

ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE EMPRESAS DE COMÉRCIO ELETRÔNICO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APOIADA EM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Marcelo Alvaro da Silva Macedo
PPGEN/NEGEN/UFRuralRJ
Rod BR 465, Km 07 – DCAC/ICHS/UFRRJ
alvaro@ufrj.br

Ruthberg dos Santos
PPGEN/NEGEN/UFRuralRJ
Rod BR 465, Km 07 – DCAC/ICHS/UFRRJ
berg@ufrj.br

Marcos Azevedo Benac
PPGEN/NEGEN/UFRuralRJ
Rod BR 465, Km 07 – DCAC/ICHS/UFRRJ
benac@ufrj.br

Resumo

A Gestão Estratégica de Negócios deve se preocupar, dentre outros propósitos, com a avaliação da performance organizacional, ou seja, em avaliar como a empresa utiliza seus recursos (inputs) para obtenção de seus produtos (outputs). A finalidade deste trabalho é, então, contribuir para uma avaliação das técnicas de Análise Envoltória de Dados (DEA – Data Envelopment Analysis) na elucidação do funcionamento da empresa, no que tange seu desempenho. Em relação aos modelos DEA, tratar-se-á a problemática deste trabalho através de um exemplo ilustrativo, no qual será aplicado o modelo de Retorno Constante de Escala (CRS), na análise do desempenho de empresas de comércio eletrônico.

Palavras-Chaves: Comércio Eletrônico; DEA; Desempenho; Eficiência.

Abstract

The Business Strategic Management owes it worries, among other purposes, with the organizational performance evaluation, in other words, in evaluating as the company uses their resources (inputs) for obtaining of their products (outputs). The purpose of this work is, then, to contribute for an evaluation of the Data Envelopment Analysis techniques (DEA) in the elucidation of the company operation, in what it plays its performance. In relation to the DEA models, the problem of this work will be treated through an illustrative example, in which the model of Constant Return of Scale will be applied (CRS), in the analysis of the e-commerce companies performance.

Keywords: E-Commerce; DEA; Performance; Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

O processo de mensurar o desempenho organizacional, como todos os aspectos de gestão, é um processo permanente e repetitivo, onde a frequência das medições depende da atividade a ser medida.

As medições de desempenho possuem várias razões, dentre as quais preparar a empresa para enfrentar as mudanças ambientais, principalmente no que concerne a natureza mutável da competição e a criação de valor para o cliente. É fundamental, portanto, que esta

avaliação seja feita em caráter relativo, ou seja, mensurando a eficiência da organização em relação a seu ambiente competitivo. Sendo assim, o processo de mensuração do desempenho auxilia a gerenciar as ameaças e oportunidades do ambiente e as forças e fraquezas da própria empresa.

De acordo com Macedo [1] não existe até hoje nenhum método ou modelo de avaliação de performance organizacional que seja único para toda e qualquer variável do mundo empresarial. Em vez disso, os gestores e analistas se utilizam de uma série de metodologias de avaliação de desempenho para lidar com os diferentes elementos de uma organização.

Neste sentido, desenvolveu-se uma técnica com capacidade de comparar a eficiência de múltiplas unidades (empresas) homogêneas, mediante a consideração explícita do uso de suas múltiplas entradas (fatores a serem minimizados) na busca de múltiplas saídas (fatores a serem maximizados).

Segundo Macedo [2] a resposta mais importante desta metodologia é a caracterização de uma medida de eficiência, que faz com que a decisão fique orientada por um único indicador construído a partir de várias abordagens de desempenho diferentes.

Vale ressaltar que isso facilita em muito o processo decisório, pois ao invés de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa o analista se utiliza apenas da medida de eficiência do DEA. Além disso, existem outras informações oriundas desta metodologia que podem ser utilizadas para auxiliar a empresa na busca pela excelência.

No presente estudo estaremos propondo uma metodologia de análise e avaliação do desempenho de empresas de comércio eletrônico apoiada em DEA. Neste sentido, estaremos apresentando e discutindo a modelagem proposta através de um exemplo ilustrativo, que serve de apoio para um melhor entendimento da proposta metodológica.

2. E-COMMERCE

Porter e Millar [3] afirmam que o papel desempenhado pela tecnologia nas empresas vem mudando. No passado esta tecnologia possuía um papel de suporte, hoje a tecnologia possui um papel estratégico. No passado a componente informação em cada produto era pequena ou inexistente. Atualmente, cada vez mais produtos dependem da tecnologia da informação, na sua produção, comercialização e utilização.

O uso da tecnologia da informação é quase universal e a sociedade se tornou dependente dos sistemas de informação para diversas tarefas, incluindo o armazenamento e distribuição de informação no comércio, indústria e governo.

Segundo Applegate et al [4] a rápida evolução e difusão da tecnologia de sistemas de informação nos últimos quarenta anos é um desafio para os administradores. Existem novos tipos de indústrias, novas estruturas organizacionais, e novas maneiras de fazer negócios, não apenas em grandes corporações, mas também em pequenas e médias empresas.

O imenso poder da tecnologia dos computadores tem gerado poderosas redes de comunicação que as pessoas e as organizações podem utilizar para acessar vastos arquivos de informações no mundo inteiro e coordenar atividades independentemente do espaço e do tempo. Essas redes estão transformando o modelo e a forma das empresas, criando as fundações para as empresas digitais.

De acordo com Wen el al [5], a web representa uma das tecnologias revolucionárias que mais modificou o ambiente competitivo do mundo dos negócios, principalmente no que tange ao futuro do comércio eletrônico.

