



MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO DE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM UMA EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO

Mirian Batista de Oliveira Bortoluzzi

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - CDSID-Center for Decision Systems and
Information Development, Av. Prof. Moraes Rego, s/n - Cidade Universitária, Recife – PE
mirianbortoluzzi@gmail.com

Hipólito Marcelo Losada López

Distribuidora de Energia S/A - Energisa
João Pessoa - PB
hipolito.losada@yahoo.com.br

Jônatas Araújo de Almeida

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - CDSID-Center for Decision Systems and
Information Development, Av. Prof. Moraes Rego, s/n - Cidade Universitária, Recife – PE
jonatasaa@yahoo.com.br

Adiel Teixeira de Almeida

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - CDSID-Center for Decision Systems and
Information Development, Av. Prof. Moraes Rego, s/n - Cidade Universitária, Recife – PE
almeida@cidsid.org.br

RESUMO

Este artigo propõe um modelo para a seleção de portfólio de projetos através da combinação da abordagem multicritério e da otimização combinatória. Para tanto o estudo foi realizado em uma empresa de distribuição de energia elétrica, apresentando um modelo para auxiliar na seleção de portfólio de projetos. A aplicação do modelo proposto encontrou um portfólio ótimo composto por 58 projetos dos 83 projetos candidatos avaliado por seis critérios, com uma restrição de orçamento e a partir da análise de sensibilidade para variação em 5%, 10% e 20% dos pesos simulados em 10.000 casos com distribuição uniforme, surgem novos portfólios diferentes do padrão, na qual os portfólios de maiores frequência nas três variações, faz a troca do projeto RR05 pelos projetos AM09 e SC07, apresentando a robustez da solução padrão encontrada. O resultado demonstrou que o método é adequado para seleção de portfólios em setor elétrico, auxiliando na tomada de decisão.

PALAVRAS CHAVE. Seleção de Portfólio; Modelo Aditivo; Setor Elétrico

Tópicos (Apoio à Decisão Multicritério, Outras aplicações em PO)

ABSTRACT

This paper proposes a model for a portfolio selection of projects for the combination of multicriteria approach and combinatorial optimization. Therefore, the study was carried out in an electric power distribution company, presenting a model to assist in the selection of projects portfolio. The application of the proposed model found a portfolio composed of 58 projects of the 83 projects evaluated by six criteria, with a budget constraint and from the sensitivity analysis for the variation, with uniform distribution, of 5%, 10% and 20% of the simulated weights in 10,000 cases, new portfolios different from the standard arises, in which the portfolios of higher frequency in the three variations, makes an exchange of project RR05 by the projects AM09 and SC07, presenting the robustness of the standard solution found. The result showed that the method is suitable for the selection of portfolios in the electric sector, helping in decision-making.

KEYWORDS. Portfolio Selection; Additive Model; Electric Sector

Paper topics (Multicriteria Decision Support, Other applications in OR)



1. Introdução

O setor elétrico brasileiro vem passando por diversas reformas institucionais ao longo dos anos. Essas reformas culminaram na atual estrutura de funcionamento do setor, concebida sob um ideal de equilíbrio institucional entre agentes de governo, agentes públicos e privados.

No entanto, no início do século XXI, o Brasil sofreu graves impactos decorrentes da crise energética, dentre as principais causas pode ser citado a) a falta de investimento no setor; b) a falta de planejamento estratégico do setor elétrico [Volpe; Alvarenga, 2010].

Diante deste cenário, a [ANEEL, 2000], em 2000, criou políticas de investimento em projetos voltado tanto para as áreas de P&D quanto para a demais área do setor elétrico, como uma maneira de reduzir os impactos da crise energética. Políticas estas, definidas por uma nova lei brasileira para a aplicação de recursos em projetos, que estabelece que as concessionárias e permissionárias de serviços de distribuição de energia elétrica apliquem, anualmente, o montante de, no mínimo, 0,75% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo, 0,25% em programas de eficiência energética no uso final.

Nesta perspectiva de acordo com [Pompermyer, 2011], há uma elevada complexidade do setor elétrico, principalmente em termos de inovações, segurança, qualidade dos serviços, flexibilidade, custo e confiabilidade que são aspectos críticos para as estratégias de expansão do mercado. Desta forma, torna-se necessário realizar melhorias contínuas em todos os segmentos de geração, distribuição e comercialização de eletricidade aliadas a um bom gerenciamento de projetos e planejamento estratégicos, uma vez que constantemente tem-se uma demanda de projetos diversificados, que tendem a utilizar recursos escassos [Kerzner, 2002]. Assim, as organizações necessitam priorizar os projetos a serem realizados de acordo com os recursos disponíveis e com os demais critérios que fazem parte da estratégia organizacional

Diante desse cenário, a excelência operacional tornou-se o principal objetivo estratégico das empresas de distribuição, de modo a apoiar o crescimento do mercado e atender às metas de qualidade estabelecidas pela agência reguladora, otimizando assim os recursos disponíveis e, assim, a rentabilidade. Logo, devido a essa complexidade do setor elétrico, faz-se necessário a implantação de um modelo de apoio a decisão que vise auxiliar na seleção de projetos a serem executados, reduzindo os desperdícios e contribuindo para a alocação dos recursos.

Nesta perspectiva, a seleção de projetos é classificada na problemática de portfólio, que pode ser modelado de diversas formas de acordo com seu objetivo. Paralelo a isso, existem vários métodos usados para este contexto, que consistem em métodos de programação matemática, considerando diversos critérios conflitantes entre si, sujeitos a um conjunto de restrições, que buscam encontrar o portfólio padrão [de Almeida, 2013].

