

# DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA APOIO À DECISÃO SOB INCERTEZA: UMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA

**Angélica Rodrigues de Lima**  
angeliquinha.lima@gmail.com

**Marcos dos Santos**  
marcosdossantos@ime.eb.br

**Carlos Francisco Simões Gomes**  
cfsg1@bol.com.br



*Atualmente, as demandas das organizações têm crescido de tamanho e de complexidade. Assim, o tomador de decisão precisa dispor de um amplo ferramental que lhe permita analisar a questão problemática sob múltiplas perspectivas, lançando mão de ferramentas qualitativas e quantitativas. Dentro deste escopo, este trabalho tem o propósito de apresentar uma ferramenta web de fácil utilização para o cálculo dos métodos de decisão sob incerteza. O usuário deve tão somente preencher os dados da matriz de decisão, com seus critérios, estados da natureza e o coeficiente de realismo. Inseridos esses dados, o sistema calcula os resultados dos métodos Maximax, Maximin, Laplace, Hurwicz e Savage. Esse sistema tem o potencial de trazer um significativo retorno 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 sob incerteza, aplicativo computacional, matriz de payoff*

## 1. Introdução

Para Almeida (2013), a tomada de decisão nas organizações é sempre uma forte razão de apreensão de seus gerentes e executivos. Talvez por este motivo, a tomada de decisão seja considerada a atividade mais relevante de qualquer executivo. Ademais, o desempenho desses atores no processo decisório impacta diretamente na competitividade da organização e consequentemente na sua existência futura.

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, Keeney e Raiffa (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 (2006) 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).

## 2. Problema

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. 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, apresentado na Figura 1, a fim de facilitar a visualização das condições de contorno do problema.

Figura 1 – Mapa Mental



Fonte: Autores (2018)

### **3. Fundamentação Teórica**

#### **3.1. Pesquisa Operacional**

Durante a II Guerra Mundial, devido aos esforços de guerra, existia uma necessidade urgente de alocar recursos escassos às várias operações militares e às atividades dentro de cada operação de uma maneira efetiva. Várias seções de Pesquisa Operacional foram estabelecidas nas forças armadas britânicas (MOREIRA, 2013).

Por meio do uso de técnicas como a modelagem matemática para analisar situações complexas, a Pesquisa Operacional dá aos executivos o poder de tomar decisões mais efetivas e de construir sistemas mais produtivos, baseados em dados mais completos, considera-se todas as alternativas possíveis, previsões cuidadosas de resultados e estimativas de risco e nas mais modernas ferramentas e técnicas de decisão (MOREIRA, 2013).

#### **3.2. Processo de Tomada de Decisão e a Teoria da Decisão**

O processo de formular alternativas de decisão e escolher a melhor delas é quase sempre caótico e complexo. Caótico porque os indivíduos e as organizações não possuem visão clara e completa dos objetivos e dos meios que definem o problema de decisão. Complexo porque a incerteza, a falta de estruturação e o problema podem inviabilizar a aplicação sistemática da maior parte das metodologias de decisão, as quais frequentemente utilizam julgamentos subjetivos (SHIMIZU, 2010).

Dependendo do tipo do problema e do nível de estruturação da decisão, os modelos e métodos de decisão devem ser alterados, na medida em que existe incompatibilidade entre os objetivos almejados e os resultados obtidos. Por exemplo, um problema local pode tornar-se global, um problema de objetivo único pode tornar-se um problema de objetivos múltiplos, um problema com incerteza que usa probabilidade clássica só poderia ser explicado por meio de novas regras da teoria difusa (SHIMIZU, 2010).

Para Moreira (2013), a Teoria da Decisão é um conjunto de técnicas quantitativas que tem por objetivo ajudar o tomador de decisão tanto a sistematizar o problema de decisão como a solucioná-lo. Não há solução de um problema sem um critério, logo, a Teoria da Decisão baseia-se em critérios preestabelecidos, havendo sempre espaço para novos critérios e novas contribuições. Há, entretanto, um corpo de conhecimentos reconhecidos como básicos.

