

SURVEY DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS APLICADA A AGÊNCIAS BANCÁRIAS

Jefferson Bruno Soares de Medeiros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN - Brasil
jeffersonufpb@hotmail.com

Fernanda Barreto de Almeida Rocha

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN - Brasil
fernanda_cei@hotmail.com

Luís Filipe Azevedo de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN - Brasil
luisfilipeao@outlook.com

Claudia Aparecida Cavaleiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN - Brasil
claudia@ct.ufrn.br

RESUMO

As instituições financeiras são importantes instrumentos para prover o desenvolvimento da economia nacional e mundial. Para isso, é necessário que essas instituições adotem técnicas para avaliar melhor seu desempenho operacional. Dentre essas técnicas se destaca a análise envoltória de dados, com a questão primordial de quais indicadores e metodologias de seleção de variáveis. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma survey com os inputs/outputs, bem como os métodos de seleção de variáveis utilizadas em outras pesquisas com o uso da análise envoltória de dados aplicada em agências bancárias. Para realizar esse estudo, conduziu-se uma pesquisa sobre quais *inputs/outputs* e métodos para selecionar variáveis foram utilizados em trabalhos publicados nacionalmente e internacionalmente, durante o período 1990 a 2013. Finaliza-se apresentando um recorte sobre essa temática, as variáveis mais utilizadas e o ambiente adequado para cada método de seleção de variáveis.

PALAVRAS CHAVE. Análise Envoltória de dados, Seleção de variáveis, Bancos.

DEA - Análise Envoltória de Dados

ABSTRACT

Financial institutions are important tools to provide the development of national and world economy. For this it is necessary that these institutions adopt techniques to better assess operating performance. Among these techniques is the data envelopment analysis, with the primary question of which indicators and methodologies for variable selection. This paper aims to present a survey of the inputs/outputs as well as the methods of selection of variables used in other studies with the use of envelopment analysis applied in data banks. To perform this study, we conducted a survey on what inputs/outputs and methods to select variables were used in papers published nationally and internationally, during the period 1990-2013. Finishes, displaying a cutout on this topic, the most commonly used variables and appropriate for each selection method environment variables.

KEYWORDS. Data envelopment analysis, selection of variables, Banks.

DEA - Data Envelopment Analysis

1 Introdução

A avaliação de desempenho e produtividade é algo importante na gestão de empresas de qualquer setor de atuação. Isso porque, dessa forma, a administração se torna capaz de monitorar, comparar e até mesmo corrigir o desempenho da organização. Sendo também fundamental para a sobrevivência da organização em um ambiente competitivo. O setor bancário que ocorre a criação e a intermediação de recursos financeiros entre os diversos agentes econômicos, com fins multiplicadores sobre o consumo, o investimento e a poupança, é considerado um dos ambientes mais competitivos atualmente. Ao criar e intermediar os recursos, às instituições financeiras ampliam as possibilidades de diversificação da riqueza para indivíduos e firmas, além de oferecer serviços indispensáveis à operacionalização dos recursos de comércio e de capital. As instituições financeiras cumprem um papel fundamental para o funcionamento das economias locais e internacionais em qualquer mercado (LIU *et al*, 2013).

As avaliações de produtividade e eficiência são processos complexos, antigos e de vários modos estudados por organizações e empresas. Originalmente calculados como a razão entre o resultado e a entrada do processo produtivo. O problema, para essa perspectiva matemática, é de que apenas a minoria das organizações detém simples processos produtivos com um resultado e uma entrada. Atualmente, as empresas são mais complexas, com múltiplas entradas e resultados no sistema de produção, como modelo, os bancos e seus inúmeros produtos, como seguros, capitalizações, previdências, fundos de investimentos e cartão de crédito. Nesse processo, existem várias entradas e vários resultados que necessitam de maior elaboração para avaliar a eficiência e produtividade (BERGER; HUMPHREY, 1997).

De acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) (2013), uma série de eventos e fatores mudaram e continuaram repercutindo drasticamente nas características do ambiente de negócios das Instituições financeiras, em especial os bancos comerciais, ao redor do mundo. Globalização, aberturas de mercados e crescentes investimentos governamentais, parte em tecnologia de informação, parte e regulamentação são alguns dos mais importantes fatores que estão criando um novo cenário de forças competitivas nesses mercados e impondo mudanças e preocupações nas organizações bancárias.

