

JOBSON JONATHAN DE CAMPOS WADI

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA
GESTÃO DE PORTFÓLIOS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

SÃO PAULO

2010

JOBSON JONATHAN DE CAMPOS WADI

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA
GESTÃO DE PORTFÓLIOS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof^a Celma de Oliveira
Ribeiro

SÃO PAULO

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Wadi, Jobson Jonathan de Campos
Aplicação da análise de envoltória de dados (DEA) na gestão
de portfólios / J.J.C. Wadi. – São Paulo, 2010.
104 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Engenharia de produção 2. Administração de carteiras
3. Análise de desempenho 4. Modelos analíticos I. Universidade
de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia
de Produção II. t.

Aos meus pais e à minha família,
À minha namorada,
Aos meus amigos,
E a todas as pessoas que colaboraram para tornar possível a realização deste
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Professora Celma de Oliveira Ribeiro, sem a qual esse trabalho não seria possível. Agradeço às horas dedicadas à minha orientação, aos preciosos conselhos e críticas e, acima de tudo, à confiança em mim depositada.

Agradeço aos meus pais pela dedicação incondicional, pelos conselhos e suporte. E a preocupação em me oferecer as melhores possibilidades de estudo.

Sou grato a todos da empresa onde esse trabalho foi desenvolvido, pelos conhecimentos transmitidos e por tornar a minha experiência profissional tão agradável.

Também agradeço aos meus amigos tornaram mais enriquecedora a passagem pela Escola Politécnica da USP. Em especial, agradeço a convivência dos amigos que compartilharam comigo a excelente experiência de Duplo Diploma e compartilharam estudos e viagens durante dois anos em terras estrangeiras.

Agradeço também à minha namorada, com a qual divido momentos preciosos da minha vida, e que nunca poupou esforços em me ajudar, inclusive na edição deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo verificar a aplicabilidade da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Gestão de Portfólios, por meio da avaliação da eficiência financeira das empresas listadas na Bolsa de Valores de São Paulo. Para tanto, traçamos um panorama dos principais métodos atualmente utilizados para avaliação de empresas. Dessa análise é possível extrair quais são as mais importantes variáveis para análises financeiras, e assim desenvolver um modelo DEA que as utilize de forma a compor portfólios de ações. Para a avaliação deste modelo, comparar-se-á o desempenho das carteiras geradas com o principal índice da Bovespa. Além disso, o modelo de composição de portfólios proposto terá seu desempenho comparado com o modelo de Markowitz. Com tais comparações, é possível dizer que o modelo apresenta uma boa resposta, mas que ainda é necessário testá-lo com uma quantidade maior de variáveis; e que a inclusão de uma análise de risco sistêmico seria desejável.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Administração de Carteiras, Análise de Desempenho, Modelos Analíticos . .

ABSTRACT

The main purpose of this work is to use Data Envelopment Analysis model (DEA) for Portfolio Management, through the evaluation of the financial efficiency level of Bovespa's public listed companies. Being so, the main methods used to evaluate companies are analyzed in this research. From this analysis, it is possible to extract what are the most important variables used in financial evaluation, therefore using these variables in a DEA model aimed for equities portfolio composition. In order to evaluate this method, its performance will be compared to Bovespa's main equity index. Besides that, DEA model's performance will be compared to Markowitz's model. Afterall, it is possible to say that the DEA model presents positive results, nonetheless it still needs to be tested with more variables, and it would be improved with the addition of a systemic risk measurement.

Keywords: Management Engineering, Portfolio Management, Performance Analysis, Analytical Models

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Primeira Etapa do Processo de Média Ponderada de Rankings	54
Tabela 2: Segunda Etapa do Processo de Média Ponderada de Rankings	54
Tabela 3: Indicadores de Rentabilidade de Mercado Utilizados no Filtro de Desempenho	55
Tabela 4: Indicadores de Crescimento Utilizados no Filtro de Desempenho	55
Tabela 5: Indicadores de Rentabilidade Patrimonial Utilizados no Filtro de Desempenho	55
Tabela 6: <i>Ranking</i> de Eficiência segundo Modelo do Filtro para ano de 2005.....	57
Tabela 7: Possíveis Entradas e Possíveis Saídas do Modelo DEA - Ano Base 2005	64
Tabela 8: Exemplo de Restrições do PPL para a DMU VIVO4 para o Ano Base 2005	65
Tabela 9: Lambdas Aplicados à DMU VIVO4 para o Ano Base 2005	66
Tabela 10: <i>Ranking</i> de Eficiência obtido com o Modelo 02 para o ano de 2005	71
Tabela 11: Carteira Eficiente gerada com o Modelo 2 para o ano de 2005	72
Tabela 12: Carteira Ineficiente gerada com o Modelo 02 para o ano de 2005	72
Tabela 13: Resumo dos Resultados por Período e por Modelo comparados ao Ibovespa	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologia utilizada na pesquisa	20
Figura 2: Consumo de recursos vs Produção para retornos crescentes de escala	24
Figura 3: Consumo de recursos vs Produção para retornos constantes de escala	24
Figura 4: Consumo de recursos vs Produção para retornos decrescentes de escala	25
Figura 5: Gráfico de Fronteira de Eficiência	30
Figura 6: Orientação aos Insumos vs. Orientação ao Produto	31
Figura 7: Fronteira Eficiente de Markowitz.....	41
Figura 8: Métodos de Análise de Demonstrações Financeiras	43
Figura 9: Gráfico de desempenho de uma carteira gerada com dados para ano t	59
Figura 10: Desempenho da Carteira Eficiente vs Ibovespa para 2005	60
Figura 11: Desempenho da Carteira Eficiente vs Carteira Ineficiente para 2005	60
Figura 12: Desempenho da Carteira Eficiente vs Ibovespa para 2007	61
Figura 13: Desempenho da Carteira Eficiente vs Carteira Ineficiente para 2005	61
Figura 14: Modelo 01 – Primeira Combinação dos dados de Entrada e Saída	67
Figura 15: Modelo 02 – Segunda Combinação dos dados de Entrada e Saída	68
Figura 16: Modelo 03 – Terceira Combinação dos dados de Entrada e Saída	68
Figura 17: Critério de Análise do Modelo do Filtro	70
Figura 18: Desempenho da Carteira Eficiente vs Ibovespa para o Modelo 2 de 2005	73
Figura 19: Diferença de Desempenhos da Carteira Eficiente e do Ibovespa para o Modelo 2 de 2005.....	73
Figura 20: Desempenho da Carteira Eficiente vs Carteira Ineficiente para o Modelo 2 de 2005.....	74
Figura 21: Diferença de Desempenhos das Carteiras Eficiente e Ineficiente para o Modelo 2 de 2005.....	74
Figura 22: Critério de Análise do Modelo DEA.....	77
Figura 23: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2005	78
Figura 24: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2006	79
Figura 25: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2007	79

Figura 26: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2008	80
Figura 27: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2005	81
Figura 28: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2006	82
Figura 29: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2007	83
Figura 30: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2008	84
Figura 31: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2005	92
Figura 32: Resultados com as variáveis do Caso 1 desde o ano de 2005	92
Figura 33: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2005	93
Figura 34: Resultados com as variáveis do Caso 2 desde o ano de 2005	93
Figura 35: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2005	94
Figura 36: Resultados com as variáveis do Caso 3 desde o ano de 2005	94
Figura 37: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2006	95
Figura 38: Resultados com as variáveis do Caso 1 desde o ano de 2006	95
Figura 39: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2006	96
Figura 40: Resultados com as variáveis do Caso 2 desde o ano de 2006	96
Figura 41: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2006	97
Figura 42: Resultados com as variáveis do Caso 3 desde o ano de 2006	97
Figura 43: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2007	98
Figura 44: Resultados com as variáveis do Caso 1 desde o ano de 2007	98
Figura 45: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2007	99
Figura 46: Resultados com as variáveis do Caso 2 desde o ano de 2007	99
Figura 47: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2007	100
Figura 48: Resultados com as variáveis do Caso 3 desde o ano de 2007	100
Figura 49: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2008	101
Figura 50: Resultados com as variáveis do Caso 1 desde o ano de 2008	101
Figura 51: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2008	102
Figura 52: Resultados com as variáveis do Caso 2 desde o ano de 2008	102
Figura 53: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2008	103
Figura 54: Resultados com as variáveis do Caso 3 desde o ano de 2008	103

Figura 55: Resultados do Filtro de Desempenho para 2005	104
Figura 56: Resultados do Filtro de Desempenho para 2007	105

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS, MOTIVAÇÃO E METODOLOGIA	17
2.1 OBJETIVO.....	17
2.2. MOTIVAÇÃO.....	17
2.3. METODOLOGIA	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1 CURVAS DE PRODUÇÃO E ANÁLISES DE EFICIÊNCIA RELATIVA	23
3.2 MEDIÇÃO TOTAL VS MEDIÇÃO PARCIAL DE EFICIÊNCIA	26
3.3 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	28
3.3.1. <i>Modelo CRS</i>	31
3.3.1.1. Modelo CRS orientado a minimização dos insumos	31
3.3.1.2. Modelo CRS orientado a maximização dos produtos	33
3.3.2. <i>Modelo VRS</i>	34
3.3.2.1. Modelo VRS orientado a minimização dos insumos	34
3.3.2.2. Modelo VRS orientado a maximização dos produtos	35
3.4. EMPREGO DO DEA NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....	37
3.5. TEORIA DO PORTFÓLIO SEGUNDO MARKOWITZ.....	39
3.6. ANÁLISE FINANCEIRA DE EMPRESAS.....	42
3.6.1. <i>Análise financeira de empresas</i>	42
3.6.2. <i>Métodos de análise de Demonstrações Financeiras</i>	43
3.6.2.1. Modelos Tradicionais ou Qualitativos	43
3.6.2.2. Modelos Integrados.....	45
3.6.2.3. Modelos Estruturados	47
3.6.3. <i>Sistema DuPont de Análise</i>	48
3.6.3.1. DuPont Original.....	48
3.6.3.2. DuPont Expandida	49
4. CONSTRUÇÃO DE RANKINGS DE EFICIÊNCIA COM PONDERAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO	51
4.1. TÉCNICA DA MÉDIA PONDERADA DE RANKINGS (FILTRO DE DESEMPENHO)	51
4.2. ETAPAS DO PROCESSO.....	51
4.2.1. <i>Primeira etapa: Indicadores de desempenho</i>	52
4.2.2. <i>Segunda etapa: Rankeamento</i>	53
4.2.3. <i>Resumo do processo</i>	54
4.2.4. <i>Exemplo de Resultados</i>	54
4.2.5. <i>Análise de Resultados</i>	58

4.2.6. Conclusões sobre essa técnica	62
5. CONSTRUÇÃO DE RANKINGS USANDO DEA	63
5.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO	63
5.2. EMBASAMENTO DOS MODELOS (VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA)	63
5.3. CENÁRIOS DE ANÁLISE	67
5.4. CRITÉRIOS DE ANÁLISE DOS MODELOS PROPOSTOS.....	69
5.5. RESULTADOS	71
6. CARTEIRA DE MARKOWITZ	77
6.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO	77
6.2. RESULTADOS DA CARTEIRA DE MARKOWITZ.....	78
6.2.1. <i>Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2005</i>	78
6.2.2. <i>Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2006</i>	79
6.2.3. <i>Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2007</i>	79
6.2.4. <i>Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2008</i>	80
6.3. UMA COMPARAÇÃO ENTRE A CARTEIRA GERADA COM O MÉTODO DO DEA E O MÉTODO DE MARKOWITZ	81
6.3.1. <i>Ano de 2005</i>	81
6.3.2. <i>Ano de 2006</i>	82
6.3.3. <i>Ano de 2007</i>	82
6.3.4. <i>Ano de 2008</i>	83
7. CONCLUSÕES DO TRABALHO	85
7.1. PRINCIPAIS LIÇÕES	85
7.2. LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	86
7.3. COMPARAÇÕES ENTRE OS MODELOS QUANTITATIVOS ESTUDADOS.....	87
7.4. FUTUROS ESTUDOS	88
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
9. ANEXOS	92
9.1. RESULTADOS DESDE 2005.....	92
9.1.1. Caso 1	92
9.1.2. Caso 2	93
9.1.3. Caso 3.....	94
9.2 RESULTADOS DESDE 2006.....	95
9.2.1. Caso 1	95
9.2.2. Caso 2	96
9.2.3. Caso 3.....	97
9.3. RESULTADOS DESDE 2007	98
9.3.1. Caso 1	98
9.3.2. Caso 2	99

9.3.3. Caso 3.....	100
9.4. RESULTADOS DESDE 2008.....	101
9.4.1. Caso 1.....	101
9.4.2. Caso 2	102
9.4.3. Caso 3.....	103
9.5. RESULTADOS DO FILTRO DE DESEMPENHO PARA 2005.....	104
9.5.1. <i>Filtro de Desempenho 2005</i>	104
9.6. RESULTADOS DO FILTRO DE DESEMPENHO PARA 2007.....	105
9.6.1. <i>Filtro de Desempenho 2007</i>	105

1. INTRODUÇÃO

O papel e o objetivo das empresas são temas de ampla discussão em todas as esferas da sociedade, bem como os diferentes métodos de avaliá-las que podem levar em consideração a forma de atuação da empresa, a sua responsabilidade para com a sociedade e o meio onde está inserida, o atingimento ou não dos próprios objetivos propostos pela entidade, entre outras tantas variáveis, sejam qualitativas ou quantitativas.

Partindo do princípio de que as empresas devem sua existência a um suposto objetivo de geração de valor, que considera a utilização dos recursos por ela consumidos com o intuito de gerar um determinado produto, são consideradas mais eficientes as empresas que geram maior valor a partir de uma quantidade menor de recursos. A pergunta que norteou o presente trabalho consiste em descobrir se essa suposta geração maior de valor é refletida no valor das empresas listadas nas bolsas de valores a ponto de poder servir de base para a composição de uma carteira de investimentos.

Para tanto, o conceito de *Data Envelopment Analysis* será explorado aqui em conjunto com conceitos de finanças, avaliação de empresas e contabilidade, para que possamos obter um razoável conjunto de informações que possam ser utilizados para uma avaliação coerente de empresas. Também torna-se relevante, neste contexto, a escolha das variáveis a serem utilizadas como sendo parâmetros de criação de valor, assim como de consumo de recursos.

Isto posto, convém destacar que temas de amplo escopo dentro da grande área de Engenharia de Produção são tratados neste trabalho, dado que o mesmo traça uma ligação entre assuntos relacionados à problemas de programação linear como o *Data Envelopment Analysis* e assuntos de avaliação financeira de empresas e contabilidade.

2. OBJETIVOS, MOTIVAÇÃO E METODOLOGIA

2.1 *Objetivo*

Este trabalho tem como objetivo verificar a possibilidade da aplicação da técnica de DEA (*Data Envelopment Analysis* - ou Análise por Envoltória de Dados) como ferramenta de análise de eficiência financeira de empresas, sendo aplicada para a construção de portfólios de ações de empresas listadas na bolsa de valores de São Paulo. O DEA trata-se de uma técnica de medição de eficiência de entidades produtivas. Analisar-se-á, nesta pesquisa, a aplicabilidade de tal técnica para medir a eficiência de empresas do ponto de vista de produção de resultados financeiros. As empresas analisadas serão, em seguida, ordenadas em função de seu nível de eficiência e as empresas consideradas mais eficientes serão usadas para a composição dos portfólios. Por último, de forma a validar a análise proposta, o desempenho do portfólio composto pelas empresas eficientes será comparado com índices do mercado brasileiro de ações para diferentes períodos.

2.2. *Motivação*

A análise de eficiência de unidades produtivas é um tema de grande importância e é comum na literatura de Engenharia de Produção. Uma das técnicas atualmente disponíveis para a determinação do nível de eficiência é conhecida como DEA (*Data Envelopment Analysis*). O DEA é uma técnica não-paramétrica baseada em programação matemática, que tem ganhado atenção dos pesquisadores pelo potencial do seu emprego na avaliação do desempenho de empresas.

Outro tema de grande relevância é a análise de empresas através de suas demonstrações contábeis, seja para fins internos ou externos. O foco do trabalho aqui apresentado será do ponto de vista do investidor (externo), pois a ferramenta será

utilizada para a construção de portfólios, que trata-se de uma relevante utilização da análise financeira.

Neste cenário, apresentou-se a possibilidade de realizar uma pesquisa sobre a viabilidade da utilização da técnica acima citada para a determinação dos níveis de eficiência financeira de empresas, estabelecendo, portanto, ligação entre duas áreas de relevância na Engenharia de Produção.

2.3. Metodologia

Segundo o levantamento organizado por Miguel (2010), esta pesquisa pode ser reconhecida como sendo um estudo baseado em modelagem quantitativa em gestão de produção e operações, com ênfase na metodologia em pesquisa operacional.

Serão aqui utilizados modelos matemáticos que visam simular a realidade e compreender, de certa forma, a relação entre as variáveis das entidades aqui estudadas, produzindo um resultado quantitativamente mensurável e comparável entre si. A citação a seguir, retirada da publicação organizada por Miguel (2010), e que contou com a colaboração de diversos professores do Departamento de Engenharia de Produção da EPUSP, norteou a escolha da metodologia empregada neste trabalho:

Modelos quantitativos são modelos abstratos descritos em linguagem matemática e computacional, que utilizam técnicas analíticas (matemáticas, estatísticas) e experimentais (simulação) para calcular valores numéricos das propriedades do sistema em questão, podendo ser usados para analisar os resultados de diferentes ações possíveis no sistema. Modelos quantitativos compreendem um conjunto de variáveis de controle que variam em um domínio específico e variáveis de desempenho que inferem a qualidade das decisões obtidas a partir de relações causais e quantitativas definidas entre essas variáveis. Variáveis de desempenho podem tanto ter uma natureza física, como o nível de estoque de um produto ou o número de entregas atrasadas de um

produto, quanto variáveis econômicas, como lucros, custos ou receitas. Um grande diferencial desse tipo de abordagem é o de permitir a consideração simultânea das inter-relações descritas. (MIGUEL *et al.*, 2010)

Sendo assim, a metodologia que mais se adequa a este trabalho é a Pesquisa Empírica Quantitativa, por estar primariamente dirigida por descobertas e medidas empíricas, buscando uma adesão entre observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade.

Estes métodos permitem uma abordagem flexível, uma vez que, quando novas questões são levantadas durante a pesquisa, novas investigações são conduzidas buscando elucidar o problema.

Neste estudo, haverá uma clara prioridade para a geração de resultados quantitativamente mensuráveis que possam ser comparados entre si. Serão utilizadas, no entanto, suposições sobre eventos externos que possam afetar nossos resultados em casos específicos. Isso se dá porque os modelos aqui estudados não incorporam riscos sistêmico, ou seja, não adicionam variáveis externas que possam afetar as entidades aqui estudadas.

O estudo visa também obter uma breve descrição bibliográfica sobre os assuntos aqui tratados, principalmente o DEA, de modo a estabelecer um vínculo entre esta ferramenta e a análise de empresas sob o ponto de vista financeiro, que é o objeto de análise do presente trabalho. Os temas aqui em análise são multidisciplinares e envolvem diversas áreas de estudo, entre elas Pesquisa Operacional, Estatística e Finanças.

Para que os objetivos acima fossem atingidos, a pesquisa foi dividida em quatro etapas: (a) Pesquisa Bibliográfica; (b) Estudo de um modelo de análise: DEA; (c) Aplicação aos dados da Bolsa Brasileira e; (d) Análise dos Resultados Obtidos.

O gráfico abaixo ilustra o fluxo de tarefas para a realização deste estudo:

Figura 1: Metodologia utilizada na pesquisa

Na primeira etapa, uma breve análise bibliográfica sobre avaliação de eficiência com DEA foi conduzida. Neste primeiro momento, os principais modelos de DEA serão detalhados para que, em seguida, um modelo entre esses vários modelos de DEA seja escolhido para servir de base para as análises desta pesquisa.

Uma etapa à frente, é traçado um panorama sobre os objetivos da análise financeira de empresas e os principais métodos de análise, partindo dos modelos com maior escala de julgamento humano, ou mais qualitativos, até os mais quantitativos, ou seja, com menor escala de julgamento humano envolvido.

Na terceira etapa desta pesquisa, utilizaremos o modelo DEA selecionado para analisar dados referentes à empresas listadas na bolsa de valores de São Paulo. Os dados que serão analisados e utilizados como entrada para o modelo DEA serão resultado da etapa precedente, na qual os principais métodos de análise financeira são explicados. Os dados sobre a eficiência financeira de cada empresa serão utilizados para compor as carteiras de ações das empresas consideradas eficientes segundo o modelo aqui desenvolvido. Este estudo será conduzido para diferentes horizontes de tempo e diferentes tipos de dados de entrada e saída.

Finalmente, os resultados de desempenho das diferentes carteiras obtidas serão comparados com um índice *benchmark* que representa o desempenho da Bolsa de Valores de forma agregada. Para tanto, utilizaremos o índice Ibovespa, que é o índice de referência do mercado de ações nacional desde 1968 (BMF & Bovespa, 2010).

Entre as principais fontes de informação utilizadas nesta pesquisa, convém destacar o extensivo uso da Rede USP para pesquisas nos bancos de Dados Science Direct,

Springer, Capes, e outros para a busca de artigos já publicados sobre o tema. Outras fontes de informação de grande valor para esta pesquisa foram os bancos de dados do ECONOMATICA e BLOOMBERG, cujos dados alimentaram os modelos quantitativos aqui estudados, e que foram construídos utilizando-se o programa Microsoft Excel.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este tópico tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica do principal assunto tratado neste trabalho, que é o DEA. Os próximos parágrafos descreverão brevemente o conceito geral que a literatura traz sobre DEA e os subtópicos seguintes abordarão o tema em mais detalhes.

O DEA é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas. Essa ferramenta é uma técnica de Pesquisa Operacional (PO) que tem como base a Programação Linear convencional e que visa a avaliação e melhoria de desempenho de atividades, podendo ser aplicada sob diferentes maneiras. Exemplos incluem custo por unidade, lucro por unidade, satisfação do cliente por unidade de negócio, entre outras. Normalmente, estas medidas de eficiência adotam a forma da seguinte razão (COOPER et al., 2003):

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Saídas}}{\text{Entradas}}$$

De forma resumida, DEA permite avaliar a eficiência de cada unidade produtiva, considerando-se os recursos de que dispõe (entradas) e os resultados alcançados (saídas). Esta é uma medida bastante comum de eficiência. “Saída por hora trabalhada” ou “saída por operário” são exemplos que podem ser utilizados com vendas, lucro ou outras medidas no numerador. Estas medidas são conhecidas como “medidas parciais de produtividade”. Tal terminologia distingue estas medidas das medidas totais de produtividade, cuja razão saída sobre entrada leva em conta todos os relevantes resultados alcançados e recursos consumidos. A diferença entre esses dois tipos de medição de produtividade será abordado com mais detalhes no subtópico 3.2 Medição Total vs Medição Parcial de Produtividade, pois trata-se de um assunto de primordial importância ao se tratar de DEA.

Na abordagem de DEA desenvolvida por Charnes et al. (1978), desejava-se determinar a eficiência de unidades produtivas (DMU - *Decision Making Unit* – ou Unidades de Tomada de Decisão), quando não se deseja considerar somente o aspecto financeiro. O objetivo

de DEA consiste em comparar um certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de entradas que consomem e de saídas que produzem (MELLO et al., 2002).

Há dois modelos DEA clássicos (MELLO et al., 2003): o modelo CRS ou CCR (CHARNES et al., 1978), que considera retornos de escala constantes, e o modelo VRS ou BCC (BANKER et al., 1984 apud ARAUJO, 2008), que considera retornos variáveis de escala e não assume proporcionalidade entre entradas e saídas.

Para entender as diferenças entre os modelos, a revisão conceitual de medidas de eficiência será apresentada em três etapas distintas. Na primeira, será constituído uma base teórica sobre a qual se apóia o estudo de análise de eficiência produtiva em Economia. Na segunda etapa, será feita uma análise da importância de medidas totais de produtividade. A terceira etapa do estudo se apoiará sobre essa base conceitual e explicará a técnica DEA para medição de eficiência relativa de unidades.

3.1 Curvas de Produção e Análises de Eficiência Relativa

As curvas de produção são a base da análise de eficiência. As considerações em torno das curvas de produção visam definir uma relação entre recursos e produtos.

As hipóteses que são consideradas para a relação entre insumos e produtos determinam que (KASSAI, 2002):

1. Há retornos crescentes de escala se acréscimos no consumo de recursos implicam um aumento mais que proporcional na quantidade de produtos (ou ainda, economias de escala).
2. Há retornos constantes de escala quando acréscimos no consumo de recursos resultam em aumentos proporcionais na quantidade de produtos obtidos.
3. Há retornos decrescentes de escala na situação em que acréscimos no consumo de insumos acarretem aumentos menos que proporcionais na geração de produtos (também chamado de deseconomia de escala).

As hipóteses de retorno de escala são ilustradas nas próximas figuras:

Figura 2: Consumo de recursos vs Produção para retornos crescentes de escala

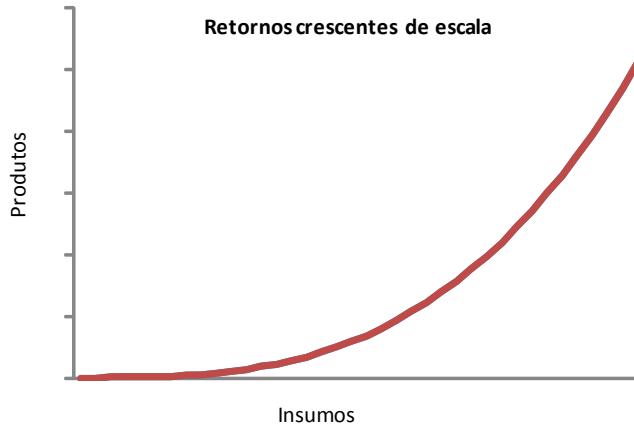
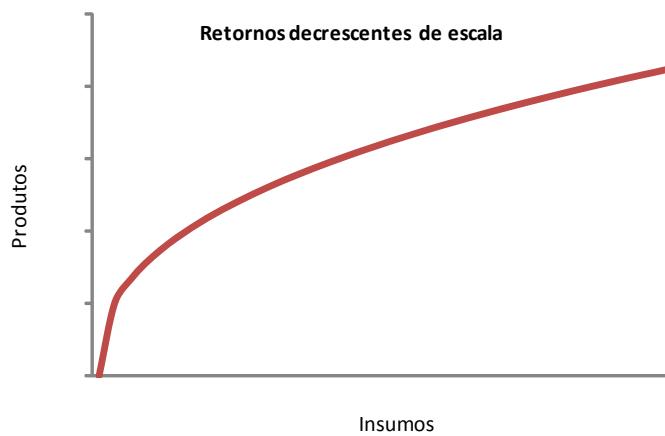


Figura 3: Consumo de recursos vs Produção para retornos constantes de escala



Figura 4: Consumo de recursos vs Produção para retornos decrescentes de escala

O ponto de lucro máximo pode ser determinado se for incluído na análise um vetor de preços para insumos e produtos. A programação linear é utilizada para resolver o sistema de inequações que permitirá maximizar os resultados, sendo atendidas as restrições com relação aos insumos e ao processo produtivo. É igualmente possível determinar o ponto de mínima utilização de recursos que atenda a determinado resultado almejado.