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 à 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.

### 3.3. 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 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.
- c) **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.

### 3.4. Decisão Tomada sob Incerteza (DTSI)

Caso o tomador de decisão não disponha de elementos para estimar uma probabilidade, seja ela objetiva ou subjetiva, que possa ser associada ao processo de decisão. Nesse momento, quem decide se encontra em uma situação de incerteza, sem que se possa dispor de nenhuma condição de previsibilidade.

A situação de incerteza é considerada como única, de maneira que não pode ser redutível a um grupo de casos similares. Assim sendo, a incerteza não dispõe de elementos para estimar uma probabilidade de ocorrência. Nessas circunstâncias, uma previsão deve considerar dois tipos bem distintos de julgamento (MOUREAU; RIVAUD-DANSET, 2004) – de uma parte, pode-se decidir com o auxílio de uma estimativa baseada na experiência pessoal ou mesmo baseada em um comportamento eminentemente intuitivo; de outra, pode-se decidir considerando a confiança que a pessoa aporta em sua estimativa. Em um quadro analítico mais empírico, uma modelação do risco e da incerteza requer algumas noções que auxiliem uma tomada de decisão: a natureza e seus estados, as ações ou estratégias e as consequências ou resultados. Essas noções podem ser apresentadas em uma matriz chamada *Payoff Matrix*, que sintetiza as informações necessárias a um processo de decisão, tal como aparece na Figura 2.

Figura 2 – *Payoff Matrix*: alternativas e estados da natureza

Ações	Estados da Natureza		
	e1	e2	e3
a1	R11	R12	R13
a2	R21	R22	R23
a3	R31	R32	R33

Fonte: Jokung-Nguéna (2001)

O problema consiste em determinar a melhor ação ou estratégia possível, levando-se em consideração os diferentes estados da natureza. O critério de escolha pode ser caracterizado por uma função cardinal de valoração ( $V$ ). Pode-se então dizer que quando a ação  $a_k$  é preferida a ação  $a_l$  ( $a_k > a_l$ ) equivale dizer que  $V(a_k) > V(a_l)$ .

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;

- Critério Maximin (Wald);
- Critério de Laplace;
- Critério de Hurwicz (Realismo);
- Critério do Mínimo Arrependimento (Savage).

### 3.4.1. Critério Maximax

O critério Maximax (isto é, o máximo entre os máximos) 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:

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

### 3.4.2. Critério Maximin (Wald)

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:

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

### 3.4.3. Critério de Laplace

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:

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

#### 3.4.4. 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  $\alpha$  variando entre 0 e 1. Quanto maior for o valor escolhido de  $\alpha$ , mais otimista o tomador de decisão está em relação ao futuro. Valores de  $\alpha$  próximos de 0 indicam uma postura basicamente pessimista. Após a adoção de  $\alpha$ , escolhe-se, para cada alternativa, o melhor e o pior resultado, computando a média ponderada.

$$\alpha s_i + (1 - \alpha) o_i \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

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

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

#### 3.4.5. Critério do Mínimo Arrependimento (Savage)

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, ou seja, aplica-se à matriz de arrependimentos o critério Minimax. O critério do Mínimo Arrependimento resulta na seguinte regra:

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

### 3.5. Ferramenta Computacional de Apoio a Decisão

A aplicação da informática no gerenciamento de organizações cresce à medida que se oferecem novas oportunidades de tratamento de dados, que auxiliem os decisores no processo



de tomada de decisões rápidas, reduzindo o risco de erro e aumentando o grau de satisfação dos consumidores, colocando-lhes à disposição produtos e serviços que atendam suas necessidades, antecipando-se aos concorrentes (PISKE, 1998).