Portanto, a abordagem multicritério torna-se adequada para auxiliar no processo de tomada de decisão, uma vez que as metodologias multicritério consideram a estrutura de preferências de um decisor ou grupos de decisões que envolvem o julgamento de valores, de maneira a apoiar a escolha da alternativa que são influenciadas por múltiplos critérios analisados simultaneamente [de Almeida et. al., 2015].

Diante deste contexto, dada a importância da necessidade do gerenciamento de portfólio nas organizações, este artigo visa propor um modelo de seleção de portfólio em uma empresa distribuidora de eletricidade, através de uma abordagem multicritério com uso da otimização combinatória, de forma a auxiliar no processo de tomada de decisão.

Para tanto, este artigo compõe-se de 5 seções, sendo que nesta 1ª seção é apresentada a introdução; na 2ª apresenta-se uma breve revisão sobre a abordagem multicritério com ênfase no modelo de agregação aditivo determinístico e o gerenciamento de portfólio de projeto. Na 3ª seção apresenta-se o modelo de apoio à decisão proposto baseado na abordagem multicritério e na otimização combinatória, na 4ª seção é apresentado a aplicação do modelo proposto para o caso da empresa do setor elétrico, com o apoio de uma ferramenta computacional. Por fim, na 5ª seção têm-se conclusões do estudo.



2. Fundamentação Teórica

No intuito de compreender a problemática da pesquisa, apresenta-se nessa seção uma fundamentação teórica sobre decisão multicritérios, enfatizando o modelo de agregação aditivo que foi utilizado, e na sequência uma breve revisão do contexto do gerenciamento de portfólio de projetos, com o foco no problema de seleção de portfólio de projetos.

2.1 Decisão Multicritério

Um problema de decisão multicritério compreendem a uma situação, onde há pelo menos duas alternativas de ação para escolher e esta escolha é conduzida pelo desejo de atender a múltiplos objetivos conflitantes entre si. Estes objetivos estão associados as consequências da escolha pela alternativa a ser seguida. A estes objetivos são associadas variáveis que representam e permitem a avaliação de cada alternativa com base em cada objetivo [de Almeida, 2013].

Assim, um problema de decisão multicritério constitui muito mais do que simplesmente a avaliação, comparação e escolha de alternativas, envolve também uma reflexão profunda sobre o que é insatisfatório, e a geração de possíveis cursos de ação para resolver a situação [Belton; e Stewart, 2002, p.13].

Há vários métodos desenvolvidos para o tratamento deste tipo de problema, sendo que estes podem ser classificados como: i) métodos de critério único de síntese; ii) métodos de sobreclassificação; e iii) métodos interativos [de Almeida, 2013]; [Roy, 1996]. Outra classificação utilizada para estes métodos é apresentada como métodos compensatórios e não compensatórios.

Diante deste contexto, a ênfase é dada ao modelo de agregação aditiva, que foi utilizado para o estabelecimento da estrutura de preferência do decisor, relacionando as consequências e a avaliação das alternativas que está sendo considerada neste problema de decisão.

Diante desta abordagem, o modelo matemático aditivo determinístico utiliza a avaliação intracritério e intercritério para a agregação dos critérios e obtenção da Função Valor Global $V(x)$:

$$V(x) = \sum_{j=1}^n K_j V_j(x_j) \quad , \quad \sum_{j=1}^n K_j = 1 \quad (1)$$

Onde tem se a seguinte notação usual: (i) $X=[x_1, x_2, \dots, x_m]$ representa o vetor de alternativas considerando todos j ($j= 1,2, \dots, n$) critério; (ii) k_j representa a constante de escala para o critério j , e é normalizado de tal forma que o somatório seja igual a 1; (iii) $V_j(x_j)$ representa a função valor do desempenho x_j para o critério j de acordo com [Keeney e Raiffa,1976]. Existem métodos para a obtenção da função valor global no contexto aditivo determinístico, sendo que o princípio da solução do problema consiste na seleção da alternativa com o maior valor global [de Almeida, 2013].

2.1.1 Gerenciamento de Portfólio de Projetos

Para a formulação do modelo proposto foi realizada uma breve revisão na literatura sobre o gerenciamento de portfólio de projetos e sobre modelos de seleção de projetos.

O gerenciamento de portfólio de projetos desempenha um importante papel no fortalecimento das estratégias de negócios das empresas [Pandovi, 2007]. No entanto, a implementação do gerenciamento de portfólio de projetos não é algo tão simples, já que envolve vários fatores que o torna uma tarefa complexa, fatores como o risco, incertezas, prazo, tecnologias, recursos, o processo de tomada de decisão, entre outros. Consequentemente, dentre esses fatores o processo de tomada de decisão é uma das características desafiadoras para o gerenciamento de portfólio de projetos [Rabechini e Carvalho, 2006].



Apesar de ser uma área de pesquisa bem desenvolvida, o gerenciamento de portfólio de projetos ainda continua a impor desafios, pois as empresas possuem um grande número de projetos que, muitas vezes, excedem seu orçamento, sofrem atrasos ou falham em alcançar seus objetivos específicos. Um aspecto importante nesse contexto, é desenvolver a capacidade do decisor de selecionar quais projetos serão implementados e quais são priorizados, de modo a garantir o máximo retorno para a organização [Archer e Ghasemzadeh, 1999].

Diante deste contexto, [Vetschera e Almeida, 2012], [de Almeida, et al., 2015] afirmam que a natureza multidimensional dos problemas de portfólio vem sendo evidenciada, o que torna a abordagem multicritério um suporte adequado a esse tipo de problemática. Problemas de portfólio frequentemente envolvem múltiplos objetivos, tais como risco, retorno financeiro ou diferentes tipos de benefícios que devem ser avaliados nesse tipo de problema. Sendo que esse tipo de problemática vem sendo frequentemente tratada através do uso de métodos compensatórios, como procedimentos de agregação aditiva, e métodos não compensatórios que são menos adequados ao problema.

