

# **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS INVESTIMENTOS EM TI DE EMPRESAS DE TECNOLOGIA ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

## **AUTORES**

**MARCELO ALVARO DA SILVA MACEDO**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

alvaro@ufrj.br

**RUTHBERG DOS SANTOS**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

berg@ufrj.br

**JARBAS EMANOEL ANTUNES ANDRADE**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

andrade@ufrj.br

**MARCOS AZEVEDO BENAC**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

benac@ufrj.br

**Resumo:** A análise e avaliação dos investimentos em TI é alvo de muitos estudos em todo o mundo. Um dos setores que mais investe em TI é o de empresas de tecnologia, pois existe uma necessidade natural de manipular e armazenar informações. Neste sentido este trabalho discute a aplicação da metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) na avaliação da eficiência dos investimentos em TI de empresas de tecnologia no Brasil, utilizando informações obtidas junto a Revista InfoExame (2003 e 2004). O objetivo é analisar a eficiência destes investimentos, através da avaliação dos benefícios alcançados pelos investimentos feitos. É, também, meta fundamental deste trabalho, efetuar uma avaliação da potencialidade da metodologia DEA em oferecer subsídios aos gestores e analistas para realizarem diagnósticos de performance empresarial. Pôde-se perceber pelos resultados alcançados que, somente verificando-se benefícios “sólidos” dos investimentos feitos em TI, as empresas podem obter maior desempenho em relação a estes. Em resumo, isto quer dizer que existe ainda a possibilidade de se obter mais benefícios dos investimentos em TI, que, desta forma, se encontram subutilizados, em termos de potencialidades.

**Abstract:** The analysis and evaluation of the IT investments are objective of many studies all over the world. One of the sectors that more invests in IT is it of technology companies, because a natural need exists of to manipulate and to store information. In this sense this work discusses the application of the methodology of Data Envelopment Analysis (DEA) in the evaluation of the IT investment efficiency of technology companies in Brazil, using information obtained in the InfoExame Magazine (2003 and 2004). The objective is to analyze the efficiency of these investments, through the evaluation of the benefits reached by the done investments. It is also, a fundamental goal of this work to effect an evaluation of the DEA methodology potentiality in offering subsidies to managers and analysts to carry trough enterprise diagnostics. It could be noticed by the results reached that only being verified solid benefits of the investments done in IT is that the company can obtain larger performance in relation to these. Finally, this means that still exist the possibility to obtain more benefits from the IT investments, that, in this way, they are wrong used, in terms of potentiality.

**Palavras Chave:** Eficiência; Investimentos em TI; DEA

## Área Temática: Métodos Quantitativos e Informática

### 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 o auxilia a gerenciar as ameaças e oportunidades do ambiente e as forças e fraquezas da própria empresa.

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 (2004) 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.

A partir deste contexto, este trabalho consiste no estudo de um modelo de análise do desempenho organizacional, em relação aos investimentos em TI, que a partir do nível destes investimentos e aspectos operacionais de TI, procura avaliar a performance em TI através da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). O modelo propõe a identificação e classificação (ranking), dentro de um universo limitado, das organizações consideradas eficientes e das ineficientes, reconhecendo a eficiência relativa de cada uma delas em relação às outras que estão sendo consideradas na análise.

O objetivo geral deste artigo consiste, então, em apresentar, discutir e aplicar um método de avaliação da eficiência dos investimentos em TI, desenvolvido a partir da Análise Envoltória de Dados e de informações pertinentes de empresas de tecnologia. É, também, meta fundamental deste trabalho, efetuar uma avaliação da potencialidade da metodologia DEA em oferecer subsídios aos gestores e analistas para realizarem diagnósticos de performance empresarial.

Para alcançar tais objetivos utilizou-se informações de empresas com atividade tecnológica (software, hardware, comunicação, etc.) no Brasil, advindas da Revista InfoExame (2003 e 2004) sobre os investimentos em TI e outras variáveis pertinentes.

### 2. Análise Envoltória de Dados (DEA)

DEA é uma técnica, de acordo com Macedo et al (2004a) 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.