A necessidade por tomadas de decisões rápidas tem feito com que o investidor procure por soluções tecnológicas que garantam a sobrevivência e a competitividade de seu negócio. Para solucionar uma questão de decisão, dentro da complexidade do mundo atual, pode-se fazer uso do conhecimento de técnicas especiais de apoio a tomada de decisão. Com o desenvolvimento da informática e as facilidades decorrentes de sua utilização na solução de problemas complexos, vários softwares têm sido desenvolvidos para este fim.

A ferramenta de apoio à decisão deve conter diversos aspectos importantes, colocando os dirigentes diante de uma série de informações que facilitem a comparação de alternativas, assegurando agilidade, segurança e assertividade. Afinal, a tecnologia de informação na tomada de decisão tem se apresentado como uma ferramenta de fundamental importância em diversas, se não em todas, situações.

#### **4. 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). O sistema foi implementado em PHP, JavaScript, HTML5 e CSS3 com técnica de programação AJAX.

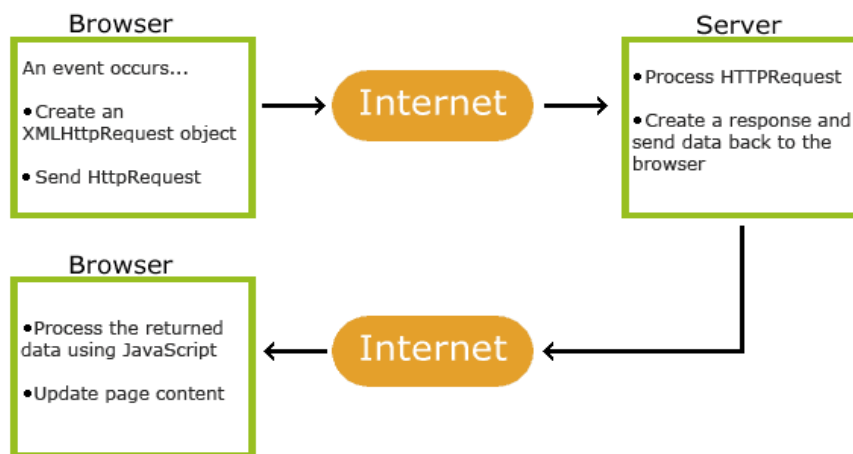
Realizou-se em primeira instância um estudo sobre os métodos de apoio a tomada de decisão e a partir disso observou-se a necessidade de se desenvolver uma plataforma computacional para apoiar decisões em cenários de incerteza visto que, atualmente não há tal ferramenta disponível através de uma interface web.

Os cálculos foram realizados utilizando-se algoritmos computacionais na linguagem PHP que recebe como parâmetro as alternativas e os estados da natureza com suas respectivas pontuações através da entrada de dados, e o resultado apresentado em HTML5.

O funcionamento do sistema via AJAX é apresentado na Figura 3 e segue as seguintes etapas:

- 1) Um evento ocorre nos sistemas web (dados são inseridos);
- 2) Um objeto *XMLHttpRequest* é criado pelo JavaScript;
- 3) O objeto *XMLHttpRequest* envia uma solicitação para um servidor da web;
- 4) O servidor processa a solicitação;
- 5) O servidor envia uma resposta de volta para a página da web;
- 6) A resposta é lida por JavaScript;
- 7) A ação apropriada (respostas) é executada pelo JavaScript.

