Desenvolvimento de uma ferramenta web de apoio à tomada de decisão – *Payoff Matrix*: revisitando os métodos Maximax, Wald, Laplace, Média Variabilidade, Hurwicz, Savage, Máxima Verossimilhança e Bayes

Angélica Rodrigues de Lima
Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (SENAI CETIQT)
Rua Magalhães Castro nº 174, Riachuelo, Rio de Janeiro/RJ
angeliquinha.lima@gmail.com

Marcos dos Santos
Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) / Instituto Militar de Engenharia (IME)
Praça Barão de Ladário s/nº, Ilha das Cobras, Rua da Ponte, Ed. 23 do AMRJ, Centro, Rio de Janeiro/RJ
Praça General Tibúrcio, nº 80, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro/RJ
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Carlos Francisco Simões Gomes
Universidade Federal Fluminense (UFF)
Rua Passo da Pátria, no 156, Escola de Engenharia, São Domingos, Niterói/RJ
cfsg1@bol.com.br

André Andrade Longaray
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Av. Itália, km 08, s/nº, Campus Carreiros, Rio Grande/RS.
andrelongaray@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem o propósito de apresentar uma ferramenta web de fácil utilização para o cálculo dos métodos de decisão tomada sob incerteza e decisão tomada sob risco. Para os métodos de decisão tomada sob incerteza, o usuário deve tão somente preencher os dados da matriz de decisão, com suas alternativas, estados da natureza e o coeficiente de realismo. Inseridos esses dados, o sistema calcula os resultados dos métodos Maximax, Wald, Laplace, Média Variabilidade, Hurwicz e Savage. Já para os métodos de decisão tomada sob rico, o usuário deve preencher os dados da matriz de decisão, com suas alternativas, estados da natureza e as probabilidades associadas a cada estado da natureza. Com isso, o sistema calcula os resultados dos métodos da Máxima Verossimilhança e de Bayes, bem como sua respectiva árvore de decisão. O sistema tem o potencial de trazer uma significativa contribuição para a sociedade, haja vista que pode ser utilizado tanto no âmbito acadêmico como ferramenta de ensino-aprendizagem, quanto no âmbito corporativo, permitindo que os tomadores de decisão possam avaliar múltiplos cenários de maneira simples e tempestiva.

PALAVRAS CHAVE: decisão tomada sob incerteza, decisão tomada sob risco, matriz de payoff.

Tópicos: Sessão Especial 1 - Poder Marítimo, Defesa e Pesquisa Operacional.

ABSTRACT

This paper aims to present an easy - to - use web tool for the calculation of the decision methods taken under uncertainty and decision taken under risk. For the decision methods taken under uncertainty, the user must only fill in the data of the decision matrix, with its alternatives, states of nature and the coefficient of realism. When this data is entered, the system calculates the results of the Maximax, Wald, Laplace, Mean Variability, Hurwicz and Savage methods. Already for the decision methods taken under risk, the user must fill in the data of the decision matrix, with its alternatives, states of nature and the probabilities associated with each state of nature. With this, the system calculates the results of the Maximum Likelihood and Bayes methods, as well as their respective decision tree. The system has the potential to make a significant contribution to society, since it can be used both in the academic field as a teaching-learning tool and in the corporate sphere, allowing decision-makers to evaluate multiple scenarios in a simple and timely.

KEYWORDS: decision taken under uncertainty, decision taken under risk, payoff matrix.

Paper topics: Special Session 1 - Maritime Power, Defense and Operational Research.

1. Introdução

Segundo [Turban 2005], uma decisão refere-se a uma escolha feita entre duas ou mais alternativas. As decisões são tomadas continuamente tanto por indivíduos quanto por grupos. As decisões geralmente são fundamentadas em duas vertentes: em situações de certeza e em situações de incerteza. As condições de certeza são aquelas em que se pode exercer o controle sobre as variáveis que influenciam na decisão, geralmente situações ligadas ao ambiente interno das organizações. Já as condições de incerteza, por sua vez, configuram-se pela ausência de controle sobre as variáveis, na maioria dos casos são situações associadas ao ambiente externo das organizações. As decisões tomadas sob condições de incerteza têm sido amplamente pesquisadas por autores como [HAMMOND *et al.* 2004].