Ainda segundo o autor, este por sua vez, vem acelerando a consolidação da migração de poder das empresas para os consumidores e modificando a forma de competição entre as mesmas. As organizações que desejam sobreviver à Era da Informação necessitam rever seu desempenho organizacional e repensar suas estratégias de forma a capturar as variáveis responsáveis pelo dinamismo competitivo, no qual estão inseridas.

Laudon e Laudon [6] dizem que a tecnologia da internet está criando uma plataforma universal para comprar e vender bens e conduzir processos de negócios importantes na empresa. Esta tecnologia moldou novas formas de organização e administração que está transformando não só as empresas mas também a maneira pela qual nos relacionamos com os sistemas de informação e a tecnologia em nossa vida diária.

Os autores ressaltam que até recentemente as empresas utilizavam sistemas proprietários em seus relacionamentos com seus consumidores. Isto tornava a tecnologia cara e difícil adoção pelas organizações. A Internet está sendo adotada em longa escala como plataforma para o comércio eletrônico por que oferece as empresa um modo mais fácil de se comunicar com outras empresas e indivíduos com um baixo custo. A Internet fornece um conjunto de tecnologias e de padrões tecnológicos universais e fáceis de usar, que podem ser adotadas independente da plataforma tecnológica ou sistema de computadores utilizados.

Para Turban et al [7] a tecnologia da informação, em geral, e o comércio eletrônico, em particular, se tornaram os maiores facilitadores das atividades de negócios atualmente no mundo. A tecnologia de informação (TI) é composta por todos os instrumentos utilizados nas organizações, para a criação e uso da informação. Esta tecnologia engloba também as técnicas de processamento de dados, os computadores, os equipamentos de reconhecimento de dados, tecnologias de comunicação, de automação de fabricação e serviços, bem como outros tipos de equipamentos (hardwares), além de softwares e serviços.

Assim, pode-se dizer de um modo mais restrito, que a tecnologia da informação é composta por todas as ferramentas eletrônicas para coletar, processar e/ou comunicar informações. Estas ferramentas incluem banco de dados, computadores, redes e periféricos, além de instrumentos de telecomunicação.

Heeks [8] diferencia a tecnologia da informação e os sistemas de informação ao definir estes como sistemas compostos por tecnologia e seres humanos que aceitam, armazenam, processam, distribuem e transmitem informações. Eles podem ser baseados em qualquer combinação de habilidades humanas, métodos baseados em papéis e tecnologia da informação. Deste modo a tecnologia não é nada, se ela não fizer parte de um sistema de informação e os sistemas são muito mais complexos que simplesmente a tecnologia da informação, pois eles envolvem as pessoas.

De acordo com Bretzke [9], além de decidir-se pelo posicionamento, é preciso definir uma estratégia de marketing que em longo prazo construa relacionamento estável e duradouro por meio de uma experiência de marca positiva. Para que isso seja possível a empresa deve estabelecer um sistema de comunicação que esteja adequado ao seu público e que o auxilie e conduza no processo decisório de compra.

Os varejistas eletrônicos na Web, incluindo tanto empresas que nasceram “ponto.com” como os varejistas tradicionais, não desejam esperar para ver resultados das pesquisas de mercado nem de levantamentos junto aos consumidores. Eles estão avançando com rapidez para implementar estratégias de marketing inovadoras que lhes possam dar uma vantagem sobre a concorrência, nesse modelo radicalmente novo de fazer negócios.

Nos dias de hoje o que importa, é que as empresas devem se concentrar nas mudanças fundamentais dos negócios, e que determinarão se amanhã eles serão os líderes de seus setores ou simplesmente coisa do passado.

Ultimamente existem sites exclusivamente dedicados para a venda de produtos, funcionando como um grande “shopping center” eletrônico que permite aos internautas o acesso a uma expressiva gama de produtos durante 24 horas por dia.

Na Internet o consumidor é quem está no controle e desta vez é para valer, não estamos falando de modismo ou de “o cliente tem sempre razão”, a verdade é que lá fora, estão milhões de páginas e milhares de concorrentes esperando para abocanhar uma parte de seu mercado.

Por marketing entende-se mais do que propaganda, a Internet permite o marketing real, desde a formulação do produto até o pós-venda, passando por todas as fases

intermediárias.

Somente através da Internet é possível criar um produto (livros, programas de computador, etc.), comercializar, vender, receber o pagamento e entregar. Nenhum outro veículo por si só, permite tal combinação. O sucesso do comércio eletrônico está relacionado com o bom uso do Marketing na Internet.

A Internet é uma rede mundial. Tudo pode ser acessado de qualquer lugar, suas muitas empresas preferem colocar suas lojas em portais, ou sites com grande público. A importância da visibilidade do site está na possibilidade de reduzir para o cliente os custos de busca: a proliferação de banners e ações como a da Amazon, que destina uma grande verba de propaganda, mostram que a visibilidade é um fator crucial para a venda. Sites mais visíveis tendem a dar a primeira informação de preço aos clientes.

De acordo com Laudon e Laudon [6] a maior e mais utilizada rede do mundo é a Internet. Trata-se de uma rede internacional de redes de propriedade ao mesmo tempo pública e particular. Conecta centenas de milhares de diferentes redes em mais de 200 países no mundo inteiro. Milhões de pessoas que trabalham em ciência, educação, governo e negócios usam a Internet para trocar informações ou realizar transações de negócios com outras organizações ao redor do globo.

Com a Internet é possível de qualquer lugar do mundo acessar informações em tempo real que qualquer organização disponibilize em um computador conectado à rede. É considerada o maior sistema de comunicação desenvolvido pelo homem.

A Web – World Wide Web – é um sistema de armazenagem, recuperação, formação e exibição de informações em ambiente de rede com padrões universalmente aceitos. A informação é armazenada e apresentada como ‘páginas’ eletrônicas que podem conter texto, elementos gráficos, animações, som e vídeo.