Figura 3 – Funcionamento do sistema via AJAX



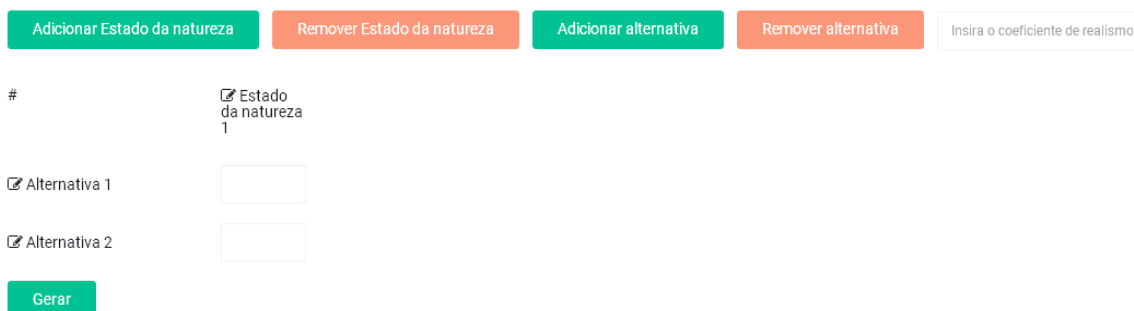
Fonte: W3School (2018)

O *software Payoff Matrix* pode ser acessado pelo endereço eletrônico [www.payoffmatrix.com.br](http://www.payoffmatrix.com.br), por meio de qualquer sistema operacional com navegador como Internet Explorer, Mozilla, Chrome, Safari e outros.

A página apresenta uma matriz inicial com duas linhas (alternativas (i)) e uma coluna (estado da natureza (j)), representada na Figura 4.

Figura 4 – Tela inicial do *software Payoff Matrix*

#### Payoff Matrix - Tomada de Decisão sob Incerteza



Adicionar Estado da natureza		Remover Estado da natureza		Adicionar alternativa		Remover alternativa		Insira o coeficiente de realismo
#	<input checked="" type="checkbox"/>	Estado da natureza	1					
<input checked="" type="checkbox"/>	Alternativa 1							
<input checked="" type="checkbox"/>	Alternativa 2							
<input type="button" value="Gerar"/>								

Fonte: Autores (2018)

#### 4.1. Linguagem de Programação PHP (*hypertext preprocessor*)

No outono de 1993, foi criada por Rasmus Lerdorf a linguagem de programação PHP, que no início significava *Personal Home Page Tools* (DALL’OGLIO, 2015). Em suas características, segundo Crotti (2013), a linguagem apresenta-se como sendo interpretada livre, orientada a objetos, onde se pode criar *scripts* dinâmicos. Dessa forma, é uma linguagem de programação voltada para aplicações web, embutido no HTML. O código é delimitado por *tags* iniciais e finais, que permitem ao programador oscilar entre o HTML e o PHP (HACKENHAAR *et al.*, 2010).

Um trecho de código PHP deve estar entre as *tags* `< ? php e ? >`, para que o servidor web possa reconhecer que se trata de um código de programação e possa chamar o interpretador PHP para executá-lo (Niederauer, 2013). Essa tecnologia também oferece algumas vantagens como: alto desempenho; interface para muitos sistemas de banco de dados; bibliotecas integradas; baixo custo; facilidade de aprender e utilizar e ótimo suporte a orientação a objetos em relação a outras linguagens (THOMSON; WELLING, 2005).

Portanto, o PHP pode ser configurado como módulo para a maioria dos servidores, ele não está limitado a gerar apenas em HTML, inclui geração de imagens, arquivos PDF, animações em flash, podendo salvar no sistema de arquivos formando um cache dinâmico das informações no lado servidor (HACKENHAAR *et al.*, 2010).

#### 4.2. Linguagem de Programação JavaScript

A linguagem JavaScript foi criada pela Netscap em parceria com a Sun Microsystems, com a finalidade de fornecer um meio de adicionar interatividade a uma página web. A primeira versão, denominada JavaScript 1.0, foi lançada em 1995 e implementada em março de 1996 no navegador Netscape Navigator 2.0 quando o mercado era dominado pela Netscape (SILVA, 2010).

JavaScript é uma linguagem desenvolvida para rodar no lado do cliente, isto é, a interpretação e o funcionamento da linguagem dependem de funcionalidades hospedadas no navegador do usuário. Isso é possível porque existe um interpretador JavaScript hospedado no navegador (SILVA, 2010).

