

Modelagem Multicriterial Aplicada a Problemas de Regulação em Áreas Portuárias Privatizadas

Autoria: Ivan Ricardo Gartner, Carlos Henrique Rocha, Sérgio Ronaldo Granemann

Resumo

Neste trabalho, foi feita uma proposta de modelagem multicriterial aplicada a problemas de regulação em áreas portuárias privatizadas, tratando especificamente de apresentar uma metodologia para hierarquização de áreas com fins de rateio de investimentos em questões de arrendamento. O modelo para hierarquização de áreas portuárias foi construído considerando-se elementos de diferenciação de atratividade, segundo uma estrutura decisória complexa, tal qual ocorre no cotidiano das atividades de regulação. As decisões no âmbito dessas instituições são de natureza multidisciplinar, envolvem julgamentos de valor socioeconômico, global dos critérios, de são de complexa ou pouco provável mensuração econômica, envolvem maior número de atores, cujas responsabilidades não são claras, apresentam muitos grupos de interesses com objetivos conflitantes e requerem soluções de compromisso. Diante dessas circunstâncias, os métodos multicriteriais de análise de decisão (MMAD) mostram-se mais apropriados para os processos de modelagem, pois além de tratar dessa complexidade decisória exacerbada, cumprem com outros requisitos técnicos de processos de avaliação no âmbito público, como diferenciação entre a magnitude e importância dos critérios de análise, explicitação dos critérios para a determinação da importância, abordagem qualitativa da importância, utilização da opinião pública e de outras formas de consulta e possibilidade de agregação dos critérios. O problema de avaliação que corresponde à hierarquização de áreas portuárias é do tipo Gama, segundo o qual propõe-se uma estrutura classificatória, cuja complexidade decisória é coletivamente exaustiva no nível das possibilidades de atratividade das áreas disponíveis para arrendamento. Dessa forma, o modelo proposto foi concebido para que sejam avaliadas, num único sistema de avaliação, tantas áreas portuárias quantas houver, sem que haja prejuízo da qualidade da análise. O processo de modelagem contou com a participação de técnicos e gerentes em regulação da Antaq, bem como de pesquisadores especializados na temática, tendo sido adotado como procedimento quantitativo a conjugação do método de análise hierárquica (AHP) a procedimentos de normalização, o que resultou na construção do sistema de classificação de áreas portuárias, segundo escalas próprias de atratividade. O modelo foi integralmente desenvolvido na plataforma Excel e demonstrou ser de fácil assimilação e uso. O exemplo apresentou uma situação contendo cinco áreas hipotéticas a serem arrendadas, sendo que no final do processo os analistas se limitaram a assinalar o desempenho correspondente à área em cada um dos critérios, com a identificação instantânea da repercussão de suas escolhas na classificação final das áreas e na parcela correspondente do investimento para fins de arrendamento. Tais resultados foram satisfatórios, sendo que os técnicos e gerentes de regulação envolvidos foram unânimes em afirmar que os MMAD passarão a ser considerados em muitos de seus processos analíticos e decisórios.

Palavras-chave: métodos multicritérios de análise de decisão, método de análise hierárquica (ahp), sistemas de classificação de alternativas, problemas de regulação, arrendamento de áreas portuárias.

Modelagem Multicriterial Aplicada a Problemas de Regulação em Áreas Portuárias Privatizadas

1. Introdução

O sistema portuário brasileiro tem passado por constantes adaptações visando sua modernização e adequação à nova ordem econômica e competitiva mundial. Com o advento da Lei 8.630, o sistema passou por uma reestruturação que culminou com a adoção de novas formas de gerenciamento da exploração dos portos e das instalações portuárias.

No conjunto de procedimentos de adequação gerencial, encontra-se a transferência da exploração da movimentação portuária para o setor privado, num sistema em que os direitos de propriedade permanecem em posse do setor público. Esse é o chamado modelo *Landlord*, que é adotado nos principais portos do mundo. A transferência dos direitos de exploração foi instituída pela Lei n.º 8.630/93 e pelo Decreto n.º 4.391/02, sendo que este último estabeleceu os arrendamentos portuários. Tais arrendamentos são objetos de fiscalização da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq).

As resoluções editadas pela Antaq estabelecem que os arrendamentos portuários devem ser precedidos de estudos de avaliação do empreendimento a que se destinam. Visando adequar seus procedimentos de avaliação às novas tendências acadêmico-científicas no âmbito internacional, a Antaq aliou-se ao Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes (Ceftru) da Universidade de Brasília, a fim de ser desenvolvida uma nova metodologia para suportar os estudos de viabilidade de projetos de arrendamento portuário.

Na elaboração dessa metodologia, adotou-se a abordagem proposta por Rocha, Gartner e Cavalcanti (2011), segundo a qual o valor do arrendamento referente à área portuária k é dividido em duas partes: uma fixa e outra variável, da seguinte forma:

$$CA_k = CAF_k + CAV_k \quad (1)$$

onde CA_k é o custo total de arrendamento da área k , CAF_k é a parte fixa do valor do arrendamento e CAV_k é o valor da parte variável do custo total de arrendamento da área k .

O valor da parte fixa do arrendamento (CAF_k) é definido em função da avaliação imobiliária da área k e o valor do custo variável (CAV_k) é calculado a partir de CI_0^k , que é o valor anualizado da participação da área arrendada k no valor presente do custo de investimento projetado do porto, de acordo com a expressão:

$$CI_0^k = \left\{ \alpha_k \left[\sum_{t=1}^T \frac{CIP_t}{(1+\delta)^t} + \sum_{t=?}^0 IA_t(1+\delta)^t \right] \times \left[\frac{(1+\delta)^N \delta}{(1+\delta)^N - 1} \right] \right\} \times \theta \quad (2)$$

onde CIP_t é o custo projetado de investimento do porto no período t , δ é o custo de capital do porto, $\sum_{t=?}^0 IA_t(1+\delta)^t$ é o valor futuro dos investimentos portuários anteriores ainda não pagos pela área k , sendo que t pode assumir valores entre 1 e T, α_k representa a parcela dos investimentos que será absorvida pela área k , θ é um parâmetro de política, que se refere a parcela do investimento programado do porto que será coberta pelas receitas de arrendamento e N é o horizonte temporal do arrendamento.

Na equação (2), verifica-se que a variável α_k deve ser estimada a partir dos atributos portuários inerentes à área k , cuja definição deve levar em consideração um modelo de avaliação que considere o diferencial de atratividade entre as diversas áreas portuárias a serem

arrendadas. Dessa forma, o conjunto de α_k 's constituirá um vetor de pesos α_k , como está ilustrado no exemplo da tabela 1, sendo que o conjunto de áreas arrendadas absorverá a totalidade de tais investimentos, ou $\sum_{k=1}^n \alpha_k = 1$.

Tabela 1: Exemplo de vetor de pesos para cinco áreas portuárias

Área Portuária (k)	Peso α_k
1	α_1
2	α_2
3	α_3
4	α_4
5	α_5
Σ	100%

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar uma metodologia para hierarquização de áreas portuárias com fins de rateio de investimentos em questões de arrendamento, que em síntese trata-se da definição do vetor de pesos α_k . A definição de α_k pode ser feita utilizando-se procedimentos metodológicos e processos de modelagem distintos, cujos resultados finais podem ser divergentes. Logo, o desenvolvimento de uma metodologia para atender a esse propósito reveste-se, por si só, de uma problemática a ser superada em função de considerações técnicas e científicas, que justifiquem a opção por um processo de modelagem único ou pela combinação de dois ou mais modelos.