Para [Simon 1997], o homem economista trabalha com o cenário de um mundo perfeito, onde as opções para a tomada de decisão são claras e previsíveis. [Shimizu 2010] completa que esse "homem economista", minimiza a relevância de variáveis menos importantes, para tomar suas decisões considerando apenas aquilo que lhe parece relevante para dado caso, ou seja, este trabalha com um modelo simplificado da realidade, criando um cenário "satisfatório" para a tomada de decisão, eliminando ou minimizando variáveis julgadas irrelevantes.

A tecnologia de informação (TI) e as aplicações por elas geradas proporcionam vantagens competitivas no mercado e auxiliam na geração de um dos diferenciais competitivos mais importantes existentes atualmente para as organizações - a informação [BELLOQUIM 1999]; [BARBOSA 2003]; [HAMMOND *et al.* 2004]. Os Sistemas de Informação assumem papéis cada vez mais importantes nas organizações. Atualmente, os SI são representados por conjuntos integrados homem-máquina que fornecem informação para apoio à operação, administração e tomada de decisão, através de *hardware*, *software*, procedimentos, modelos de decisão e bancos de dados [BIDGOLI 1989]. Entre os vários tipos de sistemas de informação utilizados pelas organizações, encontram-se os Sistemas de Apoio a Decisão que são sistemas utilizados no processo decisório que proporcionam ao decisor acesso fácil ao banco de dados e ao banco modelos, apoiando à tomada de decisão semi-estruturada ou não estruturada [SPRAGUE e WATSON 1989].

[Santos *et al.* 2017] afirmam que um engenheiro é, antes de mais nada, um "resolvedor de problemas". Ele tem a capacidade de compreender as condições de contorno de uma situação problemática e, a partir daí, propor soluções que agreguem valor não só para a organização da qual faz parte, mas também para a sociedade como um todo.

Poucas empresas têm uma cultura de realizar análises quantitativas, que dispõe dos dados necessários para julgar propostas claramente, elidindo riscos e incertezas. Percebem-se situações em que dados primordiais não estão disponíveis ou não estão dispostos de maneira prática, fazendo com que os usuários não tenham clareza para utilização destes recursos [CASAROTTO FILHO e KOPITTKE 2010]. Desta forma, é necessário que as informações possam ser transformadas em conhecimento em prol da organização. Além disso, alguns dados são qualitativos e tornam-se mais difíceis de serem parametrizados, pois podem gerar diferentes interpretações [ZOPOUNIDIS; PARDALOS, 2010]. Muitas empresas ainda não utilizam métodos formais para o apoio a tomada de decisão por considerá-los demasiadamente complexos. Assim, limitam-se a análises superficiais sobre os problemas de decisão.

A partir do assunto em tela confeccionou-se um mapa mental a fim de facilitar a visualização das condições de contorno do problema, o aparato experimental é apresentado na Figura 1 a seguir.



Figura 1 – Mapa mental com as condições de contorno da ferramenta desenvolvida
Fonte: [Autores, 2019]

2. Fundamentação Teórica

2.1 Teoria da Decisão

Quando se consideram problemas de decisão, há sempre uma estrutura comum a todos eles: apresentam estratégias alternativas, estados da natureza e resultados [MOREIRA 2013].

A seguir é detalhado cada um dos elementos.

- **Estratégias alternativas**: são as possíveis soluções para o problema, os cursos de ação alternativos que se pode seguir. Se não conseguir listar as alternativas, nem mesmo haverá um problema de decisão;

- **Estados da natureza**: são todos os acontecimentos futuros que poderão influir sobre as alternativas de decisão que o tomador de decisão possui. Cada alternativa de decisão, sob cada estado da natureza, conduzirá a um certo resultado;

- **Resultados**: chama-se de resultado a consequência de se escolher uma dada alternativa da decisão, quando ocorre certo estado da natureza. A cada combinação alternativa de decisão/estado da natureza, tem-se um resultado possível.