Existem na literatura, vários trabalhos que abordam o desenvolvimento de modelos com aplicação de métodos multicritério para a seleção de projetos.

[Vetschera e Almeida, 2012] abordam a problemática de seleção de portfólio de projetos utilizando o método PROMETHEE V, demonstrando alguns problemas com o uso de sua escala e, em seguida, sugerem mudanças no próprio método e enfatizam uma análise baseada no conceito dos portfólios c-ótimos como uma alternativa viável para solucionar o problema de mudança de escala no PROMETHEE V que distorce os resultados. Ao somar os resultados dos fluxos de sobreclassificação do PROMETHEE II com uma constante pode-se incorrer em alguns problemas, como a sugestão de portfólios diferentes, ou seja, dependendo da constante inserida diferentes portfólios podem ser sugeridos.

[Albuquerque e Costa, 2006] apresentam um modelo de seleção de portfólio de SI de uma empresa de serviços urbanos que utilizam a abordagem MCDA através do método PROMETHEE II, junto ao modelo de programação inteira 0-1. Enquanto [Kleinmuntz e Kleinmuntz, 1999] analisam os métodos de portfólio multiatributo para priorizar os gastos, de orçamento de capital, aplicados nas organizações de saúde.

Assim, o problema de seleção de portfólio de projeto apresenta como característica os objetivos conflitantes, possíveis interdependência entre projetos, elevado número de combinações de portfólio, mais precisamente 2^n , onde n é o número de propostas de projetos, sendo muitas dessas combinações inviáveis já que cada projeto consome parte dos recursos, que por sua vez são limitados. Em relação as características, verifica-se a importância de estruturar a seleção de portfólio, contemplando a identificação dos projetos, identificação dos benefícios dos projetos e estimativas de risco [Doerner et al. 2004].

3 Modelo de decisão multicritério para seleção de portfólio de projeto

A metodologia multicritério é uma importante ferramenta na análise e seleção de portfólio de projetos por apresentar as seguintes características: Cada projeto possui uma natureza complexa, multidimensional e única com características particulares e peculiares que devem ser analisadas individualmente e cuidadosamente. A seleção de portfólio de projetos é uma atividade realizada periodicamente pelas organizações, buscando reunir projetos disponíveis e projetos em andamentos que atendam aos diversos objetivos conflitantes da organização, sem violar suas restrições ou ultrapassar seus recursos disponíveis [Vetschera e Almeida, 2012] [Archer e Ghasemzadeh, 1999].

O modelo multicritério proposto aqui para portfólio de projetos com agregação aditiva é um modelo multicritério de critério único de síntese com comportamento compensatório, no qual os diferentes critérios são agregados através de uma única função valor por meio de constantes de escala que refletem quando um critério compensa outro. Nos modelos de agregação compensatórios, os critérios de avaliação devem ser independentes. As constantes de escala do método aditivo possuem alguns procedimentos para serem obtidas, e não consideram apenas a



importância relativa entre os critérios, mas também as escalas utilizadas pelos critérios [de Almeida, 2013].

Neste estudo, o modelo desenvolvido apoia a seleção de portfólios através da função valor aditiva, cuja aplicação é uma sequência de entrada de dados através do modelo aditivo para a construção da função objetivo uso de procedimento de otimização para combinação ótima de projetos para compor o portfólio e pôr fim a análise de sensibilidade para tratar as incertezas dos dados do modelo [de Almeida, 2013].

Então o modelo proposto para seleção de projetos neste estudo utiliza o método multicritério de agregação aditiva (modelo Aditivo) sendo este modelado como problema da mochila [Goldberg e Luna, 2005] e [de Almeida e Duarte, 2011]. Logo o termo, mochila consiste em colocar uma quantidade de item j (projeto) de diferentes valores c_j (custo), e importância (valor global de cada projeto a_j), com o objetivo de maximizar o valor total da mochila dentro do limite (orçamento B).

Assim, o modelo de decisão multicritério para seleção de projeto proposto neste trabalho consiste no uso do modelo aditivo (equação 1) com procedimento de otimização, cuja solução ótima é obtida pela programação binária inteira (conhecido problema da mochila), conforme a equação (2):

$$\begin{aligned} \text{Max } V(x) &= \sum_{i=1}^m \left(y_i * \sum_{j=1}^m k_j * v_j(x_i) \right) \\ \text{Sa: } \sum_{i=1}^m y_i * c_i &\leq B \\ y_i &\in [0,1] : i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (2)$$

Onde y_i é uma variável binária tal que $y_i = 1$ se o projeto j está na portfolio ótima e $y_j = 0$ casos contrário.

4. Estudo de Caso

4.1 Caracterização da empresa e do problema

A empresa alvo deste estudo de caso, é uma empresa privada do setor elétrico denominada Energisa que atua nos três segmentos do setor elétrico, a saber; geração, distribuição e comercialização. No entanto, o caso apresentado neste artigo refere-se apenas a Energisa distribuição que é responsável por controlar 13 distribuidoras, localizadas nos estados de Minas Gerais, Paraíba, Sergipe, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Paraná e São Paulo, em uma área de 142.385 km². Presente em 788 municípios, emprega mais de 12 mil colaboradores e atende 6 milhões de unidades consumidoras, o que corresponde ao total de 16 milhões de pessoas - 7 % da população brasileira. Para que todas as operações transcorram de forma coordenada, a administração da Energisa possui um modelo de gestão empresarial fortemente apoiado em planejamento estratégico, gerenciamento de projetos e acompanhamento de metas.