Essas páginas Web, segundo Laudon e Laudon [6], podem ser interligadas eletronicamente a outras, independentemente de onde estiverem localizadas, e podem ser vistas em qualquer tipo de computador. Clicando sobre palavras destacadas ou botões de uma página Web, pode-se acessar outras páginas Web relacionadas para descobrir informações adicionais, softwares ou ainda mais ligações para outros pontos da Web. O conjunto de páginas Web mantido por uma organização ou indivíduo é denominado Website.

Com o surgimento da World Wide Web, esse meio foi enriquecido, o conteúdo da rede ficou mais atraente com a possibilidade de incorporar imagens e sons. Um novo sistema de localização de arquivos criou um ambiente em que cada informação tem um endereço único e pode ser encontrada por qualquer usuário da rede.

A Internet elimina muitas barreiras técnicas, geográficas e de custo que obstruem o fluxo global de informações. Segundo Laudon e Laudon [6], a Internet é extremamente elástica. Quando são adicionadas ou removidas redes ou ocorrem falhas em parte do sistema, o restante da Internet continua a funcionar.

O objetivo maior do Comércio Eletrônico é, e sempre foi, o de expandir as fronteiras comerciais de países e de organizações, ou em outras palavras, criar condições para que compradores e vendedores comuniquem-se mais facilmente.

A exposição dos produtos para venda é a mais fácil e direta possível. A Internet como o meio de comunicação mais abrangente já construído, favorece a divulgação para, literalmente, todo o planeta. Qualquer negócio, qualquer produto quando colocado na rede torna-se possível (e acessível) a todos os seus milhões de usuários, instantaneamente. Não existe melhor e mais ampla vitrine que a Internet.

Leal Jr [10] diz que partindo deste princípio, produtores de sistemas de bancos de dados colocam no mercado ferramentas ou soluções completas para criar sites voltados ao comércio eletrônico. Ferramentas poderosas de busca, como o Altavista, Google, Cadê e outras tornam a tarefa de achar agulha no palheiro fácil e eficiente.

O custo para se manter um Web site é baixo, em comparação com outros meios de vendas e, a não necessidade de intermediários para se alcançar os consumidores internacionais

pela internet. A empresa eletrônica permanece disponível em tempo integral, 24h por dia, sete dias por semana, sem necessitar de instalações físicas. Assim, por não terem limites de espaço físico, não sofrem restrições em relação à quantidade de itens disponíveis.

Um site de comércio eletrônico representa um meio democrático, pois oferece iguais oportunidades de exposição tanto para as grandes quanto para as pequenas empresas. Podemos concluir com isso que de um modo geral os varejistas estão melhor posicionados para oferecer via Internet o que de fato eles já oferecem no mundo real.

O comércio eletrônico representa, então, de acordo com Wen et al [5], uma evolução natural dos canais de distribuição onde não existe contato físico, u este é mínimo, entre o cliente, o produto, o vendedor e a empresa. Neste tipo de operação comercial os compradores estão a procura de fornecimento confiável e preços baixos e os vendedores estão a procura de consumidores, oferecendo a estes um alto nível de serviço com preços justos.

3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Segundo Zhu [11] a Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica baseada em programação linear projetada para estabelecer uma medida de eficiência relativa entre diferentes entidades de um gênero comum. Ainda para o autor, a medida de eficiência DEA contabiliza explicitamente o mix de entradas e saídas.

Macedo [1] diz que a Análise Envoltória de Dados (DEA) envolve o uso de métodos de programação linear para construir uma fronteira não-paramétrica sobre os dados, onde medidas de eficiência são calculadas em relação a sua fronteira.

A Análise Envoltória de Dados (DEA), de acordo com Zhu [11] representa uma das mais adequadas ferramentas para avaliar a eficiência, em comparação com ferramentas convencionais. Os resultados de DEA são mais detalhados do que os obtidos em outras abordagens, servindo melhor ao embasamento de recomendações de natureza gerencial. Sendo assim, os autores destacam as seguintes características desta ferramenta:

- Não requer a priori uma função de produção explícita;
- Examina a possibilidade de diferentes, mas igualmente eficientes, combinações de inputs e outputs;
- Localiza a fronteira eficiente dentro de um grupo analisado e as unidades incluídas; e
- Determina, para cada unidade ineficiente, subgrupos de unidades eficientes, os quais formam seu conjunto de referência.

DEA é uma técnica, de acordo com Macedo [2] com a capacidade de comparar a eficiência de múltiplas unidades mediante a consideração explícita do uso de suas múltiplas entradas na “produção” de múltiplas saídas. A técnica referida, de acordo com os autores, evita a necessidade de desenvolver “indicador-padrão”, pois ela pode incorporar múltiplas entradas e saídas, tanto no numerador como no denominador do cálculo da eficiência, sem a necessidade de conversão para uma base comum.

Lins e Meza [12] colocam que a abordagem analítica rigorosa aplicada à medida de eficiência é tal que nenhum dos outputs pode ser aumentado sem que algum outro output seja reduzido ou algum input necessite ser aumentado; e nenhum dos inputs possa ser reduzido sem que algum outro input seja aumentado ou algum output seja reduzido.

Segundo Wen et al [5] Análise Envoltória de Dados (DEA) foi proposta preliminarmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) como uma metodologia para análise de performance, baseada em Programação Linear, onde várias unidades homogêneas (DMU's – Decision Making Units) têm suas relação outputs/inputs comparadas. Dea utiliza para tanto múltiplos inputs e outputs, sem necessitar de pessoas a priori (métodos paramétricos) ou modelos de preferência explícita (métodos de apoio multicritério) para estas variáveis, já que é um método não paramétrico.

