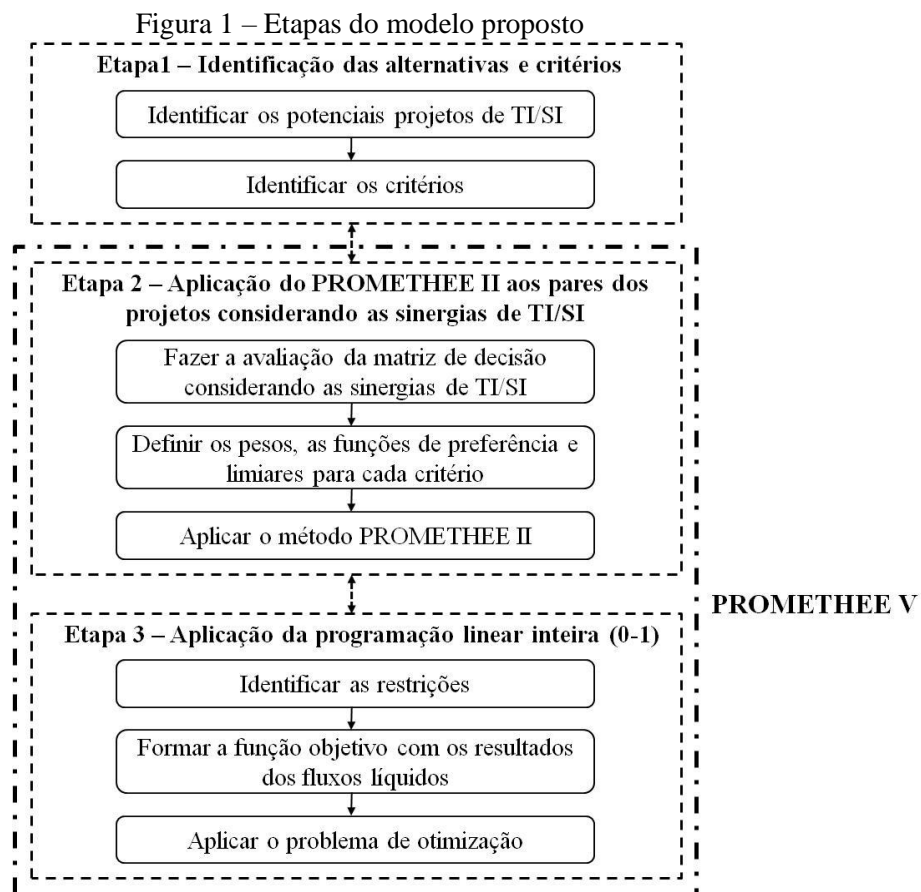
Outro tipo é a sinergia de TI de valor super-aditivo de duas vias (Tipo 3), que ocorre quando as duas unidades de TI/SI são mutuamente benéficas [Cho e Shaw 2009]. Por exemplo, sistemas de marketing e sistemas de desenvolvimento de novos produtos de uma empresa podem trocar dados sobre os clientes e suas preferências em atributos de um produto de qualidade. O intercâmbio de dados pode ajudar os sistemas de marketing para fazer pesquisa de mercado e encontrar clientes, bem como, ajudar os sistemas de desenvolvimento de novos produtos na concepção de produtos que os clientes desejam no mercado.



Vale ressaltar que a sinergia do Tipo 2 e do Tipo 3 estão relacionadas a saída geradas pelo portfólio, podendo assumir apenas um dos dois tipos, pois são mutuamente excludentes [Cho e Shaw 2009].

4. Modelo proposto

Para o desenvolvimento de um modelo de seleção de portfólio de projetos de TI e SI com a consideração das sinergias entre os projetos, é proposta a inclusão das mesmas com base em um método de AMD, o qual nesta pesquisa consiste na utilização do método PROMETHEE V com o conceito de portfólio c-ótimo, justamente por ser dedicado à problemática de portfólio, uma vez que proporciona a seleção de um subconjunto de projetos em um conjunto maior, possibilitando a consideração de restrições de recursos na escolha do portfólio [de Almeida 2013]. Na Figura 1 são representadas as etapas do modelo proposto.