São várias as entradas de novos projetos candidatos a compor o portfólio da empresa em estudo: (i) Projetos exigidos pela agência reguladora e de planejamento de energia elétrica; (ii) Demanda da TI; (iii) Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); (iv) Projetos de planejamento estratégico; (v) Contratos de Clientes. Contudo, a seleção dos projetos, na empresa em estudo é proveniente decisões do grupo, através da visão apoiada no planejamento estratégico, no gerenciamento de projetos e no acompanhamento de metas, que prioriza os projetos que tragam visibilidade tecnológica, níveis de eficiência e rentabilidade, assim como, projetos que foquem na melhoria atendimento ao cliente e na qualidade do serviço oferecido, buscando reduzir os custos, e aumentando o retorno financeiro esperado pela empresa, de forma a definir os projetos que são realmente relevantes e têm o potencial de agregar valor ao grupo



empresarial. Sendo assim, os projetos que agregam novas tecnologias, qualidade e confiabilidade dos serviços de energia elétrica, e de P&D são de grande valor, pois resultam na melhoria do serviço oferecido.

A empresa em questão não possui um sistema/método de apoio à decisão para auxiliar na gestão de portfólio, o que poderia ser uma importante ferramenta para fundamentar as decisões na seleção dos projetos. A partir do cenário exposto, este artigo propôs-se ter como resultado a ajuda na seleção de portfólio, identificando os projetos a serem executados na empresa em estudo através de um modelo de decisão apropriado.

4.2 Modelagem do problema

A partir do estudo feito baseado no planejamento estratégico da empresa que é renovado a um ciclo de 3 anos, foram identificados 83 (oitenta e três) projetos candidatos propostos por vários departamentos, no qual alguns serão selecionados para compor o portfólio da empresa.

O procedimento para o processo de seleção de projetos do Grupo Energisa, constitui em: (i) preenchimento de uma planilha com informação sobre os projetos, tais como: um resumo do seu âmbito, requisitos de alto nível de tempo e custo e uma declaração sobre a contribuição que faria para a estratégia da organização; (ii) Classificação em categoria dos projetos proposto com o objetivo ter-se uma concorrência leal entre os projetos; As categorias definidas foram: Expansão da margem de lucro (AM), Risco Regulatório (RR), Satisfação do Cliente (SC) e Negócio Competitivo (NC); (iii) Avaliação do desempenho dos projetos.

A escolha dos critérios, as constantes de escalas e os desempenhos dos projetos foram determinados pelo Diretor da empresa. No entanto, as constantes de escala dos critérios foram elicitado pelo mesmo através de atribuição direta, e a escolha dos critérios foi efetuada de acordo com os objetivos estratégicos e financeiros da empresa a partir dos parâmetros definidos como relevantes na seleção dos projetos. Assim os critérios apresentados para avaliar o desempenho dos projetos foram: Impacto no Resultado, Alinhamento Estratégico, Melhoria de Indicadores Regulados, Contribuição para Satisfação dos Clientes, Complexidade e Probabilidade de Sucesso.

Os valores de cada critério foram determinados subjetivamente por uma escala verbal definida em Alto, Médio e Baixo, desenvolvida pelo analista, para auxiliar no julgamento do decisor, que posteriormente foi convertida para uma escala numérica ordinal. Assim, critérios, impacto no resultado, alinhamento estratégico, melhoria de indicadores regulados, contribuição dos clientes e complexidade, utilizou-se a escala como 1 (equivalente a Baixo), 2 (equivalente como Médio) e 3 (equivalente Alto) enquanto o critério de probabilidade de sucesso a escala teve a seguinte correspondência 35% (equivale a uma baixa probabilidade de sucesso), 60% (equivale a uma média probabilidade de sucesso) e 85% (equivale a uma alta probabilidade de sucesso).

Neste problema utiliza se uma única restrição para o problema de portfólio, a restrição de orçamento para investimento nos projetos, por ser a restrição básica para este tipo de problema. Na restrição de orçamento, cada alternativa de projeto consome um determinado valor ao ser implementada no portfólio de projetos, e o valor consumido por todos os projetos que formam um portfólio não deve exceder o limite dado pelo orçamento, gerando uma restrição de menor ou igual para o problema.

A Tabela 1 apresenta a matriz de consequência do problema estudado, representando o desempenho dos projetos para cada critério e as constantes de escala “pesos” já normalizados.