2.2 Classificação dos Problemas de Decisão

De acordo com [Moreira 2013], tradicionalmente, os problemas de decisão são classificados com o maior ou menor conhecimento que temos acerca dos estados da natureza, podem ocorrer três casos:

a) **Decisão tomada sob certeza (DTSC)**: sabe-se exatamente qual é o estado da natureza que vai ocorrer ou, de alguma forma, se conhece com certeza todos os dados do problema. Pode ocorrer ainda que se possa admitir como constantes ou muito pouco variáveis todos os dados numéricos do problema.

b) **Decisão tomada sob incerteza (DTSI)**: tem-se o caso em que nem se sabe exatamente qual estado da natureza irá ocorrer e, pior ainda, nem mesmo se consegue-se associar quaisquer probabilidades de ocorrências aos estados da natureza.

c) **Decisão tomada sob risco (DTSR)**: não se sabe exatamente qual estado da natureza irá ocorrer, mas pode-se associar a cada um dos estados uma probabilidade de ocorrência. Essa probabilidade pode ser atribuída tanto de forma objetiva como de forma subjetiva;

2.3 Decisão Tomada sob Incerteza (DTSI)

Nos problemas de Decisão Tomada sob Incerteza (DTSI) conhecem-se todos os possíveis estados da natureza, mas não se tem nenhuma estimativa de suas probabilidades. Nesse caso, abre-se um amplo leque de possibilidades para o tomador de decisão optar por algum critério de seu interesse. De forma alguma a decisão será obrigatoriamente a mesma, ao contrário, ela irá depender do critério adotado [MOREIRA 2013]. A literatura traz alguns critérios considerados costumeiros e que foram adotados no desenvolvimento do *software* do presente trabalho, são eles:

Critério Maximax:

O critério Maximax carrega consigo uma visão de mundo extremamente otimista. Dada uma matriz de decisão, deve-se escolher a alternativa que leva ao melhor possível dos resultados. Dito de outra maneira, deve-se escolher o melhor resultado de cada alternativa e, em seguida, dentre eles, o "melhor dos melhores" [MOREIRA 2013]. Esta regra de decisão pode ser expressa da seguinte forma:

$$a_k \text{ tal que } o_k = \max_{1 \le i \le m} o_i = \max_{1 \le i \le m} \max_{1 \le j \le n} x_{ij}$$

Critério de Wald (Maximin):

Trata-se do "máximo entre os mínimos". De cada alternativa, escolhe-se o pior resultado; depois, dentre os piores, escolhe-se o melhor deles, ou o "menos ruim". Deve-se ficar alerta para o que significa "máximo" ou "mínimo", dependendo de como são expressos os resultados na matriz de decisão [MOREIRA 2013]. A regra de decisão do critério maximin resulta na seguinte expressão:

$$a_k \text{ tal que } s_k = \max_{1 \le i \le m} s_i = \max_{1 \le i \le m} \min_{1 \le j \le n} x_{ij}$$

Critério de Laplace (Razão Insuficiente):

O critério de Laplace é também conhecido como "critério da razão insuficiente", exatamente porque, por não se ter razão suficiente para admitir o contrário, assume-se que são idênticas as probabilidades dos diversos estados da natureza. Com tal admissão, são então calculados os valores esperados de cada alternativa, o que equivale a tomar o valor médio entre os resultados de cada alternativa. Dos resultados médios, escolhe-se por fim, o melhor deles. [MOREIRA 2013]. Se expressa a regra de Laplace da seguinte forma:

$$a_k \text{ tal que } \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{n} x_{kj} = \max_{1 \le i \le m} \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{n} x_{ij}$$

Critério da Média Variabilidade:

Considerando que uma relação de preferência entre duas estratégias é dada por $a_k \succ a_l$, existem dois casos para se comparar e escolher as estratégias a partir das relações entre a média e a variabilidade. [Menezes 2011] considera que comparando as estratégias através da proporção da média dos resultados nos diferentes estados da natureza por suas respectivas variabilidades. Assim se, $média(a_k)/\ddot{A}(a_k) > média(a_l)/\ddot{A}(a_l)$, então a melhor solução é *ak*.