DEA foi criado, ainda de acordo com Wen et al [5], para solucionar problemas de determinação da eficiência relativa de unidades utilizando múltiplas medidas de input e output. Esta técnica emprega Programação Linear na busca por uma fronteira linear por partes

que representa as melhores práticas e, por conseguinte, é formada pelas DMU's eficientes, ou seja, aquelas que apresentam indicador de performance igual a 1 ou 100 %.

Charnes et al [13] ressaltam a necessidade de tratar esta abordagem com um conceito relativo: eficiência de 100% é atingida por uma unidade quando comparações com outras unidades relevantes não provêm evidência de ineficiência no uso de qualquer input ou output.

Segundo os autores, esta abordagem permite diferenciar entre estados de produção eficientes e ineficientes, mas não permite medir o grau de ineficiência de um vetor ou identificar um vetor ou uma combinação de vetores eficientes com os quais comparar um vetor ineficiente. Os modelos de programação matemática provêm uma maneira elegante de, simultaneamente, construir a fronteira para um dado conjunto de unidades analisadas e calcular a distância da fronteira a cada uma das observações individuais.

De acordo com Lins e Meza [12] algumas características do método DEA podem ser destacadas, como: pelo modelo não há necessidade de converter todas as entradas e saídas em valores monetários; os quocientes de eficiência são baseados em dados reais; é uma alternativa e um complemento aos métodos da análise da tendência central e análise custos benefício; considera a possibilidade de que as unidades eficientes não representem apenas desvios em relação ao comportamento médio, mas possíveis benchmarks a serem estudados pelas demais unidades; e, ao contrário das abordagens de medidas tradicionais, DEA otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar uma fronteira linear por partes que compreende o conjunto de unidades eficientes; é um método para apoio à tomada de decisão de natureza multicritério e, portanto, capaz de modelar a complexidade do mundo real.

Macedo [1] diz que a Análise Envoltória de Dados é uma técnica considerada relativamente nova, porém este método vem se difundindo de forma bastante veloz. Esta metodologia é constituída de quatro modelos básicos, dos quais nos aprofundaremos nos dois mais importantes.

São várias as formulações dos modelos de DEA encontradas na literatura, conforme dizem Charnes et al [13], entretanto dois modelos básicos DEA são geralmente usados nas aplicações. O primeiro modelo chamado de CCR (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978), também conhecido como CRS (Constant Returns to Scale), avalia a eficiência total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão às unidades ineficientes. O segundo chamado de modelo BCC (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984), também conhecido como VRS (Variable Returns to Scale), utiliza uma formulação que permite a projeção de cada DMU ineficiente sobre a superfície de fronteira (envoltória) determinada pelas DMUs eficientes de tamanho compatível.

No caso das formulações, além das da escolha entre CRS e VRS (neste estudo estaremos trabalhando com a formulação DEA-CRS) existe a necessidade de fixação da ótica de análise (orientação input ou orientação output).

Segundo Lins e Meza [12] alguns analistas tendem a selecionar modelos com orientação input porque em muitos casos tem-se outputs estabelecidos para se alcançar e, portanto, as "quantidades" de inputs apresentam-se como variáveis de decisão primária. Porém existem outras situações em que se poderia ter uma quantidade fixada de inputs (inalterados) e poder-se-ia estar procurando como "produzir" mais outputs. Neste caso, uma orientação output poderia ser mais apropriada, onde o objetivo é maximizar os "produtos" obtidos sem alterar o nível atual dos inputs.

Segundo Macedo [2] o termo DMU (Decision Making Unit) será definido como uma organização, departamento, divisão ou unidade administrativa, ou até um item (como no caso deste trabalho) cuja eficiência está sendo avaliada. Ainda segundo os autores, o conjunto de DMU's adotados em uma análise DEA deve ter em comum a utilização das mesmas entradas e saídas, ser homogêneo e ter autonomia na tomada de decisões. Em relação às variáveis, cada uma destas deve operar na mesma unidade de medida em todas as DMU's, mas pode estar em unidades diferentes das outras.

De acordo com Coelli et al [14], Charnes et al [15] propuseram um modelo que tinha uma orientação input e assumia retornos constantes de escala (CRS). Artigos subsequentes têm considerado várias alternativas, dentre elas as de Banker et al [16], em que o modelo de retorno variável de escala (VRS) foi proposto.

Assim, ainda segundo Coelli et al [14], um caminho intuitivo para introduzir DEA é por meio de forma de razão. Para cada DMU, gostaríamos de obter uma medida de razão de todos os outputs sobre todos os inputs, ou seja, os pesos ótimos u_j e v_i são obtidos pela resolução do problema de programação matemática.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_c &= \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jc}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ic}} \\
 \text{S.a.:} \quad &\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\
 &u_j \geq 0, \quad \forall j, \\
 &v_i \geq 0, \quad \forall i
 \end{aligned}$$

Neste modelo c é a unidade (DMU) que está sendo avaliada. O problema acima envolve a procura de valores para u e v , que são os pesos, de modo que maximize a soma ponderada dos outputs (output “virtual”) dividida pela soma ponderada dos inputs (input “virtual”) da DMU em estudo, sujeita a restrição de que esse quociente seja menor ou igual a 1, para todas as DMUs. Esta função está sujeita à restrição de que, quando o mesmo conjunto de coeficientes de entrada e saída (os vários v_i e u_j) for aplicado a todas as outras unidades de serviços que estão sendo comparadas, nenhuma unidade excederá 100% de eficiência ou uma razão de 1,00.