3.2 Medição Total vs Medição Parcial de Eficiência

Em um estudo publicado no International Journal of Management Science, Gold (1973) analisa a produtividade de unidades fabris nos Estados Unidos. Em seu estudo, descobriu-se que havia problemas ao analisar indicadores de produtividade que consideram somente um tipo de saída por entrada, como por exemplo, “peças por homem-hora”. Produção normalmente envolve a integração das contribuições de diversos tipos de materiais e insumos, uma variedade de habilidades profissionais, assim como numerosos tipos de equipamentos e um vasto conjunto de técnicas e esforços administrativos, tendo em vista a fabricação de certo produto.

Tendo essa limitação em vista, o estudo aponta que para se ter uma medida clara de eficiência produtiva, os diversos fatores devem ser levados em conta no cálculo de saída por entrada (ou produtos por insumo). Segundo Gold, considerar apenas uma saída por uma entrada (por exemplo, “peças por homem-hora”) pode levar a erros de interpretação tanto dos efeitos de mudanças neste indicador quanto na variável a ser trabalhada para se alcançar os resultados desejados.

De maneira a atender aos objetivos propostos pela administração através da utilização de indicadores de produtividade, a análise de produtividade ou eficiência deve ser transformada de modo a cobrir (GOLD, 1973):

- Mudanças no nível de cada categoria de entrada (ou insumo) por unidade de saída (ou produto), incluindo materiais, pessoas, investimentos, etc.;
- Mudanças nas proporções nas quais as entradas estão combinadas, tanto para poder analisar o possível efeito de substituições (por exemplo, comprar um certo item ao invés de produzí-lo) quanto para diferenciar os efeitos que cada entrada tem sobre a saída;
- Diferenciar os níveis produtividade de quando as entradas estão sendo completamente utilizada ou de quando há subutilização dos recursos (como por exemplo no caso de equipamento parado);

- Variações em cada um dos componentes da “rede de produtividade” deveria ser vista simultaneamente pelos administradores, que seriam capazes de ajustar a relação entre os componentes de modo a melhorar componentes relativos a um critério específico.

Sendo assim, para atender aos objetivos acima, o estudo afirma que o modelo de produtividade deveria identificar os diversos componentes parciais de produtividade relacionados e ligá-los de forma a estabelecer uma rede virtual de componentes de produtividade, deixando explícita as proporções em que eles são combinados.

Neste sentido, é possível dizer que o modelo proposto por Gold (1973) é ligado a uma estrutura lógica de decisão. Ao ter uma visão sistêmica do processo produtivo, conhecendo as variáveis de entrada, as variáveis de saída, com consequentes índices de eficiência global e locais, é possível identificar as etapas, ou subsistemas do processo nos quais é preciso agir com o objetivo de obter melhores resultados.

No tópico 4 (Análise Financeira de Empresas), analisar-se-á o modelo de *DuPont*, que trata-se de um modelo que decompõe a rentabilidade da empresa em subitens, sendo, portanto, um exemplo de um modelo com a estrutura proposta por Gold de medição total de produtividade. Estes dois argumentos servem de base ao estudo aqui desenvolvido, tanto no sentido de racionalizar o processo de medição de produtividade a partir de diversos parâmetros, quanto da escolha das suas variáveis.

3.3 Data Envelopment Analysis

A análise por envoltória de dados é resultado de pesquisas voltadas para soluções de problemas que envolvem programação linear. Consiste em uma metodologia de análise de eficiência que compara o desempenho de unidades produtivas, estabelecendo uma relação entre o uso de recursos exigidos em um determinado processo (*inputs*), e a quantidade de resultados obtidos do mesmo (*outputs*) (ARAUJO, 2008).

O DEA baseia-se em programação matemática e representa uma técnica não paramétrica, pois não utiliza uma mesma função pré-definida para todas as organizações na análise do relacionamento recursos-resultados (ARAUJO, 2008). DEA utiliza técnicas de Pesquisa Operacional (ou simplesmente PO) que podem calcular um grande número de variáveis e restrições. A PO é uma abordagem científica aplicada à tomada de decisões que envolve as operações de sistemas organizacionais (ATHAYDE, 2003). As técnicas de Pesquisa Operacional permitem calcular a combinação ideal de um grande número de variáveis que, obedecendo a um dado número de restrições, atinge o maior (ou menor) valor possível para uma função objetivo.

Almeida et al. (2006) traçaram um perfil da produção literária nacional e internacional sobre DEA. Em seu estudo, eles identificaram que os primeiros estudos relacionados a DEA foram desenvolvidos por Charnes et al. (1978), baseado no trabalho de Farrel (1957). A proposta inicial desenvolvida por Farrell (1957) sugere um modelo onde comparava as eficiências das organizações com a melhor eficiência até então observada, ao invés de compará-la com algum ideal inatingível. No entanto, este modelo considerava uma única entrada e uma única saída.

Os autores identificaram que, a partir disso, Charnes et al. (1978) ampliaram os seus estudos como base nos múltiplos entradas e saídas, por meio de modelos não paramétricos denominados de Data Envelopment Analysis (DEA) ou Análise Envoltória de Dados, com retorno constante de escala denominado modelo CCR (homenagem aos autores Charnes, Cooper e Rhodes) ou CRS (Constant Returns to Scale). O modelo CCR pressupõe retorno constante de escala, isto é, acréscimos no consumo de recursos resultam em aumento proporcional na quantidade obtida de produto. Este modelo permite

uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas de montantes das ineficiências identificadas.

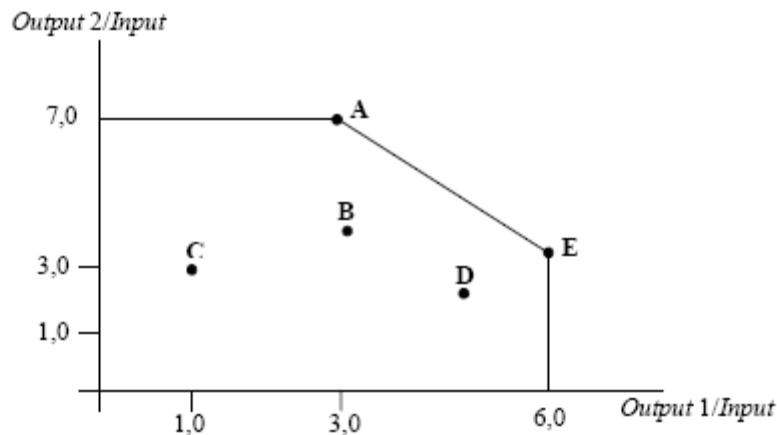
O estudo destes autores identificou ainda que Banker et al.. (1984 apud ARAUJO, 2008), eliminando a necessidade de rendimentos constantes de escala, desenvolveram uma nova modelagem para o DEA, assumindo um retorno variável de escala, denominado BCC (que deriva dos nomes dos autores Banker, Channes e Cooper) ou VRS (Variable Returns to Scale). Este modelo estabelece distinção entre ineficiências técnicas e de escala, estimando a eficiência técnica pura, a uma dada escala de operações, e identificando se estão presentes ganhos de escala crescente, decrescente e constante, para futura exploração (KASSAI, 2002).

Segundo Kassai (2002), as DMUs (DMU - Decision Making Units) podem ser grupos empresariais, empresas individuais, departamentos, divisões ou unidades administrativas, mas devem atender os seguintes requisitos:

- as unidades em análise devem ser comparáveis;
- devem atuar sob as mesmas condições;
- os fatores (insumos e produtos) devem ser os mesmos para cada unidade, diferindo apenas na intensidade e magnitude.

De forma similar, Araujo (2008) diz que a técnica DEA compara um determinado número de DMUs, de atribuições similares, mas que diferem entre si pelo montante de *inputs* que necessitam para realizar seu negócio-propósito, e de *outputs* que resultam de sua função.

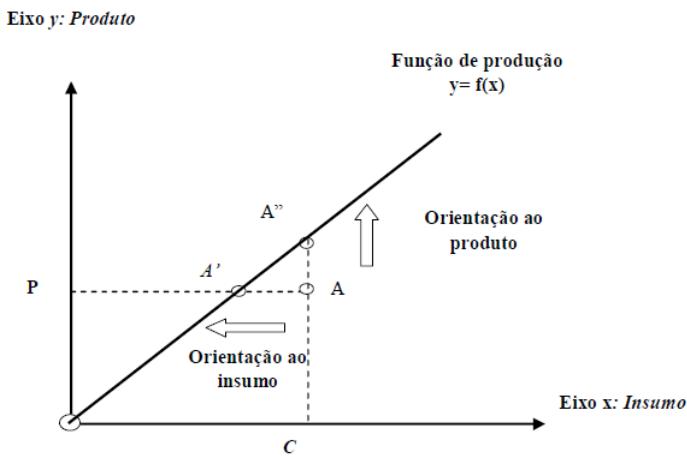
Segundo Araujo (2008), o objetivo da técnica DEA é construir um conjunto de referência convexo e assim, as DMUs podem ser classificadas em unidades eficientes ou ineficientes, tendo como parâmetro delineador uma fronteira de eficiência.

Figura 5: Gráfico de Fronteira de Eficiência

Fonte: ARAUJO (2008)

O autor ressalta que ao se calcular a eficiência por técnicas que traçam uma fronteira, adota-se a convenção de que as unidades localizadas na fronteira de eficiência são tidas como eficientes, ao passo que as unidades ineficientes se localizam sob a curva.

Outro ponto importante ressaltado por diversos autores (ARAUJO (2008), ALMEIDA (2006), KASSAI (2002), entre outros) é que tal técnica pode ser utilizada para solucionar problemas de duas formas diversas: com orientação para produtos (outputs) ou para insumos (inputs). A orientação para insumos determina que o sistema procure uma redução na quantidade de insumos utilizados para produzir uma quantidade constante de produtos. A orientação para produtos, por sua vez, determina que o sistema procure maximizar a quantidade de produtos mantendo o número de insumos constante. A próxima figura ilustra tal conceito:

Figura 6: Orientação aos Insumos vs. Orientação ao Produto

Fonte: ARAUJO (2008)

Nos próximos tópicos, serão apresentados os conceitos relativos aos dois diferentes tipos de modelos de DEA.

3.3.1. Modelo CRS

O modelo CRS constrói uma superfície linear, por partes, não paramétrica, envolvendo os dados. Trabalha com retornos constantes de escala, o que significa que determinada variação nas entradas (ou *inputs*) tem como consequência uma variação proporcional nas saídas (ou *outputs*) (MELLO, 2005).

3.3.1.1. Modelo CRS orientado a minimização dos insumos

Este modelo determina a eficiência pela otimização da divisão entre a soma ponderada das saídas (*output virtual*) e a soma das ponderada das entradas (*input virtual*). O modelo permite que cada DMU escolha os pesos de cada variável (entrada ou saída) da forma que lhe for mais benéfico, desde que esses pesos aplicados às outras variáveis não gerem uma razão superior a 1 (MELLO, 2005).

Essas condições são formalizadas nas seguintes equações, onde Eff é a eficiência da DMU em análise; v_i, u_j são os pesos de *inputs* $i = 1 \dots r$, e *outputs*, respectivamente; x_{ik} e

y_{jk} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU k , $k = 1 \dots n$; ; x_{io} e y_{jo} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU o .

$$\text{Max} \quad Eff_o = \left(\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}} \right); \text{ sujeito a} \quad (3.1)$$

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k \quad (3.2)$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j \quad (3.3)$$

O problema apresentado é de programação fracionária, que deve ser resolvido para cada uma das DMUs e pode ser transformado em um Problema de Programação Linear (PPL). Para tal, obriga-se que o denominador da função objetivo deva ser igual a uma constante, normalmente igual à unidade. A formulação do modelo CCR apresentada na sua forma de PPL nas seguintes equações. Nesse modelo as variáveis de decisão são v_i e u_j .

$$\text{Max} \quad Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo}; \text{ sujeito a} \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^r v_i x_{io} = 1 \quad (3.5)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \quad (3.6)$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j \quad (3.7)$$

A estrutura matemática desses modelos permite que uma DMU seja considerada eficiente com vários conjuntos de pesos. Em particular, podem ser atribuídos zeros a alguma *input* ou *output*, significando que tal variável foi desconsiderada na avaliação.

Até este momento usamos o PPL chamado de Modelo dos Multiplicadores com orientação a minimização dos insumos. A denominação de orientação a insumos vem do fato de a eficiência ser atingida com redução dos mesmos, o que é melhor visualizado no dual desse modelo, apresentado nas equações a seguir e conhecido como Modelo do Envelope. Por serem duais, os dois modelos têm o mesmo valor para a função objetivo.

$$\text{Min} \quad h_o \text{ sujeito a} \quad (3.8)$$

$$h_o x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (3.9)$$

$$-y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (3.10)$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (3.11)$$

A função objetivo representa a eficiência, que é o valor que deve ser multiplicado por todos os *inputs* de forma a obter valores que coloquem a DMU na fronteira eficiente (ou seja, provoca decréscimo no valor dos *inputs*). O primeiro conjunto de restrições garante que essa redução em cada um dos *inputs* não ultrapasse a fronteira definida pelas DMUs eficientes. O segundo grupo de restrições garante que redução nos *inputs* não altere o nível atual dos *outputs* da DMU.

Enquanto no Modelo dos Multiplicadores, os pesos são as variáveis de decisão, no Modelo do Envelope são h_o e λ_k 's.

3.3.1.2. Modelo CRS orientado a maximização dos produtos

Pode-se, ao contrário do modelo anterior, desenvolver um modelo que maximiza as saídas mantendo inalteradas as entradas. Neste modelo, que será apresentado nas equações a seguir, as variáveis de decisão são as mesmas do modelo orientado a entradas. Em contrapartida, h_o representa por quanto todos os produtos devem ser multiplicados, mantendo-se constante os recursos, para a DMU atingir a fronteira eficiente. Vemos que h_o é, então, um número maior que 1 (provoca incremento no valor

das saídas), pelo que a eficiência é $\frac{1}{h_o}$.

Vale ressaltar que no caso do modelo CRS, as duas equações fornecem o mesmo valor de eficiência, no entanto, com λ 's diferentes.

3.3.2. Modelo VRS

O modelo VRS considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre entradas e saídas pelo axioma da convexidade. Ao obrigar que a fronteira seja convexa, o modelo VRS permite que DMUs que operam com baixos valores de entradas tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos descrescentes de escala (MELLO, 2005).

Matematicamente, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional ao Modelo do Envelope, que passa a ser o indicado no item 3.3.2.1 para orientação a entradas, e 3.3.2.2 para orientação a saídas.

3.3.2.1. Modelo VRS orientado a minimização dos insumos

$$\text{Min} \quad h_o \text{ sujeito a}$$

$$h_o x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (3.12)$$

$$-y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (3.13)$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad (3.14)$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (3.15)$$

O dual deste modelo de PPL gera o modelo VRS dos Multiplicadores orientados a *inputs* nas equações a seguir:

$$\text{Max} \quad Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} + u_*; \text{ sujeito a} \quad (3.16)$$

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \quad (3.17)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* \leq 0, \forall k \quad (3.18)$$

$$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re \quad (3.19)$$

3.3.2.2. Modelo VRS orientado a maximização dos produtos

Max h_o sujeito a

$$x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (3.20)$$

$$-h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (3.21)$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad (3.22)$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (3.23)$$

O dual deste modelo de PPL gera o modelo VRS dos Multiplicadores orientados a *outputs* nas equações a seguir:

$$\text{Min} \quad Eff_o = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_*; \text{ sujeito a} \quad (3.24)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \quad (3.25)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* \leq 0, \forall k \quad (3.26)$$

$$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re \quad (3.27)$$

Tendo em vista o conceito de DEA apresentado até o momento, os próximos tópicos irão apresentar algumas aplicações do DEA na Engenharia de Produção para em seguida discutir como o DEA pode ser aplicado para a construção de *rankings* de eficiência financeira de empresas.

3.4. Emprego do DEA na Engenharia de Produção

No item anterior, foi feita uma breve descrição sobre a origem e funcionamento do DEA. Com o objetivo de ampliar esse horizonte, neste tópico serão buscadas algumas diferentes utilizações do DEA disponíveis na literatura sobre o tema.

Golany et al. (2005) apresentaram um trabalho que envolve a metodologia de DEA para a construção e avaliação de projetos de Pesquisa & Desenvolvimento. Na pesquisa por eles apresentada, é proposta uma metodologia para a construção, análise e seleção de projetos de P&D (Pesquisa & Desenvolvimento) eficientes, efetivos e balanceados. Para tanto, os autores usam o DEA para quantificar algumas das variáveis qualitativas do método BSC (*Balanced Scorecard*).

Mello et al. (2002) aplicam a metologia DEA para avaliar a eficiência de companhias aéreas brasileiras e compará-las entre si. Em tal pesquisa, são utilizados no modelo dados específicos do setor como, por exemplo, número de passageiros transportados em um dado período, utilização de combustível, pessoal de vôo, entre outras variáveis. Com tais variáveis no modelo, os autores determinaram o índice de eficiência para companhias aéreas que operavam em escala semelhante.

Em um estudo aplicado ao mercado bancário brasileiro, Staub et al. (2010) mostraram que DEA pode também ser utilizada para análise da eficiência de entidades do setor financeiro. Neste estudo foram utilizados dados fornecidos pelo Banco Central do Brasil referentes ao período de 2000 a 2007, analisa-se a eficiência de bancos brasileiros do ponto de vista tecnológico, de alocação de recursos e de custos.

Santana (2008) apresentou uma dissertação de mestrado sobre o tema, identificando a relação entre investimentos em Responsabilidade Socioambiental e o Valor da Empresa, em empresas distribuidoras de energia elétrica. Em sua pesquisa, o autor aplicou o método DEA em 20 empresas distribuidoras de energia elétrica no Brasil, no período entre 2002 e 2006, para identificar a correlação entre variáveis relacionadas ao conceito de Responsabilidade Socioambiental e Valor da Empresa.

Em uma pesquisa que possui objetivos similares a este trabalho de formatura, Edirisinghe et al. (2007) utilizam a técnica de DEA de forma a analisar as demonstrações financeiras

publicadas por empresas listadas na bolsa de valores para criar um indicador financeiro que fosse capaz de prever os retornos apresentados pela ação listada da empresa. Os autores chamam este indicador de Índice de Força Relativa (*RFSI* do inglês *Relative Financial Strength Indicator*). O índice criado pelos autores foi aplicado então a 230 empresas de tecnologia norte-americanas com o objetivo de composição de carteira. Um passo adiante, as ações selecionadas para a carteira são monitoradas com o índice de forma a também demonstrar a utilidade do modelo para gestão do risco da carteira.

Como é possível notar pelos exemplos acima citados, há diversas áreas diferentes nas quais a metodologia do DEA torna-se útil para analisar as variáveis que afetam um determinado sistema e os níveis de eficiência de utilização destas mesmas variáveis. Os exemplos têm em comum o fato de utilizarem uma metodologia pertencente à Engenharia de Produção e, mais especificamente, à Pesquisa Operacional.

3.5. Teoria do Portfólio segundo Markowitz

Harry Markowitz (1952) apresentou a Teoria Moderna de Portfolios (ou do original em inglês *Modern Portfolio Theory*) em 1952 em um artigo que apresenta conceitos de diversificação, variância do portfólio e fronteira eficiente, com o objetivo de demonstrar que para a análise de risco e retorno, deve-se levar em conta o portfólio como um todo. Isso vai em contraponto com os métodos anteriormente utilizados, que consideravam apenas os riscos individuais dos ativos.

Segundo Markowitz, o processo de composição de um portfólio é dividido em dois estágios. O primeiro começa com as observações e experiências e termina com suposições sobre o desempenho futuro dos ativos. O segundo estágio começa com previsões embasadas sobre o desempenho futuro dos ativos e termina com a escolha do portfólio.

Em sua análise, Markowitz faz duas suposições:

- (1) O investidor considera (ou deveria considerar) retorno esperado como sendo algo desejável;
- (2) O investidor considera (ou deveria considerar) a variância do retorno como sendo algo indesejável.

Sendo assim, a partir de certas informações sobre o desempenho dos ativos, como o retorno esperado e a variância do desempenho passado do mesmo conjunto de ativos, o autor desenvolveu um modelo de média-variância que propõe a alocação ótima dos portfólios ao mesmo tempo em que reduz o risco de perda, que no modelo é representado pela variância, dado um nível de retorno esperado.

O retorno do portfólio, segundo este modelo, é a média ponderada dos retornos individuais dos ativos, onde w_i representa o peso alocado ao ativo i . Sendo assim, o retorno segue um comportamento linear dependente do peso de cada ativo i . A variância segue, de modo diferente, um comportamento quadrático, dado que se trata da somatória ponderada dos desvios padrões, pesos e correlação dos ativos. Com o objetivo de chegar a um portfólio ótimo, a função objetivo é a minimização da variância do portfólio

considerando $\sum_i w_i = 1$, que é a equação que garante a alocação total do ativos. O modelo é formulado como segue (CHI, 2008):

$$\text{Min} \sigma_P^2 = \sum_i \sum_j w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} \quad (3.28)$$

Sujeito a:

$$R_P = \sum_i w_i R_i \quad (3.29)$$

$$\sum_i w_i = 1 \quad (3.30)$$

$$w_i \geq 0, \forall i \quad (3.31)$$

Onde:

R_P = retorno do portfólio P

R_i = retorno do ativo i

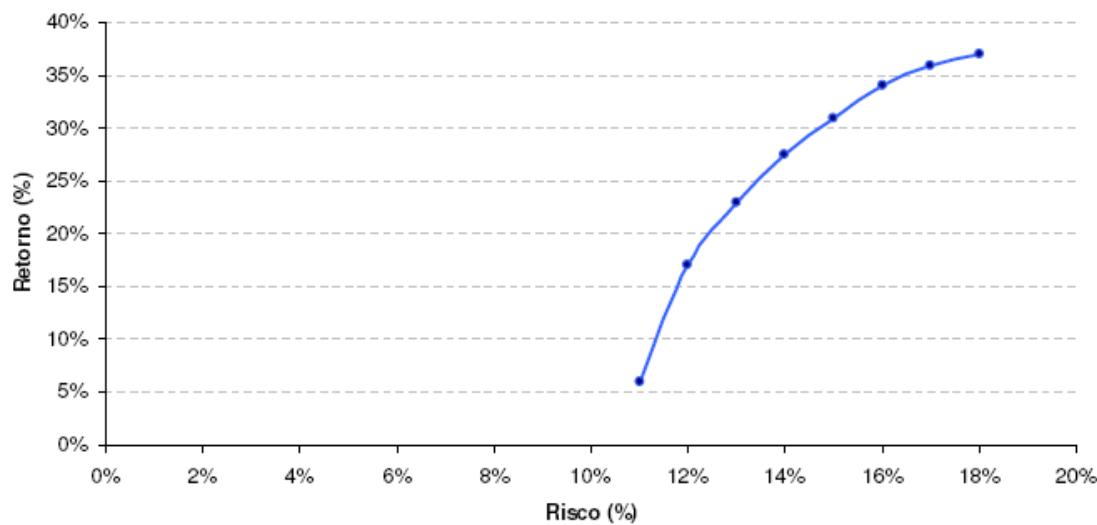
w_i = peso do ativo i no portfólio P

σ_P^2 = variância do portfólio P

ρ_{ij} = correlação entre o ativo i e o ativo j

Além disso, Markowitz analisa o conceito de fronteira eficiente, que apresenta uma curva cujos eixos de valor são representados pelo risco no eixo x (representado pelo desvio padrão do portfólio), e pelo retorno esperado do portfólio no eixo y. A curva indica, para cada nível de risco aceitável pelo investido, o retorno máximo esperado (CHI, 2008).

Cada ponto da curva, como é possível notar no gráfico abaixo, representa um rendimento esperado dado um aceitável nível de risco. Todos os pontos abaixo da curva representam pontos não ótimos, ou seja, há, para o nível de risco implícito num ponto abaixo desta curva, um possível rendimento maior. Por conseguinte, o investidor, segundo o critério de Markowitz procura se manter em pontos da curva.