De acordo com Lins e Meza (2000) 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.

São várias as formulações dos modelos de DEA encontradas na literatura, conforme dizem Charnes et al (1994), 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 (2000) 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 et al (2004b) 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.

Segundo Coelli et al (1998), 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.

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

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 à 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 (2004) 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:

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

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 (1998), 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:

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

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:

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

Macedo et al (2004a) dizem 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, complementam os autores, 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 (output “virtual”) dividida pela soma ponderada dos outputs (inputs “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 %.

Porém, o modelo que será utilizado neste trabalho sofrerá algumas modificações de ordem técnica, em relação ao modelo básico DEA-CRS/M/O, para que a análise seja substancialmente mais bem elaborada. Ao contrário dos modelos DEA clássicos que fornecem muitos empates nos índices 100% eficientes, o enfoque apresentado neste artigo fornece uma visão de eficiência onde as DMU’s são colocadas frente a duas questões: ter bom desempenho naquilo em que ela é melhor: também não pode ter um mau desempenho no critério em que for pior.

Para isto é necessário introduzir o conceito de fronteira invertida, que segundo Novaes (2002) consiste em considerar os outputs como inputs e os inputs como outputs. Esse enfoque considera pelo menos duas interpretações. A primeira é que a fronteira consiste das DMUs com as piores práticas gerenciais (e poderia ser chamada de fronteira ineficiente); a segunda é que essas mesmas DMUs têm as melhores práticas considerando o ponto de vista oposto.

Uma fronteira invertida pode ser utilizada para distinguir entre as diversas DMUs onde quanto maior o grau de pertinência à fronteira invertida menor a eficiência da DMU.

Para obter um índice único de eficiência, deve-se englobar os dois graus de pertinência e obrigar a que a variação do índice se dê entre 0 e 1. Esse índice é dado pelo produto do índice da fronteira padrão pelo inverso do índice da fronteira invertida, já que este último representa a ineficiência. Depois disso este índice é padronizado dividindo-se cada resultado pelo maior valor encontrado.

O índice proposto para medir a eficiência, permite resolver um dos principais problemas em DEA, qual seja de as DMUs poderem ser eficientes atribuindo peso nulo a vários multiplicadores (Lins e Meza, 2000). Com efeito, para uma DMU possuir alta eficiência, esta deve ter um elevado grau de pertinência em relação à fronteira otimista e baixo grau em relação à fronteira pessimista. Dessa forma, todas as variáveis são levadas em conta no índice final, sem a atribuição de nenhum peso subjetivo a qualquer critério.

No modelo aqui proposto, o valor da eficiência de tal DMU depende também de sua posição em relação à fronteira invertida. Deve ser ressaltado que existem outros métodos para resolver esse problema, mas estes exigem julgamentos subjetivos e/ou métodos matemáticos bastante mais sofisticados.

### 3. Importância Estratégica da Tecnologia da Informação

Segundo Prado Jr. (2004) a evolução dos conceitos associados ao alinhamento estratégico dos negócios e da TI pode ser percebida pela interdependência e pelo equilíbrio dinâmico entre três esferas distintas: a organização, a estratégia e os recursos de TI.

De acordo com Teixeira Jr e Ponte (2004) durante o seu processo evolutivo a TI tem passado do simples processamento transacional de dados, a apoiar os negócios, até sua integração e alinhamento com as estratégias organizacionais (nível competitivo da TI).

Ainda segundo os autores, quando os gastos com TI são direcionados às funções de suporte, os executivos têm dificuldade de enxergar na TI o potencial estratégico para sucesso das empresas. Ou seja, quando a TI é tratada como despesa, pela visão tradicional, e não como investimento, as estratégias de negócios fracassam ao tentar obter completa vantagem da TI.