De acordo com Macedo [1] o Problema de Programação Linear (PPL) acima apresentado tem orientação input (I) que procurara identificar ineficiência como uma redução proporcional em inputs usados, com níveis dados de output. Uma orientação output teria como o objetivo obter o máximo de outputs com os inputs dados. O modelo para este propósito se obtém invertendo o quociente do modelo apresentado inicialmente, na qual obtemos:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } &\frac{\sum v_i x_{ic}}{\sum u_j y_{jc}} \\
 \text{S.a.:} &\frac{\sum v_i x_{ik}}{\sum u_j y_{jk}} \geq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\
 &u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y
 \end{aligned}$$

Assim, a eficiência pela ótica dos outputs é calculada pelo inverso da função objetivo, ou seja, eficiência = $1/E_c$. Este problema define a relação dos inputs sobre os outputs, onde c é o índice da unidade que está sendo avaliada.

O modelo original CCR, também conhecido como CRS (Constant Returns to Scale) segundo a ótica dos multiplicadores, pode ter um índice de eficiência definido, então, como a combinação linear dos outputs dividida pela combinação linear dos inputs de determinada DMU. Porém, um problema como este, de formulação fracionária, possui infinitas soluções

ótimas. Para evitar isto, ainda segundo Coelli et al [14], uma possível imposição seria $\sum v_i x_{ic} = 1$, pois, além disto, queremos linearizar as restrições do problema, de modo a transformá-lo em um Problema de Programação Linear (PPL). Então introduzindo a transformação linear desenvolvida por Charnes e Cooper (1962) obtemos:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_c &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jc} \\ \text{S.a.: } &\sum_{i=1}^m v_i x_{ic} = 1 \\ &\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ &u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y. \end{aligned}$$

Esta forma do problema é conhecida como problema dos multiplicadores, como também são chamados os pesos, u_j e v_i . Denotamos este PPL por CRS/M/I.

Entretanto, uma orientação output foi utilizada neste trabalho, pois procurou-se modelar um problema que procure otimizar os investimentos em TI, buscando instituições que consigam maiores benefícios com menores esforços. Sendo assim utilizou-se do PPL a seguir denominado CRS/M/O:

$$\begin{aligned} \text{Min } &\sum_{i=1}^m v_i x_{ic} \\ \text{S.a.: } &\sum_{j=1}^s u_j y_{jc} = 1 \\ &\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \geq 0, \quad k = 1, \dots, c, \dots, n \\ &u_j, v_i \geq 0, \quad \forall x, y \end{aligned}$$

Este modelo é utilizado para a análise dos dados, pois se tem um input e três outputs. Macedo [1] diz que quanto menor a relação $\sum \text{inputs} / \sum \text{outputs}$ maior a eficiência. Para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização com o objetivo de determinar os valores que esta DMU atribuiria aos multiplicadores u e v de modo a aparecer com a maior eficiência possível.

Então, complementa o autor, o problema consiste em achar os valores das variáveis u_j e v_i , que são os pesos (importância relativa de cada variável), de modo que se minimize a soma ponderada dos inputs (input “virtual”) dividida pela soma ponderada dos outputs (outputs “virtual”) da DMU em estudo, sujeita na restrição de que esse quociente seja menor ou igual a 1, para todas as DMUs. Logo as eficiências variam de 0 a 1 ou 0 % e 100 %.

Segundo Wen et al [5] a eficiência DEA resulta da consolidação de múltiplos vetores de desempenho, de diversas naturezas, que são analisados simultaneamente. Esta medida representa a relação entre outputs e inputs, que deve ser maximizada.

Em outras palavras, continuam os autores, para uma dada unidade, se os outputs podem ser aumentados sem aumento dos inputs ou se os inputs podem ser reduzidos sem redução dos outputs, esta DMU é não eficiente. Estes parâmetros são obtidos por comparação com as outras unidades sob análise, daí a característica relativa desta medida.

Isso quer dizer que poder reduzir inputs e/ou aumentar outputs é possível porque alguma outra DMU conseguiu fazê-lo. Ou seja, a eficiência obtida é função, primordialmente, do conjunto de unidades analisadas e dos vetores de desempenho considerados.

Neste sentido, ressaltam Wen et al [5], é necessário considerar medidas que representem fatores críticos de sucesso, sob pena de estarmos avaliando de forma equivocada a performance das DMU's. De acordo com Macedo [1] um sistema de avaliação de desempenho empresarial pressupõe múltiplas etapas, aplicando vários tipos de ferramentas de mensuração de performance. Para isso, a empresa precisa conseguir identificar quais os itens considerados, ou seja, aqueles que melhor representam o desempenho desta, e quais ferramentas serão utilizadas, tendo estes itens como parâmetros, na busca pela identificação do grau de eficiência que a empresa possui.

Para Macedo [2] cada fator considerado no processo de mensuração de eficiência precisa ser de tal ordem que o sucesso empresarial tenha este como de fundamental importância. Estes seriam pontos críticos ou fatores críticos do sucesso empresarial, que necessitam ser monitorados e por conta disso precisamos ter informações confiáveis a respeito do comportamento dos mesmos.

4. DESEMPENHO ORGANIZACIONAL EM COMÉRCIO ELETRÔNICO

De acordo com Crozatti e Guerreiro [17] os processos de gestão empresarial, responsáveis pela condução das atividades tanto em nível estratégico como operacional tem recebido atenção de maneira mais intensa nos últimos anos, principalmente no que tange a diversidade de conceitos e modelos de mensuração e de avaliação do desempenho construídos no intuito de preparar as organizações para enfrentarem os desafios do ambiente competitivo.