Tabela 1 – Input do problema

Projetos	Critérios							Consumo
	Impacto Resultado	Alinhamento Estratégico	Melhoria de Indicadores Regulados	Contribuição para Satisfação dos Clientes	Probabilidade de Sucesso	Complexidade		
AM01	2	3	2	1	0,35	2	R\$ 172.018.877,00	
AM02	2	2	1	1	0,85	1	R\$ 216.278.053,00	
AM03	3	3	3	3	0,6	1	R\$ 296.494.327,00	
AM04	3	2	3	3	0,6	3	R\$ 116.691.864,00	
AM05	1	3	2	3	0,85	2	R\$ 80.254.837,00	
AM06	2	3	1	1	0,35	3	R\$ 256.396.295,00	
AM07	1	3	2	3	0,6	2	R\$ 305.070.741,00	
AM08	2	3	1	1	0,85	2	R\$ 314.741.806,00	
AM09	1	1	1	1	0,6	1	R\$ 134.817.027,00	
AM10	1	2	2	2	0,6	2	R\$ 112.186.121,00	
AM11	1	3	1	1	0,85	2	R\$ 130.684.093,00	
AM12	1	3	1	1	0,6	1	R\$ 222.684.021,00	
AM13	1	1	2	1	0,6	2	R\$ 259.829.384,00	
AM14	2	1	2	1	0,6	2	R\$ 162.279.468,00	
AM15	2	1	2	1	0,6	1	R\$ 232.890.098,00	
AM16	2	2	2	1	0,6	1	R\$ 120.372.849,00	
AM17	2	2	2	1	0,6	2	R\$ 209.612.840,00	
RR01	1	1	1	2	0,6	3	R\$ 148.564.320,00	
RR02	2	2	2	1	0,85	3	R\$ 30.692.596,00	
RR03	2	3	3	3	0,6	1	R\$ 80.892.834,00	
RR04	2	2	1	1	0,85	1	R\$ 271.544.067,00	
RR05	3	2	2	2	0,85	2	R\$ 296.802.038,00	
RR06	1	2	2	1	0,6	3	R\$ 296.665.873,00	
RR07	2	3	2	1	0,6	1	R\$ 149.901.060,00	
RR08	1	1	2	1	0,6	1	R\$ 270.487.321,00	
RR09	1	2	2	1	0,6	2	R\$ 92.613.326,00	
RR10	2	2	3	3	0,85	1	R\$ 249.432.460,00	
RR11	1	2	3	3	0,85	3	R\$ 179.749.576,00	
RR12	2	3	2	2	0,35	3	R\$ 134.412.969,00	
RR13	2	1	1	1	0,6	2	R\$ 45.339.168,00	
RR14	1	3	2	1	0,6	2	R\$ 279.959.862,00	
RR15	2	2	3	3	0,6	1	R\$ 221.479.668,00	
RR16	3	2	2	1	0,6	2	R\$ 287.823.097,00	
RR17	2	2	1	3	0,85	2	R\$ 289.154.585,00	
RR18	2	2	3	2	0,85	2	R\$ 78.256.397,00	
RR19	3	2	2	1	0,6	1	R\$ 235.046.108,00	
RR20	3	3	3	1	0,6	1	R\$ 118.754.829,00	
RR21	1	1	2	2	0,85	3	R\$ 60.287.968,00	
RR22	2	2	2	1	0,85	2	R\$ 98.767.616,00	
RR23	1	3	1	3	0,85	2	R\$ 140.931.304,00	
SC01	1	3	1	3	0,85	2	R\$ 307.422.357,00	
SC02	1	2	2	2	0,85	2	R\$ 295.998.994,00	
SC03	1	3	2	3	0,6	2	R\$ 52.853.394,00	
SC04	1	2	1	2	0,85	1	R\$ 54.771.828,00	
SC05	1	2	1	1	0,85	3	R\$ 297.145.718,00	
SC06	1	2	1	1	0,85	3	R\$ 75.912.688,00	
SC07	1	1	1	1	0,6	3	R\$ 161.234.532,00	
SC08	1	1	1	1	0,85	3	R\$ 118.260.306,00	
SC09	1	3	1	1	0,85	3	R\$ 275.922.980,00	
SC10	1	3	1	2	0,6	3	R\$ 202.665.791,00	
SC11	1	3	1	1	0,85	3	R\$ 55.230.378,00	
SC12	1	3	1	3	0,85	2	R\$ 98.009.589,00	
SC13	2	3	1	1	0,85	3	R\$ 187.218.184,00	
SC14	2	2	2	1	0,6	2	R\$ 309.482.910,00	
NC01	3	3	1	1	0,85	1	R\$ 145.683.713,00	
NC02	2	1	2	1	0,85	3	R\$ 184.945.302,00	
NC03	2	2	1	3	0,85	2	R\$ 99.073.968,00	
NC04	2	3	1	3	0,6	3	R\$ 267.309.347,00	
NC05	3	2	2	1	0,6	2	R\$ 48.762.549,00	
NC06	2	2	1	3	0,6	2	R\$ 203.627.803,00	
NC07	1	2	1	2	0,85	3	R\$ 231.297.397,00	
NC08	1	3	2	1	0,6	3	R\$ 130.318.712,00	
NC09	3	3	1	1	0,85	2	R\$ 118.597.910,00	
NC10	2	3	2	1	0,6	1	R\$ 293.764.626,00	
NC11	1	1	2	1	0,85	3	R\$ 266.835.902,00	
NC12	3	3	2	2	0,6	1	R\$ 121.904.088,00	
NC13	1	3	1	1	0,85	3	R\$ 198.628.943,00	
NC14	1	2	1	1	0,85	3	R\$ 182.423.296,00	
NC15	2	3	1	1	0,85	2	R\$ 160.873.561,00	
NC16	2	3	2	1	0,85	2	R\$ 256.640.214,00	
NC17	3	3	1	2	0,85	2	R\$ 102.624.691,00	
NC18	1	2	1	1	0,6	3	R\$ 116.997.100,00	
NC19	2	3	1	3	0,85	3	R\$ 66.784.992,00	
NC20	2	3	1	2	0,85	2	R\$ 90.676.640,00	
NC21	2	2	1	3	0,6	1	R\$ 195.795.865,00	
NC22	3	3	1	1	0,85	1	R\$ 155.876.074,00	
NC23	3	3	1	1	0,6	1	R\$ 273.562.126,00	
NC24	3	3	2	1	0,6	2	R\$ 121.822.732,00	
NC25	2	2	2	1	0,35	3	R\$ 264.279.479,00	
NC26	3	2	2	1	0,85	1	R\$ 193.459.473,00	
NC27	2	2	1	2	0,85	2	R\$ 298.436.703,00	
NC28	3	3	1	1	0,85	2	R\$ 70.822.994,00	
NC29	1	1	1	1	0,35	3	R\$ 82.539.961,00	
Pesos	0,286	0,228	0,171	0,142	0,114	0,057		



A restrição considerada neste estudo foi a orçamentária, por ser o item mais importante identificado. O orçamento limite foi determinado pelo decisor em 55% do valor do consumo total estimado para realização de todos os projetos. Assim o orçamento limite foi de R\$ R\$ 8.160.546.654,00.