Segundo Perico, Rebelatto e Santana (2008), desde o ano de 2007, o cenário mundial da escassez de liquidez impulsionou diversas instituições bancárias em todo o mundo à falência, concordata e/ou a ajudas governamentais, devido principalmente à crise de confiança causada pela bolha dos títulos *sub-prime* no mercado norte-americano. Ainda convergindo com os dados de 2007, o mercado bancário brasileiro, segundo o BACEN (2013), destaca nacionalmente a redução (falência, incorporação, concordata) na quantidade de instituições, com maior incidência após 2007. Staub, Souza e Tabak (2010) já identificam informação contrária quanto a redução dos bancos, pois embora tenha sido reduzido o número de bancos, a quantidade de clientes e agências bancárias evoluiu significativamente nos últimos 10 anos, tendo ocorrido também um processo de reestruturação da rede de agências, com a criação de alternativas de auto-atendimento de menor custo, instalação e manutenção.

Os principais fatores de análise são aqueles que proporcionam vantagem competitiva para empresas, ou seja, são os fatores que precisam estar representados nas medidas de desempenho, pois os competidores que melhor se comportarem em relação a estes fatores terão maiores chances de sucesso. Com o ambiente em mudança para mais clientes e mais agências bancárias, as variáveis utilizadas na avaliação de desempenho evoluem iniciando o controle mais detalhado das atividades em seus processos. Dando condições de identificar a eficiência em seus processos. Logo, o sistema de variáveis tem se tornado importante para auxiliar as tomadas de decisões gerenciais nas empresas.

Os modelos de Análise Envoltória de Dados têm evoluído dos modelos clássicos para os de redes na tentativa de atender essa necessidade. Na literatura, o número de publicações utilizando o setor bancário associado com o DEA tem diversos estudos, sobretudo com estudos a nível institucional. De acordo com Paradi e Zhu (2013), dentre 275 publicações da *Web of Science* utilizando DEA no setor bancário entre 1985 e 2011, 195 estudos examinaram instituições bancárias como um todo, mas apenas 80 examinaram em nível de agências. Quanto a

metodologia, o DEA é constituído por vários modelos matemáticos, depende do nível de complexidade que precisa avaliar. Dentre esses, os modelos com maior frequência em pesquisas acadêmicas, cerca de 80% das pesquisas publicadas entre 1985 e 2012, são aplicando os modelos CCR e BCC. (PARADI; ZHU, 2013).

Com essa necessidade, os métodos de avaliação de desempenho têm evoluído ao longo dos anos. Em destaque, o presente trabalho realizou uma *survey* sobre as aplicações com o uso da técnica Análise Envoltória de Dados. À luz dessa perspectiva, o trabalho tem como objetivo construir um mapeamento sobre as variáveis de *input* e *output* utilizadas; os modelos e orientações; e métodos de seleção de variáveis ao longo dos anos.

O artigo estrutura-se em três seções: parte inicial descreve o tema e alguns preceitos. Na segunda seção, são apresentadas pesquisas de eficiência utilizando análise envoltória de dados em agências bancárias, os *inputs* e *outputs* mais utilizados, suas orientações e modelos. Na terceira seção, são caracterizados os aspectos de seleção de variáveis utilizados em pesquisa do tema.

2 Eficiência em Agências Bancárias

Segundo Berger e Humphrey (1997), a avaliação de eficiência por meio de métodos não-paramétricos em nível de agências bancárias busca oferecer um grau de detalhamento maior, como também permite trabalhar as variáveis com menor erro de mensuração. A primeira tarefa na avaliação de eficiência de instituições financeiras é separar as unidades que apresentam performance compatível com os custos envolvidos daquelas que apresentam desempenho insatisfatório. As pesquisas sobre esse tema, de acordo com Parkan (1987), seja por comparação de diferentes empresas ou de filiais de uma mesma empresa – em geral, são desenvolvidas por meio da análise de fronteira (paramétrica ou não paramétrica) e as informações obtidas podem ser usadas para: a) informar as instituições governamentais sobre os efeitos das políticas adotadas e o desempenho das instituições financeiras; b) como instrumento de avaliação de performance gerencial de empresas; e, c) desenvolvimento de metas.