Figura 7: Fronteira Eficiente de Markowitz

Fonte: CHI (2008)

3.6. Análise Financeira de Empresas

3.6.1. Análise financeira de empresas

A análise de resultados financeiros das empresas é possível através da elaboração de relatórios financeiros por estas publicados. Tais relatórios consistem na maneira como as empresas mostram seu desempenho financeiro aos investidores, aos credores e à outras partes envolvidas através da preparação e apresentação das demonstrações financeiras. O papel da elaboração de relatórios financeiros é descrito pelo Comitê Internacional de Padrões Contábeis (do inglês *IASB – International Accounting Standards Board*) no Modelo para Preparação e Apresentação de Demonstrações Contábeis:

O objetivo das demonstrações financeiras é fornecer informações sobre a posição financeira, desempenho e mudanças na posição financeira de um entidade, que são úteis para um amplo grupo de usuários na tomada de decisões econômicas. (IASB, 2001)

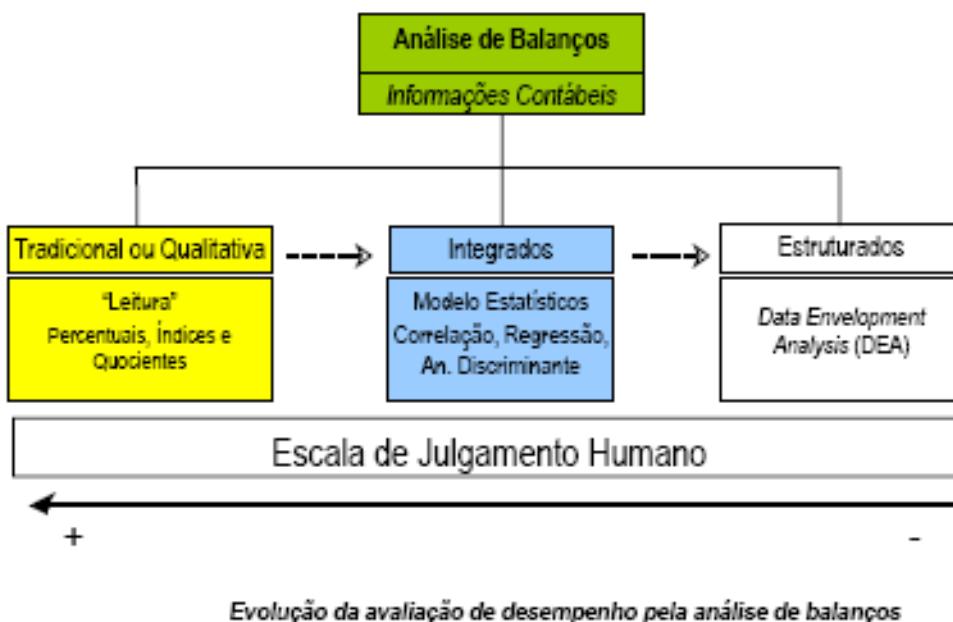
O papel da análise de demonstrações financeiras é usar as informações disponíveis em uma demonstração financeira junto com outras informações relevantes, para a tomada de decisões econômicas. Exemplos de decisões incluem por exemplo investir em uma empresa com capital próprio ou recomendá-la para investidores; aumentar o limite de crédito de uma determinada empresa ou diminuí-lo; entre outros. Analistas usam dados advindos das demonstrações financeiras para avaliar o desempenho passado de uma empresa e a sua atual situação financeira de forma a construir uma estimativa da habilidade da empresa em gerar lucros e fluxo de caixa no futuro (ASSAF, 2008).

A contabilidade, como processadora de dados referentes ao patrimônio das empresas, é quem tem a visão geral e específica do comportamento dos dados (influências internas e externas), que poderão demonstrar lucros ou perdas para a entidade (SILVA, 2004). Sendo assim, tanto do ponto de vista do investidor externo quanto do administrador, é desejável associar este conhecimento à técnicas matemáticas que nos permitam entender o impacto das decisões contábeis da empresa na sua avaliação. É importante, dessa forma, entender como o conceito de eficiência está ligado aos conceitos de contabilidade e finanças.

Para entender, portanto, a ligação dos conceitos de contabilidade com a análise financeira de empresas, será traçado no próximo tópico um breve histórico dos métodos disponíveis de leitura de demonstrações contábeis para fins de avaliação financeira. No tópico 3.6.3, será feito uma estudo do sistema DuPont de Análise. O sistema DuPont de análise é o método mais amplamente utilizado para análise de rentabilidade financeira de uma empresa (BURNS et al., 2008).

3.6.2. Métodos de análise de Demonstrações Financeiras

Figura 8: Métodos de Análise de Demonstrações Financeiras



Fonte: KASSAI (2002)

3.6.2.1. Modelos Tradicionais ou Qualitativos

A análise financeira de empresas do ponto de vista tradicional é normalmente utilizada como suporte para decisões de investimento ou concessão de financiamento e é, normalmente, pouco padronizada, demanda tempo na preparação de informações e condução das conclusões (KASSAI, 2002).

É importante notar que, assim como existem diferentes componentes das demonstrações financeiras de uma empresa (Balanço Patrimonial, Demonstração dos Resultados do Exercício, Demonstração do Fluxo de Caixa, entre outras), existem diferentes formas de “ler” tais demonstrações. As principais são detalhadas nos subtópicos a seguir.

Análise Vertical e Análise Horizontal

Uma das mais importantes técnicas ao se quantificar a riqueza das informações geradas para a avaliação do desempenho empresarial é a análise vertical e horizontal de suas demonstrações financeiras. Assaf (2006) diz que a análise de uma empresa é basicamente estruturada por meio de comparações, tanto de indicadores do passado quanto de indicadores setoriais. Além disso, acrescenta o autor, essa análise deve ser completada pela comparação com outros indicadores relacionados (por exemplo, lucro com vendas, capital de giro com ativo total etc.), e também pela evolução dos montantes patrimoniais e de resultados ao longo do tempo, o que permite ao analista identificar tendências futuras. Sendo assim, conclui o autor, as comparações dos valores absolutos através do tempo (análise de suas evoluções) e, entre si quando se trata dos valores relacionáveis na mesma demonstração, são desenhadas, respectivamente, pela análise horizontal e pela análise vertical das demonstrações financeiras.

Há ainda, segundo Kassai (2002), a possibilidade de utilização de ambas as análises ao mesmo tempo, o que é conhecido como Análise Ponderada. A análise ponderada leva em conta ao mesmo tempo a variação de uma determinada linha em relação ao tempo e em relação a outra conta comparável. Suponha, por exemplo, que determinada conta do balanço patrimonial da empresa tenha sofrido um aumento de 150% de um período a outro, mas a razão desta conta em relação ao total as conta do mesmo grupo seja de somente 10%. A análise ponderada é a multiplicação dos valores encontrados nas Análise Vertical e Horizontal e, para o caso em questão, o percentual ponderado obtido seria de 15%. Essa conta teria, portanto, menor importância relativa do que outra conta que possuísse uma razão maior do que 10% em relação ao total.

Análise de Indicadores Contábeis

Segundo Assaf (2006), a técnica de análise mais comumente utilizada consiste no cálculo de índices econômico-financeiros, ou simplesmente quocientes, que relacionam os diversos valores das demonstrações financeiras publicadas pelas empresas. Entre os principais quocientes, podem ser citados:

- **Liquidez:** visam medir a capacidade de pagamento (folga financeira) de uma empresa, ou seja, sua habilidade em cumprir corretamente as obrigações passivas assumidas;
- **Atividade:** visam a mensuração das diversas durações de um “ciclo operacional”, o qual envolve todas as fases operacionais típicas para uma compania, que vão desde a compra de insumos até o recebimento das vendas;
- **Rentabilidade:** visam medir os resultados atingidos pela empresa em relação a determinados parâmetros. Os retornos podem ser comparados ao Ativo (investimento total – ROA, do inglês *Return on Assets*) ou ao Patrimônio Líquido (investimento dos acionistas – ROE, do inglês *Return on Equity*). Há ainda o retorno sobre investimento (ROI, do inglês *Return on Investment*), cuja conta deduz os passivos de funcionamento do valor dos ativos. Entre os indicadores de rentabilidade, estão incluídos também as margens bruta, operacional e líquida.
- **Endividamento:** são utilizados para medir a estrutura das fontes de recursos da empresa, distinguindo entre capital próprio e capital de terceiros.

3.6.2.2. Modelos Integrados

Um estudo publicado por Kassai (2002) faz um resumo dos principais Modelos Integrados de análise de demonstrações financeiras. O objetivo dos modelos integrados é condensar a informação, afastando a subjetividade do analista. Entende-se o desempenho de uma empresa como um fator multidimensional, de modo que é necessária a sua expressão mediante uma análise conjunta de indicadores.

Algumas pesquisas, como as que estão citadas a seguir, apontam para o desenvolvimento de métodos que permitam a obtenção de uma medida sintética e única,

que considera na sua composição diversas variáveis e os respectivos fatores para sua ponderação.

Análise de Regressão Linear: Utiliza-se a análise de regressão linear para medir o poder explicativo de algumas variáveis (ou variáveis independentes) sobre a variável em estudo (ou variável dependente). Isso é feito através da definição de uma equação que relaciona as variáveis (KASSAI, 2002).

Análise Discriminante (ou Classificatória): A análise discriminante trata-se de uma técnica estatística utilizada para classificar as entidades com problemas que contenham não apenas variáveis numéricas, mas também certas variáveis de natureza qualitativa (cita-se como exemplo, empresas “solventes” e “insolventes”).

Análise de Regressão Logística: A análise de regressão logística trata-se uma técnica de análise multivariada de dependência que permite estimar a probabilidade de ocorrência de um evento e identificar as variáveis independentes que contribuem efetivamente para a sua predição (MATIAS, 1996, apud KASSAI, 2002). Segundo o autor, a análise de regressão logística estima diretamente a probabilidade de ocorrência de um evento.

Análise Fatorial: Segundo Corrar (1981 apud KASSAI, 2002), a Análise Fatorial é uma técnica utilizada para a seleção de indicadores, um método analítico que reduz a complexidade das variáveis a maior simplicidade. A técnica pode ser aplicada a indicadores contábeis, financeiros, ou operacionais. A simplificação e seleção dos indicadores, quando em grande número, reduz a complexidade do problema, uma vez que um grande número de fatores pode ser sintetizado em apenas alguns fatores com a técnica.

Indicador da Saúde Econômico-Financeira das Empresas (ISEF): O indicador adota como princípio fundamental que para uma empresa ser econômica e financeiramente saudável, ela deve ter um equilíbrio entre liquidez e rentabilidade (BRAGA, 1999, apud KASSAI, 2002).

O indicador, segundo o autor, analisa primeiramente a composição das empresas por meio do seu capital circulante líquido, o investimento em giro e a diferença entre ambos que é denominada de saldo de tesouraria. Em seguida, o modelo considera a

rentabilidade da empresa, que é avaliada segundo o retorno sobre o capital próprio, com base na fórmula *DuPont* (que servirá, inclusive, de base para a escolha das variáveis do modelo construído neste estudo). Por último, o modelo pondera a situação financeira e a rentabilidade da empresa para chegar ao índice ISEF.

Ainda segundo o autor, ao cruzar as informações obtidas de situação financeira e desempenho, foi possível observar que as empresas com melhor situação financeira foram as que tiveram melhor desempenho no período em análise.

3.6.2.3. Modelos Estruturados

Segundo Kassai (2002), entende estruturação como sendo a determinação de etapas de análise sucessivas, colocadas em uma sequência lógica, de forma a conduzir o analista às conclusões ou de apontar a necessidade de obter maiores informações.

A autora diz que um modelo estruturado de análise não elimina a necessidade dos outros modelos, mas sim nutre-se das informações retiradas deles num modelo que funciona de forma sequencial e progressiva, em etapas. Em uma primeira etapa, por exemplo, é necessária a compreensão das informações contidas nas demonstrações contábeis. Na segunda etapa são calculados os índices e quocientes tradicionais. A etapa adicionada ao processo para que se tenha um Modelo Estruturado se serve das etapas anteriores, de modo que considera todas as informações que adequadas para encontrar modelos de excelência (empresas eficientes) que sirvam de referência, de comparação, para as outras empresas em análise.

3.6.3. Sistema DuPont de Análise

Este tópico merece destaque dentro do contexto do presente trabalho, pois serviu de base para justificar conceitualmente a utilização dos dados de entrada e saída do modelo utilizado. O sistema de análise DuPont consiste em uma abordagem que pode ser usada para analisar Retorno sobre o Capital Próprio (ROE, do inglês *Return on Equity*). Esse sistema usa álgebra básica para expandir o ROE em diferentes indicadores contábeis considerados importantes na mensuração de eficiência financeira de uma companhia.

Segundo Burns et al. (2008), a análise DuPont original, criada em 1919 pelo executivo financeiro da companhia E.I. Du Pont de Nemours & Co., divide o ROE em três indicadores contábeis, que são a Margem de Lucro, o Giro do Ativo e a Alavancagem Financeira. Uma forma avançada do sistema DuPont tem sido largamente estudada e pode ser encontrada nos recentes livros de contabilidade, e divide o ROE em 5 indicadores. Este sistema introduz o Retorno sobre Ativo Operacional na análise e claramente separa o efeito da alavancagem financeira e das atividades operacionais (BURNS et al., 2008).

Nos próximos subtópicos, as duas formas do sistema DuPont serão estudadas com mais detalhes, de forma a entender qual é o impacto deste tipo de análise na eficiência financeira de uma empresa.

3.6.3.1. DuPont Original

Para chegar-se aos componentes da análise DuPont, seja ela a forma original ou a forma expandida, começa-se por definir ROE como:

$$ROE = \frac{LL}{PL}$$

LL = Lucro Líquido

PL = Patrimônio Líquido

A média do final do ano do Patrimônio Líquido pode ser usada para o cálculo do ROE. Multiplicando esse valor por Receita Líquida, e rearranjando os termos da equação, obtemos:

$$ROE = \left(\frac{LL}{RL} \right) \left(\frac{RL}{PL} \right)$$

Onde, RL = Receita Líquida

O primeiro termo da equação corresponde à Margem de Lucro e o segundo termo ao Giro do Patrimônio Líquido.

É possível ainda expandir esta equação rearranjando os termos da seguinte forma:

$$ROE = \left(\frac{LL}{RL} \right) \left(\frac{RL}{A} \right) \left(\frac{A}{PL} \right)$$

Onde, A = Ativo

O primeiro termo ainda representa a Margem de Lucro, o segundo representa agora o Giro do Ativo, e o terceiro é a Alavangem, que é a razão do Ativo sobre o Patrimônio Líquido.

Esta é a análise DuPont original, sendo considerada a mais importante equação na análise de indicadores de rentabilidade e indicadores operacionais (KAPLAN SCHWEISER. 2008), uma vez que ela expande a análise do Retorno sobre o Capital Próprio em três outros componentes, de forma a identificar a influência de cada um desses componentes no indicador principal. Se o ROE é relativamente baixo, por exemplo, é devido a um dos seguintes fatores: (a) a empresa possui baixa margem de lucro; (b) a empresa possui baixo giro de ativo; ou (c) a empresa é pouco alavancada.

3.6.3.2. DuPont Expandida

A Análise DuPont expandida usa a Margem de Lucro e a expande em outros componentes. A fórmula DuPont expandida pode ser representada da seguinte forma:

$$ROE = \left(\frac{LL}{LAIR} \right) \left(\frac{LAIR}{LO} \right) \left(\frac{LO}{RL} \right) \left(\frac{RL}{A} \right) \left(\frac{A}{PL} \right)$$

Onde:

LAIR = Lucro Antes do Imposto de Renda

LO = Lucro Operacional

Pode-se notar que o primeiro termo da equação anterior (Margem de Lucro), foi decomposta em três termos, que representam, respectivamente, o impacto no ROE de três componentes: (a) dos impostos; (b) o efeito dos juros e; (c) o impacto da margem operacional.

Em geral, altas margens de lucro, alta alavancagem e alto giro de ativo, irão levar a altos ROEs. No entanto, esta equação mostra que isso não é sempre verdade. Enquanto o grau de alavancagem aumenta, aumentam também as despesas dos juros. Portanto, o efeito positivo da alavancagem pode ser desfeito pelos maiores pagamentos que a companhia terá se adotar um maior grau de alavancagem.

4. CONSTRUÇÃO DE *RANKINGS* DE EFICIÊNCIA COM PONDERAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO

4.1. Técnica da Média Ponderada de Rankings (Filtro de Desempenho)

Este tópico tem como objetivo apresentar e detalhar uma técnica utilizada para a construção de *rankings* de desempenho de empresas. Esta técnica, chamada de Filtro de Desempenho ou Média Ponderada de Rankings é utilizada em uma empresa gestora de investimentos chamada Franklin Templeton Investments, na qual o autor deste trabalho realizou um estágio durante o período de 2009 a 2010. Durante este período, faziam parte do escopo do estágio o aprimoramento da técnica de análise, que foi inicialmente desenvolvida pelos analistas de ações da empresa.

4.2. Etapas do processo

A técnica utilizada para a construção de *rankings* de desempenho consiste basicamente de duas etapas: (a) cálculo de agregados de desempenho e; (b) ordenamento por ordem de eficiência.

Trata-se de uma técnica de construção de *rankings* de desempenho na qual uma série de indicadores de desempenho são escolhidos e agrupados de acordo com as suas características. Ao analisar uma empresa, podemos encontrar, por exemplo, indicadores de desempenho relacionados ao crescimento da empresa, à sua situação de endividamento, à sua lucratividade, entre outros.

A cada grupo de indicadores do mesmo tipo (atribui-se o nome *Classe de Indicadores*) é arbitrariamente atribuído um peso no desempenho total da empresa (por exemplo, 40% do seu desempenho é advindo da sua lucratividade, 30% do seu crescimento e 30% da sua boa relação de utilização entre capital próprio e capital de terceiros).

Dentro de cada classe de indicadores, são atribuídos pesos a cada indicador individualmente (novamente de forma arbitrária). Tais indicadores são colocados em ordem crescente (ou decrescente, se isto indicar melhor desempenho), e para cada indicador é criada uma variável cujo valor é a sua posição neste *ranking* de desempenho.

Esses valores de *rankings* são utilizados para o cálculo ponderado de *rankings* por classe de indicadores (utilizando os pesos definidos anteriormente), e estes, por sua vez, são utilizados para calcular o índice geral de eficiência de cada empresa na etapa final.

O próximo tópico detalhará esta técnica formalmente.

4.2.1. Primeira etapa: Indicadores de desempenho

Nesta etapa, são escolhidos e calculados todos os indicadores de desempenho a serem analisados para as empresas no espaço amostral. Suponha que existam N empresas, K classes de indicadores, e para cada classe $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ haja N_k indicadores.

Seja, portanto, $X_i^{j(k)}$ o indicador i da empresa j, da classe k de indicadores

Considere $r_i^{j(k)}$ como sendo a posição da empresa i quando ordenamos o indicador j da classe k de desempenho em ordem decrescente, i.e. ordena-se $\{x_i^{j(k)}\}_{i=1}^N$

Para exemplificar o acima descrito, considere o seguinte índice $r_3^{2(1)} = 2$. Este número nos diz que o indicador de desempenho j=2 a empresa i=3 e da classe k=1, ocupa a segunda posição no *ranking* de empresas.

Definimos agora, para cada conjunto de indicadores da mesma classe, um agregado de desempenho que é a média ponderada dos *rankings* das empresas. Este agregado de desempenho pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$\forall i \in \{1 \dots N\} \text{ e } \forall k \in \{1 \dots K\} \quad (4.1)$$

$$\text{Define-se o agregado } F_i^{(k)} = \sum_{j=1}^{N^k} u_j r_i^{j(k)} \quad (4.2)$$

Onde u_j é o peso do indicador r_i , obedecendo a restrição

$$\sum_j u_j = 1; \quad u_j \geq 0 \quad (4.3)$$

4.2.2. Segunda etapa: Rankeamento

Com o cálculo dos agregados de desempenho, pode-se calcular o valor final do índice de desempenho. Seja agora $F_i^{*(k)}$ a posição da empresa i quando ordenamos os agregados de desempenho em ordem decrescente, i.e. ordena-se a coluna:

$$\{F_i^{(k)}\}_{i=1}^N \quad (4.4)$$

Isso nos diz que, dados $\{F_1^{(k)}, F_2^{(k)}, \dots, F_N^{(k)}\}$, ordenados por ordem decrescente, $F_i^{*(k)}$ representa a posição da empresa neste vetor.

Por exemplo, $F_7^{*(2)} = 1$, indica que a empresa $i=7$ ocupa o primeiro lugar no ranking do agregado de indicadores de classe 2.

Então, calculamos o resultado para cada uma das empresas em análise:

$$\forall i \in \{1 \dots N\} \quad (4.5)$$

$$R_i = \sum_{k=1}^K v_j^{(k)} F_i^{*(k)} \quad (4.6)$$

Onde $v_j^{(k)}$ é o peso do agregado de desempenho $F_i^{(k)}$, obedecendo a restrição:

$$\sum_k v_j^{(k)} = 1; \quad v_j^{(k)} \geq 0 \quad (4.7)$$

4.2.3. Resumo do processo

A tabela a seguir mostra de maneira sucinta como os dados são organizados de forma a computar o valor de eficiência para cada empresa em análise, partindo dos indicadores de desempenho e chegando ao valor da eficiência, nas duas etapas acima detalhadas.

A) Etapa 1

Tabela 1: Primeira Etapa do Processo de Média Ponderada de Rankings

	K=1 (Primeira classe de indicadores)					...	K=n (n-ésima classe de indicadores)				
	$x_{i1}^{(1)}$	$r_{il}^{(1)}$	$x_{ij}^{(1)}$	$r_{ij}^{(1)}$	$F_i^{(1)}$		$x_{i1}^{(1)}$	$r_{il}^{(1)}$	$x_{ij}^{(1)}$	$r_{ij}^{(1)}$	$F_i^{(1)}$
Empresa 1		1		1				1		1	
Empresa 2		2		2				2		2	
...											
Empresa N		N		N				N		N	

B) Etapa 2

Tabela 2: Segunda Etapa do Processo de Média Ponderada de Rankings

	$v^{(1)}$			$v^{(k)}$			
	$F_i^{(1)}$	$F_i^{*(2)}$...	$F_i^{(k)}$	$F_i^{*(k)}$...	R_i
Empresa 1							
Empresa 2							
...							
Empresa N							

4.2.4. Exemplo de Resultados

Em determinado estudo realizado durante o período do estágio na Franklin Templeton, desejava-se construir um *ranking* das 50 empresas listadas na bolsa de valor de São Paulo que tiveram o melhor desempenho na bolsa de valores de São Paulo nos últimos 3 anos. Para tanto, a técnica anteriormente descrita foi aplicada utilizando os parâmetros descritos a seguir.

Classes de indicadores (também chamados de agregados de desempenho):

- Fi1: Rentabilidade de mercado
- Fi2: Crescimento
- Fi3: Rentabilidade Patrimonial

Para cada um desses agregados de desempenho F_{ij} , foi atribuído arbitrariamente os pesos:

- $V_{i1} = 40\%$
- $V_{i2} = 30\%$
- $V_{i3} = 40\%$

À classe F1 (Rentabilidade de mercado) foram atribuídos os seguintes indicadores e respectivos pesos:

Tabela 3: Indicadores de Rentabilidade de Mercado Utilizados no Filtro de Desempenho

CLASSE 1	
Lucro Operacional / Valor da Empresa	40%
Lucro Líquido / Valor de Mercado	60%

À classe F2 (Crescimento) foram atribuídos os seguintes indicadores e respectivos pesos:

Tabela 4: Indicadores de Crescimento Utilizados no Filtro de Desempenho

CLASSE 2	
Crescimento do Lucro Operacional	40%
Crescimento do Lucro Líquido	60%

À classe F3 (Rentabilidade Patrimonial) foram atribuídos os seguintes indicadores e respectivos pesos:

Tabela 5: Indicadores de Rentabilidade Patrimonial Utilizados no Filtro de Desempenho

CLASSE 3	
Dívida / Patrimônio Líquido	20%
ROE	80%

Para o cálculo de cada um dos indicadores de desempenho acima citados, foram utilizados dados referentes às DREs (Demonstração de Resultado de Desempenho) e aos BPs (Balanço Patrimonial) das empresas no seu último ano antes do momento no qual se deseja construir o *ranking*. No caso descrito, foram considerados dois períodos distintos. O primeiro *ranking* foi construído com dados do ano fiscal de 2005, e o segundo *ranking* foi construído com dados do ano fiscal de 2007. Para a realização do estudo foram consideradas todas as empresas listadas na Bovespa no final do ano fiscal em questão, com volume financeiro negociado na Bolsa de Valores superior a R\$ 100.000 diário (representando o mínimo de liquidez desejada).

A tabela a seguir mostra o resultado deste estudo, com as 50 empresas que obtiveram melhores resultados segundo este modelo, em ordem decrescente. São mostrados também os resultados dos agregados de desempenho e respectivos pesos, assim como a soma R_i .