Dentre os grupos de modelos aplicados em problemáticas de construção de vetores de pesos para problemas de avaliação e de tomada de decisão, há contribuições especiais no âmbito da pesquisa operacional, sobretudo em suas áreas de programação matemática e de modelos multicritérios de análise de decisão (MMAD). Uma diferença bastante aceita entre essas duas áreas de modelagem, diz respeito ao caráter objetivo ou subjetivo da abordagem do problema; sendo que os modelos de programação matemática são mais inerentes ao caráter objetivo e os modelos MMAD estão mais associados ao caráter subjetivo.

As abordagens subjetivas dos MMAD são recomendadas para problemas decisórios complexos que precisam expressar, de forma explícita, as preferências e valores dos tomadores de decisão, quando da diferenciação de atratividade das alternativas analisadas. Processos decisórios no âmbito público costumam ter essa característica, especialmente em ofertas públicas de licitação, como é o caso do arrendamento de áreas portuárias. Em situações decisórias desse tipo, modelos de apoio à decisão que apresentam um critério decisório único de síntese, como o AHP – *Analytic Hierarchy Process* – (Saaty, 1990) e o *MacBeth* (Bana e Costa e Vansnick, 1999) apresentam um maior número de aplicações.

2. Modelos de apoio à decisão aplicados à avaliação de empreendimentos portuários

A aplicação de modelagem multicriterial é encontrada com frequência no suporte a processos decisórios corporativos e do setor público. Em relação ao setor público, encontram-se referências a aplicações dos MMAD a processos decisórios estratégicos em Grizzle (1987), Keeney (1988) e Saaty (1995). Em Saaty (2008), pode-se encontrar uma lista ampla de aplicações dos MMAD na administração pública, notadamente do método AHP.

No Brasil, a literatura científica sobre aplicações dos MMAD em problemas da administração pública é limitada. Como exemplo, pode-se citar o trabalho recente de Menezes, Silva e Linhares (2007), no qual é proposta uma abordagem de decisão multicriterial como alternativa

à adoção de leilões reversos baseados em atributos múltiplos para maior agregação de valor pelas organizações compradoras do setor público brasileiro. Ao se considerar a busca específica a trabalhos científicos que tratem da aplicação dos MMAD a questões de regulação e gestão portuária no Brasil, não são encontradas referências publicadas, o que mostra que há uma lacuna no meio acadêmico nacional sobre o tema.

No âmbito internacional, encontram-se aplicações dos MMAD a problemas de planejamento e gestão das atividades portuárias, mas em número reduzido. Além disso, as poucas aplicações encontradas consideraram o método de análise hierárquica (AHP) como principal ferramenta utilizada. Nesse aspecto, podem ser citados os estudos de:

- Satir (*et. al.*, 2007), que apresenta a aplicação do AHP para a seleção da área mais apropriada do porto para atracagem com o objetivo de reduzir e eliminar a poluição gerada pelos navios;
- Chou (2010), que aplicou o AHP para modelar a seleção de um porto em uma região de muitos portos, com o objetivo de redução dos custos de transporte, e
- Harahap, Santoso e Suryadi (2005), no qual a aplicação do AHP teve como objetivo selecionar o melhor modelo de privatização para a gestão de terminais portuários marítimos no porto de Tanjung Priok.

Embora tais estudos apresentem aplicações do AHP à problemática do planejamento portuário, nenhum deles tem convergência considerável com o objeto deste estudo, que trata da diferenciação de atratividade das áreas portuárias com fins de arrendamento, o que reveste este trabalho de atratividade ímpar do ponto de vista acadêmico-científico.

3. Metodologia de modelagem para hierarquização de áreas portuárias

3.1 Fundamentação metodológica

O problema da diferenciação de atratividade das áreas portuárias é de complexidade exacerbada, pois como toda problemática no âmbito da regulação do setor público apresenta natureza multidisciplinar (Avouris, 1995), envolve julgamentos de valor socioeconômico, ambiental e político (Munda, Nijkamp e Rietveld, 1995), que são de complexa ou pouco provável mensuração econômica, muitas vezes sendo expressos somente na forma qualitativa, envolve maior número de atores, cujas responsabilidades não são claras (Gray *et al.*, 1996), apresenta muitos grupos de interesses com objetivos conflitantes (Button & Nijkamp, 1997) e requer soluções de compromisso (Funtowicz, Munda e Paruccini, 1990).

Os MMAD possibilitam tratar dessa complexidade, além de cumprir com outros requisitos técnicos de processos de avaliação no âmbito público, como: diferenciação entre a magnitude e importância do impacto, explicitação dos critérios para a determinação da importância, abordagem qualitativa da importância, utilização da opinião pública e de outras formas de consulta e possibilidade de agregação dos impactos.

Uma importante característica dos métodos MMAD é relativa aos seus procedimentos metodológicos de aplicação. Sua aplicação é feita em duas fases distintas, mas intrinsecamente unidas, que são a estruturação e a avaliação (Bana e Costa e Vincke, 1990), sendo que ao final do processo são propostas as recomendações aos decisores, o que caracteriza os MMAD como instrumentos de apoio ao processo decisório.

O processo de aplicação dos MMAD começa com a estruturação da situação decisória, que usualmente se enquadra em um dos quatro tipos de problemas citados por Roy (1985):

- Problemática do tipo α , de escolha: é a seleção de somente uma das alternativas;

- Problemática do tipo β de triagem: é a escolha de todas as boas alternativas;
- Problemática do tipo γ de classificação: é a escolha de algumas das melhores alternativas;
- Problemática do tipo δ , de descrição: é a descrição das alternativas e suas conseqüências.

O tipo de problema a ser avaliado conduz à forma de estruturação, que inclui a determinação e avaliação dos envolvidos, a emergência da decisão, as alternativas, as conseqüências, os aspectos importantes (critérios) e a quantidade e qualidade das informações.

Em síntese, na estruturação de um problema de múltiplos critérios tem-se o levantamento do conjunto de alternativas A e do conjunto de critérios F, conforme a seguinte notação:

$A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$, conjunto de alternativas;

$F = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_m\}$, conjunto de critérios de avaliação.

Assim, as alternativas do conjunto A serão confrontadas entre si por seus desempenhos nos critérios do conjunto F, cuja valoração de cada alternativa em cada critério tem a notação $g_j(a_i)$, sendo os resultados tabulados em uma matriz de avaliação do tipo:

	g_1	\dots	g_j	\dots	g_m
a_1	$g_1(a_1)$	\dots	$g_j(a_1)$	\dots	$g_m(a_1)$
\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
a_i	$g_1(a_i)$	\dots	$g_j(a_i)$	\dots	$g_m(a_i)$
\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\ddots	\vdots
a_n	$g_1(a_n)$	\dots	$g_j(a_n)$	\dots	$g_m(a_n)$

A valoração das alternativas ocorre na avaliação do problema, durante as fases de articulação e modelagem e de agregação das preferências. A articulação e modelagem das preferências são oriundas dos julgamentos dos decisores que, num sentido amplo, são extraídas das situações fundamentais resultantes da comparação paritária entre as alternativas (quadro 1).