### 4.3. Linguagem de Programação HTML5

O HTML foi criado em 1991, por Tim Berners-Lee, no CERN (*European Council for Nuclear Research*) na Suíça. No início ele foi criado para permitir a comunicação entre instituições de pesquisa próximas e compartilhar documentos com facilidade. Em 1992, foi liberada a biblioteca de desenvolvimento WWW (*World Wide Web*), uma rede de alcance mundial, que em conjunto com o HTML expandiu seu uso em escala mundial na web (Pacievitch, 2015).

Por conta do crescimento das tecnologias se fez necessário a criação de uma organização que controlasse os padrões no desenvolvimento web, dessa maneira Tim Berners-Lee fundou a W3C – *World Wide Web Consortium*, a principal organização de padronização da WWW - *World Wide Web*.

O HTML5 permite criar aplicativos de uma forma quase universal, pois pode rodar em variados dispositivos independentemente do tamanho da tela. Podem exibir vídeo, música e animações. E mesmo que a internet não esteja ativa, certos dados ficam salvos no próprio aparelho e podem ser acessados off-line (SCHROEDER, 2012). Um dos principais objetivos do HTML5 é facilitar a manipulação do elemento possibilitando o desenvolvedor a modificar as características dos objetos de forma não intrusiva e de maneira que seja transparente para o usuário final (EIS; FERREIRA, 2012).

### 4.4. Linguagem de Programação CSS3

O CSS formata a informação que é entregue pelo HTML. Essa informação pode ser qualquer coisa: imagem, texto, vídeo, áudio ou qualquer outro elemento criado. Essa formatação na maioria das vezes é visual, mas não necessariamente (EIS; FERREIRA, 2012). Na Figura 5 pode-se analisar o conjunto de regras que estruturam o CSS.

Figura 5 – Estrutura CSS3



Fonte: CIB (2015)

A estrutura do CSS é composta pelo seletor, onde é selecionado o elemento HTML que se deseja formatar e as declarações, cada uma com sua propriedade e valor. O CSS permite também a criação de sites baseados em design responsivo, onde a página web se adapta a resoluções diferentes de tela, dessa forma a usabilidade do site continua o mesmo independente do dispositivo em que está sendo executado (EIS, 2011).

#### 4.5. Técnica de Programação AJAX

De acordo com Melgar (2006), o AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) não é uma tecnologia e sim uma técnica de programação que possui a capacidade de retornar uma informação de forma dinâmica sem a necessidade de se recarregar toda a uma página e seu conteúdo.

Esta técnica utiliza várias tecnologias, principalmente JavaScript, gerenciando a comunicação cliente servidor, e XML encapsulando a informação, cada uma a evoluir a sua maneira e a convergir de uma maneira poderosa, pode-se ainda citar:

- Apresentação baseada em padrões, que utilizam XHTML e CSS;
- Exibição e interação dinâmicas por meio de DOM (*Document Object Model*);
- Troca e manipulação de dados por meio do uso de XML e XSLT;

- Recuperação assíncrona de dados com XMLHttpRequest;
- E JavaScript, que junta tudo.

A implementação mais comum do Ajax é baseada na classe *XMLHttpRequest*, que faz o meio de campo entre o servidor e o browser. A técnica ganhou fama em serviços como o Gmail, Orkut, Google News, Amazon e Google Local “Google Desktop Search”, que empregam muitos recursos em Ajax (MELGAR, 2006).

### 5. *Payoff Matrix* - Exemplo de Aplicação

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, 2010).

Tabela 1 – Distribuição de produtos da Companhia Epsilon (lucro em milhares de reais)

	<b>Demanda grande</b>	<b>Demanda pequena</b>
<b>Usar revendedores locais</b>	140	40
<b>Construir armazém próprio</b>	200	-30
<b>Usar grande distribuidor local</b>	160	10

Fonte: Adaptado de Moreira (2010)

Deve-se seguir os seguintes passos para inserir os dados no Payoff Matrix:

**Passo 1:** Para inserir as alternativas clica-se no botão “Adicionar Alternativa”, Figura 6. Uma nova linha alternativa (i) aparecerá abaixo da última alternativa.