Fonte: Esta pesquisa

Portanto, a primeira etapa do modelo proposto consiste na seleção dos projetos de TI/SI da organização que poderão ser adicionados aos portfólios e a identificação dos critérios que serão considerados para decidir sobre as alternativas de projetos. A segunda e terceira etapa consiste na aplicação do método PROMETHEE V com a consideração das sinergias. A segunda etapa é o momento da inclusão das sinergias de TI/SI no modelo. A sinergia traz em seu conceito o significado de ganho, de benefício, podendo ser também de prejuízo caso a sinergia seja negativa [de Almeida e Duarte 2011; Jadda e Janati Idrissi 2015].

Para a avaliação da sinergia torna-se necessário considerar duas ou mais ações. Duarte (2011) comenta sobre a *Hipótese de Pares de Fragmentação de Sinergias*, que diz que a sinergia que é decorrente da interação entre três ou mais ações consegue ser simplesmente fragmentada em sinergia de pares de ações. Ou seja, a parcela acrescentada da sinergia devido à presença de



três projetos será menor do que a parcela acrescentada pela interação entre pares de projetos. Para quatro projetos a parcela acrescentada será menor do que para três projetos, e assim sucessivamente. Então, a hipótese de desconsiderar essa parcela adicional da interação de três ou mais projetos é razoavelmente aceita e permite uma simplificação para a medida de sinergia.

Para eliciar a sinergia de TI/SI segundo os três tipos discutidos por Cho e Shaw (2009) e Cho et al. (2013), será necessário que o decisor tenha conhecimento sobre o significado de cada tipo e, conforme os critérios estabelecidos, possa identificar quais desses tipos existem entre os pares de projetos e, assim, poderá construir a matriz de decisão. Dessa maneira, será possível aplicar o método PROMETHEE II aos pares de projetos considerando a sinergia entre eles.

A partir dos resultados dos fluxos líquidos em pares, dá-se início a terceira e última etapa que corresponde à formação da função objetivo se referindo aos pares de diferentes projetos ao mesmo tempo, para posterior maximização do problema. As parcelas dos projetos individuais irão disputar as limitações que a organização oferece em forma de restrições do problema.

A seguir, são apresentadas as principais equações envolvidas no processo de cálculo do modelo proposto com o método multicritério PROMETHEE V considerando as sinergias como parte da função objetivo:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \phi'_{ij} x_i x_j \quad (8)$$

Sujeito a:

$$\sum_r \delta_n x_i \begin{cases} \geq \\ \equiv \\ \leq \end{cases} \varphi_r \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = c \quad (7)$$

onde: $x_i \begin{cases} 1 & \text{se } x_i \text{ for selecionada} \\ 0 & \text{se } x_i \text{ não for selecionada} \end{cases}$

ϕ'_{ij} é o fluxo líquido dos pares de projetos x_i e x_j após a transformação de escala;

δ_n é a contribuição do projeto x_i relativa à restrição r ;

φ_r é o valor referente à restrição r ;

c é o número fixo de projetos a ser selecionados.

Na seção a seguir, será feita uma aplicação numérica deste modelo para testar sua viabilidade, posteriormente, será apresentada uma análise de sensibilidade.

5. Aplicação do modelo proposto

Para demonstração e aplicação do modelo proposto foi realizada uma simulação numérica a partir de um cenário fictício, porém de caráter real, onde os dados para a construção da matriz de decisão foram obtidos com o auxílio de um especialista que tem conhecimento sobre o setor de tecnologia e sistemas de informação. Para aproximar a aplicação em uma situação real, os potenciais projetos selecionados e os critérios utilizados na aplicação do método multicritério foram identificados na literatura sobre o problema de portfólio de projetos de TI/SI.

Neste contexto, considera-se um decisor responsável pela área de tecnologia e sistemas de informação de uma organização, que deseja tomar decisões mais precisas sobre os projetos de TI/SI de maneira a formar um portfólio ideal de acordo com as sinergias presentes entre os projetos e as restrições existentes na organização. Considerando a divisão das três etapas proposta pelo modelo, conforme Figura 1, os resultados desta aplicação são descritos a seguir:

– Etapa1: Identificação das alternativas e critérios

As alternativas consideradas nesta aplicação numérica foram cinco potenciais projetos de TI/SI, os quais são baseados no estudo de caso de Nanes (2014), apresentado no Quadro 1, visto que são projetos de TI/SI reais de uma organização.