Quadro 1: Situações fundamentais resultantes da comparação de duas alternativas

Situação	Definição	Relação binária
Indiferença	As duas ações potenciais são indiferentes no sentido de existir razões claras e positivas de escolher a equivalência.	I : simétrica reflexiva
Preferência estrita	Existem razões claras e positivas para justificar que uma (bem especificada) de duas ações é significativamente preferida a outra.	P : assimétrica irreflexiva
Preferência fraca	Uma (bem especificada) de duas ações não é estritamente preferida a outra, mas é impossível dizer se a outra é estritamente preferível ou indiferente à primeira, porque nenhuma das duas situações anteriores (I ou P) predomina.	Q : assimétrica irreflexiva
Incomparabilidade	As duas ações não são comparáveis no sentido que nenhuma das três situações anteriores (I , P ou Q) predomina.	R : simétrica irreflexiva

Fonte: Adaptado de Roy e Vincke (1984)

Após obtidas as preferências do decisor, parte-se para sua agregação, que é o que define o tipo do método MMAD a ser aplicado. Baseando-se no procedimento de agregação das preferências, autores como Roy (1985) e Bana e Costa e Vincke (1990) classificam os MMAD principalmente nos métodos de critério único de síntese e *Outranking*.

Os métodos de critério único de síntese, usualmente associados à escola americana, assumem que existe uma função de utilidade ou função de valor para representar as preferências dos decisores. Assim, a tarefa do analista consiste da avaliação de tal função e, em conseqüência, a classificação das alternativas é direta (*direct rating*). A avaliação desta função pode ser obtida pelo emprego de modelos aditivos, multiplicativos, entre outros com a hipótese de que existe uma função parcial de utilidade u_j de acordo com cada atributo j . Esses métodos de critério único de síntese adotam o princípio da transitividade, isto é, se A é preferível a B e B

é preferível a C, então, A é preferível a C. Tomando-se como base esse princípio, alguns desses métodos possuem testes de consistência dos julgamentos. Esses métodos não admitem a incomparabilidade das alternativas, geralmente considerando somente as situações de preferência e indiferença, o que resulta em ordenamentos totais das alternativas.

Os métodos *outranking*, também conhecidos como Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCDA), fazem parte da ala européia de estudos de métodos multicritérios e seus principais pesquisadores são franceses e belgas. Deve ser destacada a participação do pesquisador francês Bernard Roy, que estabeleceu as bases científicas desse grupo de métodos. Roy (1995) define uma relação *outranking* como sendo binária e que compara os argumentos prós e contras à hipótese de que a alternativa *a* é ao menos tão boa quanto a alternativa *b*. Isso é o mesmo que dizer que *a* é “não pior que” *b*, com a seguinte notação: $a \mathcal{S} b$ (*a outranks b*). Uma relação *outranking* (\mathcal{S}) permite o tratamento da incomparabilidade entre as ações, o que de fato pode ocorrer em casos práticos, principalmente pela incerteza e imprecisão dos dados utilizados e pelas características próprias do decisor. E, também, uma relação *outranking* não precisa atender ao princípio da transitividade. Esta abordagem define condicionantes num sistema de preferências, no qual devem ser enquadrados os desempenhos fornecidos pelo decisor para cada uma das ações.

3.2 Proposição metodológica

O modelo proposto para hierarquização de áreas portuárias será aplicado aos portos organizados brasileiros, o que envolve mais de quarenta portos. Considera-se que esse problema decisório se refere a uma problemática do tipo γ , que corresponde à classificação das alternativas, nesse caso, das áreas a serem arrendadas à iniciativa privada que se encontram dentro dos portos organizados.

O modelo teórico para hierarquização das áreas portuárias segundo sua atratividade tomou por base o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que faz parte dos modelos de critério único de síntese, pois as funções de valor sintéticas têm melhor aderência à problemática do tipo γ . O AHP é aplicado em duas etapas: construção da hierarquia e avaliação (Vargas, 1990).

A adaptação do método AHP aos objetivos deste trabalho resultou em um modelo desenvolvido em cinco fases:

- a) Definição dos critérios globais de atratividade;
- b) Identificação dos critérios específicos e de seus respectivos atributos de atratividade;
- c) Estimação dos pesos dos elementos da estrutura: critérios globais, critérios específicos e atributos de atratividade;
- d) Estimação da função de valor dos atributos de atratividade;
- e) Apuração do resultado global de avaliação da atratividade de áreas portuárias.

As fases “a” e “b” referem-se à construção da hierarquia decisória, onde as informações são estruturadas, e as fases seguintes (“c” a “e”) referem-se à avaliação da hierarquia decisória.

Nas fases de estruturação das informações, a identificação dos critérios globais, dos critérios específicos e de seus respectivos atributos de atratividade foi baseada nos estudos de NOAA (2009), QWS (2009) e contaram com os juízos de valor de técnicos e gerentes de regulação e de um grupo de especialistas em transportes aquaviários da Universidade de Brasília.

Tais especialistas, reunidos em sessões para debates sobre a temática deste trabalho, também foram os responsáveis pelas fases de avaliação dos elementos da estrutura, bem como pela análise de aderência do modelo global proposto ao escopo do trabalho.

3.2.1 Definição dos critérios globais de atratividade

Nesta fase inicial da modelagem, e considerando-se os elementos teóricos apresentados anteriormente, julgou-se adequado que a atratividade das áreas portuárias fosse avaliada segundo seus desempenhos nos critérios globais: localização da área, infraestrutura, acesso, gestão ambiental e características do solo e do terrenos, conforme consta do esquema apresentado na figura 1. Logo, os critérios de atratividade dizem respeito exclusivamente às áreas a serem arrendadas, não cabendo menção a critérios que impactem indistintamente o porto, tais como: área de fundeio, canal de navegação, dragagem e manutenção.

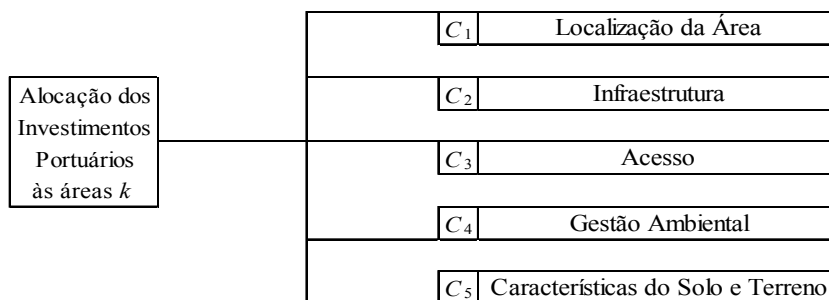


Figura 1: Critérios globais de atratividade

3.2.2 Identificação dos critérios específicos e de seus respectivos atributos de atratividade

Nessa fase, é feita a descrição dos elementos que englobam cada um dos critérios globais de atratividade através da identificação de seus critérios específicos (ou sub-critérios) e de seus respectivos atributos.

a) Critério Global Localização da Área: critérios específicos e atributos

A atratividade da localização da área k é uma função de sua proximidade com o cais (C_{11}), com a disponibilidade de área para futura ampliação (C_{12}) e com a existência de barreiras físicas (C_{13}). A descrição do critério específico à proximidade (C_{11}) é feita através dos atributos:

- Proximidade menor que 500 metros,
- Proximidade entre 500 e 1000 metros,
- Proximidade maior que 1000 metros,

que qualificam a atratividade como uma função da distância entre cada um dos critérios e a área k , atendendo a relação lógica de que, quanto menor for essa distância, maior será a atratividade da área. Já o critério específico da disponibilidade de área (C_{12}) é medido pela existência ou não de área para futura ampliação, enquanto que o critério específico relativo à existência de barreiras físicas (C_{13}) mede a atratividade da área em função dos custos de remoção dessas barreiras e da própria possibilidade de fazê-lo; sendo que a atratividade mais alta refere-se à remoção de baixo custo e a atratividade mais baixa refere-se à existência de barreiras físicas não-removíveis. A figura 2 sintetiza as informações descritoras do critério global de Localização da Área, dando ênfase nas ramificações de cada um dos critérios específicos.