Critério de Hurwicz (Realismo):

O critério de Hurwicz é também chamado de critério do realismo ou critério da média ponderada. Consiste em adotar um compromisso entre uma visão pessimista e uma visão otimista da realidade. O tomador de decisão seleciona um coeficiente de realismo α variando entre 0 e 1. Quanto maior for o valor escolhido de *α*, mais otimista o tomador de decisão está em relação ao futuro. Valores de α próximos de 0 indicam uma postura basicamente pessimista. Após a adoção de *α*, escolhe-se, para cada alternativa, o melhor e o pior resultado, computando a média ponderada.

$$\alpha s_i + (1-\alpha) o_i \qquad 0 \le \alpha \le 1$$

Computadas as médias ponderadas de todas as alternativas, escolhe-se aquela com a melhor média [MOREIRA 2013]. Sendo assim, a regra do critério resulta da seguinte expressão:

$$a_k \text{ tal que } T(a_k) = \alpha s_k + (1-\alpha) o_k = \max_{1 \le i \le m} \{\alpha s_i + (1-\alpha) o_i\}$$

Critério de Savage (Mínimo Arrependimento):

O critério do mínimo arrependimento monta-se inicialmente a matriz de arrependimentos e, em seguida, para cada alternativa, escolhe-se o pior dos arrependimentos. Como último passo, decide-se pela alternativa com o menos ruim dos arrependimentos, aplica-se à matriz de arrependimentos o critério maximin. O critério do mínimo arrependimento resulta da seguinte regra:

$$a_k \text{ tal que } \rho_k = \min_{1 \le i \le m} \rho_i = \min_{1 \le i \le m} \max_{1 \le j \le n} r_{ij}$$

2.4 Decisão Tomada sob Risco (DTSR)

Nos problemas de Decisão Tomada Sob Risco (DSTR), consegue-se, de uma forma ou de outra, conhecer as probabilidades dos futuros estados da natureza. A solução de um problema de DTSR depende do conceito de Valor Esperado da Alternativa ou, simplesmente, VEA [MOREIRA 2013].

2.4.1 Critério da Máxima Verossimilhança (MAXVER)

Dizemos que θ é um estimador de máxima verossimilhança para o parâmetro θ sob a amostra $y = (y1, \ldots, yn)$ se

$$\widehat{\boldsymbol{\theta}} = \arg\max_{\boldsymbol{\theta} \in \Theta} L(\boldsymbol{\theta}; \boldsymbol{y}),$$

onde *L* é a verossimilhança dos dados *y*. Para dados provenientes de variáveis aleatórias, tem-se que

$$L(\boldsymbol{\theta}; \boldsymbol{y}) = \prod_{1 \leq i \leq n} f(\boldsymbol{\theta}; y_i),$$

onde *f (θ; yi) = fY (yi; θ) e fY (yi; θ)* é a densidade da variável aleatória indexada pelo parâmetro *θ*.

2.4.2 Critério de *Bayes*

O melhor estimador, de acordo com o risco, é aquele que o minimiza. Na teoria bayesiana tem-se uma informação a priori sobre o parâmetro desconhecido que é contemplado pela distribuição $\pi \equiv \pi(\theta)$. Assim, define-se o Risco de *Bayes* como sendo a perda média do risco frequentista, a priori, com relação à θ [CASELLA e BERGER 2002].

$$r(\pi, \delta) = \int_{\Theta} R(\theta, \delta)\pi(\theta)d\theta$$

Denomina-se por estimador de *Bayes* o estimador bayesiano que minimiza *RB (π, δ)*.

$$R_B(\pi, \delta) = \int_{\Theta} l(\theta, \delta)\pi(\theta|\boldsymbol{x})d\theta = E_{\theta|\boldsymbol{x}}[l(\theta, \delta)]$$

3. Desenvolvimento do *Software Payoff Matrix*

O aplicativo computacional Payoff Matrix foi desenvolvido por meio de uma parceria do Instituto Militar de Engenharia (IME) com o Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV), podendo ser acessado no endereço ***www.payoffmatrix.com.br***. O sistema foi implementado em PHP, JavaScript, HTML5 e CSS3 com técnica de programação AJAX.