O problema de seleção de portfólio foi avaliado usando uma ferramenta computacional desenvolvido pelo Centro de Desenvolvimento em Sistemas de informação e Decisão (CDSID, 2014). A partir da matriz de consequência, dos valores orçamentais e da restrição e as constantes de escala fornecida pelo decisor, o SAD apresenta um resumo das informações do *input* do problema de seleção de projetos, conforme figura 1.

CDSID UFPE
CENTER FOR DECISION SYSTEMS AND INFORMATION DEVELOPMENT

Sign Out

*MCDM Additive Portfolio Analysis via web for linear intra-criteria value function with sensitivity analysis by Monte Carlo simulation - PU_A2MME_WT1

Input

Evaluation Matrix

	Impacto no Resultado	Alinhamento Estratégico	Melhora de Indicadores Regulados	Contrib
AM01	2	3	2	1
AM02	2	2	1	1
AM03	3	3	3	3
AM04	3	2	3	3
AM05	1	3	2	1
AM06	2	3	1	1
AM07	1	3	2	3
AM08	2	3	1	1
AM09	1	1	1	1
AM10	2	2	2	2
AM11	3	3	1	1
AM12	1	3	1	1
AM13	1	1	2	1
AM14	2	1	2	1
AM15	2	1	2	1
AM16	2	2	2	1
AM17	2	2	2	1

Constraints

Name:	Budget
Limit:	8160546654
Alternative:	
AM01	172018877
AM02	216278053
AM03	296494327
AM04	116691864
AM05	80254837
AM06	256396295
AM07	305070741
AM08	314741806
AM09	134817027
AM10	112186121
AM11	130684093
AM12	222684021
AM13	259829384
AM14	162279468
AM15	232890098
AM16	120372849
AM17	209612840
RR02	30692596
RR03	80892814
RR04	271544067
RR05	290802038
RR06	296665173
RR07	120001860

Weights

Criteria	Impacto no Resultado	Alinhamento Estratégico	Melhora de Indicadores Regulados	Contribuição
Weight	0.285714286	0.228	0.171	0.142
Type	1	1	1	1

<< Go Backward Go Forward >>

Federal University of Pernambuco | CTG | Department of Production Engineering
Phone: (+55) 81 2126.8728 ext.219 / Fax: (+55) 81 2126.8728 ext.4
E-mail: ap@cdsid.org.br

PU-A2MME-WT1

Figura 1 – *Input* do problema

Uma vez que os pesos foram obtidos em um contexto de elicitação de escala de intervalar deve-se tomar cuidado conforme abordado por [de Almeida, Vetschera e de Almeida, 2014], visto que na maioria dos procedimentos utilizados com o modelo aditivo há problemas de escala, já que utilizam uma escala intervalar, ocasionando graves mudanças no processo, ou seja, podem penalizar portfólio com muitos projetos. Tendo em vista, esse erro, o SAD apresentado possibilita uma forma de corrigir tal fato. Caso as constantes de escala tenham sido obtidas em um contexto de escala intervalar como foi o caso do problema estudado, faz-se a transformação para escala de razão conforme Figura 2.

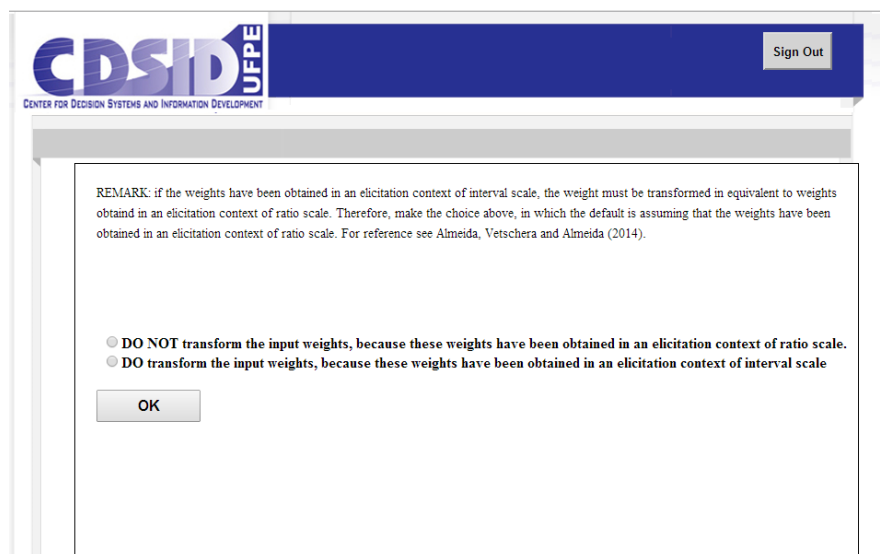


Figura 2 – Opção de transformar as constantes de escala

A figura 3 apresenta o resultado da otimização do portfólio. Na tela é apresentado os pesos obtidos na escala intervalar e após a transformação para a escala de razão. Foi encontrado um portfólio ótimo composto por 58 projetos, cujo valor do portfólio ótimo igual a 39,1739.