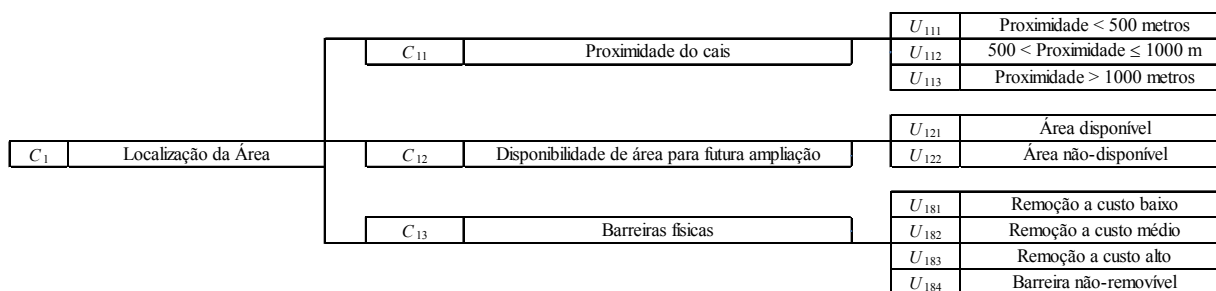


Figura 2: Critério Global Localização da Área: critérios específicos e atributos de atratividade

b) Critério Global Infraestrutura: critérios específicos e atributos

No critério global de Infraestrutura, a atratividade da área k é uma função da existência no local de saneamento básico (C_{21}), energia e comunicação (C_{22}) e de benfeitorias (C_{23}). A descrição dos critérios específicos de infraestrutura (C_{21} a C_{23}) é feita através de atributos que qualificam a atratividade como uma função da disponibilidade de fatores na área. Dessa forma, a área é tão mais atrativa quanto maior for o leque de fatores de infraestrutura disponíveis no local. A figura 3 sintetiza as informações descritoras do critério global de Infraestrutura, com ênfase nas ramificações de cada um dos critérios específicos.

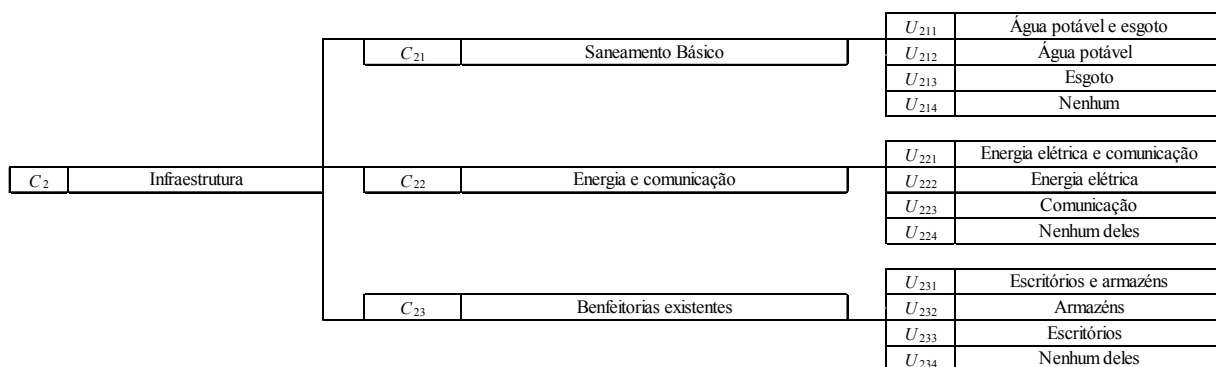


Figura 3: Critério Global Infraestrutura: critérios específicos e atributos de atratividade

c) Critério Global Acesso: critérios específicos e atributos

No critério global de Acesso, a atratividade da área k é uma função da qualidade do acesso terrestre à área (C_{31}), do acesso hidroviário (C_{32}), do acesso dutoviário (C_{33}) e da disponibilidade de linha de cais (C_{34}). No critério específico de acesso à área (C_{31}), a atratividade é mais alta quando o acesso dispõe da combinação dos modais ferroviário e rodoviário com asfalto e é mais baixa quando esses modais não dão acesso à área. Já atratividade nos critérios específicos C_{32} e C_{33} diz respeito à disponibilidade dos acessos hidroviário e dutoviário, respectivamente. Para o critério específico de disponibilidade de linha de cais (C_{34}), a área é tão mais atrativa quanto maior for o comprimento da linha. A figura 4 sintetiza as informações descritoras do critério global Acesso, com ênfase nas ramificações de cada um dos critérios específicos.

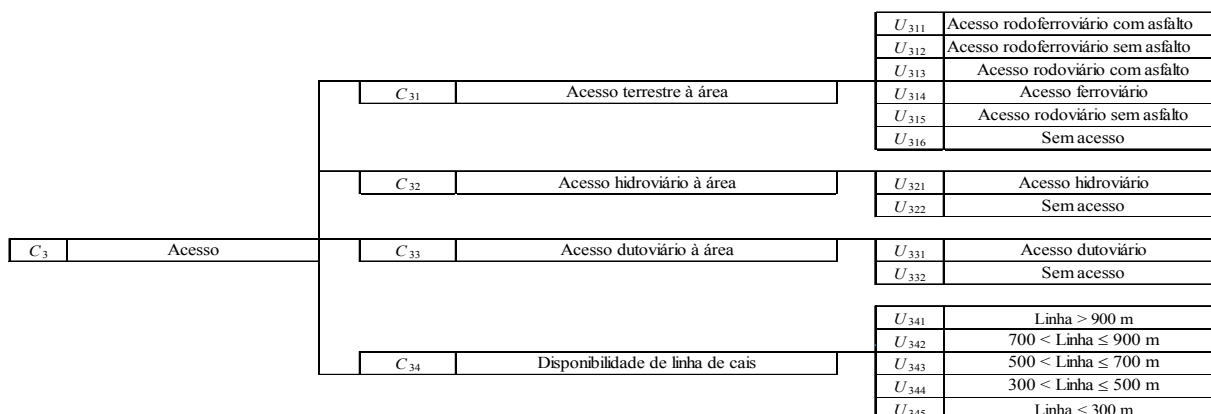


Figura 4: Critério global Acesso: critérios específicos e atributos de atratividade

d) Critério Global Gestão Ambiental: critérios específicos e atributos

No critério global de Gestão Ambiental, a atratividade da área k é uma função da proximidade do local à área de proteção ambiental (C_{41}) e da existência de passivo ambiental (C_{42}). No critério específico de proximidade à área de proteção ambiental (C_{41}), a atratividade da área k é medida em função de sua distância até a área de proteção, sendo que quanto maior for essa distância, melhor. O critério específico relativo ao passivo ambiental (C_{42}) é descrito em função de que sua existência confere menor atratividade à área, pois terá de ser remediado pelo arrendatário. A figura 5 sintetiza as informações descritoras do critério global Gestão Ambiental, com ênfase nas ramificações de cada um dos critérios específicos.