Para Mendelson (2000) a performance de uma organização reflete a qualidade de sua capacidade de tomar decisões, que por sua vez depende da qualidade da assimilação das informações provenientes do ambiente externo. Em ambientes de mudanças rápidas, os sistemas devem habilitar a recepção rápida de informações sobre o mercado, concorrência e tecnologia. Neste sentido, uma das dimensões para se conhecer o ambiente externo envolve o conhecimento e comparação do desempenho financeiro e custos dos principais atores do mercado. Uma outra dimensão a ser considerada no investimento em TI é a possibilidade de assimilar mudanças nas preferências dos clientes, através da interação direta com eles, e adequação dos rumos da organização em função das mudanças no mercado consumidor.

Segundo Teixeira Jr e Ponte (2004), quando a TI passa a ser vista como parte integrada da organização, há, por exemplo, a disseminação do uso de computadores com o aumento da capacidade de processamento. Nesta fase, reduzem-se custos e os recursos de TI passam a gerar receitas, passando o seu uso a criação de novos produtos e serviços. Além disso, a organização passa a perceber a TI como um fator estratégico, como habilitadora das estratégias empresariais, atuais e futuras onde esta agora deve proporcionar resultados, sendo tratada como investimento, e não meramente como custos.

Com este novo objetivo, continuam os autores, a TI passa a permitir flexibilidade e velocidade na adequação do alinhamento às perturbações de origem competitiva. Ainda, neste sentido, a velocidade agrega valor ao desempenho da TI na medida em que as soluções oferecidas aos clientes acompanham as inovações tecnológicas.

Segundo Mendelson (2000) o tomador de decisão deve ter acesso adequado às informações e ao conhecimento que possam impactar diretamente suas decisões. Isto inclui não somente os dados que podem ser codificados, armazenados e transmitidos, mas também o conhecimento tácito. Os investimentos em TI, portanto, devem ter também a capacidade de permitir a fácil transferência do conhecimento através das várias fases de desenvolvimento do produto ou serviço, assim como permitir que determinação final das características destes seja feita o mais tarde possível no processo de desenvolvimento.

Murakami (2003) diz que a falta de alinhamento entre o negócio e as estratégias da TI pode gerar inabilidade para perceber o valor de investimentos em TI. A necessidade de humanização das estratégias de TI e do negócio é um processo de adaptação contínuo e dinâmico.

Segundo Rodrigues e Riscarolli (2004), para que as organizações possam compreender e aprender a aproveitar os benefícios da TI, a estratégia da TI deve permitir às organizações alinhá-la com as metas dos negócios e explorá-la como vantagem competitiva. Isso só é possível através da manutenção de um ambiente de informação que alimente a formulação de estratégias corporativas.

Isto requer, ainda para os autores, a percepção objetiva, por parte dos executivos, do valor da informação para os negócios da corporação, retirando do foco da discussão somente dos recursos físicos da TI. Neste aspecto deve-se levar em consideração que esta mudança de

mentalidade, para um pensamento mais abrangente e sistêmico, deve levar em conta os recursos humanos envolvidos no uso desta informação onde a cultura organizacional pode ser fator determinante no sucesso desta transição em direção a um alinhamento eficaz das estratégias empresarial e de TI. Além destes fatores, existe a necessidade de uma permanente revisão do alinhamento das variáveis envolvidas neste processo de planejamento. Isso ocorre devido à dinamicidade do ambiente competitivo.

Para Brodbeck et al (2003), todo este acompanhamento, integração e alinhamento dos objetivos organizacionais e sistemas de informação só vem acrescentar valor aos investimentos em TI, na medida em que estes não serão considerados mais simplesmente como custos e o desenvolvimento de uma cultura organizacional que priorize e tenha consciência deste processo com certeza trará resultados significativos e sustentáveis à organização quanto ao uso efetivo dos recursos de TI alinhados as estratégias de negócios.

Saccol (2003) diz que é no alinhamento entre as estratégias do negócio e de TI, onde se busca a coerência entre os elementos chave destes dois aspectos. Esta busca se orienta pela necessidade de que as organizações se tornem mais efetivas, embora para isso tenham que passar a considerar a TI como investimento estratégico e não um custo para o negócio.