Sobre o tema análise envoltória de dados aplicada a agências bancárias, a literatura é muito ampla: aparece mundialmente em diversas pesquisas com diferentes enfoques e procedimentos (métodos). O estudo de Sherman e Gold (1985) é um clássico que reflete a realidade de avaliar a eficiência de uma unidade de tomada de decisão; A partir desse trabalho, o estudo em DEA com bancos cresceu, modificou e incorporou técnicas em vários âmbitos: Lo e Lu (2006) e Fiordelisi e Molyneux (2010) com DEA em redes; Hahn (2009), Sousa *et al* (2008) com técnicas de amostragem; Kholousi, (2013) e Chen *et al.* (2013) associando métodos de seleção de variaáveis.

A pesquisa de Berg *et al* (1993) foi um marco na literatura, pois por meio da utilização do Índice *Malmquist* em Bancos Europeus identificou as características mais importantes para a sobrevivência dos Bancos nos períodos de mudanças drásticas de cenário (regulamentação, crises, consumidores etc). A margem de acerto de quais bancos detinha a capacidade de sobreviver em momentos turbulentos na economia foi altíssimo. Já o trabalho de Bergendahl e Lindblom (2008) foi desenvolvido a partir do trabalho de Berger *et al* (1993) com os princípios para uma avaliação da eficiência de um banco de poupança. Esses autores começam a partir da observação de que tal banco é menos lucrativos do que um banco comercial e por meio da análise envoltória de dados demonstraram uma eficiência de serviço. Eficiência essa que difere de uma avaliação com base no lucro, conceito tradicionalmente utilizado para acionistas.

Convergindo com a tentativa de Berg *et al* (1993), de prever a falência em vários bancos, Pasiouras (2008) utilizou uma amostra de 715 bancos de 95 países, mas com a individualidade na aplicação de análise de dados em duas etapas para fornecer a evidência internacional sobre o impacto da regulamentação e supervisão dos bancos. Os resultados fornecem evidência em favor de todos os três pilares do Acordo de Basileia II. No entanto, apenas a supervisão é significativa em todas as amostras (países). Já Lo e Lu (2006) utilizaram a mesma metodologia de DEA em rede. Pesquisaram o desempenho de agências bancárias com um fluxo de produção em duas

etapas, a financeira e a operacional, e seus resultados demonstram que os bancos de grande porte são mais eficientes do que os de pequeno porte na amostra do Taiwan.

Luo (2003) já destacava que a literatura em eficiência bancária era principalmente direcionada para a perspectiva de Operacional e financeira, ignorando a eficiência de comercialização, ou seja, as atividades gerando mais valor de mercado, e com o estudo de DEA em 245 grandes bancos, constata a capacidade de a eficiência técnica global (perspectivas: financeiras, operacional e comercialização) prever a probabilidade de falências bancárias.

Fiordelisi e Molyneux (2010) utilizaram as mesmas perspectivas: financeiras e operacionais com modelos de retornos variáveis e constantes em bancos que atuaram nos países da Europa. Esse estudo não apenas aplicou os modelos quanto a variáveis de eficiência operacional e financeira, mas investigou suas mudanças durante o período de 1995 a 2002 sobre as variáveis: relação entre o valor econômico adicionado e do capital investido no tempo; eficiência técnica; eficiência alocativa; eficiência de escala; eficiência de custos; mudança de produtividade total dos fatores; transformação tecnológica; mudança de eficiência técnica; variação da eficiência técnica pura.

Aplicando a metodologia de retornos variáveis também na Europa como Fiordelisi e Molyneux (2010), as perspectivas de regulamentação e supervisão dos bancos de Pasiouras (2008), Chortareasa, Girardone e Ventouri (2012) adicionaram informação na pesquisa as variáveis contábeis de custos de intermediação (margem líquida de juros) e rentabilidade (relação custo/lucro) e mais seis *inputs*: as despesas com pessoal; total de ativos fixos; e depósitos e financiamentos de curto prazo, e três *outputs*: o total de empréstimos; total de outros ativos remunerados; e taxa de renda. Chortareasa, Girardone e Ventouri (2012) informam em seu trabalho que as políticas de supervisão e regulação intervencionista como o monitoramento do setor privado e a restrição das atividades bancárias pode resultar em níveis mais elevados de ineficiência dos bancos.