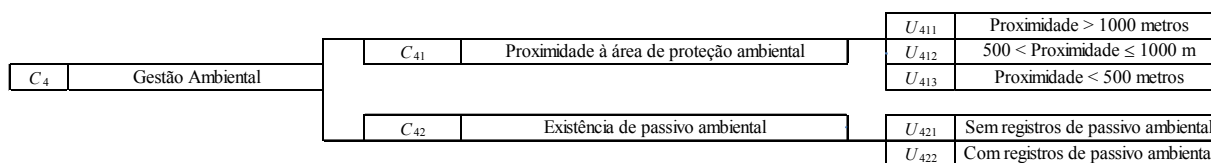


Figura 5: Critério Global Gestão Ambiental: critérios específicos e atributos de atratividade

e) Critério Global Características do Solo e Terreno: critérios específicos e atributos

No critério global de Características do Solo e Terreno, a atratividade da área k é uma função da altimetria e solo (C_{51}) e da forma do terreno (C_{52}). No critério específico da altimetria e solo (C_{51}), a atratividade da área k é medida em função da combinação dessas duas características, sendo que as áreas de altimetria plana e solo rígido são as de maior atratividade, enquanto que as áreas de altimetria ondulada e solo inconsistente são as de menor atratividade. Para o critério específico à forma do terreno (C_{52}), a atratividade é medida em função de sua regularidade. A figura 6 sintetiza as informações descritoras do critério global de Características do Solo e Terreno, com ênfase nas ramificações de cada um dos critérios específicos.

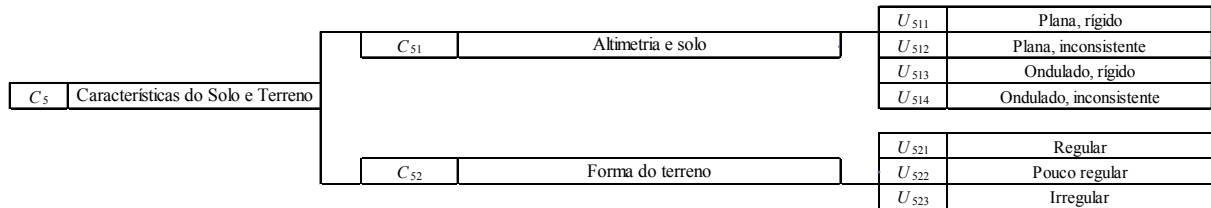


Figura 6. Critério Global Características do Solo e Terreno: critérios específicos e atributos de atratividade

3.2.3 Estimação dos pesos dos elementos da estrutura: critérios globais, critérios específicos e atributos de atratividade

Após a especificação dos elementos e da estrutura hierárquica do modelo, inicia-se a fase de estimação dos pesos ou índices de importância relativa dos critérios globais, critérios específicos e atributos de atratividade. Saaty (1990) propôs o Processo de Análise Hierárquica (AHP – *Analytic Hierarchy Process*) para solucionar problemas decisórios que envolvem múltiplos critérios. Usando uma estrutura hierárquica sistemática, os critérios de estimação complexa podem ser representados claramente e de forma definitiva, a partir das expressões de preferências e valores dos decisores.

Considere-se que os critérios $C_1, \dots, C_i, \dots, C_j, \dots, C_n$, tenham algum nível na hierarquia e deseja-se obter seus pesos, $w_1, \dots, w_i, \dots, w_j, \dots, w_n$, sobre alguns elementos no próximo nível.

Considere-se que a_{ij} , $i, j = 1, 2, \dots, n$ representa as intensidades de importância de C_i quando comparado com C_j , e que pode-se representar a escala de importância comparativa de C_i e C_j , segundo o conteúdo da Tabela 2.

Tabela 2: Escala de Julgamento de Importância do AHP

Escala	Definição	Descrição
1	Importância igual	Dois critérios potenciais contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro.
7	Importância muito forte	Um critério é fortemente favorecido em relação ao outro e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo um critério em relação ao outro é do mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando é necessária uma condição de compromisso.
Recíprocos	Se C_i tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9 quando comparado com C_j , então C_j tem o valor recíproco quando comparado com C_i .	

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

A matriz dos elementos a_{ij} é denotada por **A**, ou

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \tag{03}$$

onde a_{ji} é o recíproco de a_{ij} , ou $a_{ji} = 1/a_{ij}$, sendo que $a_{ij} = w_i / w_j$, $i, j = 1, 2, \dots, n$.

A resolução da matriz \mathbf{A} pode ser feita mediante o cálculo do autovalor v_i :

$$v_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad (04)$$

cujas normalizações resultam no autovetor de prioridades \mathbf{w} , que expressa as importâncias relativas (pesos) de cada um dos critérios globais, critérios específicos e atributos, cujo cálculo individual segue a forma

$$\mathbf{w}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} w_1 = \frac{v_1}{\sum_{i=1}^n v_i} \\ w_2 = \frac{v_2}{\sum_{i=1}^n v_i} \\ w_3 = \frac{v_3}{\sum_{i=1}^n v_i} \\ \vdots \\ w_n = \frac{v_n}{\sum_{i=1}^n v_i} \end{bmatrix} \quad (05)$$

Conseqüentemente, quando a matriz \mathbf{A} é multiplicada pelo vetor formado por cada ponderação $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, obtém-se

$$\mathbf{A}\mathbf{w} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & \cdots & w_1/w_j & \cdots & w_1/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_i/w_1 & \cdots & w_i/w_j & \cdots & w_i/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & \cdots & w_n/w_j & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_j \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_j \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = n\mathbf{w} \quad (06)$$

Como a_{ij} é uma classificação subjetiva dada pelos decisores, deve existir uma distância entre ela e os valores atuais de w_i / w_j . Logo, a relação $\mathbf{A}\mathbf{w} = n\mathbf{w}$ não pode ser calculada diretamente. Para que isso fosse feito, Saaty (1991) sugeriu o cálculo do autovalor máximo

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w_1}{w_1} + \frac{w_2}{w_2} + \cdots + \frac{w_n}{w_n} \right) \quad (07)$$

da matriz \mathbf{A} para substituir n . Então, tem-se que

$$\mathbf{A}\mathbf{w} = \lambda_{\max} \mathbf{w} \quad (08)$$

Por este método, pode-se obter o vetor característico, que corresponde ao vetor de prioridades. Além disso, Saaty (1990) também sugeriu o índice de consistência

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (09)$$

e a taxa de consistência

$$TC = \frac{IC}{CA} \quad (10)$$

sendo que CA refere-se à consistência aleatória (maiores detalhes sobre CA , vide Lane & Verdini, 1989). Em geral, é satisfatório e aceito se o valor de IC estiver em torno de 0,10 e o valor do CA for menor que 0,10.

Adaptando-se esses elementos de avaliação à estrutura deste trabalho, tem-se k áreas do porto que são candidatas ao arrendamento (A_1, A_2, \dots, A_k), M critérios globais de avaliação, $\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_{mn}$ critérios específicos ($C_{12}, C_{21}, \dots, C_{mn}, \dots, C_{MN}$), $\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \sum_{o=1}^O U_{mno}$ atributos de atratividade para cada critério específico ($U_{111}, U_{112}, \dots, U_{mno}, \dots, U_{MNO}$), w_m, w_{mn} e w_{mno} são os pesos de C_m, C_{mn} e U_{mno} respectivamente.

3.2.4 Estimação da função de valor dos atributos de atratividade

Para a avaliação dos atributos (U_{mno}), foi desenvolvido o seguinte procedimento de normalização, com o objetivo de se obter uma escala de atratividade entre 100 (máxima) e 0 (mínima):

$$fu_{mno} = \frac{w_{mno} - w_{mno}^{min}}{w_{mno}^{max} - w_{mno}^{min}} \quad (11)$$

onde fu_{mno} é a função de valor do atributo analisado, w_{mno} é o peso do atributo analisado, w_{mno}^{min} e w_{mno}^{max} referem-se ao menor e maior pesos dentre os atributos do critério específico C_{mn} , respectivamente.