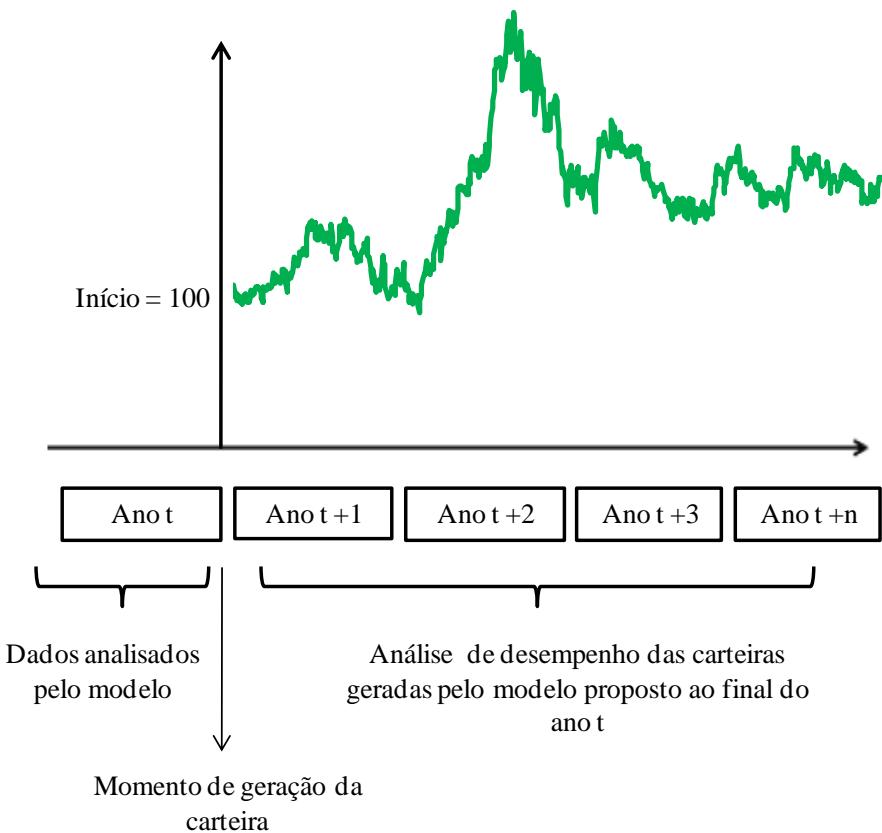
Tabela 6: Ranking de Eficiência segundo Modelo do Filtro para ano de 2005

Rank	Ticker	Empresa	RESULTADO FINAL				GERAL	
			Rent. Mercado	Crescimento	Rent. Patrimonial	R		
			F1 Vi	F2 0,3	F3 0,3			
1	CGAS5	Comgas	2,80	3,30	2,10	8,20		
2	GOAU4	Gerdau Met	0,40	7,20	0,90	8,50		
3	VALE5	Vale	4,40	1,80	2,70	8,90		
4	ITSA4	Itausa	2,40	1,20	5,70	9,30		
5	PETR4	Petrobras	1,60	3,90	3,90	9,40		
6	GGBR4	Gerdau	2,00	7,80	1,80	11,60		
7	CPFE3	CPFL Energia	5,20	2,40	6,30	13,90		
8	POMO4	Marcopolo	4,00	5,70	6,00	15,70		
9	USIM5	Usiminas	0,80	13,50	1,80	16,10		
10	RAPT4	Randon Part	4,80	9,60	1,80	16,20		
11	COCE5	Coelce	1,20	6,90	8,70	16,80		
12	CMIG4	Cemig	6,40	6,30	4,80	17,50		
13	TAMM4	Tam S/A	14,00	1,20	3,00	18,20		
14	GETI4	AES Tiete	3,60	14,40	0,30	18,30		
15	CRUZ3	Souza Cruz	12,80	4,50	1,50	18,80		
16	CPLE6	Copel	1,60	5,40	12,90	19,90		
17	LAME4	Lojas Americana	18,80	0,60	0,60	20,00		
18	ARCZ6	Aracruz	10,80	7,50	2,40	20,70		
19	TLPP4	Telesp	3,20	11,10	6,90	21,20		
20	CSNA3	Sid Nacional	7,60	10,80	4,20	22,60		
21	TBLE3	Tractebel	8,80	10,50	4,50	23,80		
22	ETER3	Eternit	6,00	6,00	12,30	24,30		
23	SLED4	Saraiva Livraria	8,00	8,10	8,40	24,50		
24	UGPA4	Ultrapar	10,40	6,60	7,50	24,50		
25	LREN3	Lojas Renner	18,40	1,50	5,10	25,00		
26	KLBN4	Klabin S/A	10,00	5,40	9,60	25,00		
27	PSSA3	Porto Seguro	14,00	4,20	7,80	26,00		
28	FFTL4	Fosfertil	12,00	11,40	3,30	26,70		
29	UNIP6	Unipar	9,60	9,30	8,10	27,00		
30	CTNM4	Coteminas	12,40	0,90	14,40	27,70		
31	TMAR5	Telemar N L	5,60	13,80	10,20	29,60		
32	CCRO3	CCR Rodovia	14,40	14,10	1,20	29,70		
33	ALPA4	Alpargatas	8,40	15,60	7,80	31,80		
34	SUZB5	Suzano Papelaria	13,60	12,30	6,60	32,50		
35	CNFB4	Confab	9,20	16,80	9,30	35,30		
36	TNLP4	Telemar	11,60	13,20	10,50	35,30		
37	EMBR3	Embraer	17,60	8,70	9,00	35,30		
38	AMBV4	Ambev	15,20	8,40	11,70	35,30		
39	ELET3	Eletrobras	16,80	2,70	15,90	35,40		
40	PRGA3	BRF Foods	17,20	15,00	3,60	35,80		
41	ELPL6	Eletropaulo	6,80	14,70	14,70	36,20		
42	ALLL11	All Amer Lat	20,40	9,90	7,20	37,50		
43	GFSA3	Gafisa	22,00	3,90	12,60	38,50		
44	TCSL4	Tim Part S/A	24,40	0,30	13,80	38,50		
45	RSID3	Rossi Residencial	21,20	2,10	16,20	39,50		
46	CESP6	Cesp	23,60	3,00	15,30	41,90		
47	BRKM5	Braskem	18,00	13,80	10,80	42,60		
48	GUAR3	Guararapes	20,80	11,70	12,00	44,50		
49	CYRE3	Cyrela Realty	20,00	12,00	13,20	45,20		
50	VIVO4	Vivo	24,80	5,10	15,60	45,50		

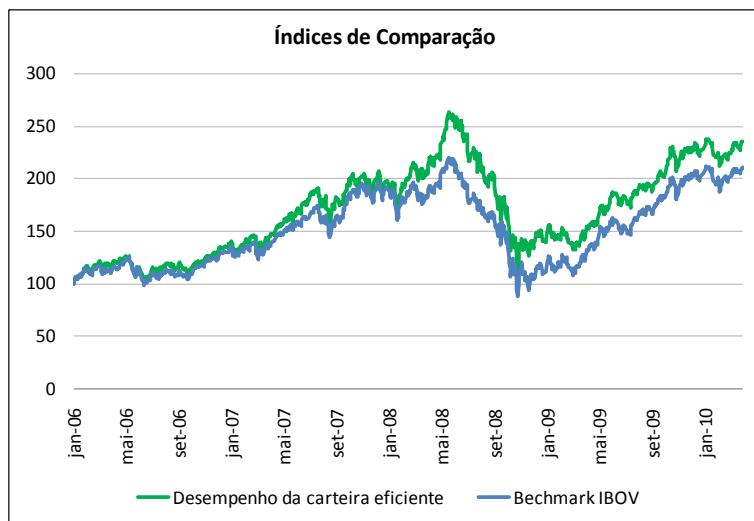
4.2.5. Análise de Resultados

Com o resultado do *ranking* de empresa em mãos, desejava-se medir o desempenho das empresas contidas no *ranking* nos períodos após o momento escolhido para a obtenção dos dados. Para que se pudesse verificar a eficácia do método, decidiu-se comparar o desempenho das 25% melhores empresas segundo o *ranking* e das 25% piores empresas. O primeiro (25% melhores) comporia uma carteira de ações considerada ideal segundo o método proposto, e cujo desempenho seria comparado com o índice Ibovespa. O último comporia (25% piores) uma segunda carteira de ações, que, por sua vez, teria seu desempenho comparado com o primeiro quartil.

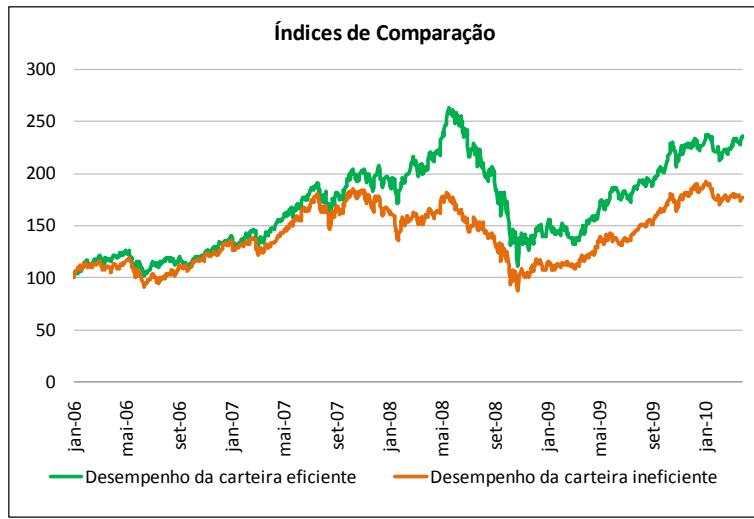
Para auferir o desempenho de uma determinada carteira de ações, é criado um índice de preço médio. Para tanto, torna-se necessário colocar todos os valores na mesma escala, o que é feito indexando a 100 os preços de todas as ações no início do período. O método analisado considera que o peso de cada ação dentro da carteira seja $1/n$, sendo n o número de ações que a compõe. Ou seja, o índice de preço médio da carteira pode ser calculado como sendo a média simples dos preços indexados a 100 de cada um dos ativos da carteira.

Figura 9: Gráfico de desempenho de uma carteira gerada com dados para ano t

O resultado para o *ranking* calculado com dados referentes ao ano de 2005 é representado pelo gráfico a seguir, que compara o desempenho das ações das empresas do primeiro quartil com a performance do índice Ibovespa desde o início do ano de 2006 (dado que o cálculo ocorre com os dados do fechamento do ano de 2005). É possível notar que o índice da carteira tem um desempenho superior ao Ibovespa no período em questão e, portanto, que o método de cálculo de desempenho foi capaz de identificar empresas com maior nível de eficiência para este ano.

Figura 10: Desempenho da Carteira Eficiente vs Ibovespa para 2005

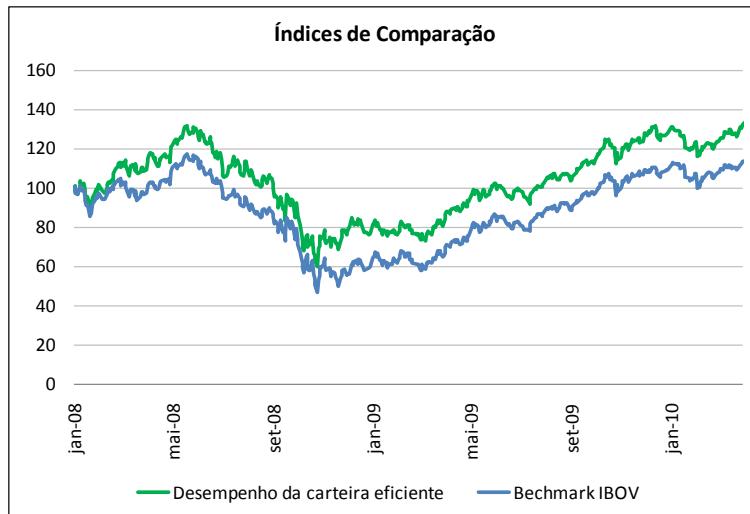
O gráfico seguinte compara o índice da carteira de ações das empresas do primeiro quartil com o índice da carteira de ações das empresas do último quartil de desempenho. É notório que as empresas do primeiro quartil tem desempenho acentuadamente superior ao das empresas do último quartil. Poderia-se, portanto, concluir que o método foi novamente capaz de identificar um grupo de empresas dentro do grupo de análise com eficiência superior a outro grupo.

Figura 11: Desempenho da Carteira Eficiente vs Carteira Ineficiente para 2005

O mesmo teste foi, então, conduzido com dados referentes do ano de 2007 para o mesmo grupo de empresas da análise anterior. As carteiras de ações tiveram seu desempenho analisado, portanto, para o período que começa no início de 2008 e vai até março de 2010. Novamente, como é possível notar pelo gráfico seguinte, o método usado

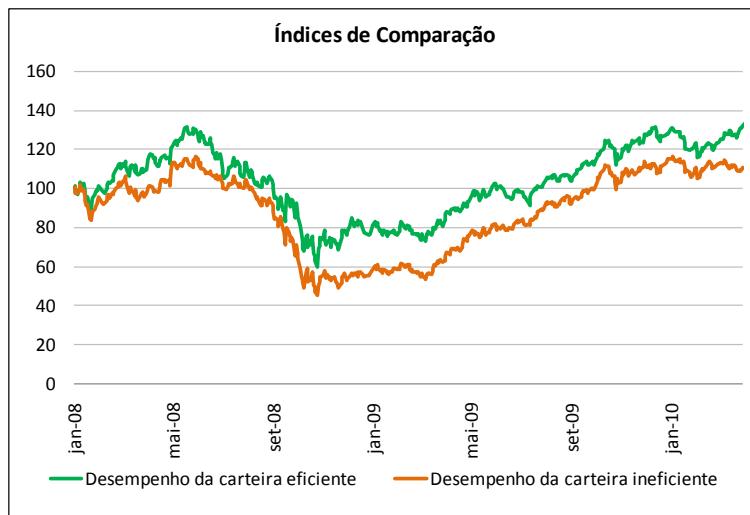
foi capaz de identificar um grupo de empresas cujas ações tiveram desempenho superior ao *benchmark*.

Figura 12: Desempenho da Carteira Eficiente vs Ibovespa para 2007



Quando comparamos a carteira de ações das empresas do primeiro quartil com as do último quartil, novamente vemos um desempenho superior naquelas consideradas empresas eficientes pelo método.

Figura 13: Desempenho da Carteira Eficiente vs Carteira Ineficiente para 2005



4.2.6. Conclusões sobre essa técnica

A vantagem desta técnica de construção de *rankings* é a sua simplicidade, pois, de forma resumida, se trata de uma média ponderada das posições em *rankings* de diferentes classes de indicadores de desempenho.

É muito importante ressaltar que, de acordo com essa técnica, elimina-se a dimensão da grandeza dos indicadores entre as empresas, uma vez que, apenas a informação da posição no *ranking* de cada indicador específico é levada em conta na construção do *ranking*, e não os valores de cada indicador. Isso é útil para análises amplas, nas quais se concentram empresas de diferentes setores de atuação, que podem possuir indicadores com grandezas diferentes devido às características setoriais. No entanto, perdem-se detalhes ao deixar esse dado a informação que quantifica a distância entre o desempenho da empresa A e o desempenho da empresa B.

No entanto, é de grande relevância o fato de os pesos que definem a importância de cada classe de indicadores serem definidos de forma arbitrária, de forma que cabe ao gestor da carteira ajustar os pesos conforme o seu conhecimento empírico do mercado financeiro. Isso traz um viés de caráter subjetivo ao modelo em questão, sujeito à visão do gestor em relação às condições do mercado no exato momento da geração da carteira.

Convém, ressaltar também que os dois estudos aqui apresentados foram o resultado de um trabalho real na empresa. O próximo tópico estruturará um modelo de cálculo de eficiência com embasamento em uma ferramenta matemática chamada DEA, buscando eliminar a arbitrariedade imposta pelo modelo apresentado neste tópico.

5. CONSTRUÇÃO DE *RANKINGS* USANDO DEA

5.1. *Descrição do método utilizado*

No presente estudo, utilizaremos o método VRS (*Variable Return to Scale*) orientado para a minimização dos dados de insumos. Ou seja, o objetivo deste modelo é verificar quais são as empresas mais eficientes do ponto de vista de consumo de recursos. A escolha das variáveis que serão utilizadas como variáveis de entrada e saída do nosso modelo tem como base o Sistema DuPont de Análise, conforme será detalhado no tópico seguinte.

5.2. *Embasamento dos modelos (variáveis de entrada e saída)*

Chen (2004) publicou um estudo sobre *ranking* de unidades eficientes usando a técnica do DEA. Em seu estudo, Chen determinou, entre outros *rankings*, um *ranking* que classificava a eficiência de empresas japonesas. Para o seu modelo DEA, Chen utilizou como dados de entrada:

- Ativo
- Patrimônio Líquido
- Número de funcionários da empresa

Como dados de saída do modelo por ele proposto, temos:

- Receita Líquida

O estudo apresentado por Chen e o sistema DuPont de análise servem de base teórica para sustentar o modelo proposto neste estudo. Serão utilizados alguns dos indicadores

explicados no item 3.6.3. Sistema DuPont de Análise para construir modelos DEA que usam tais indicadores como dados de entrada e de saída.

O modelo já proposto por Chen oferece uma opção de análise de eficiência de empresas do ponto de vista financeiro. O presente estudo utilizará variações deste modelo para verificar qual oferece a melhor análise de empresas eficientes.

A tabela a seguir mostra um exemplo de como os dados de entrada e saída são tabulados para cada DMU. Neste exemplo, os dados mostrados na tabela são referentes ao final do ano de 2005 para cada uma das empresas consideradas na análise.

Tabela 7: Possíveis Entradas e Possíveis Saídas do Modelo DEA - Ano Base 2005

Ativo	Possíveis Entradas			Possíveis Saídas	
	Patrimônio Líquido	Dívida	Receita	Lucro	
AMBV4	33.492.833	19.867.339	6.107.272	15.958.565	1.545.728
BBDC4	208.682.930	19.409.274	-		5.514.074
BRAP4	6.347.325	2.650.091	1.546.868	3.068.727	636.991
BBAS3	252.976.988	16.849.764	-		4.153.602
BRTO4	16.728.089	5.496.607	3.178.142	10.138.684	-303.671
BRKM5	15.590.751	4.535.766	3.079.584	13.075.080	625.837
CCRO3	3.424.538	1.373.823	1.172.241	1.954.354	500.493
CMIG4	19.839.585	7.184.855	3.591.398	8.235.621	2.003.399
CPLF6	10.939.006	5.487.183	912.339	4.853.536	502.377
CPFE3	13.851.442	4.796.048	3.926.286	7.738.912	1.021.278
ELET3	120.447.618	75.714.890	23.237.464	20.776.501	974.589
EMBR3	16.983.050	4.735.921	-827.129	9.133.304	708.935
GGBR4	21.879.186	8.042.186	2.186.736	21.245.748	2.781.340
GOAU4	21.963.123	3.859.568	1.968.513	21.245.748	1.275.584
GOLL4	2.255.856	1.572.915	-815.019	2.669.090	424.501
ITSA4	155.145.603	9.753.844	-49.435.135	11.006.545	2.297.173
ITUB4	151.241.430	15.559.656	-		5.251.334
KLBN4	4.695.622	2.244.662	318.775	2.706.308	309.108
LIGT3	8.702.945	1.699.498	3.049.515	4.885.733	242.844
LAME4	2.765.162	295.674	470.163	2.767.090	176.148
NATU3	1.368.908	521.389	-198.974	2.282.164	396.881
NETC4	2.322.293	621.269	486.620	1.593.082	125.663
PCAR5	10.923.212	4.252.372	345.084	13.413.396	256.990
PETR4	183.521.108	78.785.236	20.406.708	136.605.078	23.724.723
SBSP3	17.435.166	8.482.548	6.384.048	4.953.363	865.647
CSNA3	24.447.710	6.472.441	8.663.320	10.037.587	2.005.282
CRUZ3	3.873.267	1.651.408	818.570	3.726.985	692.663
TNLP4	27.265.407	7.978.706	6.083.375	16.747.394	1.114.113
TMAR5	24.792.361	10.760.385	5.308.685	16.764.377	1.716.934
TLPP4	18.849.142	10.204.207	1.934.152	14.395.101	2.541.947
TCSL4	4.385.063	2.745.943	-1.150.985	2.918.215	399.200
TRPL4	4.975.229	3.827.304	-673.983	1.205.213	468.277
UGPA4	3.631.273	1.790.165	181.392	4.693.848	299.178
USIM5	18.195.258	8.752.570	1.513.148	13.040.726	3.918.429
VALE5	53.593.732	24.052.131	9.819.543	33.992.841	10.442.986
VIVO4	13.786.733	4.015.189	4.170.891	7.473.066	-909.246

Para a resolução do PPL foi utilizado o *add in SOLVER* do Excel. A tabela a seguir mostra como foram impostas as restrições do problema. Neste caso, a tabela está mostrando as restrições impostas para o cálculo da eficiência da DMU 36 (VIVO4), cuja eficiência calculada foi de 8%, ou seja, a DMU foi considerada ineficiente.

Tabela 8: Exemplo de Restrições do PPL para a DMU VIVO4 para o Ano Base 2005

Restrições	Referência		DMU em avaliação = VIVO4	36	Eficiência=	8%
Ativo	3181057,86	<=	1.103.877			
Patrimônio Líquido	321488,43	<=	321.488			
Dívida	333955,19	<=	333.955			
Receita	2789578,16	>=	7.473.066			
Lucro	181936,97	>=	-909.246			
Soma dos Lambdas	1	=	1			

Para cada uma das DMUs, então, será calculado o nível de eficiência utilizando o PPL do modelo VRS orientado a entradas. A tabela a seguir mostra o resultado do cálculo de eficiência de cada DMU, assim como os lambdas para a DMU de número 36, que neste caso é a empresa de ticker VIVO4, da Vivo Telecomunicações. Cabe ressaltar que para o preenchimento desta tabela, cada empresa teve o seu nível de eficiência calculado individualmente com um PPL, no qual os lambdas são as variáveis de decisão.

Tabela 9: Lambdas Aplicados à DMU VIVO4 para o Ano Base 2005

Avaliando DMU 36 = VIVO4	Lambdas	Eficiência
AMBV4	-	16,14%
BBDC4	-	16,14%
BRAP4	-	40,85%
BBAS3	-	40,85%
BRT04	-	6,31%
BRKM5	-	23,29%
CCRO3	-	55,58%
CMIIG4	-	59,52%
CPLE6	-	14,00%
CPFE3	-	41,30%
ELET3	-	2,47%
EMBR3	-	26,76%
GGBR4	-	75,78%
GOAU4	-	66,72%
GOLL4	-	38,01%
ITSA4	0,0027	100,00%
ITUB4	-	100,00%
KLBN4	-	19,27%
LIGT3	-	21,41%
LAME4	0,9973	100,00%
NATU3	-	100,00%
NETC4	-	53,93%
PCAR5	-	9,65%
PETR4	-	100,00%
SBSP3	-	19,06%
CSNA3	-	66,14%
CRUZ3	-	73,44%
TNLP4	-	27,55%
TMAR5	-	33,52%
TLPP4	-	54,24%
TCSL4	-	19,27%
TRPL4	-	17,98%
UGPA4	-	24,05%
USIM5	-	100,00%
VALE5	-	100,00%
VIVO4	-	8,01%

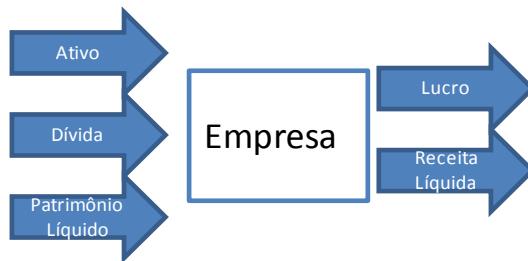
Para facilitar o processo de cálculo, já que é necessário resolver um PPL para cada DMU, foi criado um simples algoritmo em VBA (*Visual Basic for Applications*) que checa o número de DMUs a serem consideradas na análise e resolve um PPL utilizando o SOLVER para cada uma delas. Dessa forma, é possível preencher a tabela como visto acima.

5.3. Cenários de Análise

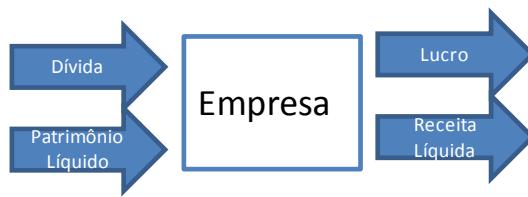
O modelo aqui proposto de análise DEA foi testado com dados financeiros das empresas para os anos de 2005, 2006, 2007 e 2008. Além disso, para cada ano foram testado três modelos diferentes, isto é, que consideravam diferentes combinações de dados de entrada e saída.

O primeiro cenário considera como dados de entrada o Ativo Total da empresa, a sua Dívida Líquida (capital de terceiros empregado na operação) e o Patrimônio Líquido (capital próprio) utilizados na empresa. O objetivo de considerar esses três dados de entrada é a quantificação dos dados principais do Balanço Patrimonial da empresa como variáveis produtivas. Como dados de saída são, portanto, considerados a geração de Lucro e a geração de Receita Líquida. Tal cenário foi denominado de Modelo 01 e é representado pela figura a seguir.

Figura 14: Modelo 01 – Primeira Combinação dos dados de Entrada e Saída



Em alternativa ao primeiro modelo, retirou-se a variável Ativo Total dos dados de entrada. Segundo o princípio da contabilidade (ASSAF, 2006), o Ativo deve ser igual a soma dos Passivos com o Patrimônio Líquido. Sendo assim, mesmo que esteja-se considerando somente a Dívida Líquida (e não o passivo total), existe a possibilidade de incorrer em dupla contagem de variáveis. Em consequência, decidiu-se testar o modelo somente considerando a Dívida e o Patrimônio Líquido como variáveis de entrada, com objetivo de geração de Lucro e Receita Líquida. Este cenário, denominado de Modelo 02 é representado como segue.

Figura 15: Modelo 02 – Segunda Combinação dos dados de Entrada e Saída

Com o objetivo de testar ainda uma terceira combinação de variáveis, optou-se por considerar como objetivo final da empresa, ou seja, como dado de saída, somente a geração de Lucro. E, para isso, os dados empregados como dados de entrada foram novamente a Dívida e o Patrimônio Líquido. Essa última combinação, chamada de Modelo 03 é representada pela figura a seguir.

Figura 16: Modelo 03 – Terceira Combinação dos dados de Entrada e Saída

Com essas três diferentes combinações de dados de entrada e saída, as empresas tiveram os dados analisados para quatro períodos diferentes. Os dados são referentes aos anos fiscais em questão (2005, 2006, 2007 e 2008) e provém da Demonstração de Resultados do Exercício e do Balanço Patrimonial de cada empresa. O resultado dessa análise é uma tabela, ordenada em ordem decrescente de eficiência financeira das empresas.

No início de cada tabela constam as empresas cujo índice de eficiência é igual a 100%, ou seja, que serviram de *benchmark* para as outras empresas naquela análise específica. Isso significa que naquele momento elas estão situadas na chamada fronteira eficiente, conforme explicado anteriormente.