Quadro 1 – Projetos de TI/SI selecionados

Alternativas de Projetos	Descrição	Siglas
Atualização de <i>software</i>	Atualizar o sistema interno para facilitar a comunicação interna e comercial	P1
Atualização do servidor	Atualizar a rede de servidor para aumentar a segurança em torno das informações	P2
<i>Upgrade</i> nas instalações tecnológicas	Adquirir novos computadores	P3
Novas tecnologias	Modernizar as máquinas do setor produtivo	P4
Novas ferramentas tecnológicas (Aplicativos)	Criar aplicativos para auxiliar nas transações do setor comercial	P5

Fonte: Adaptado de Nanes (2014)

Após a seleção das alternativas de projetos, para a identificação dos critérios foram considerados os fatores que mais impactam no problema de seleção de portfólio de projetos de TI/SI com base na literatura. Assim, foram identificados quatro critérios para a avaliação das alternativas, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios

Critérios	Descrição	Siglas	Unidade	Referências
Custos Totais	Corresponde ao valor em reais para a implementação do par de projetos	C1	Monetário (R\$)	Lee e Kim (2001); Almeida et al. (2014); Jadda e Janati Idrissi (2015); Ramos et al. (2016)
Tempo de Implementação	Representa o tempo para implementação de determinada alternativa de portfólio	C2	Dias	Lee e Kim (2001); Ramos et al. (2016)
Impacto Estratégico	Apresenta a percepção do quanto impactante é a alternativa para a estratégia da organização	C3	Escala de Likert de 5 pontos	Gleisberg et al. (2008); Ramos et al. (2016)
Eficiência no Processamento de Informação	Trata o grau de eficiência no processamento de informação percebido entre os projetos em cada alternativa de portfólio	C4	Escala de Likert de 5 pontos	Lee e Kim (2001); Jadda e Janati Idrissi (2015)

Fonte: Esta pesquisa

É importante ressaltar que os critérios serão utilizados na aplicação do PROMETHEE II nos pares de projetos, os quais estarão trazendo em sua utilização o sentido da sinergia entre os projetos que compõe o par, visto a simplificação pela *Hipótese de Pares de Fragmentação da Sinergia* proposta por Duarte (2011).

O critério de Custos Totais (C1) vai levar em consideração o par de projetos que pode trazer alguma economia de custo referente aos respectivos projetos. Portanto, esse critério corresponde a sinergia do Tipo 1 discutida anteriormente. O Tempo de Implementação (C2) também pode trazer alguma economia de tempo e custo quando se considera um par de projetos, assim, esse critério também será representado pela sinergia do Tipo 1. O terceiro critério que é o de Impacto Estratégico (C3), pode fazer o valor percebido dos projetos serem maior quando juntos do que quando se considera o impacto de forma individual, portanto, refere-se às sinergias do Tipo 2 ou do Tipo 3. Na Eficiência no Processamento de Informação (C4), assim como o critério anterior, esse critério pode ter um maior valor percebido com alguns pares de projetos combinados do que apenas a implementação individual dos mesmos.

A próxima etapa tratará a aplicação do PROMETHEE II com relação aos pares de projetos de TI/SI selecionados e os critérios expostos.



– Etapa 2: Aplicação do PROMETHEE II aos pares dos projetos considerando as sinergias de TI/SI

De acordo com o especialista na área de TI/SI foi obtida a avaliação da matriz de decisão que foi construída considerando a hipótese de Duarte (2011) de forma a verificar os tipos de sinergia existente em cada combinação de pares de projetos em relação aos quatro critérios selecionados. Na Tabela 1 são apresentados os dados da matriz de decisão dos pares de projetos.

Tabela 1 – Matriz de decisão

Pares de projetos	Critérios			
	C1	C2	C3	C4
(P1+P2)	8.500	18	4	4
(P1+P3)	11.000	30	3	3
(P1+P4)	12.000	40	3	3
(P1+P5)	7.500	22	5	3
(P2+P3)	10.500	25	2	3
(P2+P4)	11.500	38	3	3
(P2+P5)	7.000	25	3	3
(P3+P4)	14.000	40	4	3
(P3+P5)	9.500	35	4	4
(P4+P5)	10.500	48	4	4

Fonte: Esta pesquisa

Para a definição dos pesos, o especialista foi o responsável pelos valores atribuídos a cada um dos critérios. Além disso, foi utilizado a função de preferência critério usual como a forma mais apropriada de julgamento feita pelo especialista (Tabela 2). A função critério usual representa a situação básica do método PROMETHEE e assim não é necessária a definição dos parâmetros p e/ou q que são, respectivamente, os limiares de indiferença e preferência para cada critério (maiores informações sobre funções de preferência, vise Brans e Mareschal, 2005).