Dessa forma, caso uma área k tenha o desempenho de atratividade mínima em todos os critérios específicos, o valor de seu arrendamento será tão o valor correspondente à parcela fixa da equação (1), isto é, o valor calculado pela avaliação imobiliária.

3.2.5 Apuração do resultado global de avaliação da atratividade de áreas portuárias

Considere-se que a atratividade global da área k é calculada pela soma ponderada do conjunto de pesos dos critérios globais, critérios específicos e funções de valor dos atributos

$$VG_k = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \sum_{o=1}^O w_m w_{mn} fu_{mno} \quad (12)$$

Como o valor de VG_k não é normalizado, pode-se obter o vetor de pesos para o rateio do investimento entre as k áreas do porto pelo ajuste

$$\alpha_{n \times 1} = \begin{bmatrix} \alpha_1 = \frac{VG_1}{\sum_{k=1}^n VG_k} \\ \alpha_2 = \frac{VG_2}{\sum_{k=1}^n VG_k} \\ \alpha_3 = \frac{VG_3}{\sum_{k=1}^n VG_k} \\ \vdots \\ \alpha_n = \frac{VG_n}{\sum_{k=1}^n VG_k} \end{bmatrix} \quad (13)$$

3.3 Aplicação do modelo proposto para hierarquização de áreas portuárias com fins de rateio

A primeira parte da aplicação da metodologia proposta corresponde à avaliação da estrutura hierárquica apresentada nos itens 3.2.1 a 3.2.7, de acordo com os procedimentos quantitativos descritos em 3.2.8 a 3.2.10. Nessa fase foram calculadas as seguintes matrizes:

- Uma matriz dos critérios globais de atratividade;
- Cinco matrizes para os critérios específicos de atratividade;
- Quatorze matrizes para os atributos dos critérios específicos de atratividade.

a) Exemplo: Avaliação dos Critérios Globais

Na tabela 3, encontra-se a matriz de avaliação global dos critérios, de onde se extraiu o vetor de hierarquização dos critérios globais de atratividade, que atribui a maior atratividade à localização da área (0,57), seguida da infraestrutura (0,22), do acesso (0,09), das características do solo e do terreno (0,08) e da gestão ambiental (0,04). A checagem da inconsistência resultou num índice de 0,0987, que se situa dentro dos limites toleráveis. No preenchimento das matrizes verifica-se e o número 1 corresponde à opção pelo valor da escala de atratividade da tabela 2 e zero é aplicado às demais células, a fim de que seja procedido o cálculo apropriado de multiplicação matricial.

Tabela 3: Avaliação dos Critérios Globais

Critérios	Avaliação dos Critérios Globais															Critérios	Inconsistência		
	Absolutamente Mais Importante	Muito Fortemente Mais Importante	Fortemente Mais Importante	Fracamente Mais Importante	Igualmente Importante	Fracamente Mais Importante	Fortemente Mais Importante	Muito Fortemente Mais Importante	Absolutamente Mais Importante	C_m									
C_m	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	C_m	0,0987
C_1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_2	1
C_1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_3	1
C_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_4	1
C_1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_5	1
C_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_3	1
C_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_4	1
C_2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_5	1
C_3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_4	1
C_3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_5	1
C_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	C_5	1

Lambda Max = 5,4422

Índice de Consistência IC = 0,1106

Razão de Consistência RC = 0,0987

Preferências Validadas = Sim

m		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	MG	Critérios	W_m
1	C_1	1,00	5,00	7,00	9,00	5,00	4,36	Localização da Área	0,57
2	C_2	0,20	1,00	5,00	5,00	3,00	1,72	Infraestrutura	0,22
3	C_3	0,14	0,20	1,00	3,00	2,00	0,70	Acesso	0,09
4	C_4	0,11	0,20	0,33	1,00	0,33	0,30	Gestão Ambiental	0,04
5	C_5	0,20	0,33	0,50	3,00	1,00	0,63	Características do Solo e Terreno	0,08
Σ		1,65	6,73	13,83	21,00	11,33	7,71		1,00

b) Exemplo 2: Avaliação Local do Critério Global Localização

A tabela 4 mostra o exemplo de uma das matrizes de avaliação dos critérios específicos construídas durante a avaliação. Nessa matriz foi calculado o vetor de hierarquização dos critérios específicos de atratividade do critério global Localização, que atribui a maior atratividade à proximidade do cais (0,77), seguida da disponibilidade de área para futura ampliação (0,13) e da existência de barreiras físicas (0,09). A checagem da inconsistência resultou num índice de 0,0930, que se situa dentro dos limites toleráveis.

c) Exemplo 3: Avaliação Local dos Atributos do Critério Proximidade do Cais

A tabela 5 mostra o exemplo de uma das matrizes de avaliação dos atributos dos critérios específicos construídas durante a avaliação. Nessa matriz foi calculado o vetor de valoração dos atributos do critério específico de atratividade Proximidade do Cais, que atribui a maior atratividade à distância menor de 500 metros (0,74), seguida da proximidade entre 500 e 1.000 metros (0,19) e da proximidade acima de 1.000 metros (0,06). A checagem da inconsistência resultou num índice de 0,0614, que se situa dentro dos limites toleráveis.

Tabela 4: Critério Localização – Avaliação dos Critérios Específicos

Critérios	Inconsistência																		
	Absolutamente Mais Importante	Muito Fortemente Mais Important	Fortemente Mais Importante	Fracamente Mais Importante	Igualmente Importante	Fracamente Mais Importante	Fortemente Mais Importante	Muito Fortemente Mais Important	Absolutamente Mais Importante	Critérios	Inconsistência								
C_{mn}	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	C_{mn}	0,0930
C_{11}	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_{12}	1
C_{11}	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_{13}	1
C_{12}	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C_{13}	1

Lambda Max = 3,1078

Índice de Consistência IC = 0,0539

Razão de Consistência RC = 0,0930

Preferências Validadas = Sim

m	C_{11}	C_{12}	C_{13}	MG	Critérios	W_{mn}	
1	C_{11}	1,00	8,00	6,00	3,63	Proximidade do cais	0,77
2	C_{12}	0,13	1,00	2,00	0,63	Disponibilidade de área para futura ampliação	0,13
3	C_{13}	0,17	0,50	1,00	0,44	Barreiras físicas	0,09
Σ	1,29	9,50	9,00	4,70		1,00	

Tabela 5: Critério Localização – Avaliação dos Atributos do Critério Específico Proximidade do Cais

Atributo	Inconsistência										
	Absolutamente Mais Importante	Muito Fortemente Mais Importante	Fortemente Mais Importante	Fracamente Mais Importante	Igualmente Importante	Atributo	Inconsistência				
U_{mno}	9	8	7	6	5	4	3	2	1	U_{mno}	0,0614
U_{111}	0	0	0	0	1	0	0	0	0	U_{112}	1
U_{111}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	U_{113}	1
U_{112}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	U_{113}	1

Lambda Max = 3,0713

Índice de Consistência IC = 0,0356

Razão de Consistência RC = 0,0614

Preferências Validadas = Sim

m	U_{111}	U_{112}	U_{113}	MG	Atributo	FU_{mno}	
1	U_{111}	1,00	5,00	9,00	3,56	Proximidade < 500 metros	0,74
2	U_{112}	0,20	1,00	4,00	0,93	500 ≤ Proximidade ≤ 1000 metros	0,19
3	U_{113}	0,11	0,25	1,00	0,30	Proximidade > 1000 metros	0,06
Σ	1,31	6,25	14,00	4,79		1,00	

Como o modelo foi elaborado para servir a um processo de classificação das alternativas, a estrutura hierárquica considera todas as possibilidades de desempenho possíveis para as áreas portuárias. Dessa forma, a classificação final das áreas portuárias e o cálculo do vetor de pesos para rateio dos investimentos tornam-se acessíveis, como pode ser visto na tabela 6.