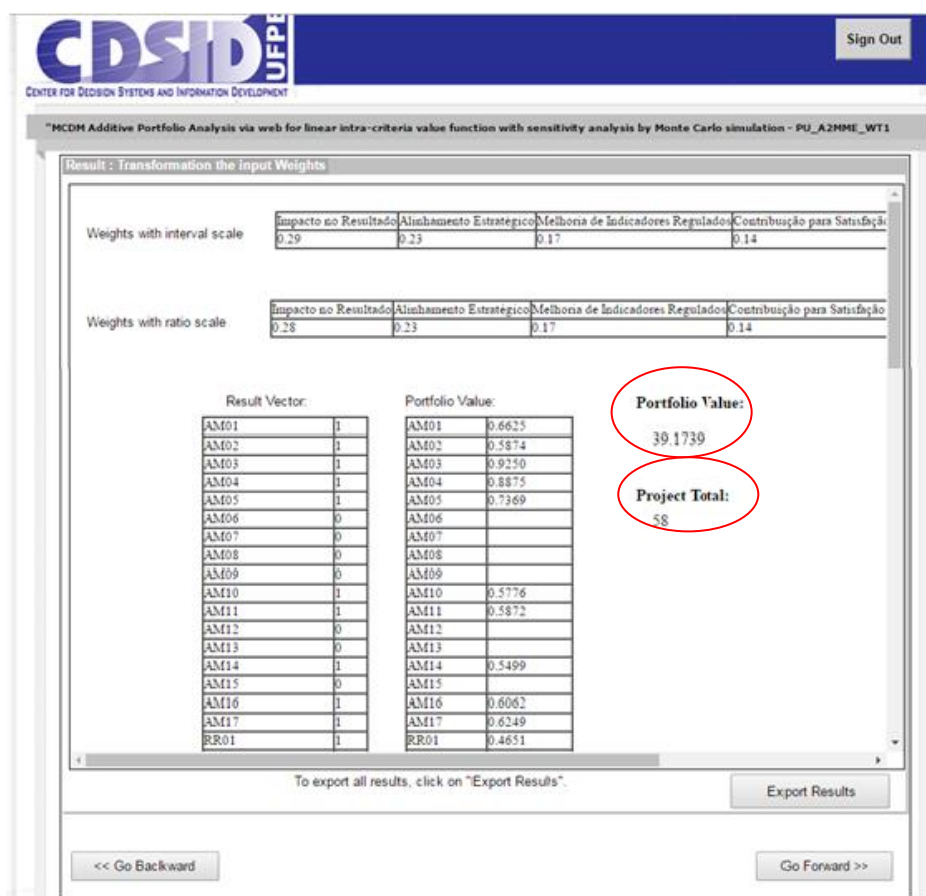


Figura 3 – Resultado do portfólio com opção de transformar *input* pesos



A Tabela 2 apresenta os 58 projetos que foram selecionados para compor o portfólio ótimo.

Tabela 2 – Projetos selecionados pelo modelo

Nomenclatura dos Projetos	
Projetos Selecionados	AM01, AM02, AM03, AM04, AM05, AM10, AM11, AM14, AM16, AM17, RR01, RR02, RR03, RR05, RR07 RR09, RR10, RR11, RR12, RR13, RR15, RR18, RR19, RR22, RR23, SC03, SC04, SC06, SC08, SC10, SC11, SC12 SC12, SC13, NC01, NC02, NC03, NC04, NC05, NC06 NC08, NC09, NC12, NC13, NC14, NC15, NC16, NC17, NC18 NC19, NC20, NC21, NC22, NC24, NC26, NC28, NC29
	TOTAL
	58

Outra questão importante sobre os resultados obtidos é sobre as incertezas na avaliação de preferência, ou seja, ao tratar de incerteza de dados, essas podem ser inerentes ao próprio projeto. Para tratar essa incerteza foi realizada a análise de sensibilidade através da simulação Monte Carlo, cujo decisor decidiu variar o peso no contexto de escala de razão, com intervalo de variação 5%, 10% e 20% em uma distribuição uniforme e 10.000 casos conforme Figura 4 e descrição na tabela 3.

Figura 4 – Definição dos parâmetros da análise de sensibilidade

Tabela 3 – Resultado da Análise de Sensibilidade

Input da Análise de Sensibilidade					Portfólio
Simulação	Parametro	PDF	Varição	Casos	Diferente do Padrão
I	Peso	Uniforme	± 5%	10.000	1
II	Peso	Uniforme	± 10%	10.000	4
III	Peso	Uniforme	± 20%	10.000	9

Após realizada uma análise de sensibilidade, novas soluções são encontradas, conforme descrito na tabela 4, para cada uma das três simulações realizadas pelo software. Pode-se perceber que para uma variação de até 5% sobre os pesos, a solução padrão se mantém em quase 88% dos casos. Para uma variação de 10%, a solução padrão se mantém em pouco mais de 70% dos casos, surgindo quatro novas soluções, onde uma delas se mantém em 23,31% dos casos.



Para uma variação de 15%, a solução padrão ainda é a mais frequente, mas se mantém em apenas 40,54% dos casos, surgindo nove novas soluções.

Tabela 4 – Comparação com o portfólio padrão e frequência

Portfólios	Comparação com Portfólio Padrão		Frequência		
	Projetos Retirados	Projetos Inseridos	Simulação I	Simulação II	Simulação III
Portfólio A	RR05	AM09 , SC07	12,02%	23,31%	17,43%
Portfólio B	AM02, RR05	AM09 , SC07, NC07	0,00%	0,53%	22,29%
Portfólio C	AM02, RR05	NC07	0,00%	5,96%	0,00%
Portfólio D	AM02, NC14	AM09, NC23	0,00%	0,11%	7,65%
Portfólio E	NC16	NC 23	0,00%	0,00%	6,05%
Portfólio F	AM02	NC07	0,00%	0,00%	3,14%
Portfólio G	NC04	RR16	0,00%	0,00%	1,83%
Portfólio H	AM02, RR05	AM06, NC23	0,00%	0,00%	1,00%
Portfólio I	RR05, NC04	AM09 , SC07,RR16	0,00%	0,00%	0,04%
Portfólio J	NC04	NC23	0,00%	0,00%	0,03%

Analisando os resultados da simulação, pode-se perceber ainda que os projetos RR05 e AM02 são retirados em 40,76% e 34,08% dos casos, respectivamente, sendo os que saem com maior frequência nas novas soluções. Do outro lado, temos os projetos AM09, SC07 e NC07 que entram na solução em 47,41%, 39,76% e 25,43% dos casos, respectivamente, sendo os que entram com maior frequência nas novas soluções.