Tabela 2 – Pesos e função de preferência dos critérios

Critérios	C1	C2	C3	C4
Pesos	0,4	0,15	0,25	0,2
Funções de Preferência	Critério Usual: não há parâmetro a ser definido			

Fonte: Esta pesquisa

Na aplicação do método PROMETHEE II foi usado o *software* Visual PHOMETHEE e a partir da inserção dos dados foi obtido o *ranking* das combinações de projetos conforme grau de importância. A seguir, na Tabela 3 são apresentados os fluxos líquidos para cada par de projetos.

Tabela 3 – Fluxos líquidos dos pares de projetos

Ranking	Pares de projetos	$\Phi(a)$
1º	(P1+P2)	0,6389
2º	(P1+P5)	0,6111
3º	(P3+P5)	0,3833
4º	(P2+P5)	0,2889
5º	(P4+P5)	0,1167
6º	(P2+P3)	-0,2500
7º	(P1+P3)	-0,2944
8º	(P2+P4)	-0,4500
9º	(P3+P4)	-0,4556
10º	(P1+P4)	-0,5889

Fonte: Esta pesquisa



Os resultados desses fluxos líquidos serão utilizados como input para a consideração das sinergias na aplicação da programação linear inteira (0-1), que corresponderá à etapa a seguir.

– Etapa 3: Aplicação da programação linear inteira (0-1)

Nesta etapa, primeiramente, é preciso identificar as restrições que serão consideradas sobre os projetos na aplicação da programação linear inteira binária, necessária no método PROMETHEE V. É sabido que ambiente no qual os projetos são empreendidos é cercado por diversos tipos de restrições. Pode-se citar, por exemplo, restrições orçamentárias, restrições de prazo, restrições de recursos humanos, restrições de tempo, entre outras [Lopéz & de Almeida, 2014; Almeida et al. 2014]. Para o problema em questão foram usadas duas restrições comuns voltadas para projetos de TI/SI: restrições financeiras e de prazo (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores das restrições

Alternativas de projetos	Restrições	
	Investimento Médio – IM (R\$)	Prazo de Implementação – PI (Dias)
P1	6.000	12
P2	4.500	8
P3	6.500	20
P4	7.500	30
P5	4.000	18

Fonte: Esta pesquisa

Antes da aplicação dos fluxos líquidos na função objetivo no método PROMETHEE V, é necessário fazer o que Mavrotas et al. (2006) discutiram para que todas as alternativas sejam consideradas, para isso, é preciso subtrair de todos os fluxos líquidos o menor fluxo líquido, tornando todos os valores não negativos. Porém, como o menor fluxo líquido passaria a ter valor zero (0), de Almeida e Vetschera (2012) sugerem que adicione um valor ε para que todas as alternativas sejam consideradas, nessa situação foi usado o valor de $\varepsilon = 0,1000$. Portanto, na Tabela 5 são mostrados os valores dos fluxos líquidos após transformação de escala.

Tabela 5 – Fluxos líquidos após transformação de escala

Ranking	Pares de projetos	$\Phi'(a)$
1º	(P1+P2)	1,3278
2º	(P1+P5)	1,3000
3º	(P3+P5)	1,0722
4º	(P2+P5)	0,9778
5º	(P4+P5)	0,8056
6º	(P2+P3)	0,4389
7º	(P1+P3)	0,3945
8º	(P2+P4)	0,2389
9º	(P3+P4)	0,2333
10º	(P1+P4)	0,1000

Fonte: Esta pesquisa

Além das restrições apresentadas na Tabela 4, foi utilizada a restrição do portfólio c-ótimo proposta por Vetschera e de Almeida (2012) para que não ocorram distorções devido à mudança de escala com o valor ε . Dessa forma, foi possível construir e aplicar o problema de maximização baseado no PROMETHEE V, conforme as seguintes equações:



$$\text{Max } \sum_{i=1}^5 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^5 \Phi'_{ij} x_i x_j \quad (10)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^5 IM_i x_i \leq 15.000 \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^5 PI_i x_i \leq 60 \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^5 x_i = 3 \quad (13)$$

onde: $x_i \begin{cases} 1 & \text{se o projeto } x_i \text{ for selecionado} \\ 0 & \text{se o projeto } x_i \text{ não for selecionado} \end{cases}$
 Φ'_{ij} é o fluxo líquido dos pares de projetos x_i e x_j após a transformação de escala;
 IM_i é o valor do investimento para cada projeto x_i ;
 PI_i é o prazo de implementação para cada projeto x_i .