A tabela 6 apresenta uma aplicação hipotética do modelo ao caso de um porto que possui cinco áreas para arrendamento à iniciativa privada, com as seguintes características:

- Áreas 1 e 5: possuem atratividade máxima em todos os critérios específicos;
- Área 2: possui atratividade intermediária ou nula em todos os critérios específicos;
- Áreas 3 e 4: possuem atratividade mínima em todos os critérios específicos.

Nessa tabela, constam todas as informações qualitativas (estrutura hierárquica) e quantitativas (avaliação das matrizes e funções de valor) necessárias para o entendimento total do processo de avaliação. No preenchimento da planilha, basta que se atribua 1 (um) à presença do atributo e 0 (zero) à ausência do atributo, que todos os cálculos são feitos instantaneamente por funções matriciais pré-definidas da planilha eletrônica excel.

O modelo capturou devidamente a atratividade das áreas hipotéticas, pois apresentou os seguintes resultados finais:

- Áreas 1 e 5: como possuem atratividade máxima em todos os critérios específicos, cada uma das quais apresentou um resultado final de 100 pontos, o que equivale à absorção unitária de parcela equivalente a 45,9% do valor do investimento total;
- Área 2: como possui atratividade intermediária ou nula em todos os critérios específicos, apresentou uma pontuação final de 17,68 pontos, correspondendo à absorção de 8,1% do valor do investimento total;
- Áreas 3 e 4: como possuem atratividade mínima em todos os critérios específicos, apresentaram pontuações finais nulas, o que fará com que o valor de seu arrendamento corresponda somente à parte fixa da equação (1), pois não absorverão nenhuma parcela do investimento total.

4. Considerações finais

Este artigo apresentou uma contribuição da área de métodos multicriteriais de análise de decisão (MMAD) a problemas de regulação, do planejamento e gestão de portos.

O modelo multicriterial proposto foi sustentado por elementos técnico-científicos consistentes e desenvolvido visando a definição da hierarquização das áreas portuárias a serem arrendadas à iniciativa privada. Os procedimentos culminaram com o cálculo da parcela dos investimentos portuários a ser absorvida por cada área, segundo critérios de atratividade.

O problema de avaliação considerado foi do tipo Gama, para o qual foi proposta uma estrutura classificatória, segundo a qual a complexidade decisória foi coletivamente exaustiva no nível das possibilidades de atratividade das áreas disponíveis para arrendamento. Dessa forma, o modelo proposto permite que sejam avaliadas, num único sistema de avaliação, tantas áreas portuárias quantas houver, sem que haja prejuízo da qualidade da análise.

Ao final do processo de modelagem, dispôs-se de um instrumento devidamente convertido em planilha eletrônica, cuja facilidade de uso foi considerado um fator decisivo por parte dos técnicos e gerentes de regulação da agência envolvida (Antaq), que afirmaram que passarão a adotar a ferramenta em vários de seus processos analíticos e de suporte à tomada de decisão.

Embora a aplicação dos métodos multicriteriais tenha atingido seu auge no Brasil na década de 1990, há muitas áreas de atuação, sobretudo no setor público, que ainda demandam o desenvolvimento de modelos sustentados por esse tipo de ferramenta, que encontra suporte técnico-científico bastante consistente.

Tabela 6: Síntese da Avaliação do Desempenho das Áreas

Critério C_m Sub-Critério C_{mm}	Peso w_m Peso w_{mm}	Descrição	Produto $w_m w_{mm}$	Atributo u_{mm}	Peso u_{mm}	Função fit_{mm}	Função Valor $w_m w_{mm} fit_{mm}$	Descrição	Áreas Portuárias A_k					
									A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	
C_1	0,57	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA												
C_{11}	0,77	Proximidade do Cais	0,44	U_{111}	0,74	100,00	43,6966	Proximidade < 500 metros	1	0	0	0	1	
				U_{112}	0,19	19,22	8,3990	500 ≤ Proximidade ≤ 1000 m	0	1	0	0	0	
				U_{113}	0,06	0,00	0,0000	Proximidade > 1000 metros	0	0	1	1	0	
C_{12}	0,13	Disponibilidade de área para futura ampliação	0,08	U_{121}	0,89	100,00	7,5744	Área disponível	1	0	0	0	1	
				U_{122}	0,11	0,00	0,0000	Área não-disponível	0	1	1	1	0	
C_{13}	0,09	Barreiras físicas	0,05	U_{131}	0,70	100,00	5,2518	Remoção a custo baixo	1	0	0	0	1	
				U_{132}	0,17	17,75	0,9320	Remoção a custo médio	0	1	0	0	0	
				U_{133}	0,07	3,00	0,1576	Remoção a custo alto	0	0	0	0	0	
				U_{134}	0,05	0,00	0,0000	Barreira não-removível	0	0	1	1	0	
C_2	0,22	INFRAESTRUTURA												
C_{21}	0,80	Saneamento Básico	0,18	U_{211}	0,70	100,00	17,7776	Água potável e esgoto	1	0	0	0	1	
				U_{212}	0,17	17,54	3,1178	Água potável	0	1	0	0	0	
				U_{213}	0,07	2,42	0,4306	Esgoto	0	0	0	0	0	
				U_{214}	0,06	0,00	0,0000	Nenhum	0	0	1	1	0	
C_{22}	0,14	Energia e comunicação	0,03	U_{221}	0,70	100,00	3,0816	Energia elétrica e comunicação	1	0	0	0	1	
				U_{222}	0,17	17,75	0,5468	Energia elétrica	0	1	0	0	0	
				U_{223}	0,07	3,00	0,0925	Comunicação	0	0	0	0	0	
				U_{224}	0,05	0,00	0,0000	Nenhum deles	0	0	1	1	0	
C_{23}	0,06	Benfeitorias existentes	0,01	U_{231}	0,70	100,00	1,4244	Escritórios e armazéns	1	0	0	0	1	
				U_{232}	0,17	17,75	0,2528	Armazéns	0	1	0	0	0	
				U_{233}	0,07	3,00	0,0427	Escritórios	0	0	0	0	0	
				U_{234}	0,05	0,00	0,0000	Nenhum deles	0	0	1	1	0	
C_3	0,09	ACESSO												
C_{31}	0,70	Acesso terrestre à área	0,06	U_{311}	0,44	100,00	6,3945	Acesso rodoviário com asfalto	1	0	0	0	1	
				U_{312}	0,22	45,88	2,9335	Acesso rodoviário sem asfalto	0	1	0	0	0	
				U_{313}	0,17	33,90	2,1677	Acesso rodoviário com asfalto	0	0	0	0	0	
				U_{314}	0,08	12,50	0,7990	Acesso ferroviário	0	0	0	0	0	
				U_{315}	0,06	5,89	0,3767	Acesso rodoviário sem asfalto	0	0	0	0	0	
				U_{316}	0,03	0,00	0,0000	Sem acesso	0	0	1	1	0	
C_{32}	0,17	Acesso hidroviário à área	0,02	U_{321}	0,83	100,00	1,5443	Acesso disponível	1	0	0	0	1	
				U_{322}	0,17	0,00	0,0000	Sem acesso	0	1	1	1	0	
C_{33}	0,07	Acesso dutoviário à área	0,01	U_{331}	0,83	100,00	0,6748	Acesso disponível	1	0	0	0	1	
				U_{332}	0,17	0,00	0,0000	Sem acesso	0	1	1	1	0	
C_{34}	0,05	Disponibilidade de linha de cais	0,00	U_{341}	0,60	100,00	0,4979	Linha > 900 m	1	0	0	0	1	
				U_{342}	0,20	28,09	0,1398	700 < Linha ≤ 900 m	0	1	0	0	0	
				U_{343}	0,10	10,27	0,0511	500 < Linha ≤ 700 m	0	0	0	0	0	
				U_{344}	0,06	2,34	0,0117	300 < Linha ≤ 500 m	0	0	0	0	0	
				U_{345}	0,05	0,00	0,0000	Linha < 300 m	0	0	1	1	0	
C_4	0,04	GESTÃO AMBIENTAL												
C_{41}	0,17	Proximidade à área de proteção ambiental	0,01	U_{411}	0,72	100,00	0,6503	Proximidade > 1000 metros	1	0	0	0	1	
				U_{412}	0,19	16,94	0,1102	500 ≤ Proximidade ≤ 1000 m	0	1	0	0	0	
				U_{413}	0,09	0,00	0,0000	Proximidade < 500 metros	0	0	1	1	0	
C_{42}	0,83	Existência de passivo ambiental	0,03	U_{421}	0,83	100,00	3,2516	Sem registros de passivo ambiental	1	0	0	0	1	
				U_{422}	0,17	0,00	0,0000	Com registros de passivo ambiental	0	1	1	1	0	
C_5	0,08	CARACTERÍSTICAS DO SOLO E TERRENO												
C_{51}	0,75	Altimetria e solo	0,06	U_{511}	0,70	100,00	6,1352	Plana, rígido	1	0	0	0	1	
				U_{512}	0,17	17,75	1,0887	Plana, inconsistente	0	1	0	0	0	
				U_{513}	0,07	3,00	0,1841	Ondulado, rígido	0	0	0	0	0	
				U_{514}	0,05	0,00	0,0000	Ondulado, inconsistente	0	0	1	1	0	
C_{52}	0,25	Forma do terreno	0,02	U_{521}	0,79	100,00	2,0451	Regular	1	0	0	0	1	
				U_{522}	0,13	7,70	0,1575	Pouco regular	0	1	0	0	0	
				U_{523}	0,08	0,00	0,0000	Irregular	0	0	1	1	0	
								Atratividade da Área (UG_k)	100	17,68	0	0	100	
								Vetor de Proporções de Rateio (α_k)	45,9%	8,1%	0,0%	0,0%	45,9%	
								Número de Avaliações	14	14	14	14	14	
								Prova do Número de Avaliações	OK	OK	OK	OK	OK	