Essa tabela ordenada de eficiência financeira servirá para compor carteiras de investimentos para os períodos que seguem o ano fiscal em que a análise foi feita. Por exemplo, no caso em que a análise ocorre para o ano fiscal de 2005, as carteiras de investimento são geradas com os dados de fechamento deste ano. Sendo assim, a análise de desempenho desta carteira se inicia em janeiro de 2006 e termina em 2010. A

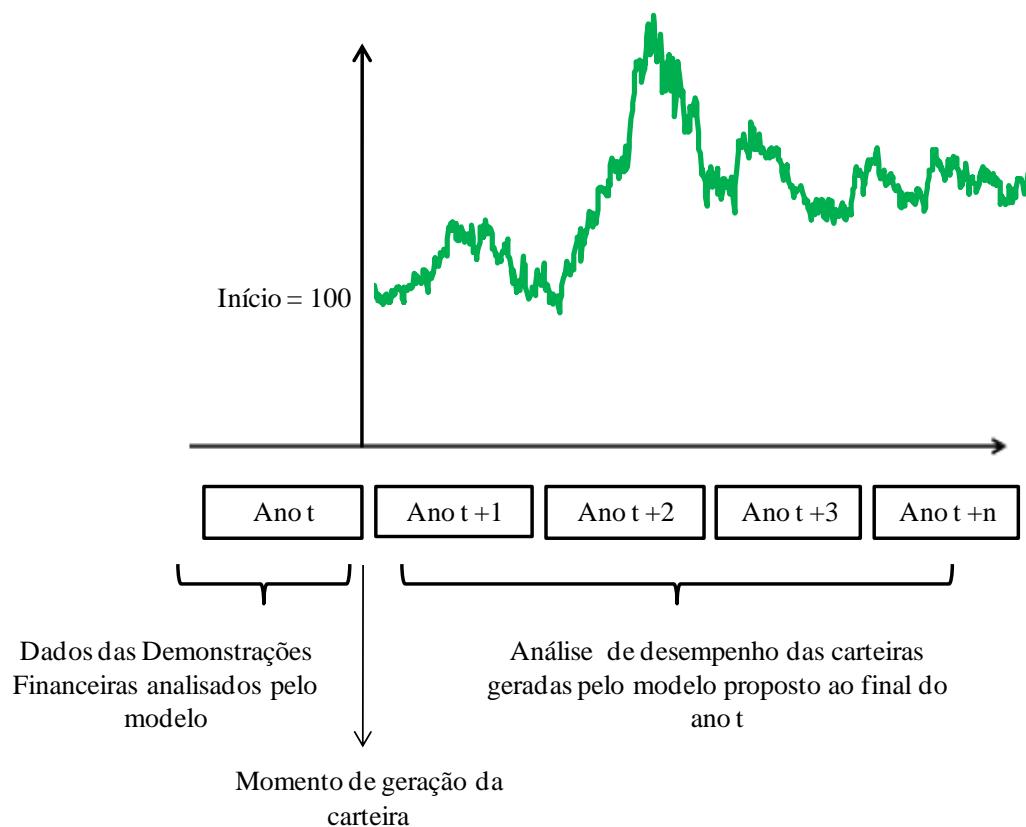
análise conduzida com os dados de fechamento do ano de 2006 é avaliada a partir do início de 2007 e vai até 2010. O mesmo raciocínio se aplica aos demais períodos.

5.4. Critérios de análise dos modelos propostos

Conforme explicado no item anterior, cada um dos modelos propostos apresentará como resultado um *ranking* de eficiência das empresas consideradas. Isso será feito para diferentes períodos, e para cada período, com diferentes combinações de variáveis de entrada e saída do modelo.

Dentro do *ranking*, algumas empresas são consideradas eficientes (aqueles com resultado de eficiência igual a 100%, ou seja, que são o *benchmark* para as outras empresas na análise em questão). As empresas consideradas eficientes terão suas ações utilizadas para compor uma carteria de ações de empresas eficientes. Uma carteira semelhante será criada com as empresas que estão ao final do *ranking*, utilizando-se o mesmo número de empresas da carteira eficiente.

Novamente aqui, de maneira semelhante ao que foi feito na análise dos resultados anteriores (vide Figura 9), as carteiras terão o seu desempenho auferido através de um índice de preço médio (como mostrado no gráfico a seguir), que é calculado como a média simples dos preços indexados a 100 no início do período de cada ação que compõe a carteira.

Figura 17: Critério de Análise do Modelo do Filtro

5.5. Resultados

Os resultados de cada carteira de investimentos gerada foram analisados conforme o item anterior. As próximas linhas detalharão um dos resultados obtidos com as diferentes análises, que trata-se do Modelo 02 para o ano de 2005. Os resultados do Modelo 02 para os anos restantes virão em seguida e os resultados de todos os Modelos para todos os anos em análise estão nos anexos, assim como os gráficos detalhados.

Para o Modelo 02 calculado com os dados do ano de 2005, foi obtido o seguinte *ranking* de eficiência:

Tabela 10: Ranking de Eficiência obtido com o Modelo 02 para o ano de 2005

Posição no Ranking	Código da Empresa	Posição no Ranking	Código da Empresa	Posição no Ranking	Código da Empresa
1	ITSA4	13	TLPP4	25	BRTO4
2	NATU3	14	CCRO3	26	VIVO4
3	GOAU4	15	NETC4	27	TCSL4
4	VALE5	16	BRKM5	28	KLBN4
5	USIM5	17	CPFE3	29	AMBV4
6	LAME4	18	UGPA4	30	SBSP3
7	PETR4	19	LIGT3	31	TRPL4
8	GGBR4	20	TMAR5	32	CPLE6
9	CRUZ3	21	BRAP4	33	ELET3
10	CSNA3	22	GOLL4	34	BBDC4
11	CMIG4	23	TNLP4	35	BBAS3
12	PCAR5	24	EMBR3	36	ITUB4

Com esse resultado, o método proposto supõe tomar as empresas com resultado de eficiência igual a 100% para compor uma carteira e um igual número de empresas ao fim da lista para compor uma segunda carteira. Tais carteiras de investimento foram chamadas neste estudo, respectivamente, de carteira eficiente e carteira ineficiente.

Sendo assim, temos como resultado para o caso em questão as seguintes carteiras:

Tabela 11: Carteira Eficiente gerada com o Modelo 2 para o ano de 2005

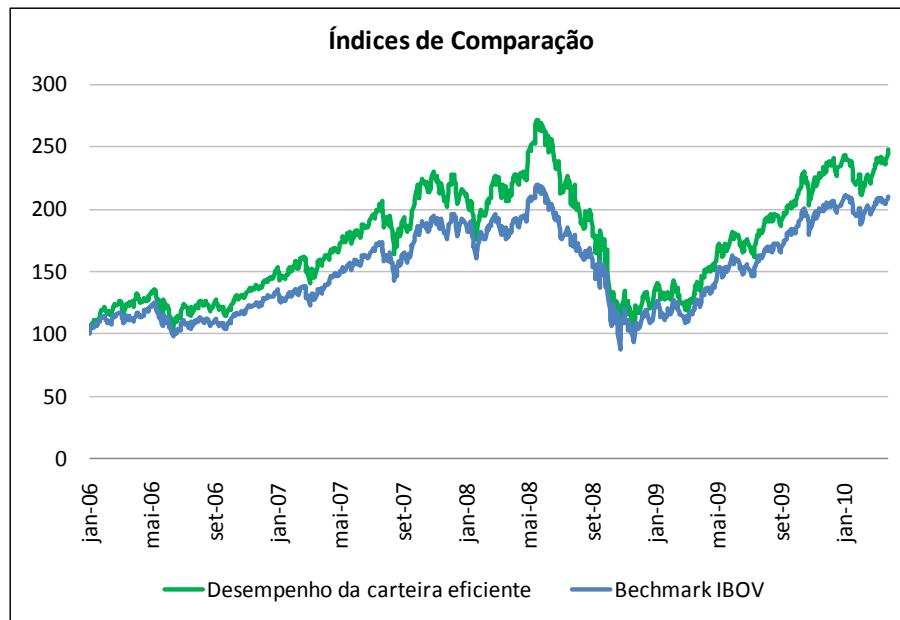
Carteira Eficiente	
Código da Empresa	Nível de Eficiência obtido
ITSA4	100%
NATU3	100%
GOAU4	100%
VALE5	100%
USIM5	100%
LAME4	100%
PETR4	100%

Tabela 12: Carteira Ineficiente gerada com o Modelo 02 para o ano de 2005

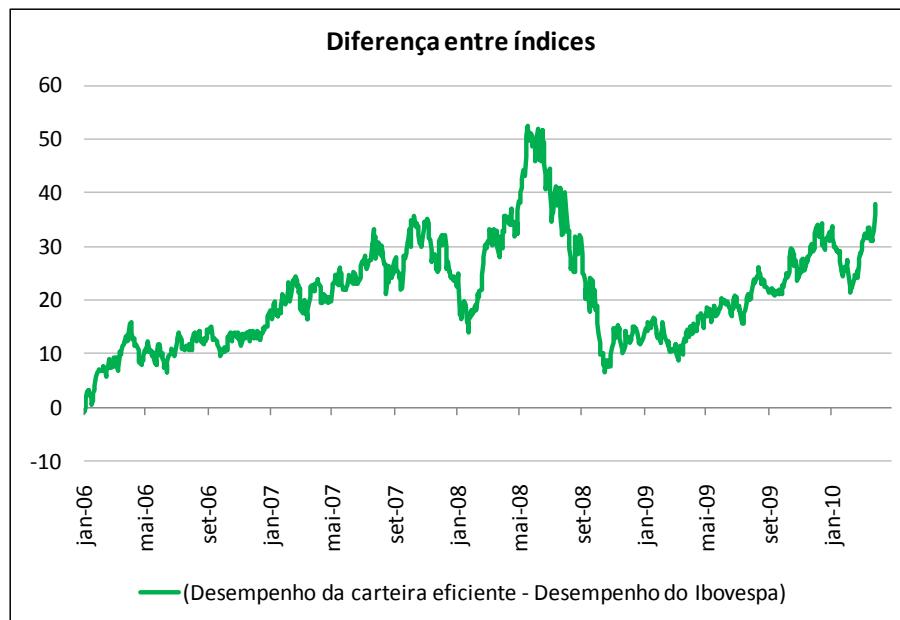
Carteira Ineficiente	
Código da Empresa	Eficiência obtido
SBSP3	20%
TRPL4	18%
CPLE6	17%
ELET3	5%
BBDC4	0%
BBAS3	0%
ITUB4	0%

Cabe notar que a carteira eficiente inclui todas as empresas consideradas 100% eficientes segundo o modelo, ou seja, são as empresas que se situam na fronteira de eficiência e servem de *benchmark* para o cálculo de eficiência das outras empresas. A carteira ineficiente inclui um número de ações igual ao da primeira carteira, das ações situadas ao final do *ranking* de eficiência.

O próximo passo é a análise dos desempenhos da carteira eficiente *versus* o índice Ibovespa e da carteira eficiente *versus* a carteira ineficiente. Essa comparação é representada de forma gráfica pela figura a seguir. Conforme é possível notar, o desempenho da carteira eficiente é superior ao do Ibovespa para o período e Modelo em questão.

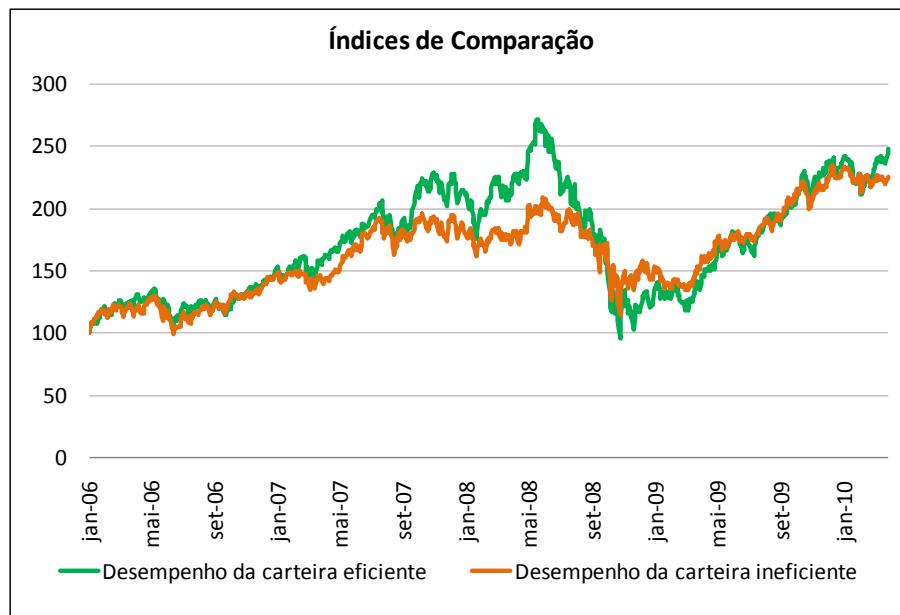
Figura 18: Desempenho da Carteira Eficiente vs Ibovespa para o Modelo 2 de 2005

O segundo gráfico mostra a diferença entre os índices. Quando positivo, significa que a carteira eficiente tem desempenho superior e quando negativo, o desempenho está sendo inferior.

Figura 19: Diferença de Desempenhos da Carteira Eficiente e do Ibovespa para o Modelo 2 de 2005

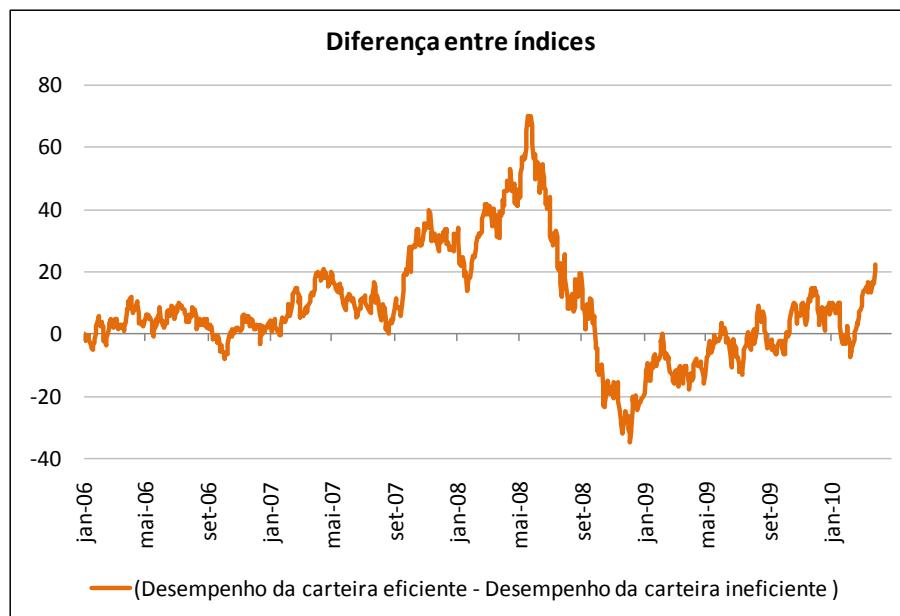
A mesma análise de desempenho é feita comparando o desempenho das empresas ineficientes. Neste caso, como pode-se observar pelo gráfico a seguir, o desempenho da carteira eficiente supera o desempenho da carteira ineficiente.

Figura 20: Desempenho da Carteira Eficiente vs Carteira Ineficiente para o Modelo 2 de 2005



O segundo gráfico mostra, de forma similar à análise anterior, a diferença entre os índices das duas carteiras. Quando positivo, significa que a carteira eficiente tem desempenho superior ao da carteira ineficiente.

Figura 21: Diferença de Desempenhos das Carteiras Eficiente e Ineficiente para o Modelo 2 de 2005



Os resultados completos para os outros períodos e Modelos estão em anexo. A tabela abaixo representa o resumo dos resultados obtidos com os cálculos que utilizam o DEA. Para cada ano base, temos 3 resultados diferentes (correspondentes às carteiras geradas por cada Modelo), cujo desempenho começa a ser medido no início do ano seguinte ao ano base e termina em 2010.

O resultado final, ou seja, o desempenho acumulado da carteira em análise, é comparado ao desempenho do Ibovespa para o mesmo período e é mostrado na Tabela a seguir. Conforme é possível notar, dos 12 casos analisados aqui, apenas 3 casos tiveram retorno inferior ao índice.

Tabela 13: Resumo dos Resultados por Período e por Modelo comparados ao Ibovespa

Ano Base (final do ano)	Dados de entrada e saída ¹	Retorno do Ibovespa no período	Retorno da carteira eficiente no período	Desempenho superior ao índice no período até 2010 (teste de comparação de médias)
2005	Modelo 01	107%	112%	Sim
	Modelo 02		150%	Sim
	Modelo 03		147%	Sim
2006	Modelo 01	48%	40%	Não
	Modelo 02		45%	Não
	Modelo 03		70%	Sim
2007	Modelo 01	15%	30%	Sim
	Modelo 02		33%	Sim
	Modelo 03		43%	Sim
2008	Modelo 01	75%	105%	Sim
	Modelo 02		120%	Sim
	Modelo 03		74%	Não

¹ Modelo 01 considera, como dados de entrada, o Ativo, o Patrimônio Líquido e a Dívida; e, como dados de saída, o Lucro e a Receita Líquida. Modelo 02 retira a variável Ativo da análise, sem alterações nas outras variáveis. Modelo 03 retira a variável Receita Líquida da análise, sem alterar as demais variáveis. Para mais detalhes, consultar tópico “Cenários de Análise”

Como pode-se notar na tabela acima, o desempenho da carteira eficiente é comparado ao Ibovespa através de um teste de hipótese. Neste teste, deseja-se testar a hipótese de que a média do desempenho da carteira seja superior ao desempenho do Ibovespa durante todo o período de análise.

Assim sendo, conforme detalhado anteriormente, foram criados os índices de desempenho normalizados a 100 no início do período, para torná-los comparáveis. A diferença entre o índice de desempenho da carteira e o índice de desempenho do Ibovespa, quando positiva, indica que o primeiro tem desempenho superior. Criou-se, portanto, uma variável cujo valor é a diferença entre os desempenhos.

O teste aplicado objetiva, desta forma, provar que a média desta variável (diferença entre o desempenho da carteira e desempenho do Ibovespa) é maior do que zero. Isso é feito através do teste *t* de *student*, com a hipótese H_0 (diferença entre as médias = 0) e H_1 (diferença entre as médias > 0).

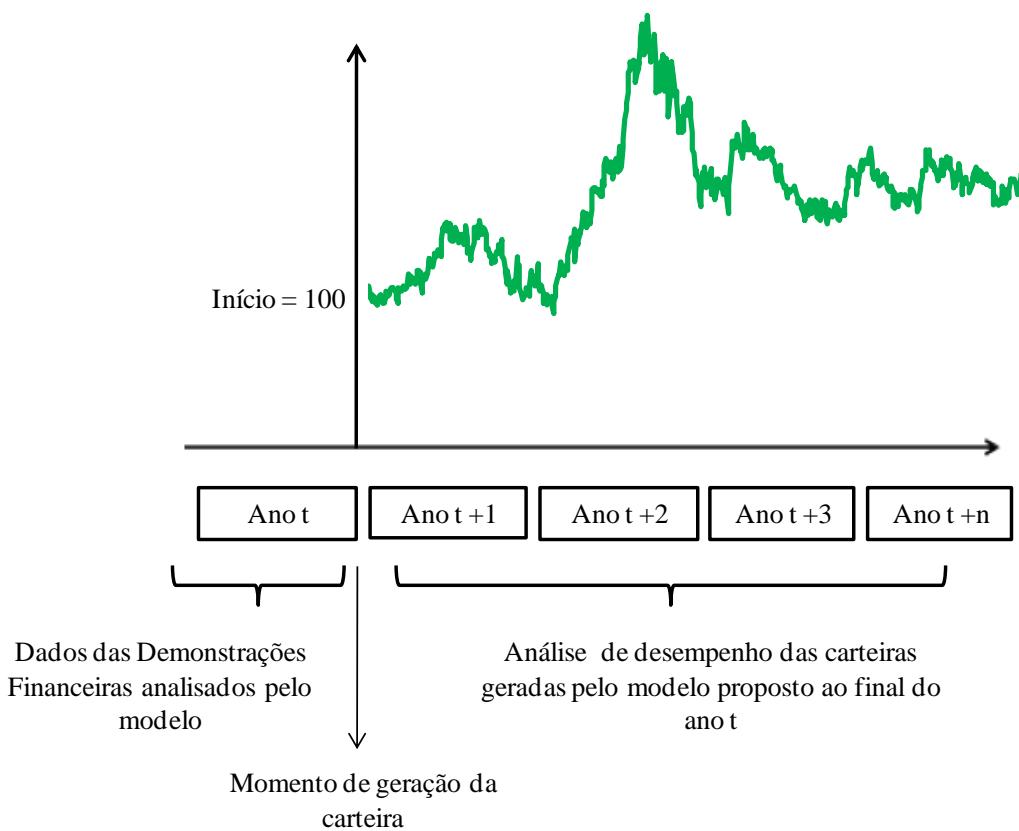
Selecionou-se de forma aleatória 300 pontos da curva dentre todo o período (composto por 456 pontos para o período menor até 1550 pontos para o período maior) para compor a amostra e testar se a diferença entre as médias é positiva. Dessa forma, atende-se aos requisitos mínimos da amostra para todos os casos, e assim temos todos os outros dados para o cálculo do teste, cujos resultados são mostrados na tabela de comparação de resultados anterior.

6. CARTEIRA DE MARKOWITZ

6.1. Descrição do Método

Nesta etapa, utilizaremos o modelo de Markowitz para a composição de carteiras com o objetivo de compará-las com as carteiras obtidas com o modelo proposto por este estudo. Para cada cenário do modelo proposto por este estudo, uma análise similar é feita com modelo de Markowitz, que analisa a variação no preço das ações. Seguindo essa linha, portanto, para o primeiro ano de análise (2005), o modelo de Markowitz analisa as oscilações dos preços das ações durante o ano de 2005 para a composição da carteira ao final do período. A carteira tem, em seguida, o seu desempenho auferido durante os anos seguintes, até o início do ano de 2010 (de forma análoga aos mostrados pelas figuras 9 e 17).

Figura 22: Critério de Análise do Modelo DEA

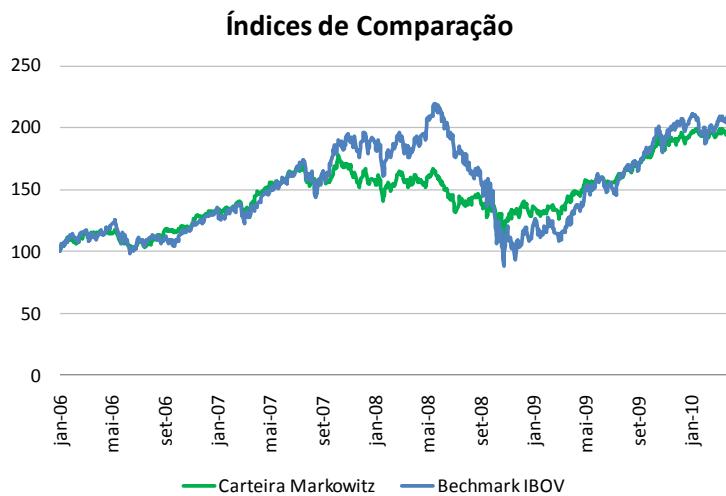


6.2. Resultados da Carteira de Markowitz

Neste tópico analisar-seá o comportamento da Carteira de Markowitz e o comportamento do índice Ibovespa para os quatro diferentes períodos em análise.

6.2.1. Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2005

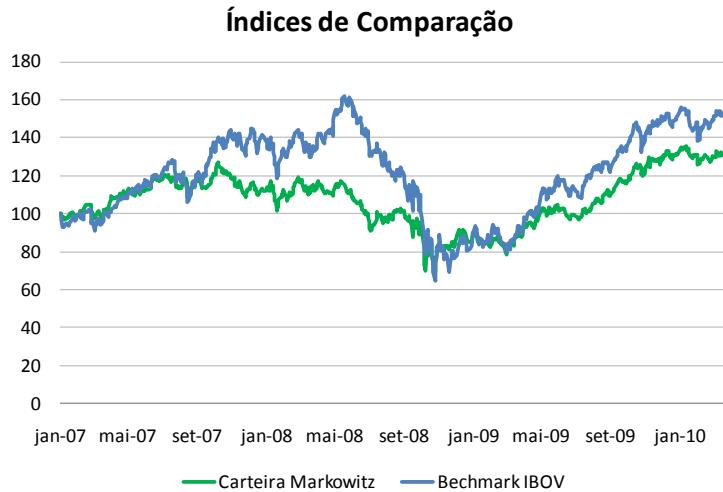
Figura 23: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2005



Ao comparar graficamente o desempenho do Ibovespa com o desempenho da Carteira de Markowitz desde o final de 2005, é possível notar que o índice Ibovespa apresenta uma maior volatilidade, principalmente no período de maior otimismo da bolsa de valores (período pré-crise em 2008) e de maior pessimismo (período de crise ao final de 2008). A Carteira de Markowitz, que foi composta com ativos escolhidos do próprio índice, apresenta um desempenho mais estável durante todo o período.

6.2.2. Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2006

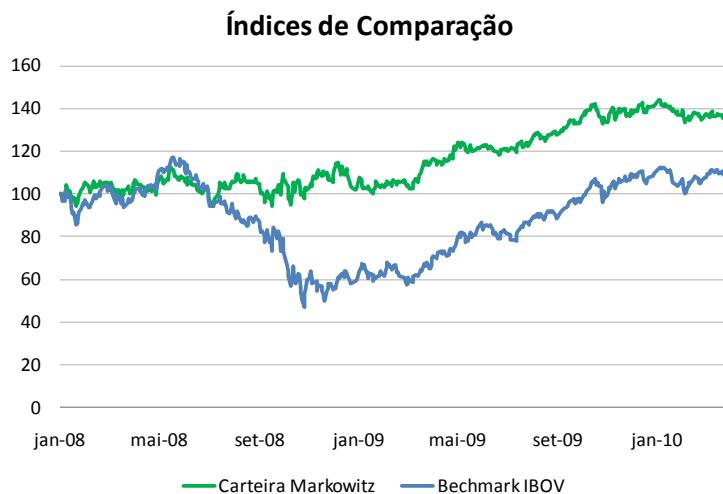
Figura 24: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2006



Ao comparar a carteira gerada no final do ano de 2006 com o Ibovespa, é possível notar o mesmo tipo de comportamento observado para a carteira de 2005. Ou seja, novamente aqui a Carteira de Markowitz apresenta menor volatilidade do que o índice Ibovespa.

6.2.3. Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2007

Figura 25: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2007

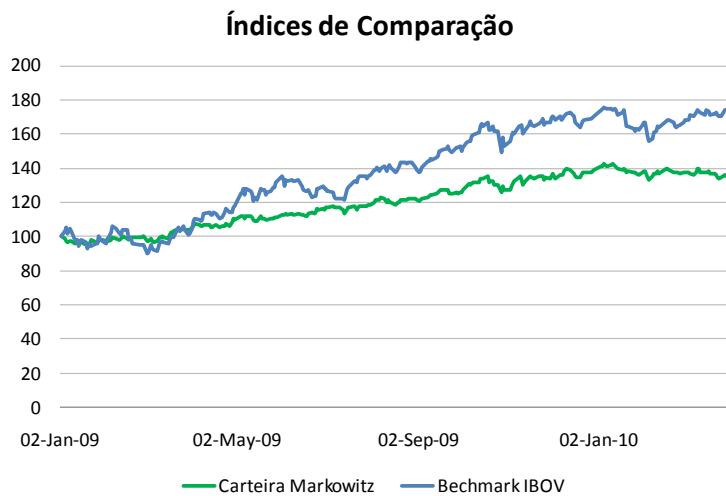


Ao analisar a carteira gerada ao final de 2007, nota-se um comportamento particular para esse período. Pode-se perceber que, no período que vai do início de 2008 a setembro de

2008, tanto a Carteira de Markowitz quanto o Ibovespa apresenta comportamentos semelhantes. No entanto, no período que se inicia em setembro de 2008, o Ibovespa apresenta forte queda no desempenho, ao passo que a Carteira de Markowitz continua com baixa volatilidade. Uma possível explicação para tal comportamento pode ser a crise do mercado imobiliário que teve início em setembro de 2008. Esse comportamento do mercado afetou o índice Ibovespa, mas neste caso não afetou os ativos selecionados para compor a Carteira de Markowitz.