Para que o investimento se efetive, continua a autora, é necessário o alinhamento, e no alcance deste objetivo é preciso que haja uma comunicação eficiente entre a direção e as pessoas de TI na empresa. Assim também se torna evidente que a TI e seu processo sejam disseminados pela empresa, visto que um entendimento só se torna possível quando os interlocutores conhecem a respeito do assunto. Neste sentido, cabe ressaltar que a estratégia de gestão e de TI só conseguirão atender bem e agregar valor para o cliente se conseguirem satisfazer as condições mínimas exigidas por estes e ainda obter os retornos esperados pela organização.

Mendelson (2000) relata que num ambiente turbulento, como o ambiente competitivo da empresas, é preciso direcionar os investimentos em TI de forma que o administrador possa ser bem sucedido em meio ao mar de informações disponíveis e acessíveis. Os investimentos em TI buscam, então, uma nova arquitetura organizacional que proporcione um processamento eficiente das informações e respostas rápidas aos desafios impostos pelo ambiente competitivo. Já de acordo com Rau e Bye (2003), os investimentos em tecnologia da informação possuem um papel crucial em ajudar as companhias de tecnologia a ganhar uma vantagem competitiva sobre seus adversários.

#### 4. Investimentos em TI e Eficiência Organizacional

Segundo Murakami (2003) a evolução da TI é um fenômeno que tem merecido estudos freqüentes nas organizações e no mundo acadêmico, por conta, principalmente, dos impactos nos aspectos de competitividade das organizações. Isso gera, de acordo com o autor, uma preocupação crescente quanto aos investimentos em TI, principalmente no que tange os retornos a serem alcançados.

De acordo com Prado Jr. (2004) os grandes questionamentos em relação à natureza dos projetos de TI são quanto aos resultados esperados e ao quanto a organização domina da tecnologia que a sustenta, além da importância de outros fatores críticos para o sucesso do negócio, como, a cultura organizacional, questões de controle e a formalidade de esforços despendidos para a consecução dos resultados.

De acordo com Rau e Bye (2003), para ser considerada interessante pela administração e pelos stakeholders, em empresas de tecnologia, os investimentos em TI devem ser capazes de executar tarefas eficientemente, sem erros e de maneira confiável no tempo certo. Assim, a base de valor da TI é ser uma executora eficiente das tarefas organizacionais, na medida em que se torna mais uma ferramenta competitiva, através da inovação e de ferramentas que realmente contribuem para a melhoria da posição competitiva da organização. A TI pode ser

bem ou mal sucedida, dependendo do valor adicionado pelo pessoal de tecnologia da informação, através do entendimento da estratégia empresarial e seu alinhamento com os recursos da TI.

Teixeira Jr e Ponte (2004) dizem que embora os investimentos ainda sejam cautelosos em TI, as informações e os processos ainda são valorizados no mundo dos negócios. Há ainda que se considerar a extensa literatura que afirma que os retornos dos investimentos em TI e da agregação de valor ao negócio são conseqüências do alinhamento das atribuições da TI para com os objetivos organizacionais.

Para Graeml (1998) os investimentos em TI, devem ser vistos sob a ótica de benefícios atrelados a estratégia da empresa e que não necessariamente ocorrem rapidamente, o que chama a atenção para as grandes somas envolvidas e o impacto total que se pretende obter sobre o desempenho futuro da empresa. Neste sentido, deve se priorizar o potencial estratégico do investimento em TI onde o uso da tecnologia esteja vinculada aos objetivos do negócio e às metas estratégicas da empresa.

Segundo Rau e Bye (2003), a decisão de investimentos em TI e sua mensuração são tópicos controversos em todos os tipos de organização. A valoração dos investimentos em TI se estende além do dispêndio de capital e do orçamento anual, mas também deve considerar aspectos menos tangíveis como o capital intelectual e a inovação.

A avaliação de investimentos em TI, ainda para os autores, não precisa ser um trabalho de adivinhação. Ao compreender a maneira pela qual a TI cria valor para a organização, os administradores podem formular modelos analíticos para medir o valor do capital da TI e os dispêndios operacionais na medida em que eles contribuem para o valor da organização.