Realizou-se em primeira instância um estudo sobre os métodos de apoio a tomada de decisão e a partir disso observou-se a necessidade de se desenvolver uma plataforma computacional para apoiar decisões em cenários de incerteza e de risco visto que, atualmente, não há tal ferramenta disponível em uma interface web. Os cálculos são realizados utilizando-se algoritmos computacionais na linguagem PHP que recebe como parâmetro as alternativas e os estados da natureza com suas respectivas pontuações. Finalmente o resultado é apresentado em HTML5.

4. *Payoff Matrix* – Exemplo de Aplicação

4.1 Decisão Tomada sob Incerteza (DTSI)

A Companhia Epsilon está considerando três possibilidades para a distribuição de seus produtos em uma certa região. A primeira dessas possibilidades é a que está sendo adotada atualmente e consiste em entregar os produtos diretamente aos revendedores locais; a segunda alternativa consiste em abrir um armazém próprio de distribuição e, finalmente, a última possibilidade seria a de colocar os produtos em um grande distribuidor local. Dependendo de como se comporte a demanda futura para a região, as alternativas trarão receitas diferenciadas para a companhia, segundo a matriz de decisão mostrada na Tabela 1 a seguir. Adota-se $\alpha = 0{,}7$ [MOREIRA 2013].

	Demanda grande	Demanda pequena
Usar revendedores locais	**140**	**40**
Construir armazém próprio	**200**	**-30**
Usar grande distribuidor local	**160**	**10**

Tabela 1 – Distribuição de produtos da Companhia Epsilon (lucro em milhares de reais)
Fonte: Adaptado de [Moreira, 2013]

Deve-se seguir os seguintes passos para inserção dos dados no *Payoff Matrix*:

Passo 1: Para inserir as alternativas clica-se no botão "Adicionar Alternativa", Figura 2. Uma nova linha alternativa (i) aparecerá abaixo da última alternativa.



Figura 2 – Adicionar e remover alternativas
Fonte: [Autores, 2019]

Passo 2: Para inserir os Estados da Natureza clica-se no botão "Adicionar Estado da Natureza", Figura 3. Uma nova coluna "estado da natureza" aparecerá ao lado da última.



Figura 3 – Adicionar e remover Estados da Natureza
Fonte: [Autores, 2019]

Passo 3: Realizados os passos 1 e 2, deve-se então inserir os dados das alternativas e critérios preenchendo-se os campos da matriz. Deve também preencher o campo "Insira coeficiente de realismo".

Na Figura 4, mostra-se a matriz preenchida com os dados da Tabela 1 utilizada como exemplo, adotando-se um coeficiente de realismo $\alpha = 0{,}7$.



Figura 4 – Matriz de Decisão preenchida
Fonte: [Autores, 2019]

Passo 4: Para gerar os resultados o usuário deve clicar no botão "Gerar". O programa irá gerar abaixo da matriz inicial cinco outras matrizes, cada uma correspondente ao seu respectivo método. Na Figura 5, apresentam-se as matrizes geradas em cada método e a melhor alternativa fica destacada em azul.