Tanna, Pasiouras e Nnadi (2011) adicionam a informação peculiar de que o Conselho deliberativo do banco tem um impacto robustamente significativo e positivo sobre todas as medidas de eficiência. Com a pesquisa em 17 instituições bancárias da Inglaterra, aplicando os modelos de retorno constantes e variáveis no espaço temporal de 2001 a 2006 Tanna, Pasiouras e Nnadi (2011) comprovaram que apenas as variáveis de empréstimos, depósitos e despesas com pessoal não identificaram completamente as condições de eficiência de um banco de grande porte. Wang, Lu e Lin (2012) acrescentam mais uma evidência na ideia de Tanna, Pasiouras e Nnadi (2011) quando verificou que existem impactos negativos sobre o desempenho conselho e diretores quanto a idade média e impactos positivos quanto ao número de comissões. Resumindo, o resultado dessas duas pesquisas destacam a governança corporativa é importante para o desempenho operacional e financeiro dos bancos.

Contrapondo o resultado de Lo e Lu (2006), sobre a relação de eficiência e porte dos bancos, Filippaki, Margaritis e Staikouras (2012), com o estudo de desempenho em bancos da Europa entre 1998 e 2008, evidenciaram que a relação é negativa entre o tamanho do banco e eficiência. Em outras palavras, os grandes bancos são menos eficientes. O ponto crucial dessa divergência pode ser os indicadores do conselho de cada banco, não estudados nessas pesquisas de Lo e Lu (2006) e Filippaki, Margaritis e Staikouras (2012).

Na perspectiva brasileira, os trabalhos foram seguindo dois parâmetros de variáveis: avaliação de agências com indicadores do *Balanced Score Card* (BSC), os quais compartilham a ideia de que o conselho deliberativo do banco tem um impacto robustamente significativo sobre todas as medidas de eficiência. Como exemplo, os trabalhos de Macedo e Cavalcante (2009) e Cavalcante e Macedo (2011); e avaliação de agências com indicadores financeiros e operacionais. Como exemplos, os estudos de Araújo e Carmona (2002) e Souza, Souza e Taunnuri-Pianto (2008).

A pesquisa de Berger e Humphrey (1997) sobre a eficiência de instituições financeiras foi essencial e citado para o desenvolvimento do trabalho de Araújo e Carmona (2002) que propôs uma estrutura para avaliação de eficiência de uma rede de agências bancárias, sob as perspectivas: operacional e financeira. Adicionou também no estudo uma proposta para

contribuir para o sistema de controle de instituições bancárias, ajudando a identificar as melhores práticas gerenciais na tomada de decisões quanto às metas a serem estabelecidas. A seguir apresenta-se a sistematização dos indicadores utilizados nas pesquisas utilizando DEA em agências bancárias no Quadro 1.

No cenário brasileiro, Souza, Souza e Taunnuri-Pianto (2008) apresentaram um estudo muito detalhado de um banco brasileiro. Estudaram cerca de três mil e seiscentas agências bancárias, aproximadamente todas as agências desse banco em funcionamento no ano de 2004. Esse trabalho seguiu a perspectiva de eficiência financeira e operacional com modelos de retornos constantes e retornos variáveis. Além de utilizar variáveis como despesas administrativas, homem/hora, aplicação, captação, fundos de investimento e tarifas e serviços a pesquisa de Souza, Souza e Taunnuri-Pianto (2008) alertam para a variável número de contas correntes que modifica substancialmente as avaliações de eficiência, pois dilui importantes variáveis tais como rentabilidade.

Na observação realizada por Macedo e Cavalcante (2009), ao utilizar DEA com variáveis do BSC, em 38 agências bancárias do segmento varejo (nova segmentação utilizada em meados de 2007) foi constatado a mesma perspectiva de Lo e Lu (2006), pois o desempenho médio das 10 maiores agências foi superior ao das 10 menores agências. Logo, converge com o reflexo do ganho de escala que existe nas operações das agências. Ainda, no estudo de Macedo e Cavalcante (2009), foi adicionada uma perspectiva importante para ampliação da visão dos *stakeholders* desse ramo de atividade: clientes.