Segundo Kaplan e Norton [18], as organizações têm tentado se inserir no mercado competitivo lançando mão de diversas iniciativas de melhoria. Entretanto melhorias de desempenho exigem mudanças também nos sistemas de mediação e gestão utilizados pelas empresas, pois é impossível atingir a excelência empresarial controlando apenas as medidas financeiras do desempenho passado, visto que os executivos necessitam de indicadores sobre vários aspectos do ambiente e desempenho organizacional.

Wen et al [5] dizem que para conseguir atrair e manter clientes é necessário que as empresas de e-commerce sejam eficientes, pois só assim conseguirão obter níveis de serviços e preços atrativos. O combate ao desperdício de “insumos” na produção “produtos” se torna fundamental, ou seja, a busca por uma melhor relação custo (sacrifício) x benefícios é crucial, competitivamente falando.

Sendo assim, continuam os autores, a avaliação de desempenho se torna um elemento relevante na gestão destes negócios, já que gera uma visão das atuais operações e descortina para a empresa novas alternativas estratégicas de competição.

Segundo Machado *et al* [19], as empresas, no passado, tomavam decisões baseadas unicamente em informações financeiras, porém atualmente, as tomadas de decisões envolvem um maior número de variáveis, exigindo uma grande preocupação entre os gestores com indicadores como: satisfação de clientes, qualidade dos produtos, participação no mercado, retenção de clientes, fidelidade dos clientes, inovação, habilidades estratégicas e outros.

Wanderley *et al* [20] dizem que os métodos de avaliação do desempenho empresarial, que se baseiam apenas em indicadores contábeis e financeiros, vêm se tornando insuficientes. É esse contexto que explica o surgimento de diversos modelos de mensuração de desempenho, com o propósito de gerenciar eficientemente as informações corporativas (financeiras e não financeiras) que dão suporte à tomada de decisões. Um grande número de empresas está na busca incessante por tais sistemas, gerando assim a necessidade de maiores estudos sobre sistemas de medição de desempenho.

De acordo com Wen et al [5], a medida de desempenho, para ser útil à gestão, precisa ter natureza multicriterial, já que vetores de desempenho monocriteriais não são adequados como sinalizadores da multiplicidade de fatores do ambiente competitivo dos negócios.

Ainda para os autores, isto acontece porque o desempenho organizacional é um fenômeno complexo, que requer mais do que um critério singular para caracterizá-lo. Sendo assim, sugere-se a utilização de modelos de performance multidimensionais para serem

aplicados na avaliação de eficiência dos negócios, de modo a refletir o desempenho relativo, de cada empresa em relação aos outros competidores, na transformação de inputs em outputs.

Em outras palavras, o modelo deve comparar a capacidade de cada unidade sob análise (empresa) em utilizar menos inputs (vetores de desempenho do tipo quanto menor melhor) na geração de mais outputs (vetores de desempenho do tipo quanto maior melhor).

Wen et al [5] ressaltam que no comércio eletrônico os web sites representam a mais importante interface entre a organização e os clientes, sendo assim um fator relevante na escolha dos consumidores e, por conseguinte, no ambiente competitivo. Assim sendo, a mensuração de performance precisa incluir fatores de sucesso em web site design, além dos fatores críticos de sucesso tradicionais.

De acordo com Machado *et al* [19] o uso de medidas não-financeiras e financeiras, auxiliando os administradores a focarem suas ações em perspectivas de longo e curto prazos, é adequado para orientar e avaliar a trajetória da empresa em um ambiente competitivo. Os indicadores financeiros como medidas de ocorrência, contam parte, mas não toda a história das ações passadas. Estes isolados não são capazes de fornecer orientações adequadas para as ações que devem ser realizadas hoje e amanhã para criar valor financeiro futuro, porém estas não devem ser esquecidas quando da avaliação de resultados e desempenhos, pois são provas concretas dos efeitos de todas as outras medidas.

Para Wen et al [5], numa análise e avaliação de desempenho organizacional não se pode considerar apenas medidas financeiras, pois estas não são capazes de capturar toda a complexidade do negócio. Neste sentido, os autores propõem que fatores operacionais e de qualidade sejam explicitamente considerados na medida de eficiência DEA.

Os autores ressaltam que somente a consideração de fatores de múltiplas naturezas faz com que a medida de desempenho seja crítica para a gestão do negócio, principalmente por considerar múltiplos objetivos gerenciais.

O modelo proposto pelos autores assume variáveis outputs e inputs de três naturezas distintas: financeiras, operacionais e específicas de e-commerce. O artigo conclui que a eficiência de empresas de comércio eletrônico não pode ser determinado pelo volume de vendas e nem por relações singulares de output/input. A medida DEA aplicada pôde construir um ranking das unidades analisadas e proporcionar aos gestores a possibilidade de identificar as motivações para o baixo desempenho relativo aos concorrentes.

O presente estudo caminha em consonância com o artigo de Wen et al [5], pois procura mostrar a aplicabilidade da modelagem DEA na análise e avaliação de desempenho organizacional no setor de comércio eletrônico. Isto é feito através da demonstração de que é possível atender à necessidade multicriterial do processo decisório, pois a metodologia proposta é capaz de considerar explicitamente a relação entre diversos vetores de desempenho de distintas naturezas.

5. EXEMPLO ILUSTRATIVO

Para ilustrar a aplicação das técnicas de Análise Envoltória de Dados (DEA) vamos nos utilizar de um exemplo numérico. Cabe ressaltar que este só deve ser encarado como uma forma ilustrativa de demonstrar a aplicação do modelo DEA-CRS, apresentado anteriormente, procurando apresentar o conjunto de ferramentas gerenciais oriundas desta análise. Este exemplo é baseado nos principais indicadores (vetores de desempenho) referenciados na literatura da área.