Frontini e Laurindo (2002) dizem que a cada dia os investimentos em TI são questionados sobre os resultados efetivos que eles proporcionam aos negócios. Em conseqüência os decisores têm ficado cada vez mais conservadores em relação aos projetos de investimentos em TI.

Ainda segundo os autores, o cerne da questão envolve, então, o paradoxo da produtividade e as decisões de investimentos futuros em TI. O paradoxo da produtividade questiona os impactos dos investimentos de TI na produtividade das empresas, enquanto os investimentos em tecnologia têm se tornado cada vez mais complicados de serem feitos, pois cada vez mais esta é encarada como um diferencial competitivo em ambientes de elevada incerteza no processo decisório e como elemento de transformação das organizações.

Um grande problema consiste, de acordo com Pimenta et al (2003), em conseguir avaliar corretamente quais são os impactos dos investimentos em infra-estrutura de TI nos negócios da empresa. O desafio, então, é definir os retornos esperados de modo a maximizar a relação custo x benefício e minimizar os riscos dos investimentos.

De acordo com Graeml (1998), o valor da tecnologia da informação está na forma como a empresa usa seus recursos de TI, isto sim gera a diferença e também a necessidade da organização estar avaliando os investimentos nesta área. A análise e avaliação da eficiência no uso da TI e da eficácia destes recursos fornecem ao administrador, quando bem elaboradas e integradas ao modelo de negócio da empresa, uma visão mais completa da contribuição destes investimentos para competitividade da organização, dentro do quadro de incertezas em que estas decisões normalmente precisam ser tomadas.

Investir em TI ainda é polêmico, ressalta o autor, mas o caminho parece apontar que o valor gerado por estes investimentos estará atrelado ao alinhamento destes com os objetivos estratégicos de longo prazo da organização, onde a competição passará a ser determinada pelo ambiente, não em termos de custo e qualidade (requisitos mínimos), mas em relação à flexibilidade e a inovação, que despontam como as novas fontes de diferenciação da organização.

Maçada et al (2005) dizem que as empresas têm procurado, através de investimentos em TI, implementar estratégias que buscam vantagens competitivas. Isto se deve ao fato de que existe uma demanda crescente dos clientes por serviços com maior conforto, segurança e agilidade.

Maçada e Becker (1999) relatam que alguns estudos não encontram evidências empíricas de que os investimentos em TI têm melhorado as posições competitivas das organizações, nem gerado ganhos de produtividade e lucratividade nos mais variados setores da economia americana. Porém em outros, se observa uma relação positiva e clara entre investimentos em TI e performance.

Pimenta et al (2003), em seu trabalho, apresentam uma modelagem para decisão de novos investimentos em TI, com o uso de DEA. O objetivo é comparar as diferentes opções de investimentos, construindo um modelo para analisar a eficiência das alternativas, considerando explicitamente como inputs e outputs os riscos, custos e benefícios reais dos investimentos a serem realizados.

Conforme já abordado na introdução, este trabalho está inserido no contexto anterior, pois procura abordar a questão da decisão de investimentos em TI, mesmo que de forma preliminar, enfocando decisões de investimento em microcomputadores, servidores e capacidade de armazenamento. Apesar deste, talvez não ser o foco mais difícil nas decisões de investimento em TI, parece que a necessidade de uma forma sistemática de suportar estas decisões é premente.

## 5. Apresentação dos Dados e Análise dos Resultados

Esta pesquisa pode ser caracterizada, de acordo com o exposto por Vergara (2004), como sendo descritiva e quantitativa, pois procura-se através da aplicação da análise envoltória de dados às informações a respeito de TI das instituições, que fazem parte da amostra, expor características a respeito da eficiência dos investimentos feitos.

O processo de amostragem é não probabilístico, pois parte-se de um universo naturalmente restrito, pois as empresas foram escolhidas a partir das que constavam na lista extraída da Revista Infoexame (2003 e 2004) sobre as 100 empresas mais ligadas do Brasil. Isso traz algumas limitações de inferência, mas não invalida os resultados da pesquisa, já que o objetivo é demonstrar a utilidade e a aplicabilidade de uma metodologia na análise e avaliação da eficiência de investimentos em TI na amostra selecionada, que representa as empresas do setor que mais se destacaram em relação às suas políticas de TI.