6.2.4. Carteira de Markowitz gerada para o ano de 2008

Figura 26: Desempenho da Carteira de Markowitz vs Ibovespa para 2008



Por último, quando comparamos os desempenhos dos ativos a partir do início de 2009, notamos um comportamento positivo para o Ibovespa e de menor ganhos para a Carteira de Markowitz. Pode-se dizer, com esse resultado, que a Carteira de Markowitz possui menor volatilidade também para períodos de otimismo do mercado, dado que o período com início em janeiro de 2009 é representado por um cenário de recuperação econômica pós-crise imobiliária iniciada em meados de 2008. Neste cenário, é possível que os ativos que compõe o índice da bolsa de valores tenham tido impacto positivo, ao passo que novamente o modelo de Markowitz selecionou ativos mais “defensivos”, cuja resposta à cenários macro-econômicos positivos ou negativos seja menos rápida.

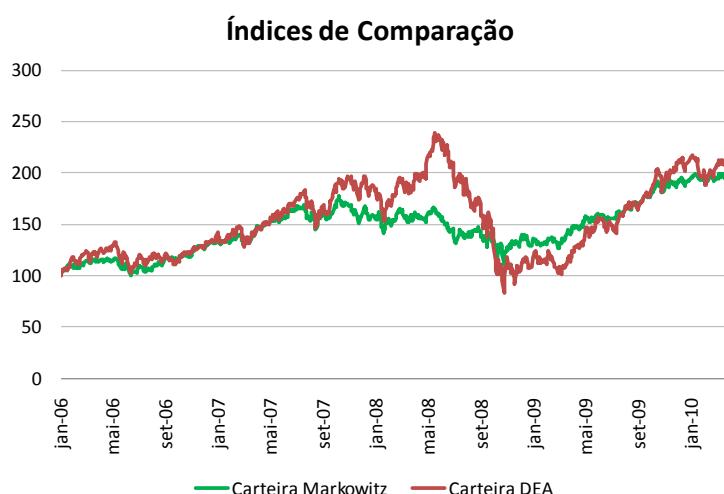
6.3. Uma comparação entre a carteira gerada com o método do DEA e o método de Markowitz

Ao adicionar um estudo de construção de portfólios utilizando outro modelo em cenário semelhante ao desenvolvido primeiramente com o método do DEA, tínhamos o objetivo de traçar um paralelo com um modelo que já fosse conhecido na literatura sobre o tema. Essa foi a razão da escolha do modelo proposto por Markowitz, dada a sua aceitação na literatura desde a sua publicação em 1952. Dada a ampla aceitação do modelo de Markowitz, este tópico propõe-se a comparar o desempenho das carteiras geradas com a utilização do modelo DEA e com o modelo de Markowitz.

6.3.1. Ano de 2005

Ao observar o comportamento de ambas as carteiras geradas ao final do ano de 2005, pode-se notar um desempenho semelhante se olharmos somente para o final do período. Esta análise é interessante, entretanto, ao analisar-se a evolução do desempenho das carteira durante todo o período. Ao passo em que a carteira DEA possui um comportamento volátil, a carteira de Markowitz possui um retorno estável durante praticamente todo o período. Isso é esperado, uma vez que a carteira de Markowitz busca a minimização do risco, tomado como a volatilidade nos preços dos ativos.

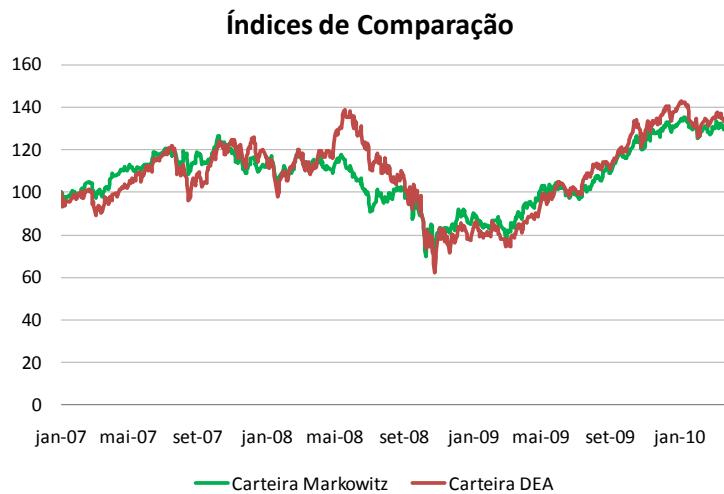
Figura 27: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2005



6.3.2. Ano de 2006

Um comportamento semelhante ao notado para o ano de 2005 acontece para o ano de 2006. A carteira DEA desse ano apresenta maior volatilidade do que a carteira de Markowitz gerada para o mesmo período, como pode ser notado pelo gráfico a seguir.

Figura 28: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2006



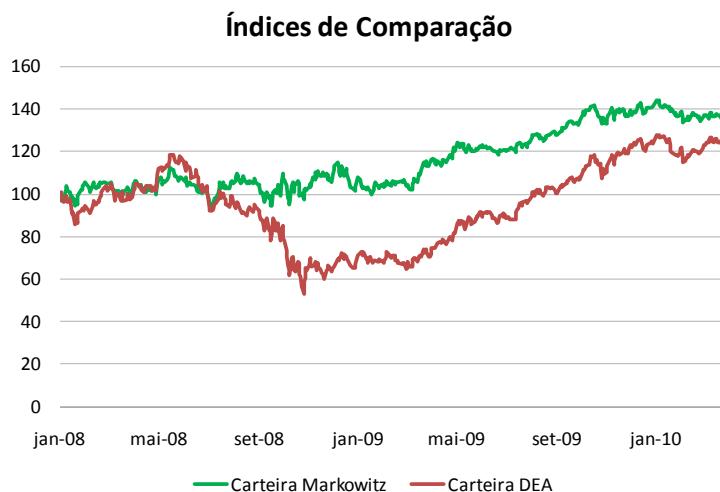
Nota-se que as duas carteiras são afetadas pelo efeito da crise global de 2008. No entanto, a carteira de Markowitz apresenta menor volatilidade mesmo em tais circunstâncias, tendo uma perda menor do que a perda apresentada pela carteira DEA. No entanto, apesar da diferença em termos de volatilidade, é interessante notar que as duas carteiras apresentam retornos finais semelhantes, e, além disso, em diversos momentos, os seus desempenhos são bastante semelhantes, como pode ser observado pela proximidade entre as curvas.

6.3.3. Ano de 2007

As curvas de desempenho para as carteiras geradas ao final do ano de 2007 apresentam resultados peculiares. Novamente aqui, pode-se observar diferenças em termos de volatilidade. Entretanto, o descolamento entre as curvas é maior neste ano do que nas análises feitas anteriormente. Nota-se que a carteira de Markowitz não apresentou grande volatilidade, inclusive durante o período de crise. De forma diferente, a carteira DEA apresentou grandes perdas durante o período de crise, não tendo tempo hábil para

recuperar a performance até o final do período de análise. Neste caso, portanto, é possível dizer através de uma análise gráfica que a carteira de Markowitz apresenta resultado superior a carteira DEA.

Figura 29: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2007



Uma possível explicação seria o fato de a carteira de Markowitz estar intencionalmente adicionando ao seu portfólio os ativos que possuem menor volatilidade, e seriam, portanto, ativos de natureza mais defensiva. Do lado oposto, a carteira DEA teria, em nossa hipótese, feito uma seleção de ativos de natureza mais agressiva, com maior chances de ganhos, mas com maior risco. Isso, por sua própria natureza, é uma composição que sofreria (novamente em nossa hipótese) mais com a influência de riscos externos, o que explicaria as grandes perdas durante o período de crise.

6.3.4. Ano de 2008

Em 2008, o resultado da comparação é o oposto do resultado observado na comparação das carteiras de 2007. No entanto, a hipótese levantada como explicação para os desempenhos daquele ano pode ser aplicada neste caso. Isto porque a carteira é gerada no final de 2008, tendo seu desempenho auferido a partir do início de 2009. Nestas condições, o desempenho das carteiras já está livre do efeito crise de 2008, de forma que ambas as carteiras operam sob condições de mercado favoráveis.

Sendo assim, adotamos novamente a hipótese do caso anterior de que a carteira de Markowitz é defensiva, ao passo que a carteira DEA é mais orientada a ganhos sem considerar riscos de volatilidade. Pode-se verificar pelo gráfico seguinte que, neste caso, a carteira DEA apresenta desempenho superior, uma vez operando sob condições estáveis.

Figura 30: Desempenho da Carteira DEA vs Carteira de Markowitz para o ano de 2008



7. CONCLUSÕES DO TRABALHO

7.1. Principais lições

O presente trabalho busca integrar tópicos de diferentes áreas da Engenharia de Produção. Partindo do objetivo inicial de verificar a aplicação do método DEA para medir a eficiência financeira de empresas e construir portfólios de ações, foi necessário obter um amplo leque de informações sobre diferentes tópicos, aprimorando o estudo realizado durante o período de estágio. Iniciou-se por fundamentar o estudo com base nos principais conceitos teóricos que formam os pilares do trabalho, que são:

- Formas de medição de eficiência e curvas de eficiência;
- Comparação entre medição parcial e medição total de eficiência, que leva ao estudo do DEA como um modelo integrado de medição de eficiência que possui uma visão sistêmica da empresa;
- O próprio DEA e como ele é empregado em diferentes áreas da engenharia de produção;
- Principais modelos de análise financeira de empresas;

O objetivo de adotar o DEA como método de seleção de ativos é o fato de ser um método capaz de ter uma visão sistêmica de uma entidade produtiva, da qual considera diversas variáveis para a medição no nível de eficiência total da entidade. De maneira simplificada, trata-se do cálculo da razão saídas / entradas, ou produtos / insumos, que medem a eficiência da empresa em produzir resultados a partir da utilização de insumos.

A partir da construção dessa base teórica, o próximo passo foi a construção dos modelos quantitativos utilizados na pesquisa. Foram analisados três modelos diferentes neste trabalho, para que os resultados de cada um pudessem ser comparados entre si. O primeiro modelo foi um estudo do autor deste trabalho realizado durante o estágio. O segundo foi o modelo desenvolvido para a aplicação do método DEA à construção de

portfólios. Por último, com o objetivo de comparar o modelo aqui desenvolvido com um método conhecido na literatura, o modelo de Markowitz foi utilizado.

O Modelo DEA de Seleção de Portfólios apresenta resultados considerados animadores, que nos faria adotar a hipótese de que tal modelo pode ser utilizado como técnica auxiliar de análise para a gestão de carteiras de investimentos. O trabalho possui, certamente, algumas limitações, que podem ser aprofundamentos de trabalhos futuros sobre tema semelhante. Os próximos parágrafos exploram esse tópico em mais detalhes, para em seguida, apresentar em maiores detalhes uma comparação entre os resultados obtidos com os diferentes modelos aqui estudados.

7.2. Limitações do Trabalho

É importante notar que, devido à abrangência e escopo do presente trabalho, algumas limitações foram notadas, dentre as quais convém destacar duas.

A primeira delas é uma premissa simplificadora para facilitar o desenvolvimento do trabalho, e refere-se à avaliação do desempenho das carteiras. A premissa adotada é referente à formação da carteira uma única vez, não havendo modificação até o final do período. Isso quer dizer que não há reavaliação contínua das empresas para a formação das carteiras de investimento, seja de forma trimestral ou anual, da carteira. Ou seja, a carteira é estática, não há reavaliação de eficiência das empresas que a compõe no seu período de vigência. Essa não seria uma situação ideal para compor uma carteira de investimentos.

Uma segunda limitação é uma hipótese formulada após analisar o desempenho das carteiras em todos os períodos. É possível notar que, mesmo considerando diferentes métodos, para determinados períodos, o resultado é semelhante. Isso leva a crer que o resultado é afetado pela presença de fatores externos aos considerados nos modelos. Nenhum dos modelos aqui analisados considera fatores externos às empresas, o que não é factível em uma situação real. Posto de forma diferente, deve-se considerar que existe a presença de riscos sistêmicos que influenciam o comportamento e o desempenho dos ativos.

7.3. Comparações entre os modelos quantitativos estudados

Ao todo, foram analisados neste trabalho três diferentes modelos de composição de portfólio, baseados em diferentes teorias. As próximas linhas traçarão as principais conclusões obtidas com cada um dos modelos.

Modelo Filtro de Desempenho

Trata-se de uma forma simples de avaliar empresas e construir portfólios, pois de forma simplificada, o modelo apenas considera a eficiência das empresas como sendo a média ponderada das posições das empresas nos *rankings* em diferentes categorias de indicadores.

Os pesos de cada indicador são, no entanto, atribuídos de forma arbitrária, de acordo com a experiência do gestor da carteira.

Modelo DEA

O modelo DEA aqui discutido apresenta o conceito de *Data Envelopment Analysis* juntamente com teorias de avaliação financeira, de forma a propor uma técnica que possa considerar uma série de variáveis ao mesmo tempo para a formação de um *ranking* de eficiência financeira. É apresentado o conceito da fronteira eficiente, que considera as melhores empresas em cada situação (cada conjunto de variáveis e cada período), para a formação da carteira de investimento ideal. Esse modelo apresenta, como vantagem em relação ao modelo do Filtro, o fato de não haver arbitrariedade na distribuição dos pesos entre as variáveis consideradas.

Modelo de Markowitz

O Modelo de Markowitz introduz na análise o conceito da minimização de risco. Utilizando-se da análise da oscilação de preços do passado das ações, o modelo proposto por Markowitz distribui pesos entre as ações em análise de forma a compor uma carteira com pesos diferenciados, que obedecem a restrição de estar entre 0 e 100%. Ele escolhe, para determinado período, as ações que minimizam a variação da carteira com base na oscilação passada. Utilizamos o modelo de Markowitz neste trabalho para balizar a

qualidade do nosso modelo de composição de portfólios, por tratar-se de um modelo amplamente aceito e reconhecido.

Ao comparar os resultados obtidos pelo nosso portfólio com os obtidos com a carteira de Markowitz, deve-se notar que a linha de desempenho desta tem uma oscilação menor, ou seja, é uma carteira de menor variância. Não se pode classificar qualitativamente os resultados, pois tratam-se de análises complementares para determinado cenário, pois ao passo que um modelo constrói uma carteira com as empresas consideradas “melhores” pelo modelo DEA, o outro modelo adiciona a isso uma análise de risco.

7.4. Futuros Estudos

O caráter abrangente deste trabalho implica que alguns temas aqui tratados tiveram que ser simplificados de forma a tornar viável a análise. Para tanto, pode-se sugerir a expansão deste trabalho tanto de forma a adicionar itens aqui não discutidos, como a aprofundar alguns itens.

Um dos possíveis temas a serem estudados é o estudo de indicadores globais que possam estimar o impacto de riscos sistêmicos no desempenho dos ativos. Além disso, pode-se ainda sugerir a utilização de um modelo composto, que utiliza ambos métodos, DEA e Markowitz. Dessa forma, adicionar-se-ia uma medida de risco ao modelo aqui estudado.

Adicionalmente, é possível o aprofundamento do próprio modelo DEA. Neste trabalho, o modelo foi testado para 4 diferentes períodos e com a utilização de 5 variáveis combinadas de diferentes formas. É possível sugerir testes com outras composições de variáveis e para outros períodos, de forma a aprimorar o modelo. Por fim, como explicado, as carteiras se mantinham sem modificações do momento em que fossem geradas até final do período de análise. Um aprimoramento deste modelo seria a adoção de reavaliações anuais ou trimestrais da carteira, de forma que as empresas selecionadas tivessem que manter o desempenho de eficiência durante todo o período.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.; PERIDO, A. E.; MARIANO, E.; REBELATTO, D. A. N. (2006); **Perfil da produção científica sobre estudo da técnica análise por envoltória de dados: Uma pesquisa na literatura nacional e internacional.** Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
- ARAUJO, P. H. S. L. (2008); **Elaboração de Rankings por meio de uso de técnicas Estruturadas: Uma aplicação no setor de seguros privados.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Carlos.
- ASSAF NETO, A. (2006); **Finanças Corporativas e Valor.** Editora Atlas. São Paulo, SP.
- BURNS, D. C.; SALE, J. T.; STEPHAN, J.A. (2008); **A Better Way to Gauge Profitability.** Journal of Accountancy, August 2008.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. (1978). **Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications.** Kluwer Academic Publishers
- CHEN, Y. (2004); **Ranking efficient units in DEA.** The Intelligent Journal of Management Science, Omega 32 (2004) 213-219
- CHI, P. Y. (2008); **Otimização de Portfólios de ativos de crédito.** Trabalho de Formatura. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.
- COOPER, W. W.; SEIFORD; L. M.; TONE, K. (2003); **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software.** Kluwer Academic Publishers.
- COSTA NETO, P. L. O. (1977); **Estatística.** Editora Blücher.

- EDIRISHINGHE, N. C. P.; ZHANG, X. (2007); **Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization.** Journal of Banking & Finance. Elsevier.
- GOLD, B. (1973); **Technology, Productivity and Economic Analysis.** The International Jounal of Management Science, Vol 1, No. 1, 1973.
- KARL HEIL (2005). Accessed at 10/04/2009. Available at <http://www.referenceforbusiness.com/management/Pr-Sa/Risk-Management.html>
- KASSAI, Silvia (2002); **Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis.** Tese apresentada ao Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economica, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora em Contabilidade e Controladoria.
- KAPLAN SCHWESER (2008); **Financial Reporting and Analysis.**
- IASB (International Accounting Standards Board) Fundation (2001); **Framework for the Preparation and Presentation of Financial Statements.**
- MARKOWITZ (1952); **Portfólio Selection.** The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1., pp 77-91.
- MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E. (2002); **Análise de Envoltória de Dados no Estudo da Eficiência e dos Benchmarks para Companhias Aéreas Brasileiras.**
- MELLO, J. C. C. B. S.; Meza, L. A.; Gomes, E. G.; Neto, L. B.. (2005); **Curso de Análise de Envoltória de Dados.** XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado - RS.
- MIGUEL, P. A. C. (organizador); (2010); **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Elsevier.
- SANTANA, N. B. (2008); **Responsabilidade Socioambiental e Valor da Empresa: Uma análise por Envoltória de Dados em Empresas Distribuidoras de Energia**

Elétrica. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Carlos.

SILVA, D. N. (2004); **Mix de Produtos Ideal com aversão ao risco: Uma aplicação do teorema de Markowitz e da diversificação na Produção.** UERJ. Rio de Janeiro – RJ.

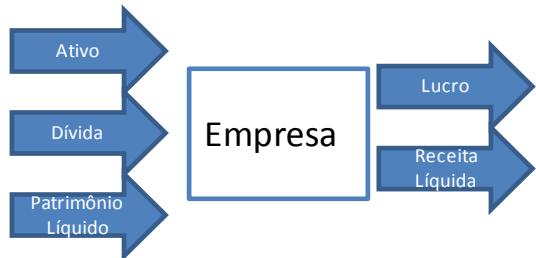
STAUB, R. B.; Souza, G. S.; Tabak, B. M. (2010). **Evolution of bank efficiency in Brazil: A DEA approach.** European Journal of Operational Research. Elsevier.

9. ANEXOS

9.1. Resultados desde 2005

9.1.1. Caso 1

Figura 31: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2005

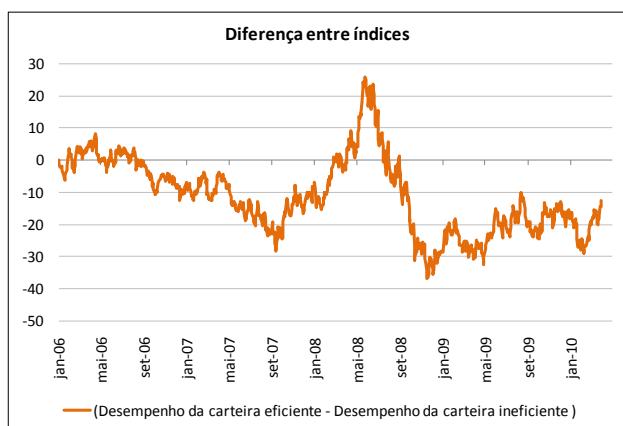
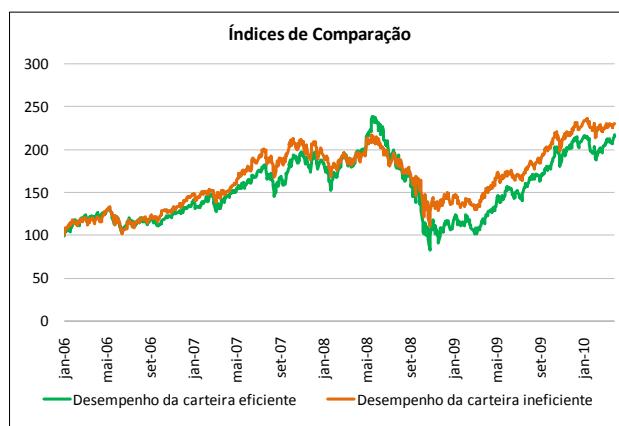
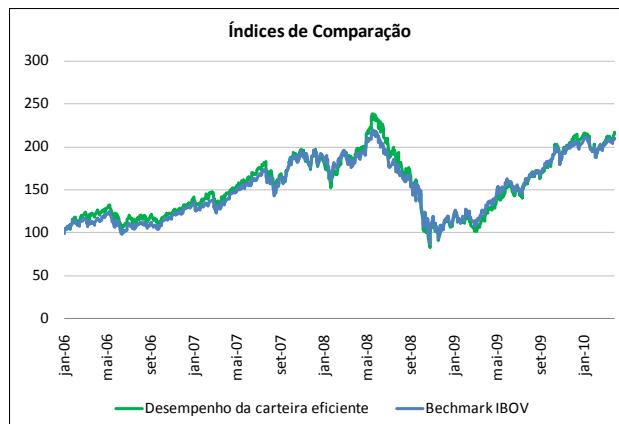


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Ativo, Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 32: Resultados com as variáveis do Caso 1 desde o ano de 2005



Comentário sobre os resultados apresentados

Pode-se notar que a carteira gerada com as variáveis do modelo 01 para o ano de 2005 obteve desempenho ligeiramente superior ao índice Ibovespa para a quase totalidade do período. Cabe notar que as principais perdas são geradas durante o período da crise mundial de 2008 de crédito imobiliário.

9.1.2. Caso 2

Figura 33: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2005

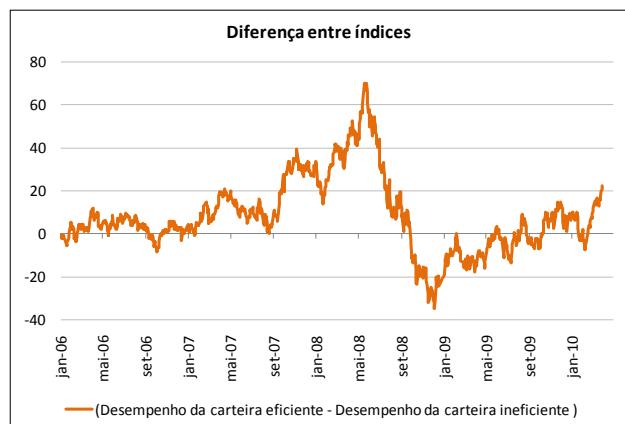
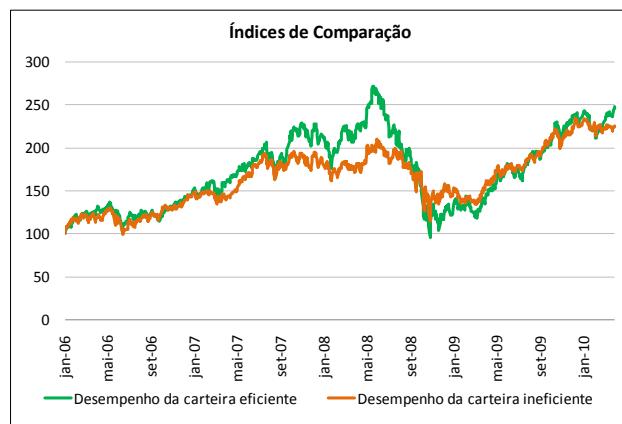
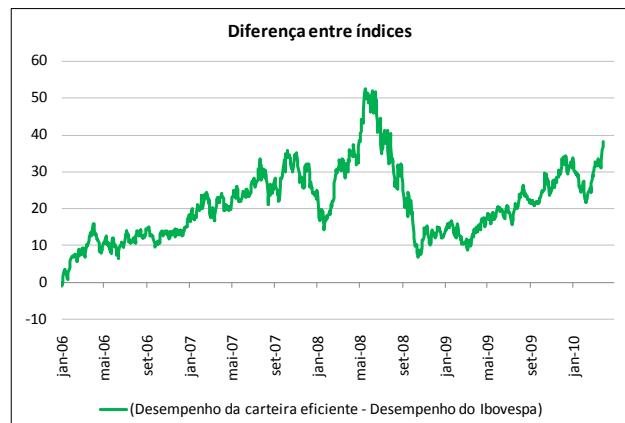
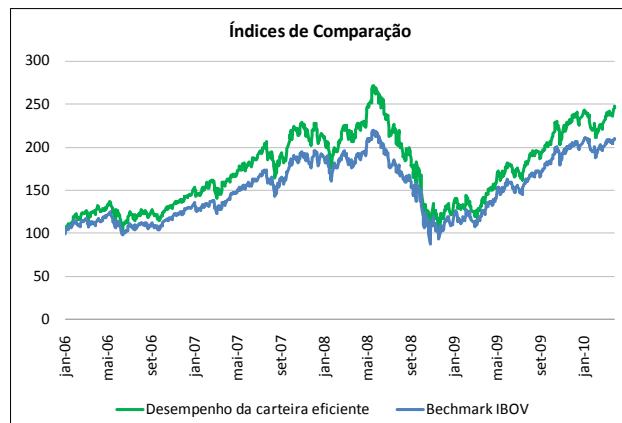


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 34: Resultados com as variáveis do Caso 2 desde o ano de 2005



Comentário sobre os resultados apresentados

A carteira gerada com o modelo 02 para o ano de 2005 obteve resultados melhores que o índice Ibovespa para a totalidade do período. Nota aqui, novamente (comportamento já observado no caso 1), que durante o período da crise de 2008, há uma perda de rentabilidade.