Método Maximax

#	Demanda grande	Demanda pequena	Resultado
Usar revendedores locais	140	40	140
Construir armazém próprio	200	-30	200
Usar grande distribuidor local	160	10	160

Método Maximin

#	Demanda grande	Demanda pequena	Resultado
Usar revendedores locais	140	40	40
Construir armazém próprio	200	-30	-30
Usar grande distribuidor local	160	10	10

Método Laplace

#	Demanda grande	Demanda pequena	Resultado
Usar revendedores locais	140	40	90.00
Construir armazém próprio	200	-30	85.00
Usar grande distribuidor local	160	10	85.00

Critério da Média Variabilidade

#	Demanda grande	Demanda pequena	Média	Variabilidade	Média / Variabilidade
Usar revendedores locais	140	40	90.00	100	0.90000
Construir armazém próprio	200	-30	85.00	230	0.36957
Usar grande distribuidor local	160	10	85.00	150	0.56667

Método Hurwicz - Coeficiente De Realismo 0,7

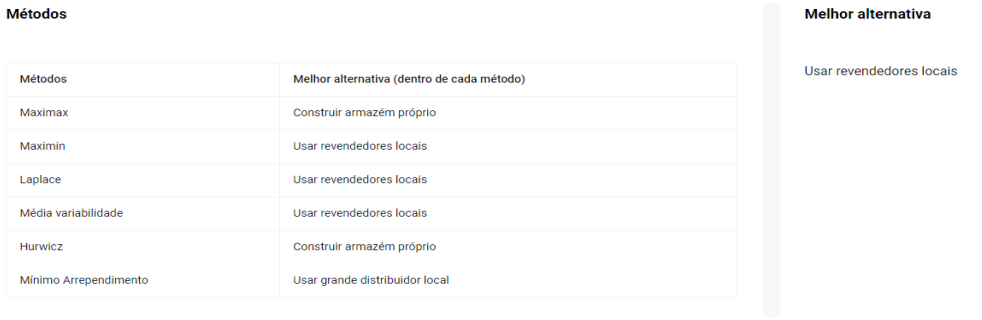
#	Demanda grande	Demanda pequena	Resultado
Usar revendedores locais	140	40	110
Construir armazém próprio	200	-30	131
Usar grande distribuidor local	160	10	115

Método Mínimo Arrependimento

#	Demanda grande	Demanda pequena	Resultado
Usar revendedores locais	60	0	60
Construir armazém próprio	0	70	70
Usar grande distribuidor local	40	30	40

Figura 5 – Resultados gerados para cada método de DTSI
Fonte: [Autores, 2019]

Para facilitar a visualização, análise, e, por conseguinte, a tomada de decisão, o sistema apresenta a melhor alternativa em cada método, considerando como a "melhor alternativa geral" aquela que vencer o maior número de métodos, Figura 6.



Métodos	Melhor alternativa (dentro de cada método)
Maximax	Construir armazém próprio
Maximin	Usar revendedores locais
Laplace	Usar revendedores locais
Média variabilidade	Usar revendedores locais
Hurwicz	Construir armazém próprio
Mínimo Arrependimento	Usar grande distribuidor local

Figura 6 – Melhor alternativa em cada método e melhor alternativa geral
Fonte: [Autores, 2019]

4.2 Decisão Tomada sob Risco (DTSR)

Usando as melhores estimativas disponíveis das probabilidades dos respectivos estados da natureza, calcule o valor esperado do prêmio para cada uma das possíveis alternativas de decisão. Escolha a alternativa de decisão com o prêmio esperado máximo [HILLIER e LIEBERMAN 2013].

	ESTADO DE NATUREZA	
ALTERNATIVA	**Petróleo**	**Seco**
1. Perfurar para procurar petróleo	**700**	**-100**
2. Vender o terreno	**90**	**90**
Probabilidade prévia	**0,25**	**0,75**

Tabela 2 – Matriz de Decisão para o caso da empresa de prospecção de petróleo
Fonte: Adaptado de [Hillier e Lieberman 2013]

A Figura 7 mostra o sistema Payoff Matrix com a matriz de decisão preenchida.



Figura 7 – Matriz de decisão preenchida com valores do exemplo
Fonte: [Autores, 2019]

O programa irá gerar abaixo da matriz inicial duas outras matrizes, uma com a solução para o Método da Máxima Verossimilhança e outra com a solução para o Método de *Bayes* e sua respectiva árvore de decisão. A Figura 8 apresenta as matrizes geradas em cada método. A melhor alternativa em cada método aparece destacada em azul.