Neste caso, aplicando o problema de maximização foram incluídos no portfólio os seguintes projetos de TI/SI: P1, P2 e P5, com o valor maximizado da função objetivo igual a 3,6056 (Tabela 6). Foi utilizado o conceito de portfólio c-ótimo, no qual foi encontrada somente uma solução de portfólio c-ótimo ($c=3$), sendo essa a solução p-ótimo do método PROMETHEE V original.

Tabela 6 – Resultado do portfólio formado

Siglas	Alternativas de projetos	Portfólio c-ótimo
P1	Atualização de software	1
P2	Atualização do servidor	1
P3	Up grade nas instalações tecnológicas	0
P4	Novas tecnologias	0
P5	Novas ferramentas tecnológicas (Aplicativos)	1

Fonte: Esta pesquisa

Após a aplicação do método, para validar a robustez do modelo, foram realizadas análises de sensibilidade diretamente no método PROMETHEE II com intuito de observar a influência da mudança nos resultados a partir das variações dos pesos atribuídos a cada critério. Para isso, foi selecionado o critério Custos Totais (C1) que apresenta o maior grau de importância, ou seja, com peso de 0,40.

Os resultados mostraram algumas variações no *ranking* quando elevado e reduzido o peso do critério custo em 10%. No entanto, com relação à etapa de aplicação da programação linear inteira (0-1), o portfólio de projetos de TI/SI recomendado na aplicação do PROMETHEE V, no entanto, permaneceu inalterado nas situações analisadas.

5.1 Discussão dos resultados

Observa-se que os projetos P1, P2 e P5 que foram recomendados para a formação do portfólio e que formam as combinações (P1+P2), (P1+P5) e (P2+P5), ocupam as posições 1ª, 2ª e 4ª do *ranking* do PROMETHEE II respectivamente. Todas essas três combinações apresentam boa pontuação na matriz de decisão, na qual os critérios foram analisados de acordo com as sinergias existentes entre os pares de projetos. Isso ressalta a importância da verificação *a priori* dos benefícios existentes e da identificação das sinergias de TI/SI, sejam eles uma redução de investimento ou de prazo de implementação, seja o aumento do resultado quando os projetos são combinados.

A aplicação do modelo proposto baseado no PROMETHEE V com o conceito de portfólio c-ótimo, selecionam os melhores projetos de TI/SI de acordo com os tipos de sinergias entre os pares de projetos e as limitações impostas pela organização, a fim de assegurar a melhor solução.



Por fim, podemos observar que mesmo que o decisor tenha alguma dúvida sobre o valor do peso do critério que ele considera como sendo o mais importante, uma variação de $\pm 10\%$, o resultado do portfólio formado pelos projetos de TI/SI não é afetado.

6. Conclusões

O presente trabalho enfatizou a importância de modelos mais apropriados para o contexto de problemas de portfólio de projetos, mais especificamente projetos de tecnologia e sistemas de informação, além da identificação de sinergias existentes entre eles, pois nesse cenário, os projetos de TI/SI são descritos na literatura como um grande potencial sinérgico, devido às características da TI e SI.

Com esse intuito, particularidades dos temas foram discutidas, e assim, um modelo de AMD baseado no método PROMETHEE V com o conceito de portfólio c-ótimo foi proposto dentro do problema de portfólio de projetos de TI/SI. O modelo tem como objetivo alcançar a melhor solução, para formar um portfólio de projetos de TI/SI ideal aos objetivos e restrições da organização, considerando a avaliação de três tipos de sinergias na aplicação do método.

A aplicação do modelo baseado no PROMETHEE V foi feita numa situação fictícia, porém com um caráter real, a qual considerou a contribuição de um especialista na área de TI/SI. De forma geral, os resultados foram satisfatórios, observando assim a grande importância da utilização de modelos multicritério para a escolha do portfólio ideal dentro do contexto de projetos de TI/SI, além da aplicação de sinergia como forma de identificação dos benefícios advindos quando verificados através de pares de projetos.