9.1.3. Caso 3

Figura 35: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2005

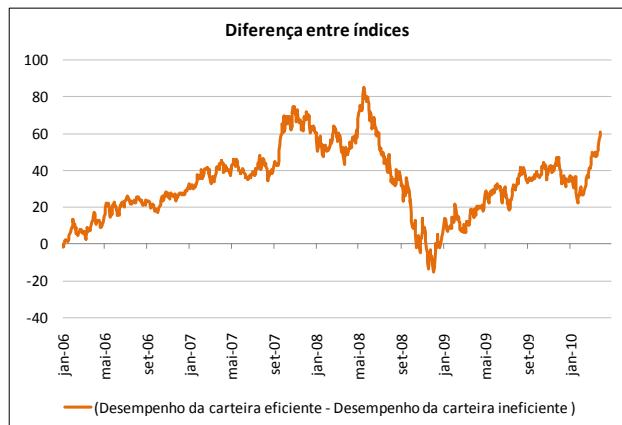
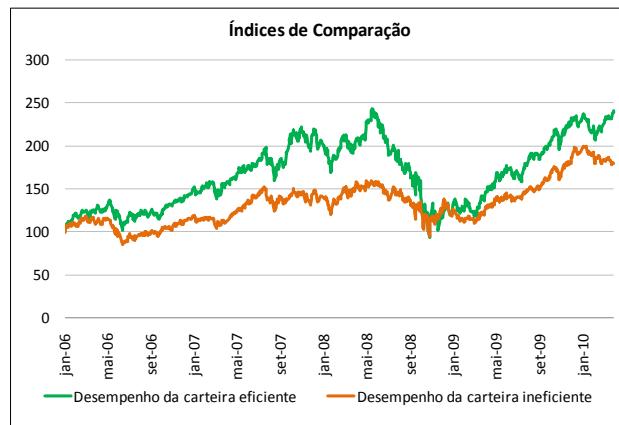
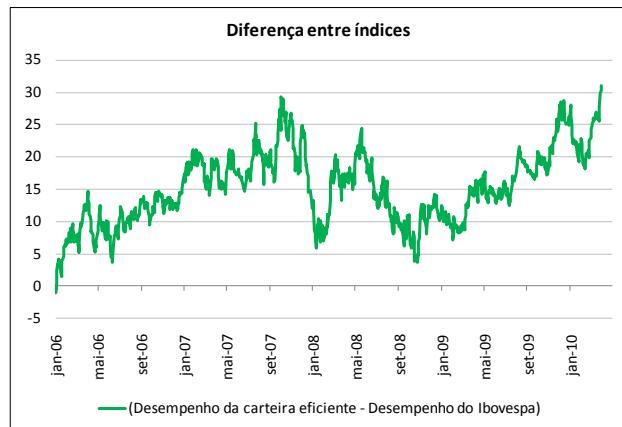
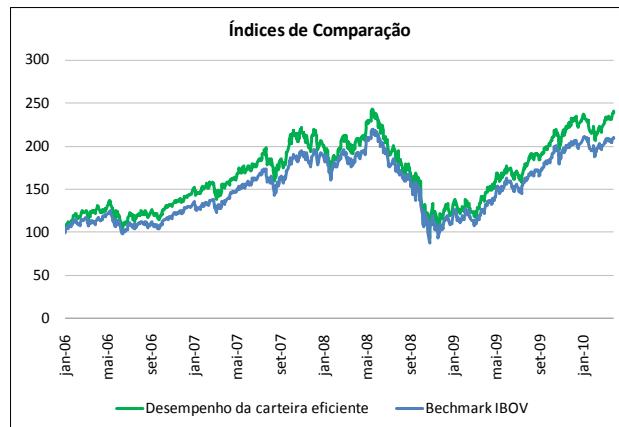


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro (utilizando-se apenas um determinante da produção de resultados)

Figura 36: Resultados com as variáveis do Caso 3 desde o ano de 2005



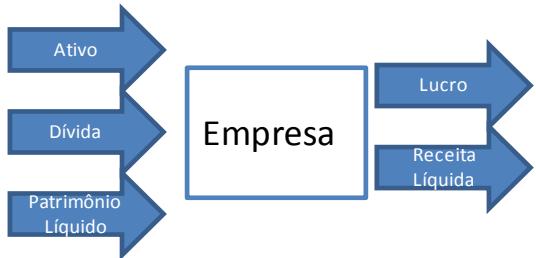
Comentário sobre os resultados apresentados

A terceira carteira gerada para o ano de 2005 obtém, de forma semelhante ao segundo caso, resultados positivos para todo o período. Embora com ganhos totais menores do que a carteira do modelo 02, a carteira do modelo 03 sofre menores perdas durante o período instável do ano de 2008. Isso nos leva a crer que trata-se de uma composição de ativos com características mais defensivas (o que é caracterizado por menor risco e menor ganho).

9.2 Resultados desde 2006

9.2.1. Caso 1

Figura 37: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2006

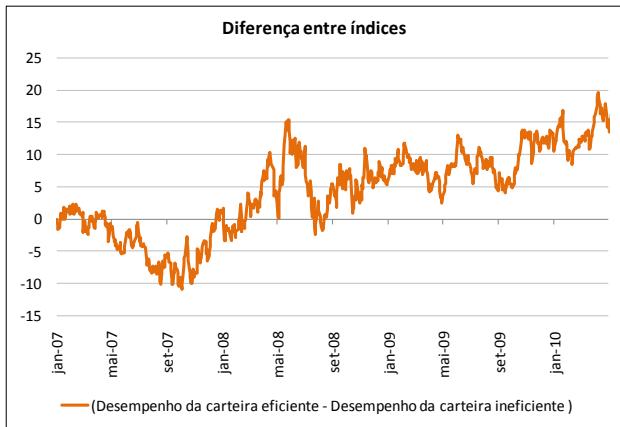
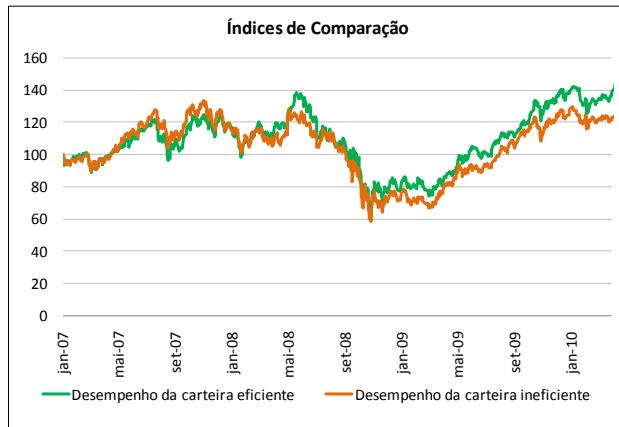
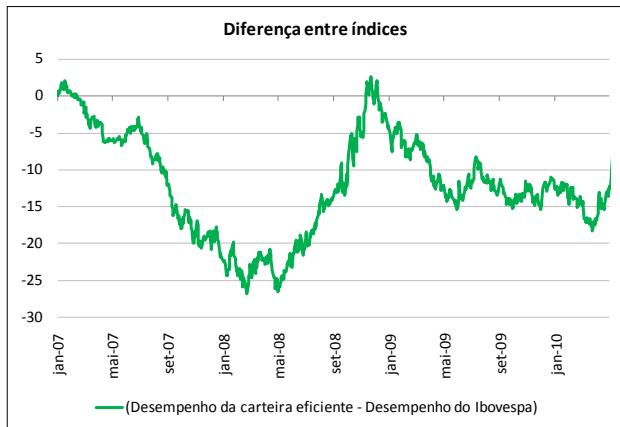
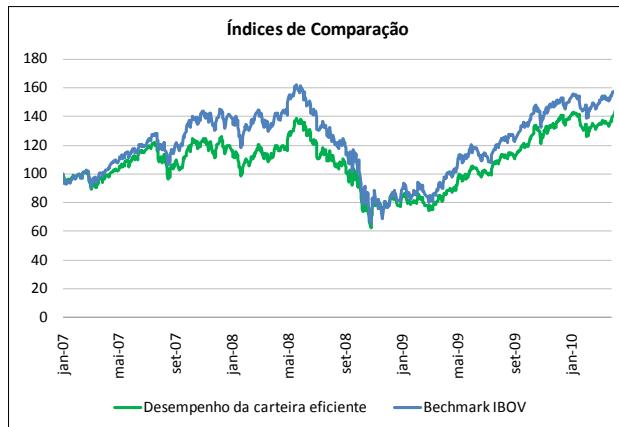


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Ativo, Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 38: Resultados com as variáveis do Caso 1 des de o ano de 2006



Comentário sobre os resultados apresentados

Para o ano de 2006, o modelo 01 gerou uma carteira que apresentou rentabilidade menor do que o índice Ibovespa. No entanto, durante o período conturbado da crise de 2008, enquanto o índice Ibovespa sofreu severas perdas, a carteira apresentou perdas em menor escala.

9.2.2. Caso 2

Figura 39: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2006

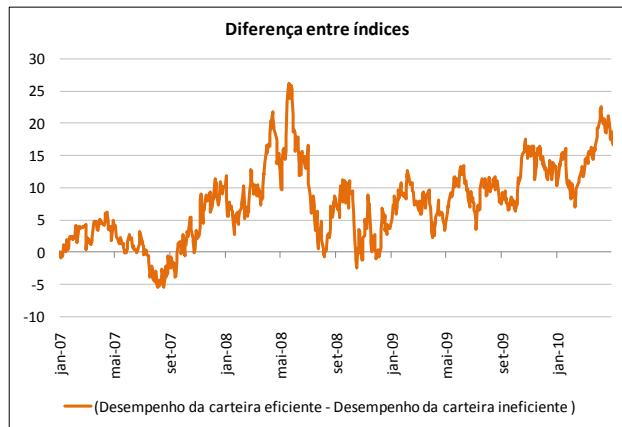
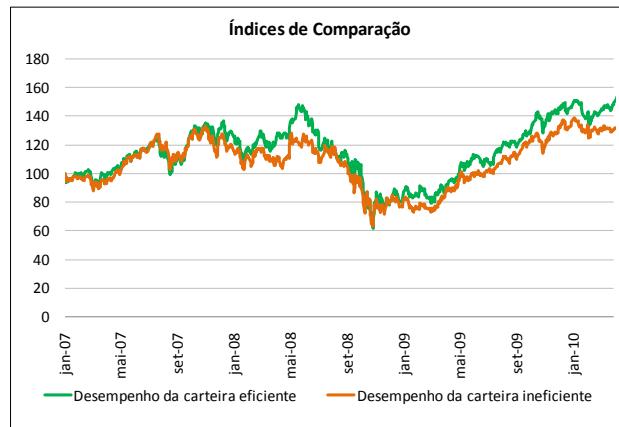
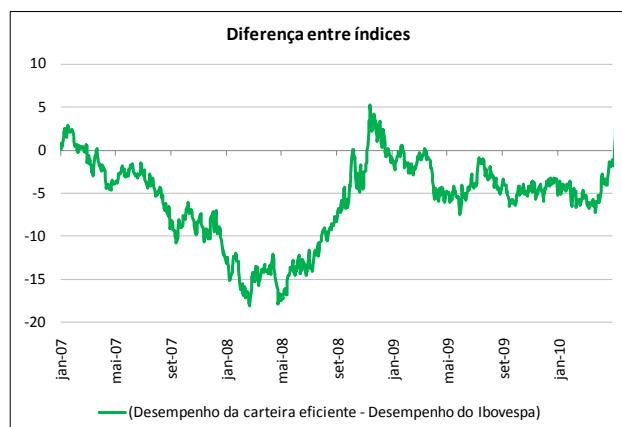
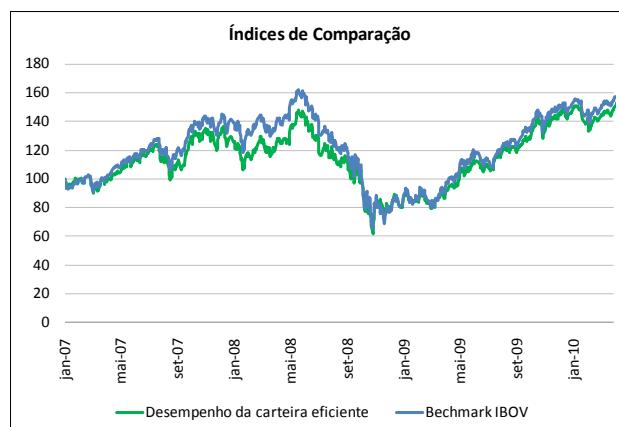


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 40: Resultados com as variáveis do Caso 2 des de o ano de 2006



Comentário sobre os resultados apresentados

O segundo caso do ano de 2006 apresentou uma rentabilidade ligeiramente inferior ao índice Ibovespa, apresentando o mesmo comportamento sequencial do caso 01.

9.2.3. Caso 3

Figura 41: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2006

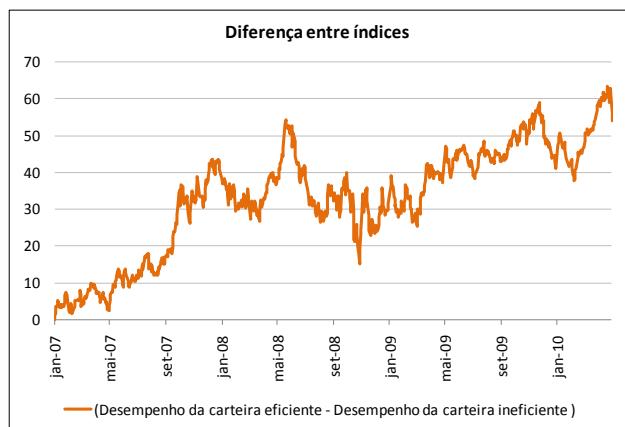
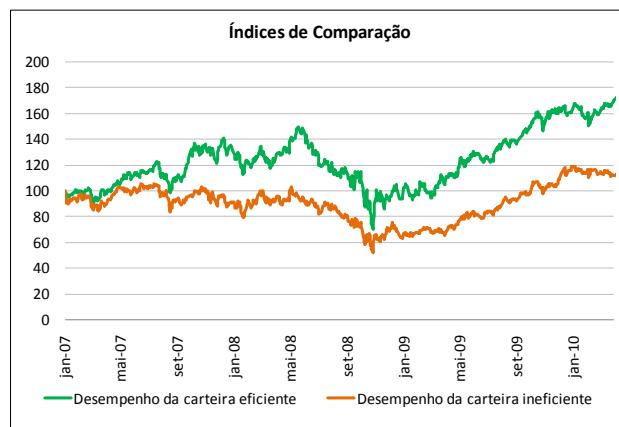
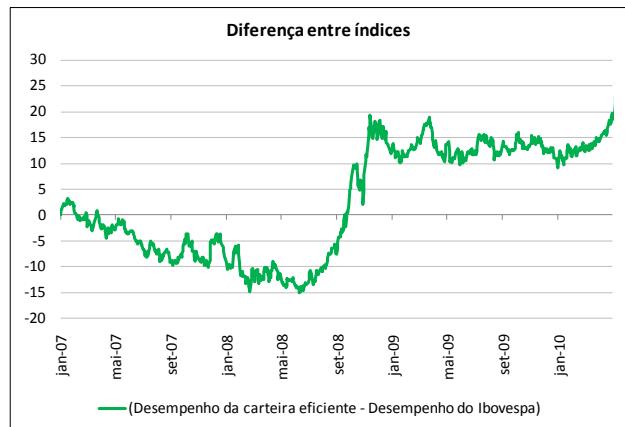
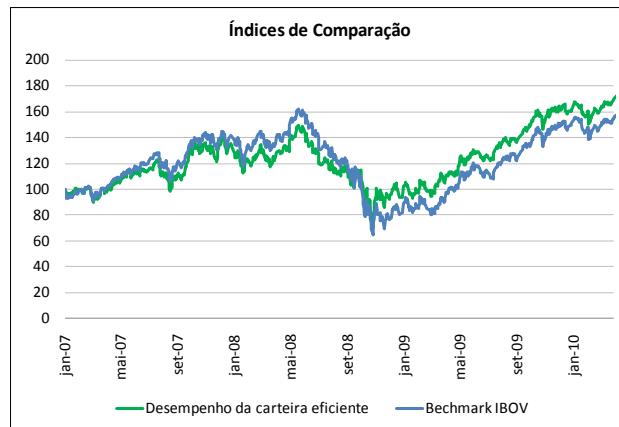


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro (utilizando-se apenas um determinante da produção de resultados)

Figura 42: Resultados com as variáveis do Caso 3 des de o ano de 2006



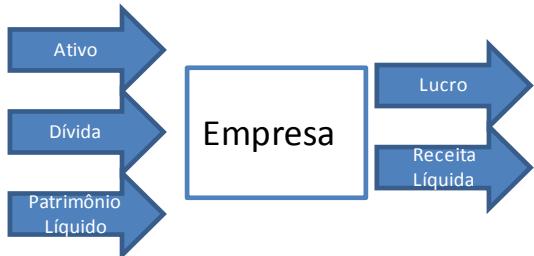
Comentário sobre os resultados apresentados

Pode-se observar que a carteira gerada com o modelo 03 para 2006 apresenta comportamento distintos para diferentes períodos da análise. Na primeira metade, observamos um desempenho ligeiramente inferior ao índice. Na segunda metade, no entanto, a carteira apresenta desempenho superior. O momento da inversão da trajetória de rentabilidade é, novamente, o período da crise de 2008.

9.3. Resultados desde 2007

9.3.1. Caso 1

Figura 43: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2007

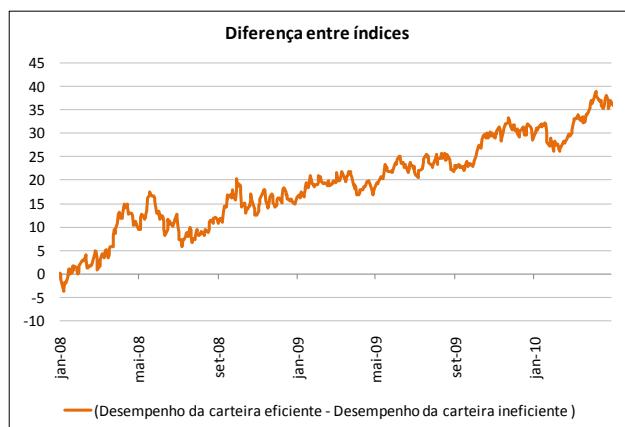
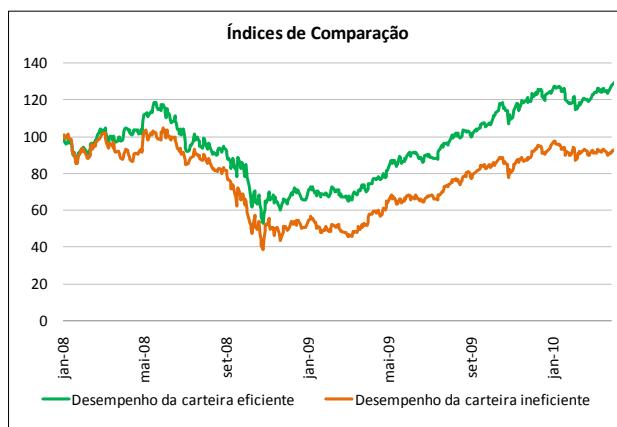
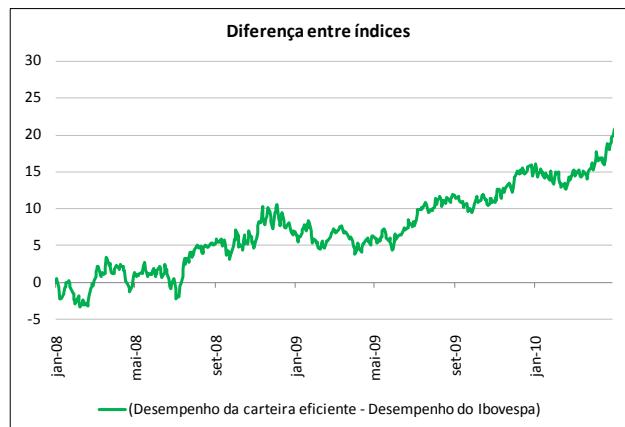
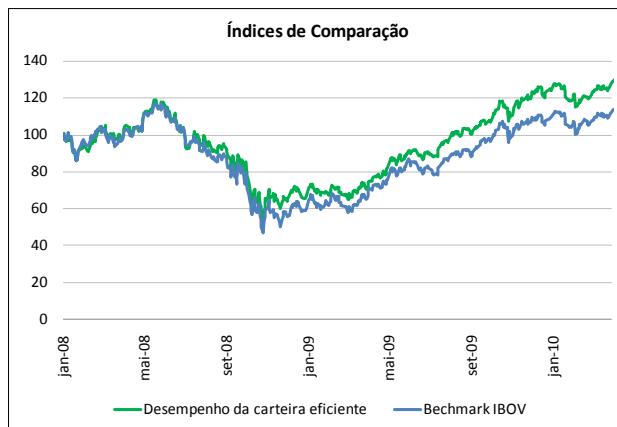


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Ativo, Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 44: Resultados com as variáveis do Caso 1 des de o ano de 2007



Comentário sobre os resultados apresentados

Nota-se que a carteira gerada com o modelo 01 em 2007 obtém rentabilidade superior e estável durante todo o período de análise, não sendo afetada pelo período da crise de 2008.

9.3.2. Caso 2

Figura 45: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2007

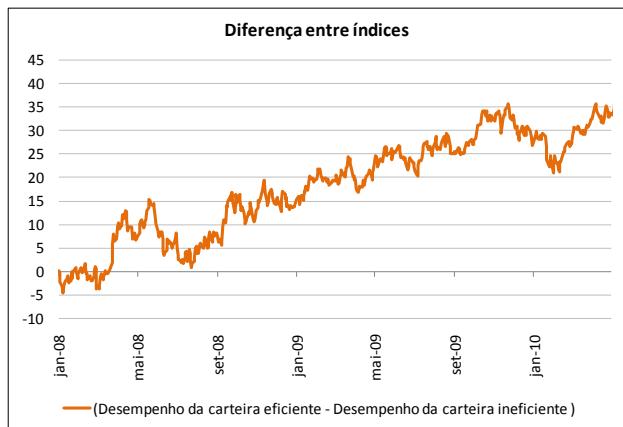
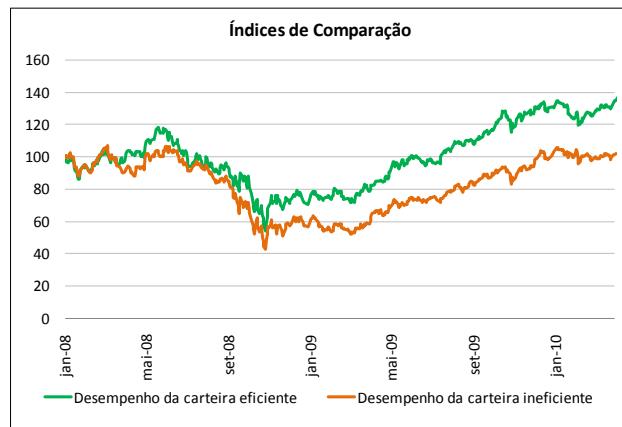
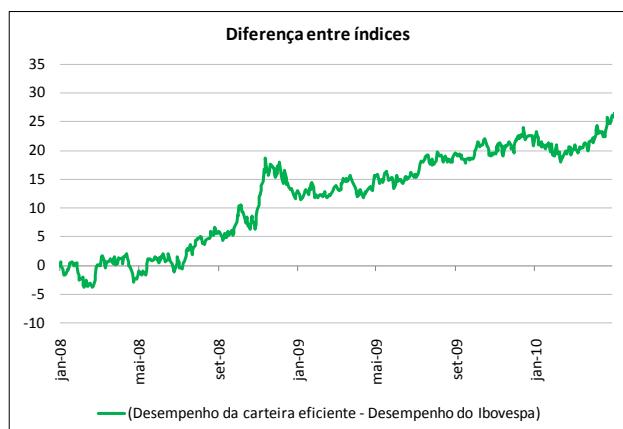
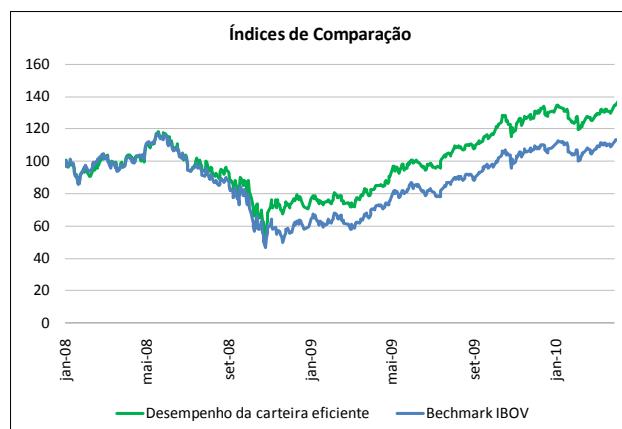


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 46: Resultados com as variáveis do Caso 2 des de o ano de 2007



Comentário sobre os resultados apresentados

Em comparação com o caso 01 para o mesmo período, esta carteira apresenta comportamento semelhante.