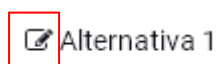
Figura 6 – Criação e Remoção das alternativas



Fonte: Autores (2018)

Caso o usuário desejar nomear as alternativas basta clicar no ícone “editar” que se encontra ao lado da alternativa, Figura 6.

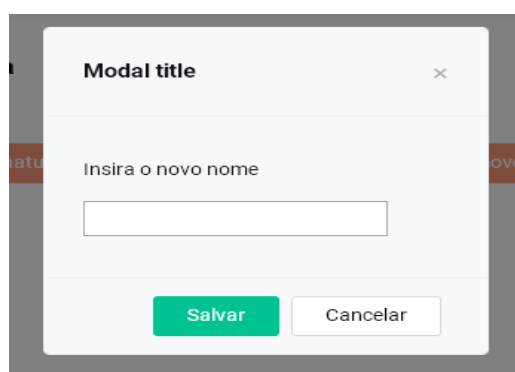
Figura 6 – Edição do nome da alternativa



Fonte: Autores (2018)

Uma caixa para edição será aberta para digitar o nome que o usuário deseja atribuir para a alternativa. Em seguida clica-se no botão “salvar”, Figura 7.

Figura 7 – Edição de alternativa



Fonte: Autores (2018)

**Passo 2:** Para inserir os Estados da Natureza clica-se no botão “Adicionar Estado da Natureza”, Figura 8. Uma nova coluna “estado da natureza” aparecerá ao lado da última.

Figura 8 – Criação e Remoção dos Estados da Natureza



Fonte: Autores (2018)


Para o usuário nomear os estados da natureza basta seguir os mesmos passos descritos na edição de alternativas.

**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 9, mostra-se a matriz preenchida com os dados da Tabela 1 usada como exemplo de aplicação, adotando-se um coeficiente de realismo  $\alpha = 0,7$ .

Figura 9 – Matriz preenchida com valores do exemplo

**Payoff Matrix - Tomada de Decisão sob Incerteza**



#	<input checked="" type="checkbox"/> Demanda grande	<input checked="" type="checkbox"/> Demanda pequena
<input checked="" type="checkbox"/> Usar revendedores locais	140	40
<input checked="" type="checkbox"/> Construir armazém próprio	200	-30
<input checked="" type="checkbox"/> Usar grande distribuidor local	160	10

Gerar

Fonte: Autores (2018)

**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.



A seguir, apresentam-se as matrizes geradas para cada método e são discutidos os seus resultados.

A Figura 10 apresenta o resultado obtido com o método Maximax.

Figura 10 – Resultado do método Maximax

**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

Fonte: Autores (2018)

Pelo critério Maximax, a alternativa a ser escolhida é “construir um armazém próprio”. Na verdade, o tomador de decisão que optou por essa alternativa acredita implicitamente que o estado da natureza será fatalmente “demanda grande”.

A Figura 11 apresenta o resultado obtido com o método Maximin.

Figura 11 – Resultado do método Maximin

**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

Fonte: Autores (2018)

Todos os resultados considerados, nesse caso, pressupõem uma demanda pequena no futuro. O tomador de decisão que adota o critério Maximin escolherá a alternativa “usar revendedores locais”, atenuando o pessimismo inicial.

A Figura 12 apresenta o resultado obtido com o método de Laplace.

Figura 12 – Resultado do método de Laplace

**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

Fonte: Autores (2018)

Pelo critério de Laplace, é escolhida a alternativa “usar revendedores locais”, que representa o melhor dos resultados médios.

A Figura 13 apresenta o resultado obtido com o método de Hurwicz.