Uma pesquisa revela as principais informações dos dez principais concorrentes num determinado setor de comércio eletrônico. O quadro 01 mostra os dados coletados, já classificados como inputs e outputs:

Quadro 01 – Informações do Input e dos Outputs para Análise

DMUs	Input_1	Output_1	Output_2	Output_3
DMU_1	100	10,0	1.750	108
DMU_2	99	12,0	1.600	96
DMU_3	123	14,0	1.550	99
DMU_4	88	11,0	1.800	101
DMU_5	111	9,0	1.730	94
DMU_6	105	8,5	1.700	97
DMU_7	90	9,5	1.620	96
DMU_8	91	10,5	1.580	91
DMU_9	95	9,0	1.810	100
DMU_10	108	12,0	1.790	102

As informações coletadas eram referentes aos seguintes outputs: Lucro Líquido, Visitas e Qualidade (informacional, de navegação (acesso) e de serviço) e ao Volume de Investimentos em Tecnologia como input.

- Volume de Investimentos em Tecnologia: Esta medida representa o único input da análise ora proposta. Ela representa o montante de investimentos feitos, em milhares de unidades monetárias, pela empresa em tecnologia de e-commerce. Para uma melhor eficiência esta variável será tratada como sendo quanto menor melhor, ou seja, quanto menor for o sacrifício, em termos de investimentos, melhor será a relação custo x benefício;
- Lucro Líquido: Este é o output 01 e representa o resultado líquido anual, em milhares de unidades monetárias. Para uma melhor eficiência esta variável será tratada como sendo quanto maior melhor, ou seja, quanto maior for o benefício, em termos de lucro, melhor será a relação custo x benefício;
- Visitas: Este é o output 02 e representa o número de visitas por semana. Para uma melhor eficiência esta variável será tratada como sendo quanto maior melhor, ou seja, quanto maior for o benefício, em termos de visitas ao site, melhor será a relação custo x benefício;
- Qualidade: Este é o output 03 e representa um indicador formado por três vertentes de qualidade específicas de comércio eletrônico: nível informacional, nível de acessibilidade e facilidade de navegação e nível de serviço ao cliente. Para uma melhor eficiência esta variável será tratada como sendo quanto maior melhor, ou seja, quanto maior for o benefício, em termos de qualidade de informação, acesso e navegação e de serviço, melhor será a relação custo x benefício.

De posse destas informações pode-se começar a fazer uma análise que leve a uma conclusão a respeito do desempenho destas unidades. O objetivo é utilizando o mínimo de investimentos, obter o máximo de lucro, visitas e qualidade. Em outras palavras, uma empresa será mais eficiente quanto menor for o investimento e maior forem o lucro, o número de visitas e a qualidade oferecida aos clientes. A metodologia DEA vem auxiliar neste sentido, capturando as informações de cada vetor de desempenho e transformando tudo em um único índice, capaz de gerar uma decisão ótima.

Com o auxílio de um software de DEA denominado SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão), apresentado por Meza et al [21], encontrou-se os indicadores finais de eficiência de cada empresa de e-commerce

Quadro 02 – Resultado da Análise de Eficiência das Empresas de Comércio Eletrônico

DMU_1	0,9410	DMU_6	0,8049
DMU_2	0,9697	DMU_7	0,9294
DMU_3	0,9106	DMU_8	0,9231
DMU_4	1,0000	DMU_9	0,9315
DMU_5	0,7620	DMU_10	0,8889

Com as informações do quadro 02 pode-se observar que a empresa 04 é aquela com melhor desempenho, pois é aquela que apresenta maior eficiência em relação às variáveis apresentadas. Este parâmetro de decisão pode dar suporte para as outras DMU's no sentido de como devem operar seus negócios para que possam ser eficientes. O quadro 03 mostra as modificações necessárias nas variáveis (outputs) para cada empresa.

A lógica é apresentar a necessidade de incrementos nos outputs de forma que as empresas ineficientes possam atingir indicador igual 1,0000, mantendo-se o nível de input. Isto é feito desta maneira, pois as empresas não podem mais alterar os níveis de investimentos feitos, mas podem melhorar sua lucratividade (reduzindo desperdícios), seu número de visitas (melhorando a visibilidade do site) e sua qualidade (melhorando os níveis informacionais, de acessibilidade e navegação e de serviço ao cliente).

Quadro 03 – Melhorias Necessárias nos Outputs

DMUs	Valores Ideais			Aumentos em %		
	Output_1	Output_2	Output_3	Output_1	Output_2	Output_3
DMU_1	12,500	2.046	114,8	25,00%	16,91%	6,30%
DMU_2	12,375	2.025	113,7	3,13%	26,56%	18,44%
DMU_3	15,375	2.516	141,2	9,82%	62,32%	42,63%
DMU_4	EFICIENTE			EFICIENTE		
DMU_5	13,875	2.271	127,4	54,17%	31,27%	35,53%
DMU_6	13,125	2.148	120,6	54,41%	26,35%	24,33%
DMU_7	11,250	1.841	103,3	18,42%	13,64%	7,60%
DMU_8	11,375	1.862	104,5	8,33%	17,85%	14,84%
DMU_9	11,875	1.944	109,1	31,94%	7,40%	9,10%
DMU_10	13,500	2.210	124,0	12,50%	23,46%	21,57%

Pode-se perceber que as empresas que obtiveram os menores índices de desempenho são exatamente aquelas que necessitam de maiores mudanças nos níveis de outputs.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto pode-se perceber que o modelo apresentado tem o poder de discriminar as empresas de comércio eletrônico em eficientes e não eficientes em relação aos vetores de desempenho escolhidos para a análise.