9.3.3. Caso 3

Figura 47: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2007

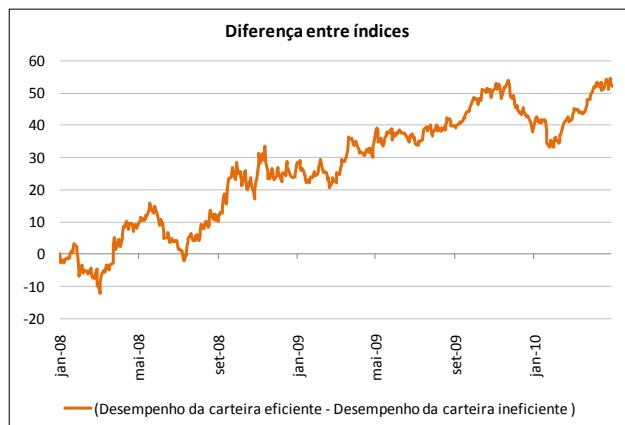
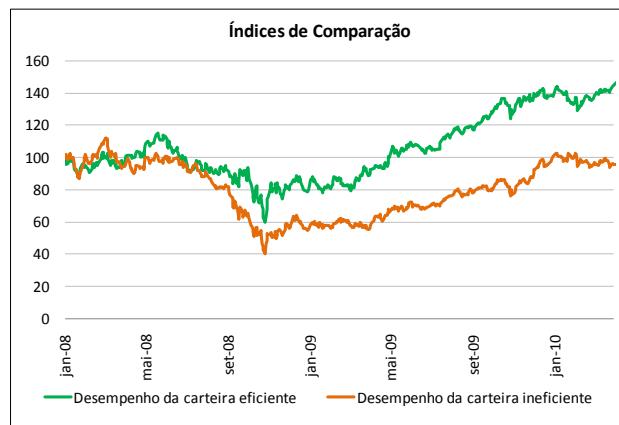
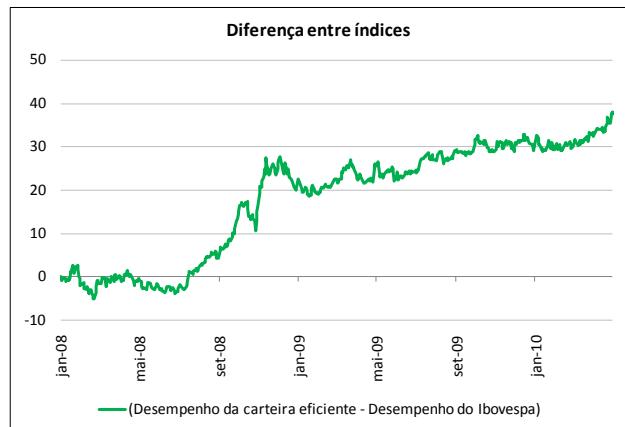
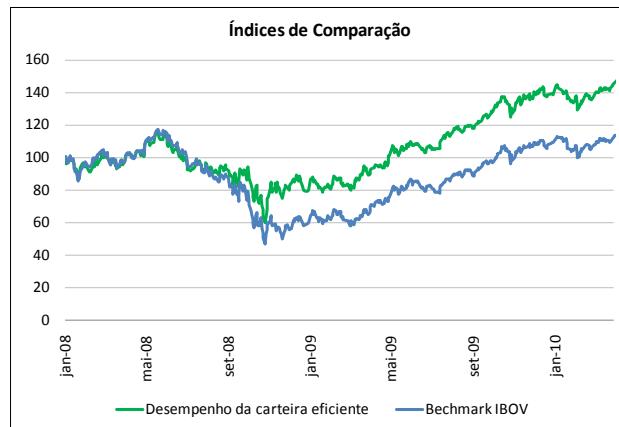


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro (utilizando-se apenas um determinante da produção de resultados)

Figura 48: Resultados com as variáveis do Caso 3 des de o ano de 2007



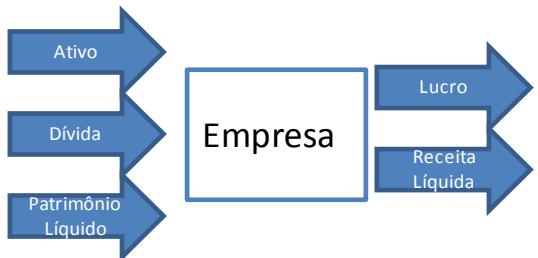
Comentário sobre os resultados apresentados

Nota-se que a carteira eficiente gerada neste período apresenta uma rentabilidade superior ao índice Ibovespa e superior à carteira ineficiente. Adiciona-se a isso o fato de esse desempenho superior ter sido acentuado no período que se inicia com a crise de setembro de 2008.

9.4. Resultados desde 2008

9.4.1. Caso 1

Figura 49: Caso 1 dos estudos de caso para o ano de 2008

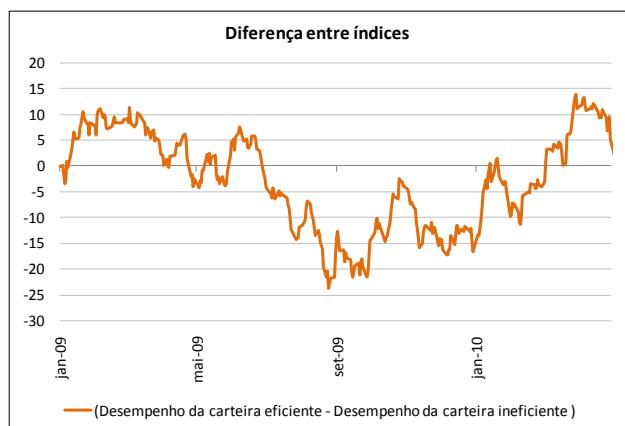
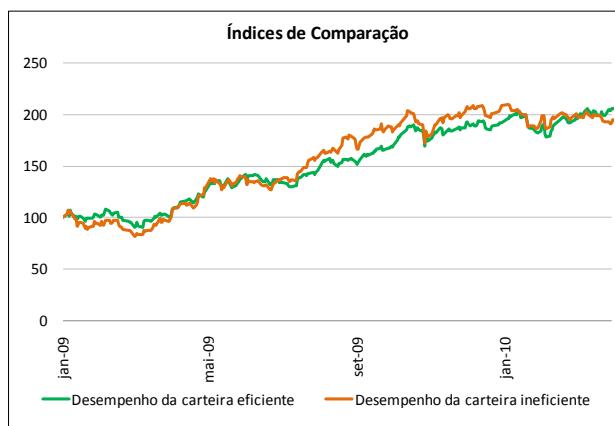
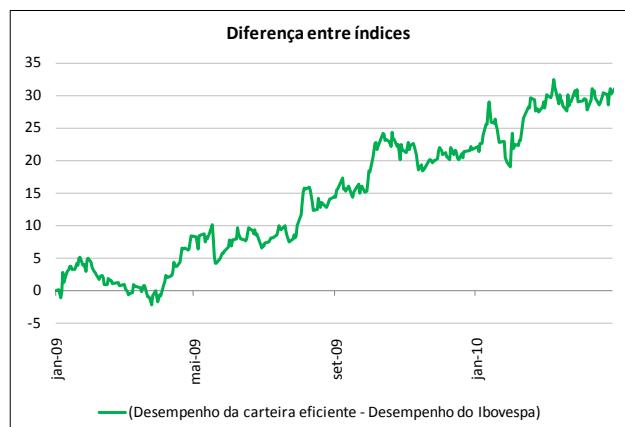
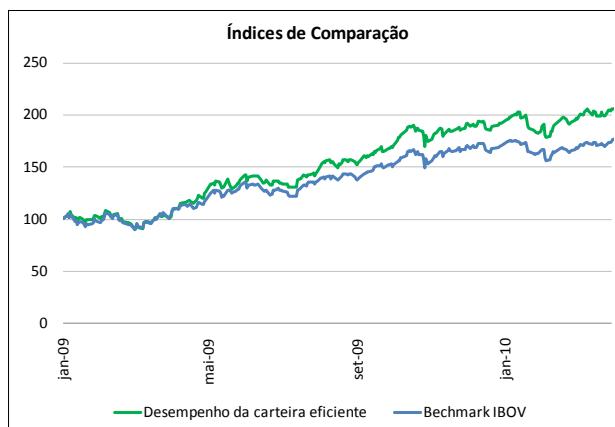


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Ativo, Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 50: Resultados com as variáveis do Caso 1 des de o ano de 2008



Comentário sobre os resultados apresentados

A carteira do modelo 01 gerada ao final de 2008 apresenta um desempenho superior ao desempenho do Ibovespa. Convém notar que o período em análise neste caso se inicia em 2009, período no qual o mercado de ações brasileiro readquiriu otimismo. Ademais, não notamos grande diferença de desempenho neste caso para a comparação entre a carteira eficiente e a carteira não-eficiente.

9.4.2. Caso 2

Figura 51: Caso 2 dos estudos de caso para o ano de 2008

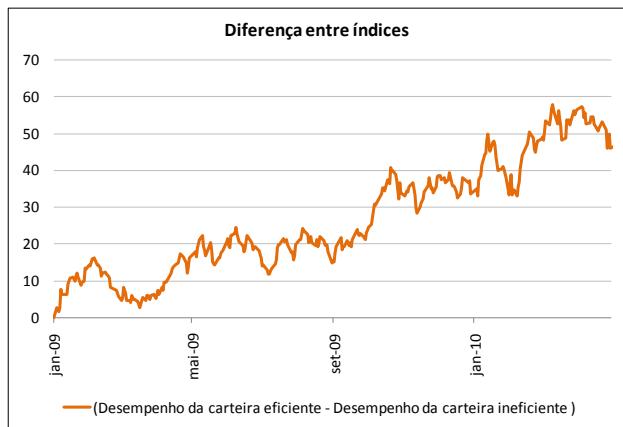
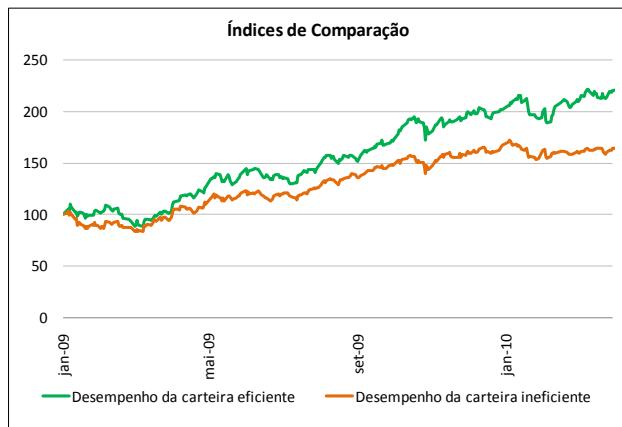
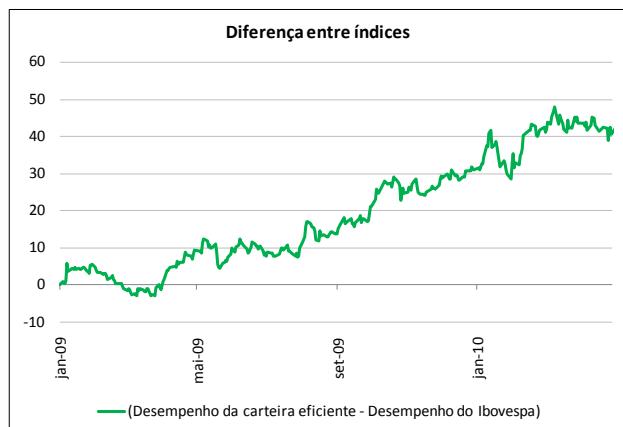
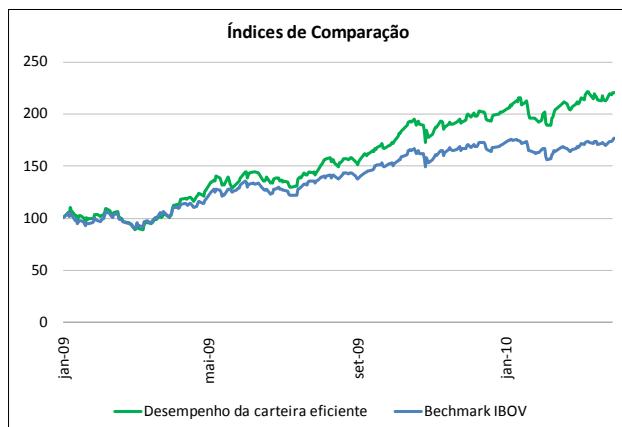


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro e Receita Líquida (com o objetivo de mensurar a produção de resultados)

Figura 52: Resultados com as variáveis do Caso 2 des de o ano de 2008



Comentário sobre os resultados apresentados

A carteira do modelo 02 gerada ao final de 2008 apresenta um desempenho bastante semelhante à carteira do modelo 01 quando comparada com o Ibovespa (desempenho superior para a carteira eficiente). A diferença deste caso é que quando fazemos a comparação com a carteira ineficiente, neste caso há uma expressiva diferença favorecendo a carteira eficiente (ao contrário do caso anterior, no qual não era possível notar diferença).

9.4.3. Caso 3

Figura 53: Caso 3 dos estudos de caso para o ano de 2008

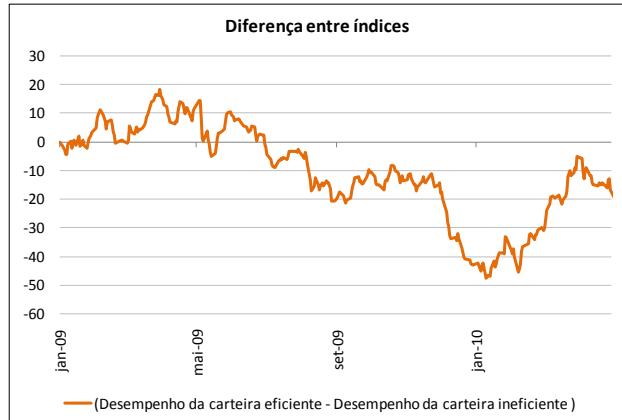
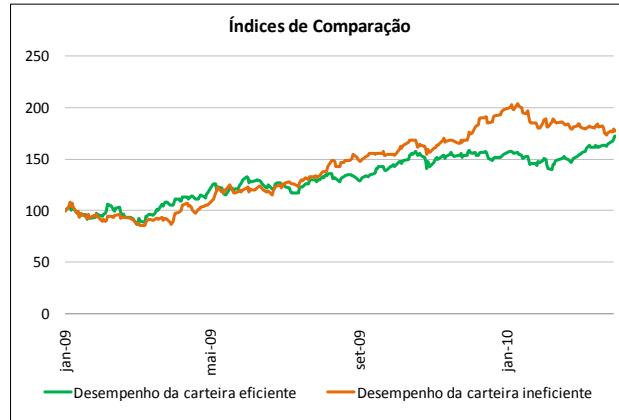
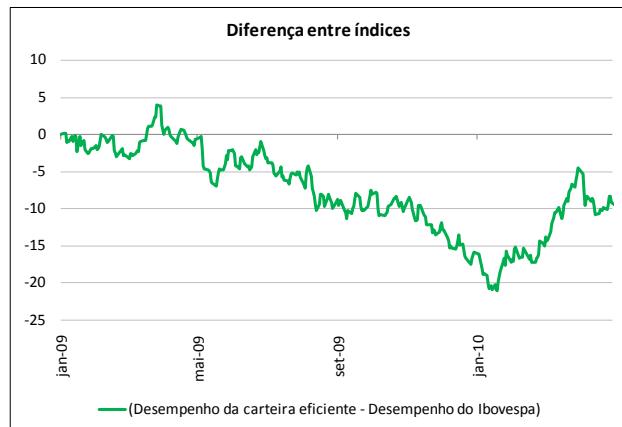
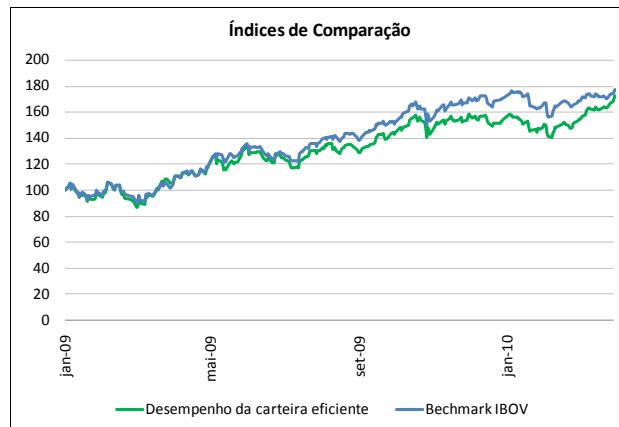


Descrição dos dados

Dados de entrada do modelo: Dívida e Patrimônio Líquido (cujo objetivo é mensurar a utilização de recursos por parte da empresa)

Dados de saída do modelo: Lucro (utilizando-se apenas um determinante da produção de resultados)

Figura 54: Resultados com as variáveis do Caso 3 des de o ano de 2008



Comentário sobre os resultados apresentados

Por último, notamos que a combinação de variáveis utilizadas no modelo 03 não gera um bom resultado para a carteira de 2008. Percebe-se que a carteira eficiente obteve um desempenho inferior ao do Ibovespa, ao mesmo tempo em que obteve desempenho inferior na comparação com a carteira ineficiente.

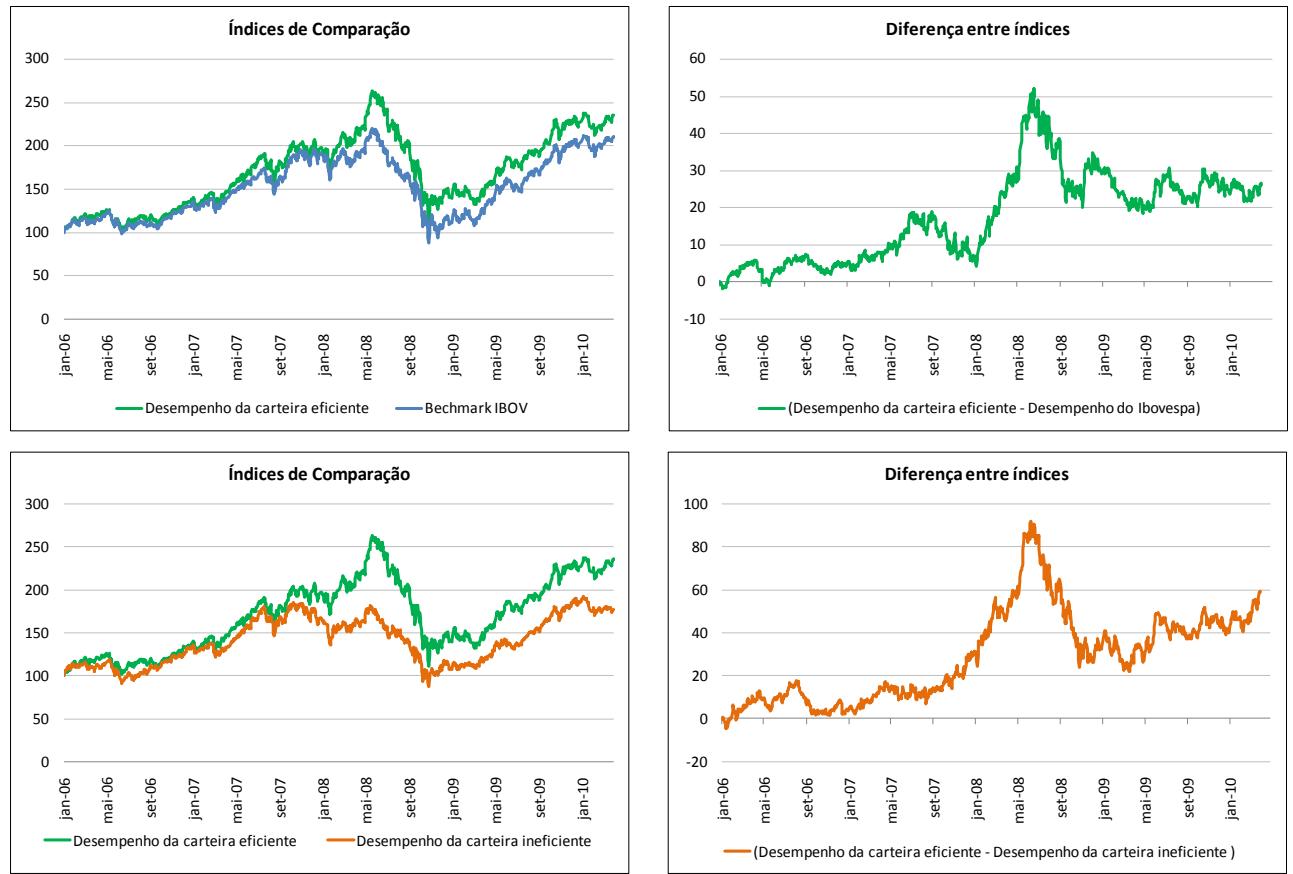
9.5. Resultados do Filtro de Desempenho para 2005

9.5.1. Filtro de Desempenho 2005

Principais Variáveis Utilizadas no Filtro de Desempenho para 2005

Classe de Variáveis e Respetivos Peso						
Rentabilidade de mercado	Crescimento			Rentabilidade Patrimonial		
40%	30%			40%		
Lucro Operacional / Valor da Empresa	40%	Crescimento Operacional	do Lucro	40%	Dívida / Patrimônio Líquido	20%
Lucro Líquido / Valor de Mercado	60%	Crescimento do Líquido	do Lucro	60%	ROE	80%
Total	100%	Total		100%	Total	100%

Figura 55: Resultados do Filtro de Desempenho para 2005



Comentário sobre os resultados apresentados

A carteira eficiente gerada com a técnica do Filtro de Desempenho em 2005 obteve desempenho superior ao índice Ibovespa e superior à carteira ineficiente para todo o período em análise, terminando o período com uma rentabilidade de quase 30% acima do obtido pelo índice e de quease 60% do desempenho da carteira ineficiente.

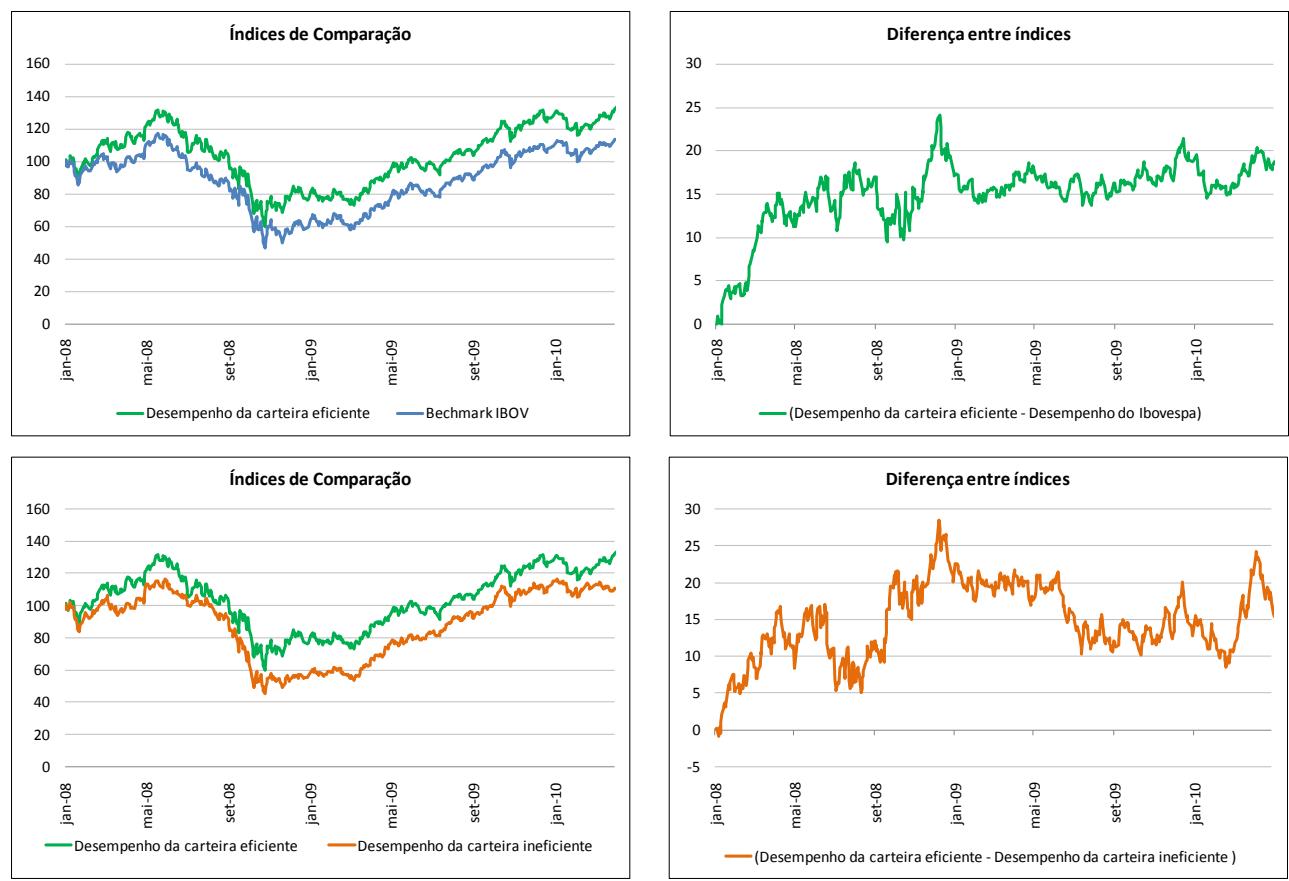
9.6. Resultados do Filtro de Desempenho para 2007

9.6.1. Filtro de Desempenho 2007

Principais Variáveis Utilizadas no Filtro de Desempenho para 2007

Classe de Variáveis e Respetivos Pesos						
Rentabilidade de mercado	Crescimento			Rentabilidade Patrimonial		
40%	30%			40%		
Lucro Operacional / Valor da Empresa	40%	Crescimento Operacional	do Lucro	40%	Dívida / Patrimônio Líquido	20%
Lucro Líquido / Valor de Mercado	60%	Crescimento do Lucro	Líquido	60%	ROE	80%
Total	100%	Total		100%	Total	100%

Figura 56: Resultados do Filtro de Desempenho para 2007



Comentário sobre os resultados apresentados

No caso do modelo de 2007, notamos novamente um desempenho superior da carteira eficiente para os dois casos (comparação com o Ibovespa e comparação com a carteira ineficiente).