A pesquisa partiu de um total de 36 empresas de tecnologia, que contavam do ranking da Revista InfoExame (2004) sobre as 100 Empresas mais Ligadas do Brasil no ano de 2003. De posse desta listagem e das informações destas empresas, buscou-se as informações necessárias ao estudo na edição do ano anterior – Revista InfoExame (2003), referentes ao ano de 2002. No final a amostra foi formada por 13 empresas, já que 23 instituições foram retiradas, pois não continham todas as informações necessárias ao estudo.

As informações coletadas foram a respeito de:

- Percentual do Faturamento Investido em TI no ano de 2003 (input 01): Foram coletadas na Revista InfoExame (2004) as informações referentes aos valores de investimento em TI e do Faturamento das empresas ambos do ano de 2003, e assim calculou-se o indicador;
- Aumento do Número de Microcomputadores (output 01): Calculou-se o aumento do número de micros entre o final dos anos de 2002 e 2003;
- Aumento do Número de Servidores (output 02): Calculou-se o aumento do número de servidores entre o final dos anos de 2002 e 2003;

- Aumento da Capacidade de Armazenamento (output 03): Calculou-se o aumento do número de terabytes da capacidade de armazenamento entre o final dos anos de 2002 e 2003;

Para as variáveis de output foram considerados a variação positiva (aumento) dos indicadores de operacionalização da TI. Para tanto foram considerados como zero todos os valores destas variáveis que não representavam um aumento. Ou seja, se a variação fosse igual a zero ou negativa, entre 2002 e 2003, o valor a ser considerado seria zero. Isso se deu por conta de uma restrição da metodologia utilizada e por conta da dinâmica da análise. Apesar de limitar, isto não invalida a análise aqui proposta.

A lógica da metodologia proposta é, então, analisar os benefícios, medidos pelo incremento das variáveis operacionais de TI, auferidos pelos investimentos em TI feitos pelas empresas de tecnologia analisadas durante o ano de 2003. Os quadros 01 e 02 mostram as informações utilizadas:

Quadro 01 – Dados do ano de 2003 sobre Investimento em TI e Faturamento

DMU Nº	Ranking InfoExame (2004)	Empresa	Investimento em TI (US\$ Milhares)	Faturamento (US\$ Milhares)
1	6	Brasil Telecom	68.403,10	3.606.381,20
2	9	Serpro	4.819,80	282.193,30
3	11	Embratel	44.278,00	2.279.016,80
4	14	Telefônica São Paulo	76.347,10	5.274.295,90
5	28	Telemig Celular	10.077,00	461.937,20
6	55	Unisys	5.209,20	236.440,00
7	60	Bandeirante Energia	24.706,20	512.719,80
8	61	Microsoft	2.930,20	301.058,10
9	64	Contax	6.837,10	149.438,40
10	71	Promon	1.627,90	165.065,90
11	74	Microsiga	4.948,70	89.532,80
12	75	Itautec Philco	1.302,30	455.803,40
13	93	PrimeSys	1.953,40	92.788,50

Quadro 02 – Informações sobre as Variáveis Operacionais de TI

DMU Nº	Empresa	Nº de Micros		Nº de Servidores		Capacidade de Armazenamento (Terabytes)	
		2002	2003	2002	2003	2002	2003
1	Brasil Telecom	12000	12500	900	818	300	400,0
2	Serpro	48914	42057	1235	2205	574	532,0
3	Embratel	12000	16000	400	600	60	130,0
4	Telefônica São Paulo	18900	16500	1054	1192	116	120,0
5	Telemig Celular	2000	2024	200	224	16	15,0
6	Unisys	2600	2300	210	230	9	9,4
7	Bandeirante Energia	824	960	58	75	2,8	7,0
8	Microsoft	450	600	30	35	2	5,0
9	Contax	10000	15000	200	320	2	5,0
10	Promon	1400	650	80	25	2	10,0
11	Microsiga	1000	1100	100	150	0,1	1,0
12	Itautec Philco	2500	2800	30	50	1,5	4,0
13	PrimeSys	332	450	50	25	1,7	3,0