Com isso, esta pode ser uma poderosa ferramenta na medida em que representa uma proposta sistematizada de análise da relação custo x benefício de cada empresa. Esta análise ainda tem a vantagem de respeitar aspectos relativos, ou seja, cada empresa de e-commerce é avaliada em função dos outros apresentados. Ao ajudar o administrador a estar preparado para as mudanças competitivas, este processo de mensuração de desempenho o auxilia a gerenciar as ameaças e oportunidades do ambiente e as forças e fraquezas da própria empresa.

Baseado nos resultados obtidos no trabalho pôde-se concluir que o modelo é eficiente naquilo que se propõe e também foi confirmada a característica de multicritério. Após a análise dos resultados foi observado que realmente é possível, através de uma análise comparativa, destacar níveis de eficiência, e a partir daí, tomarmos decisões melhores. Assim sendo, o modelo serve como instrumento gerencial que consiste em proporcionar aos administradores de empresas mais uma ferramenta que auxilia na condução dos negócios e na realização dos objetivos e no cumprimento das metas da organização.

Vale salientar que esta análise possui limitações importantes no que tange as variáveis e as empresas utilizadas. As conclusões são pertinentes e válidas apenas levando-se em consideração as dimensões e organizações sob análise. É importante que numa próxima análise mais aprofundada se considere outras variáveis relevantes e outras organizações, preferencialmente a partir de dados reais.

Por fim, vale ressaltar que este trabalho tem o propósito de iniciar a discussão da utilização de modelos DEA na análise de eficiência de empresas de comércio eletrônico. A

busca por discussões neste tema não pára por aqui, em outras oportunidades continuaremos a propor novas alternativas de análise para auxiliar os gestores em seu processo decisório.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] MACEDO, M. A. S. A Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Consolidação de Medidas de Desempenho Organizacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11, 2004, Porto Seguro. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Custos**. Porto Seguro: ABC, 2004a. 1 CD.
- [2] MACEDO, M. A. S. Indicadores de Desempenho: Uma Contribuição para o Monitoramento Estratégico através do Uso de Análise Envoltória de Dados (DEA). In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 7, 2004, São Paulo. **Anais do VII SIMPOI**. São Paulo: FGVSP, 2004b. 1 CD.
- [3] PORTER, M. & MILLAR, V. E. How Information Gives You Competitive Advantage. **Havard Business Review**, v.63, n.4, p.149-161, Jul/Ago 1985.
- [4] APPLGATE, L. M., McFARLAN, F. W. & McKENNEY, J. L. **Corporate Information Systems**. Chicago, Irwin, 1996, 720p.
- [5] WEN, H. J.; LIM, B.; HUANG, H. L. Measuring E-commerce Efficiency: a Data Envelopment Analysis (DEA) approach. **Industrial Management & Data Systems**. v. 103, n. 9, p. 703-710, 2003
- [6] LAUDON, K. C. & LAUNDON, J. P. **Management Information Systems**. New Jersey, Prentice Hall, 1996, 584p.
- [7] TURBAN, E., KING, D., LEE, J., WARKENTIN, M., CHUNG, H. M. **Eletronic Commerce: a Managerial Perspective**. New Jersey, Prentice Hall, 2002, 914p.
- [8] HEEKS, R. **Reinventing Government in the Information Age**. Londres, Routledge, 1999.
- [9] BRETZKE, M. **Marketing de Relacionamento é Competição em Tempo Real**. São Paulo, Editora Atlas, 2001.
- [10] LEAL JR, Ilton Curty. **Tecnologia e Gestão de Pessoas: Uma Análise dos Impactos do e-bussines na força de vendas**. Seropédica: UFRRJ, 2002, 56p. (Dissertação, Mestrado em Administração, Gestão e Estratégia em Negócios).
- [11] ZHU, J. Multi-factor Performance Measure Model with Application to Fortune 500 Companies. **European Journal of Operational Research**. n. 123, n. 1, p. 105-124, 2000.
- [12] LINS, M. P. E.; MEZA, L. Â. **Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.
- [13] CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data Envelopment Analysis**. 2. ed. Boston: KAP, 1994.
- [14] COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BALTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. Boston: KAP, 1998.
- [15] CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal Of Operational Research**. v. 2, n. 6, 429-444. 1978.
- [16] BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**. v. 30, n. 9, 1078-1092. 1984.

- [17] CROZATTI, J. e GUERREIRO, R. O Uso de Conceitos de Mensuração e Avaliação de Desempenho em Relatórios Gerenciais e a Relação com Indicadores Financeiros de Desempenho: um estudo em companhias abertas brasileiras. **Anais do VIII Congresso Del Instituto Internacional de Custos**. Punta del Leste, Uruguai: IIC, 2003.
- [18] KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. **Estratégia em Ação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- [19] MACHADO, M. R., MACHADO, M. A.V., CELESTINO, M., PAULO, E. e LOPES, J. E. G. Avaliação de Resultado e Desempenho: um estudo comparativo entre Balanced Scorecard e Gecon. **Anais do VIII Congresso Del Instituto Internacional de Custos**. Punta del Leste, Uruguai: IIC, 2003.
- [20] WANDERLEY, C. A., MEIRA, J. M., MIRANDA DA SILVA, A. C. e MIRANDA, L. C. Um Estudo sobre Indicadores de Desempenho para a perspectiva do Aprendizado e Crescimento do Balanced Scorecard. **Anais do VIII Congresso Del Instituto Internacional de Custos**. Punta del Leste, Uruguai: IIC, 2003.
- [21] MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; COELHO, P. H. G. SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão: uma implementação computacional de modelos de análise de envoltória de dados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL DA MARINHA, 6, 2003, Rio de Janeiro. **Anais do VI SPOLM**. Rio de Janeiro: CASNAV, 2003. 1 CD.