Método da Máxima Verossimilhança

#	Petróleo	Seco
Perfurar para procurar petróleo	700	-100
Vender o terreno	90	90

Método da Regra de Bayes

#	Petróleo	Seco	Resultado
Perfurar para procurar petróleo	700	-100	100
Vender o terreno	90	90	90

Figura 8 – Resultados gerados para cada método de DTSR
Fonte: [Autores, 2019]

O sistema Payoff Matrix também gera a árvore de decisão correspondente ao método de Bayes, com os respectivos valores esperados de cada alternativa. A Figura 9 apresenta a árvore de decisão gerada pelo sistema.

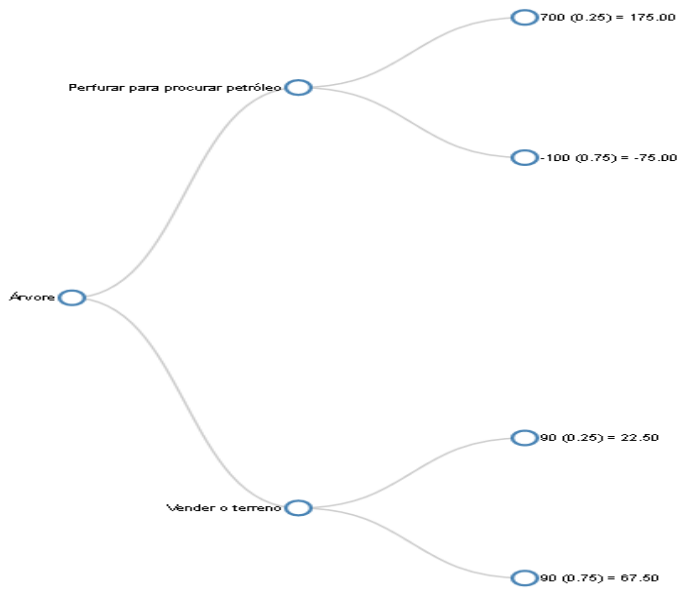


Figura 9 – Árvore de Decisão
Fonte: [Autores, 2019]

4.3 Outras Funcionalidades do sistema *Payoff Matrix*

Além das soluções dos métodos de decisão tomada sob incerteza e dos métodos de decisão tomada sob risco, o sistema Payoff Matrix possui as seguintes funcionalidades:

- Possibilidade da criação de uma conta de usuário;
- Possibilidade de o usuário salvar o seu projeto;
- Disponibilidade nos idiomas português e inglês;
- Disponibilidade de um tutorial para os métodos de Decisão Tomada sob Incerteza;
- Disponibilidade de um tutorial para os métodos de Decisão Tomada sob Risco;
- Possibilidade de os criadores do sistema monitorarem a quantidade de acessos e de onde eles estão sendo realizados, conforme apresenta a Figura 10.