De posse destas informações aplicou-se o modelo DEA-CRS (modificado), sob a ótica output, ou seja, minimizar os investimentos em TI feitos em 2003 em função do aumento nas variáveis operacionais de TI (nº de micros, nº de servidores e capacidade de armazenamento) de 2002 para 2003. Neste sentido foi obtido um indicador de performance dos investimentos, que mede a eficiência dos mesmos na geração de benefícios (aumento nas variáveis operacionais). Este indicador, que varia de 0 a 100, mostra o quão eficiente cada empresa é na relação custo x benefício dos investimentos em TI. O objetivo, em síntese, é obter os maiores benefícios com menores sacrifícios, ou seja, quanto maior o aumento nas variáveis operacionais e menores forem os investimentos feitos com este propósito maior é o

desempenho e, por conseguinte, o indicador de eficiência. O quadro 03 mostra a eficiência de cada uma das empresas analisadas, obtido pela aplicação do software de DEA denominado SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão).

Quadro 03 – Eficiência dos Investimentos em TI

Ranking Final	DMU Nº	Ranking InfoExame (2004)	Empresa	Eficiência
1	3	11	Embratel	100,00%
2	12	75	Itautec Philco	21,92%
3	1	6	Brasil Telecom	21,44%
4	4	14	Telefônica São Paulo	4,62%
5	9	64	Contax	3,62%
6	2	9	Serpro	1,98%
7	8	61	Microsoft	0,57%
8	10	71	Promon	0,30%
9	13	93	PrimeSys	0,05%
10	11	74	Microsig	0,05%
11	7	60	Bandeirante Energia	0,05%
12	5	28	Telemig Celular	0,05%
13	6	55	Unisys	0,04%

Com base nos resultados encontrados pode perceber que não existe um relacionamento claro entre os rankings da Revista InfoExame e aquele obtido neste trabalho. Além disso, pôde-se perceber que para se obter um melhor desempenho a empresa precisaria ter maiores aumentos em suas informações operacionais, para os investimentos feitos em TI.

Em outras palavras, somente verificando-se benefícios sólidos dos investimentos feitos em TI é que a empresa pode obter maior desempenho em relação a estes.

## 6. Conclusões e Considerações Finais

Com base no exposto pode-se perceber que o modelo apresentado tem o poder de discriminar as empresas em eficientes e não eficientes em relação aos investimentos em TI, levando em consideração as variáveis operacionais (número de microcomputadores, de servidores e de terabytes da capacidade de armazenamento) e o nível destes investimentos medido através da relação dos valores de investimento anual em TI e faturamento anual da empresa. Por conta disso, este pode auxiliar os gestores nas decisões de investimento e na alocação eficiente de recursos.

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 nível de investimento apresentado. Esta análise ainda tem a vantagem de respeitar aspectos relativos, ou seja, cada instituição é avaliada em função das outras apresentadas.

Por fim, vale ressaltar que este trabalho tem o propósito de iniciar a discussão da utilização de modelos DEA na análise da eficiência de investimentos em TI, procurando avaliar os impactos destes na eficiência organizacional. A busca por discussões neste tema não pára por aqui, em outras oportunidades continuaremos a propor novas alternativas de análise para auxiliar os gestores de TI em seu processo decisório.

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 instituições sob análise. É importante que numa próxima análise mais aprofundada se considere outras variáveis relevantes e outras organizações renomadas para a análise dos investimentos em TI.