Verificou-se ainda que variações nos pesos do critério mais importante não impactam na escolha dos projetos de TI/SI na formação do portfólio ideal para a organização. Isso mesmo tendo alterações na ordem do *ranking* do PROMETHEE II, na primeira etapa do PROMETHEE V. Isso ressalta a importância da aplicação do modelo até a etapa da programação linear inteira.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, aspectos como: a adaptação do modelo para a tomada de decisão em grupo e a inclusão de novas restrições na aplicação real do modelo em uma organização com problema de portfólio de projetos de TI/SI, poderão ser considerados.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio fornecido para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

- Almeida, J. A., De Almeida, A. T. e Costa, A. P. C. S. (2014). Portfolio selection of information systems projects using PROMETHEE V with c-optimal concept. *Pesquisa Operacional*, 34(2): 275–299.
- Brans, J. P. e Mareschal, B. (2005). PROMETHEE methods, em FIGUEIRA, J., GRECO, S. e EHRGOHTT, M. (org.) In *Multiple criteria decision analysis: state of art surveys*. Springer, New York, cap. 7, p.163–195.
- Cho, W. e Shaw, M. J. (2009). Does IT synergy matter in IT portfolio selection? In *2009 ICIS International Conference on Information Systems Proceedings*, Paper 160, Phoenix. AISel.
- Cho, W., Shaw, M. J. e Kwon D. H. (2013). The effect of synergy enhancement on information technology portfolio selection. *Information Technology and Management*, 14(2): 125–142.
- De Almeida, A. T. (2013). *Processo de decisão na organização: construindo modelos de decisão multicritério*. Atlas, São Paulo.



- De Almeida, A. T. e Duarte, M. D. O. (2011). A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies. *Pesquisa Operacional*, 31(2): 301–318.
- De Almeida, A. T. e Vetschera, R. (2012). A note on scale transformations in the PROMETHEE V method. *European Journal of Operational Research*, 219(1): 198–200.
- Duarte, M. D. O. (2011). *Modelos de decisão multicritério e de portfólio com aplicação na construção de políticas energéticas sustentáveis*. Recife. 122 p. (Doutorado – Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, CTG, Universidade Federal de Pernambuco).
- Gleisberg, E.; Zondag, H. e Chaudron, M. R. V. (2008). An empirical study into the state of practice and challenges in IT project portfolio management. In *Proceedings of 34th SEAA*, p. 248–257, Parma. IEEE.
- Jadda, S. e Janati Idrisse, M. A. (2015). Strategic alignment and information system project portfolio optimization model. In *Proceedings of 10th SITA*, p. 1–8, Rabat. IEEE.
- Klapka, J e Piños, P. (2002). Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection. *European Journal of Operational Research*, 140: 434–446.
- Lee, J. W. e Kim, S. H. (2001). An integrated approach for interdependent information system project selection. *International Journal of Project Management*, 19(2): 111–118.
- Lopes, Y. G. e De Almeida, A. T. (2015). Avaliação de sinergias e problemas de escala na seleção de portfólio baseada em um modelo multicritério aditivo. In *Anais do XLVII SBPO*, p. 300–311, Porto de Galinhas. SOBRAPO.
- López, H. M. L. e 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.
- Mavrotas, G., Diakoulaki, D. e Caloghirou, Y. (2006). Project prioritization under policy restrictions: a combination of MCDA with 0–1 programming. *European Journal of Operational Research*, 171(1): 296–308.
- Monteiro, J. A., Gusmão, A. P. H., Ramos, P. M. S. e Nanes, I. E. (2016). Avaliação de sinergias de portfólio de projetos de tecnologia e sistemas de informação - uma abordagem multicritério. In *Anais do XXXVI ENEGEP*, João Pessoa, ABEPRO.
- Nanes, I. E. (2014). *Classificação estratégica de investimentos em tecnologia e sistema de informação: modelo de decisão baseado no ELECTRE TRI*. Caruaru. 85 p. (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, CAA, Universidade Federal de Pernambuco).
- Ramos, P. M. S., Monteiro, J. A. e Gusmão, A. P. H. (2016). Modelo para seleção de portfólios envolvendo as sinergias de tecnologia e sistemas de informação. In *Anais do XLVIII SBPO*, p. 3220–3231, Vitória. SOBRAPO.
- Tanriverdi, H. (2006). Performance effects of information technology synergies in multibusiness firms. *MIS Quarterly*, 30(1): 57–77.
- Vetschera, R. e De Almeida, A. T. (2012). A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research*, 39(5): 1010–1020.