Referências Bibliográficas

- Avouris, N. M. (1995). Cooperating knowledge-based systems for environmental decision support. *Knowledge-Based Systems*, Elsevier, 8(1), 39-54.
- Bana e Costa, C. A., & Vincke, P. (1990). Multiple Criteria Decision Aid: An Overview. In BANA E COSTA (ed.). *Readings in Multicriteria Decision Aid*. Springer Verlag, 3-14.
- Bana e Costa, C. A., & Vansnick, J. C. (1999). *The MACBETH approach: Basic ideas, software and an application*. In: Advances in Decision Analysis [edited by N. Meskens and M. D. Roubens], Kluwer Academic Publishers, 131-157.
- Button, K., & Nijkamp, P. (1997). Environmental Policy Assessment and the Usefulness of Meta-analysis. *Socio-Econ. Plann. Sci.*, Elsevier, 31(3), 231-240.
- Chou, C-C. (2010). AHP Model for the Container Port Choice in the Multiple-Ports Region. *Journal of Marine Science and Technology*, 18(2), 221-232.
- Funtowicz, S., Munda, G., & Paruccini, M. (1990). The Aggregation of Environmental Data Using Multicriteria Methods. *Environmetrics*, Environmetrics Press, 1(4), 353-368.

- Gray, P. C. R., Wiedemann, P. M., Schütz, H., Hallman, W. K., Feldman, D., & Turner, R. (1996). The Nature and Challenges of Environmental Decision Making. *Background paper for Planning Workshop*. Knoxville-Tennessee: National Center for Environmental Decision Making Research, out, 12 p.
- Grizzle, G. A. (1987). Pay for Performance: Can the Analytic Hierarchy Process Hasten the Day in the Public Sector? *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 245-250.
- Harahap, W., Santoso, I., & Suryadi, K. (2005). *Selection of Private Participation Model in Seaport Terminal Operation Case: Port of Tanjung Priok Jakarta Indonesia*. ISAHF 2005, Honolulu (Hawaii-USA), July 8-10.
- Haralambides, H. E. (2002). *Competition, excess capacity, and the pricing of port infrastructure*. *International Journal of Maritime Economics*, 4, 323-347.
- Jansson, J. O., & I. Rydén, I. (1979). *Swedish Seaports: economics and policy*. The Economic Research Institute, Stockholm School of Economics, Stockholm.
- Johnson, A. (1962). *Behavior of the Firm under Regulatory Constraint*. *American Economic Review*, 52(5), 1052-1069.
- Kahn, A. (1988). *The Economics of Regulation: Principles and Institutions*. Cambridge: MIT Press.
- Keeney, R. L. (1988). Structuring Objectives for Problems of Public Interest. *Operations Research*, 36, 396-405.
- Laffont, J.-J., & Tirole, J. (1993). *A theory of incentives in regulation and procurement*. Cambridge: MIT Press.
- Lane, E. F., & Verdini, W. A. (1989). A Consistency Test for AHP Decision Makers. *Decision Sciences*, 20, 575-590.
- Menezes, R. A., Silva, R. B., & Linhares, A. (2007). Leilões Eletrônicos Reversos Multiatributo: Uma Abordagem de Decisão Multicritério Aplicada às Compras Públicas Brasileiras. *Revista de Administração Contemporânea*, 11(3), jul-set.
- Munda, G., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (1995) Qualitative multicriteria methods for fuzzy evaluation problems: An illustration of economic-ecological evaluation. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, 82, 79-97.
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. (2009). *Pacific Lease Acquisition*. Marine Operations Center: Washington DC (USA).
- QWS – Queensland Water Commission. (2009). *SEQ – Desalination Siting Study: Multicriteria Analysis*. Queensland: Australia.
- Rocha, C. H., Gartner, I. R., & Cavalcante, L. R. (2011). A model of lease of port areas: a new contribution. *Revista de Literatura dos Transportes*, 5(3), 4-15.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*. Paris: Economica.
- Roy, B., & Vincke, P. (1984). Relational systems of preference with one or more pseudo-criteria: some new concepts and results. *Management Science*, 30(11), nov, 1323-1335.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L. (1991). *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1995). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. 3. ed. Pittsburg-PA: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Satir, T., Alkan, G. B., Can, S., & Bak, O. A. (2007). *Port Reception Facilities: Using Multi Criteria Decision Making*. Istanbul Technical University: Turkey.
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48, 2-8.