## 7. Referências Bibliográficas

- BRODBECK, A. F., HOPPEN, N., OLIVEIRA, A. S. e MAIDENBAUM, A. Alinhamento entre Objetivos Organizacionais e Sistemas de Informação: um estudo de múltiplos casos. *Anais do XXVII ENANPAD*. Atibaia/SP: ANPAD, 2003.
- CHARNES, A. et al. *Data Envelopment Analysis*. 2 ed. Boston: KAP, 1994.
- COELLI, T. et al. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: KAP, 1998.
- FRONTINI, M. A. e LAURINDO, F. J. B. Avaliando Investimentos em TI através de Real Options. *Anais do IX SIMPEP*. Bauru: FEB/UNESP, 2002.
- GRAEML, A. R. O Valor da Tecnologia da Informação. *Anais do I SIMPOI*. São Paulo: FGVSP, 1998.
- LINS, M. P. E. e MEZA, L. A.. *Análise Envoltória de Dados: Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.
- MAÇADA, A. C. G. e BECKER, J. L. Measuring the Efficiency of Investments in Information Tecnology in Brazilian Banks. *Anais do II ICOQM*. Ahmedabad, Índia: XXX, 1999.
- MAÇADA, A. C. G., BECKER, J. L. e LUNARDI, G. L. Efetividade de Conversão dos Investimentos em TI na Eficiência dos Bancos Brasileiros. *Revista de Administração Contemporânea*. v. 9, n. 1, p. 9-33, 2005.
- MACEDO, M. A. S. A Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Consolidação de Medidas de Desempenho Organizacional. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Custos*. Porto Seguro: ABC, 2004.
- MACEDO, M. A. S., SANTOS, R. e BENAC, M. A. A Data Envelopment Analysis (DEA) in Computers Microprocessors Buying Decision. *Anais do X International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Florianópolis: ABEPRO, 2004a.
- MACEDO, M. A. S., SANTOS, R. e BENAC, M. A. Utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA) na Decisão de Compra de Hard Disk (HD) para Micro-Computadores. *Anais do VII SPOLM*. Niteroi: CASNAV, 2004b.
- MENDELSON, H. Organizational Architecture and Success in the Information Technology Industry. *Management Science*. v. 46, n. 4, p. 513-529, 2000.
- MURAKAMI, M. *Decisão estratégica em TI: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Programa de Administração de Empresas, USP, São Paulo, 2003.
- NOVAES, L. F. L. *Envoltória Sob Dupla ótica aplicada na avaliação imobiliária em ambiente do sistema de informação geográfica*. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia de Produção, UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.
- PIMENTA, H. L. N., MACEDO, M. A. e SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Decisão da Realização de Investimentos em Tecnologia da Informação com Análise Envoltória de Dados. *Anais do VI SPOLM*. Rio de Janeiro: CASNAV, 2003.
- PRADO Jr., S. T. A Evolução dos Conceitos Associados ao Alinhamento entre Gestão de TI e a Estratégia de Negócios. *Anais do XXVIII ENANPAD*. Curitiba: ANPAD, 2004.
- RAU, S. E. e BYE, B. S. Are You Getting Value from Your IT? *The Journal of Business Strategy*. v. 24, n. 3, p. 16-20, 2003.
- REVISTA INFOEXAME. As Empresas Mais Ligadas do Brasil. Edição 205. São Paulo: Abril, 2003.
- REVISTA INFOEXAME. As Empresas Mais Ligadas do Brasil. Edição 217. São Paulo: Abril, 2004.
- RODRIGUES, R. C. e RISCAROLLI, V. Alinhamento entre a Estratégia Corporativa e a Estratégia da Tecnologia da Informação. *Anais do XXVIII ENANPAD*. Curitiba: ANPAD, 2004.

- SACCOL, A. I. C. Z. Alinhamento Estratégico da Utilização da Internet e do Comércio Eletrônico: os casos Magazine Luiza e Fleury. *Anais do XXVII ENANPAD*. Atibaia/SP: ANPAD, 2003.
- SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão. Disponível em [www.uff.br/decisao](http://www.uff.br/decisao) e acessado em 03/10/2004.
- TEIXEIRA Jr., F. e PONTES, V. M. R. Alinhamento Estratégico: Estudo Comparativo das Percepções dos Executivos de Negócios e de TI. *Anais do XXVIII ENANPAD*. Curitiba: ANPAD, 2004.
- VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.