Figura 13 – Resultado do método de Hurwicz

**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

Fonte: Autores (2018)

Aplicando-se o método de Hurwicz, tem-se:

- Alternativa “usar revendedores locais”  
 $R_1 = 140(0,7) + 40(1-0,7) = 110$
  
- Alternativa “construir armazém próprio”  
 $R_2 = 200(0,7) + 30(1-0,7) = 131$
  
- Alternativa “usar grande distribuidor local”  
 $R_3 = 160(0,7) + 10(1-0,7) = 115$

Pelo critério de Hurwicz, a alternativa a ser escolhida é “construir armazém próprio”, que fornece o maior valor esperado dentre as alternativas. A Figura 14 apresenta o resultado obtido com o método do Mínimo Arrependimento. Sob o estado da natureza “demanda grande”, obtém-se o melhor resultado com a alternativa “construir armazém próprio” (lucro = 200, arrependimento = 0), enquanto, para o estado da natureza “demanda pequena”, obtém-se o melhor resultado com a alternativa “usar revendedores locais” (lucro = 40, arrependimento = 0).

Figura 14 – Matriz Método do Mínimo Arrependimento

**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

Fonte: Autores (2018)

Dos piores arrependimentos, o menos ruim é igual a 40, que corresponde à alternativa “usar grande distribuidor local”. Curiosamente, é o único critério que forneceu tal solução.

Com os métodos gerados e seus respectivos resultados, o tomador de decisão tem a possibilidade de visualizar e analisar melhor as alternativas de forma rápida e assertiva.

## 6. Considerações Finais

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

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 propagar cada vez mais dentro das organizações os modelos de apoio a tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

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

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

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

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

CROTTI, Y., SILVA, J. B., MARCELINO, R., VILSON, G. e CASAGRANDE, L. C. S. “**Raspberry Pi e Experimentação Remota**”. International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning. Araranguá (SC). 2013. Disponível em: < [http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution49\\_a.pdf](http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution49_a.pdf)>. Acesso em: 10 de jul. 2018.

EIS, D. **Introdução ao Responsive Web Design**. 2011. Disponível em: . Acesso em: 15 jul. 2018.

EIS, D.; FERREIRA, E. **Html5 E Css3 Com Farinha E Pimenta**. São Paulo: **Isbn, 2012**. 219 p. Disponível em: . Acesso em: 20 jun 2018.

HACKENHAAR, Jonathan; ZANELLA, Renata; CARDOSO, Tatiana. Um comparativo entre PHP e JSP: definindo a melhor aplicação para o desenvolvimento de projetos web. **Revista ITEC**, v. 1, p. 32-36, 2010.

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

JOKUNG-NGUÉNA. **Octave. Microéconomie de l’incertain: risques et décision**. Paris: Dunod, 2001.

MELGAR, ROBINSON. **Ajax Asynchronous Javascript and XML**. **Revista www.com.br**, n. 69, p.26-27, abril. 2006.

MOUREAU, Nathalie; RIVAUD-DANSET, Dorothée. **L’incertitude dans les théories économiques**. Paris: **La découverte**, 2004.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional**. 2 ed. Revisado e atualizado- São Paulo: Cengage Learning, 2013.

NIEDERAUER, Juliano. **PHP para quem conhece PHP-4ª Edição: Recursos avançados para a criação de websites dinâmicos**. Novatec Editora, 2013.

PISKE, Ingobert. **Ferramenta de Apoio à Decisão em Análise de Investimentos**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 1998.

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

SILVA, Maurício Samy. **JavaScript: guia do programador**. 1. Ed. São Paulo: Novatec Editora, 2010.

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

SHIMIZU, Tamio. **Decisão nas organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

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

SCHROEDER, R. **Html5, Um Novo Desenvolvimento Para A Web**. 2012. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Desenvolvimento Web, Universidade Federal de Santa Catarina, Rio do Sul, 2012.

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

THOMSON, Laura; WELLING, Luke. **PHP e MySQL: desenvolvimento web**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

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