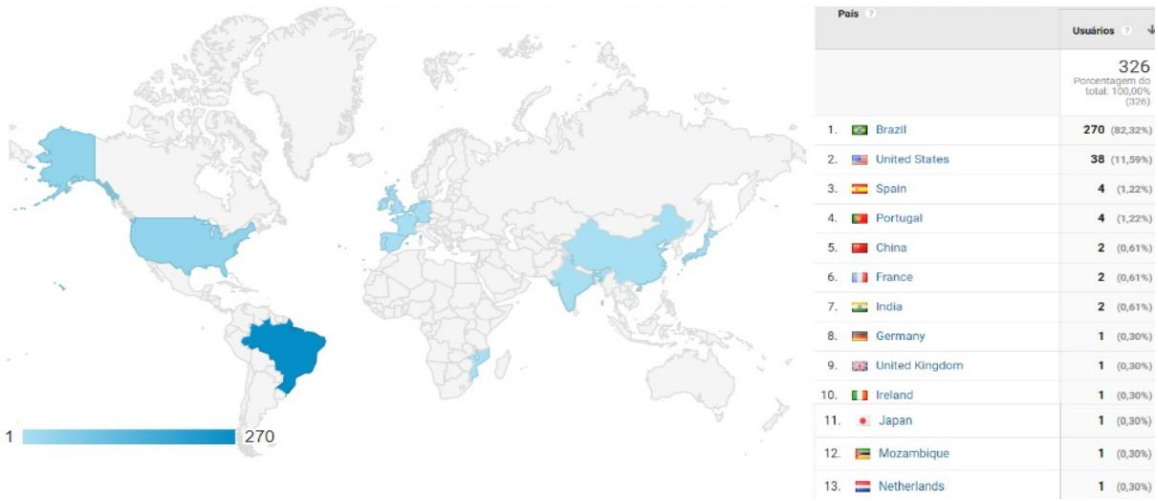


Figura 10 – *Google Analytics*: Localização dos acessos
Fonte: [Autores, 2019]

5. Considerações Finais

O sistema *web Payoff Matrix* mostrou-se uma ferramenta simples, de fácil acesso, intuitiva e sem custos ao usuário, atingindo assim o objetivo do estudo. A expectativa é que a ferramenta apresentada possa ser utilizada tanto em âmbito acadêmico, quanto no meio corporativo.

Dando continuidade a essa pesquisa, pretende-se desenvolver um aplicativo para os sistemas operacionais Android e IOS, para oferecer maior mobilidade ao *software Payoff Matrix* e disseminar cada vez mais dentro das organizações a cultura de utilização dos modelos de apoio à tomada de decisão.

Referências

BARBOSA, G. R. (2003). *Sistemas de Apoio a Decisão sob o enfoque de Profissionais de Tecnologia da Informação e Decisores*. Dissertação de Mestrado, PPGEP, UFP.

BELLOQUIM, A. (1999). Por que o software não faz o que eu pedi? *Developers*, n. 35, ano 3, p. 54, jul.

BIDGOLI, H. (1989). *Decision Support System - Principles and Practice*. New York: West Publishing Company.

CASELLA, G., and BERGER, R. L. (2002). *Statistical Inference*. Duxbury Press.

CASAROTTO FILHO, N; KOPITTKE, H. B. (2010). *Análise de Investimentos*. São Paulo.

HAMMOND, J.S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. (2004). *Decisões inteligentes: somos movidos a decisões – como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão*. Tradução de Marcelo Filardi Ferreira. Rio de Janeiro: Elsevier. 11ª reimpressão.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald. J. (2013). *Introdução à Pesquisa Operacional*. 9ª ed. São Paulo: Editora Bookman.

MENEZES, W.F. (2011). Escolha e decisão em situação de incerteza e risco. *Revista Nexos*, Vol. V – no 9 – dezembro.

MOREIRA, Daniel Augusto. (2013). *Pesquisa Operacional*. 2ª Ed. Revisado e atualizado- São Paulo: Cengage Learning.

SANTOS, Marcos dos; RAMOS, Matheus Falcão; REIS, Marcone Freitas dos; WALKER, Rubens Aguiar. (2017). Estratégia de redução do custo de transporte dos centros de distribuição da Marinha do Brasil a partir de métodos heurísticos. In *Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe – SIMPROD*. São Cristóvão/SE. ISSN 2447-0635. DOI: 10.13140/RG.2.2.32792.29444/1

SHIMIZU, Tamio. (2010). *Decisão nas organizações*. 3. ed. São Paulo: Atlas.

SIMON, H. (1997). *Administrative behavior: a study of decision-making processes inadministrative organizations* (4th edition), Simon & Schuster Inc.

SPRAGUE, Jr.; WATSON, H. (1989). *Decision support systems: putting theory into practice*. USA: Prentice-Hall.

TURBAN, Efraim. (2005). *Administração de tecnologia da informação: teoria e prática*. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

ZOPOUNIDIS, C.; PARDALOS, P. (2010). *Handbook of multicriteria analysis*. Springer Science & Business Media.