5. Considerações Finais

O setor elétrico brasileiro vem passando por grandes transformação ao longo dos anos, precisando apoiar o crescimento do mercado e atender às metas de qualidade estabelecidas pela agência reguladora. Todos estes fatores relacionados a alocação de recurso, faz com que o setor elétrico tenha uma alta complexidade. Devido a esta complexidade, buscou-se demonstrar, os benefícios da utilização de um modelo de análise multicritério em seleção de portfólios no auxílio ao decisor nas escolhas das alternativas e na fundamentação da decisão durante a seleção de projetos para compor o portfólio da empresa em estudo.

A partir dos 83 (oitenta e três) projetos candidados para empresa, avaliados por 5 (cinco) critérios, o modelo apresentou um resultado satisfatório selecionando 58 (cinquenta e oito) projetos. Na análise de sensibilidade, percebeu-se que a solução padrão se mantém em aproximadamente 88%, 70% e 40% dos casos, para uma avriação nos pesos de 5%, 10% e 20% respectivamente. É possível analisar também que em todas as novas soluções, a maior parte dps projetos se mantém, mudando dois ou três projetos. Os projetos da solução padrão que são excluídos mais facilmente na análise de sensibilidade são o RR05 e o AM02, enquanto os AM09, SC07 e NC07 são os projetos não selecionados na solução padrão que são selecionados mais facilmente nas novas soluções.

Pode-se concluir então, que mesmo quando há uma alta variação dos pesos, mudando mais facilmente parte da solução, a mudança é muito pequena, preservando-se a maior parte da solução padrão.

Assim, do ponto de vista prático, que o método escolhido, compensatório, Modelo Aditivo pode ser utilizado para estudo de portfólios do setor elétrico, no entanto é necessário atenção em consideração as escalas utilizadas. O SAD utilizado para Seleção de Portfólio como qualquer outro Sistema de apoio à decisão pretende auxiliar o tomador de decisão e não substituí-lo. Dessa forma, o usuário pode escolher o portfólio que lhe seja mais adequado ao problema proposto. Para estudos futuros, pode-se considerar a possibilidade de explorar outras restrições além da orçamentária aqui proposta, como o uso de outros métodos.



Referências

- ALBUQUERQUE, R. M.; COSTA, A. P. C. S. (2006). Apoio multicritério a decisão e programação inteira 0-1 aplicados ao problema de priorização de sistemas de informação. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, Oficina das Letras, v. 1.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. (2000) Regulamentação: Leis e Normas. Brasília.
- ARCHER, N. P; GHASEMZADEH, F. (1999) An Integrated Framework for Project Portfolio Selection. *International Journal of Project Management*, 17(4): 207-216.
- CDSID (Center for Decision Systems and Information Development). (2014). Additive Multicriteria Portfolio Analysis and linear value function with sensitivity analysis, web-based V1 (PUA2MME-WT1). Software available by request in www.cdsid.org.br.
- DE ALMEIDA, A. T. de. (2013) Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério. São Paulo, Atlas.
- DE ALMEIDA, A. T., CAVALCANTE, C. A. V., ALENCAR, M. H., FERREIRA, R. J. P., DE ALMEIDA-FILHO, A. T., & GARCEZ, T. V. (2015). Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis (Vol. 231).
- DE ALMEIDA, A. T.; DUARTE, M. D. (2011) O. A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies. *PO*, v. 31, p. 301-318.
- DE ALMEIDA, A. T., VETSCHERA, R., & ALMEIDA, J. A. (2014), “Scaling issues in additive multicriteria portfolio analysis”, in Dargam, F. et al. (eds), *Decision support systems III– Impact of decision support systems for global environments*, Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 184, Springer, Cham, pp.131–140.
- DOERNER, K., GUTJAHR, W. J., HARTL, R. F., STRAUSS, C., STUMMER, C.: (2004) Pareto Ant Colony Optimization: A Metaheuristic Approach to Multiobjective Portfolio Selection. *Annals of Operations Research*, v. 131, pp. 79-99
- GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. (2005). *Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos*. 2. ed. Rio de Janeiro, Campus,
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H.; (1976). *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*. John wiley & Sons.
- KERZNER, H. (2002). *Gestão de Projetos: As Melhores Práticas*. Porto Alegre, Bookman.
- KLEINMUNTZ, C. E.; KLEINMUNTZ, D. N. (1999). A strategic approach to allocating capital in health-care organizations. *Healthcare Financial Management*, v. 54(4): 52–58,
- PADOVANI, M.: (2007). Apoio à decisão na seleção do portfólio de projetos: uma abordagem híbrida usando os métodos AHP e programação inteira – São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.
- POMPERMAYER, F. M. et al. (2011). Rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela ANEEL: abrangência e características. *Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL*. Brasília: Ed. IPEA.
- RABECHINI JR. R., CARVALHO, M.M.: (2006). *Gerenciamento de projetos na prática: casos brasileiros*. Ed. Atlas: São Paulo, v.1, pp. 216.
- ROY B.: *Multicriteria Methodology for Decision Aid*. Kluwer, Academic Publishers (1996).
- VETSCHERA, R; ALMEIDA, A.T.de. A (2012). PROMETHEE- based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research*, 39 (5): 1010-1020.
- VINCKE P.: (1992). *Multicriteria decision-aid*. JohnWiley & Sons.
- VOLPE FILHO, C. A.; ALVARENGA, M. A. de F. P. (2010). *Setor Elétrico*. Curitiba: Juruá.