A literatura sobre análise envoltória de dados em agências bancárias admite um vasto conjunto de indicadores para um vasto conjunto de modelos. Em uma pesquisa sobre os indicadores utilizados em modelos DEA para avaliar agências bancárias, destaca-se as escolhas dos *inputs* despesas operacionais e volume de captação (ativos fixos) como os de maior frequência. Para *outputs* a maioria das pesquisas utilizam o *spread* e o volume de empréstimo. Nesses termos, o Quadro 1 apresenta a sistematização de um conjunto de trabalhos para o desenvolvimento de variáveis, além de sua taxa de utilização. Parte dos resultados apresentados no Quadro 1 não são diretamente comparáveis, uma vez que divergem em período, método de seleção de variáveis e *inputs/outputs*, logo a informação é de caráter ilustrativo, tendo validade para contribuir com o *benchmark* nessa área.

A pesquisa em DEA utilizando agências bancárias é peculiar, quase todos os estudos aplicando DEA à agências bancárias estão dentro de três países: Brasil, China e Canadá, provavelmente devido à qualidade e acessibilidade da fonte de dados, pois a maior parcela estuda fundos de pensões e/ou indicadores macroeconomicos. O primeiro trabalho publicado utilizando DEA em agências bancárias foi registrado por Sherman e Gold (1985) utilizando o modelo de retornos constantes com os *inputs* de mão-de-obra e despesas totais e *outputs* como número de operações realizadas. Nesse mesmo estudo, Sherman e Gold (1985) declararam ser muito importante para a confiabilidade no estudo a decisão de quais são as variáveis utilizadas no modelo. No decorrer dos anos, essa decisão, segundo Paradi e Zhu (2013), é aprimorada para os métodos de seleção de variáveis e ainda continuam sendo ponto crucial para o desenvolvimento de um estudo em DEA com confiabilidade. A seguir apresenta-se a sistematização dos métodos de seleção de variáveis utilizados em DEA com agências bancárias.

3 Método de pesquisa

A presente pesquisa se caracteriza, quanto ao seu objeto como pesquisa bibliográfica sistemática sobre as principais variáveis utilizadas para avaliar a eficiência bancária. Pai *et al.* (2004) definem revisão bibliográfica sistemática como sendo uma abordagem de pesquisa confiável, pois é abrangente e apresenta explicitamente os meios utilizados e os resultados obtidos. Para esta pesquisa, realizou-se uma observação direta, com abordagem quali-quantitativa com os principais artigos da área no período de 1990 a 2013 com corte longitudinal.

A pesquisa foi contemplada em três etapas. Na primeira etapa, foi definido o problema da pesquisa como sendo: “quais principais variáveis utilizadas para avaliar a eficiência bancária?”. A partir da definição do problema, seguiu-se para a segunda etapa, a qual consistiu na filtragem dos artigos pelo portal Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e associado ao banco de dados fornecido pelo SCOPUS por meio da utilização das seguintes palavras-chaves: “data envelopment analysis”, “efficiency” e “banks”. Foram encontrados artigos que continham em seu título ou no resumo ou em uma das palavras chaves, sendo realizada essa busca até o dia 15 de Março de 2014. Na próxima fase da pesquisa, refinou-se para identificar quais são os métodos de seleção de variáveis utilizados na temática de bancos, em que buscou-se pelos termos “selection of variables”, “data envelopment analysis”, “efficiency” e “banks”. A partir dessa estrutura, buscou-se construir uma base conceitual para avaliar como esses métodos de seleção de variáveis são utilizados e quais são as motivações em busca desse refinamento de variáveis.

4 Sistematização dos métodos para selecionar as variáveis

Os métodos de seleção de variáveis buscam obter uma representação reduzida em volume de dados, mas que produza resultados de análise idênticos ou similares com todos os dados. Esses métodos eliminam a redundância, excluindo dados irrelevantes. Significa resultados mais fidedignos, e mesmo com essa vantagem, a maior parte das publicações utilizando DEA em agências bancárias discutiu pouco sobre a problemática da seleção das variáveis. Na literatura tem pouca discursão sobre os métodos de seleção por existir outros procedimentos que utilizam estatística com interferência para o pesquisador ou especialista selecionar.

Essa diferença de graus de intervenção de algum agente na decisão não significa que o método seja menos realista ou menos eficaz, mas sim que haja a inserção do conhecimento tácito do agente no auxílio à tomada de decisão. Normalmente as publicações utilizando DEA abordam a seleção de variáveis com agentes (especialistas). Este trabalho não pretende descrever exaustivamente o conhecimento em Métodos de Seleção de variáveis em DEA, entretanto faz breve relato sobre em qual momento os métodos de seleção de variáveis são utilizados (WU; BIRGE, 2012).

Os autores Golany e Roll (1989) são sempre evidenciados na literatura quando o assunto são métodos de seleção de variáveis, e segundo os mesmos a análise DEA segue a sequência de etapas que podem ser compreendidas nas três fases: (a) seleção das DMUs a entrarem na análise; (b) seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) que são relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMUs selecionadas; e (c) aplicação do modelo, conforme a Figura 1.

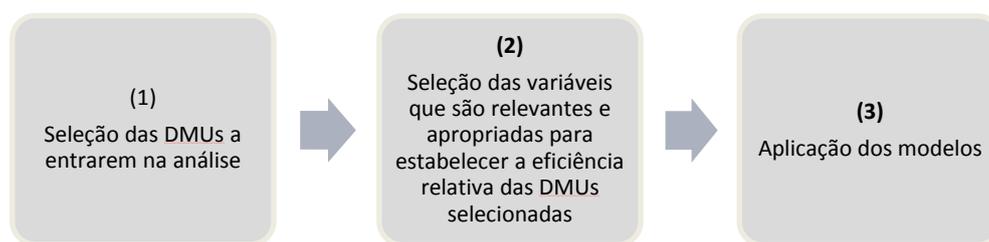


Figura 1: Fases de aplicação do DEA.

Fonte: Golany e Roll (1989).

Edelstein e Paradi (2013) utilizaram na primeira fase (seleção de DMU's) agências instaladas no Canadá, e prioriza que a escolha dessas DMU's foi principalmente pela capacidade de obtenção dos dados com maior detalhamento. Esse critério utilizado por Edelstein e Paradi (2013) também foi requerido nas pesquisas de Hahn (2009) e Mercan et al. (2003).

Quadro 1 – Sistematização dos indicadores de desempenho em Agências Bancárias com DEA.

INDICADORES	AUTORES																	Taxa de Utilização						
	Araújo e Carmona (2002)	Sousa, <i>et al.</i> (2008)	Macedo e Cavalcante (2009)	Chortareas <i>et al.</i> (2012)	Filippaki <i>et al.</i> (2012)	Wang, Lu e Lin (2012)	Tanna <i>et al.</i> (2011)	Cavalcante e Macedo (2011)	Edelstein e Paradi (2013)	Hahn (2009)	Bergendahl, Lindblom (2008)	Pasiouras (2008)	Mercan <i>et al.</i> (2003)	Berg <i>et al.</i> (1993)	Wu e Birge (2012)	Estrada <i>et al.</i> (2009)	Barros e Garcia (2006)		Fiordelisi e Molyneux (2010)	Luo (2003)	Kholousi, (2013)	Chen <i>et al.</i> (2013)		
<i>Inputs</i>																								
População	•																							1
Área Útil	•																							1
Número de Funcionários	•		•																•	•	•			5
Homem/hora		•								•			•	•	•	•	•		•	•	•			9
Qualidade da Mão de Obra										•														1
PIB	•																							1
Volume da Captação (Ativos fixos)		•			•	•	•					•		•	•	•	•	•		•	•			12
Despesas Operacionais	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	•				•		•			14
Indicadores BSC			•				•																	2
Total de Ativos				•	•	•	•			•					•		•	•	•	•	•			10
Inadimplência								•		•														2
<i>Outputs</i>																								
Número de Contas Correntes	•	•																						2
Valor Sacado	•																							1
Margem de Contribuição	•						•						•		•		•	•	•	•				7
Volume de aplicação		•								•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	9
Spread			•	•	•	•	•					•	•		•		•			•	•	•		12
Indicadores BSC							•	•																1
Satisfação do cliente			•												•									2
Valor de Mercado																				•				1
Cotação das Ações																				•				1
Volume de Empréstimos				•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•			14
Receitas não-financeiras												•		•				•						3

A segunda fase de aplicação do DEA é o momento o qual seleciona as variáveis, e três estágios são descritos nesse processo: (1) *Judgmental screening*, (2) *Non-DEA quantitative analysis*; e, (3) *DEA based analysis*. A representação gráfica desse processo está descrita na Figura 2. O primeiro estágio, triagem, refere-se à distinção de quais variáveis determinam à eficiência e quais variáveis explicam à ineficiência. O segundo estágio, análise quantitativa, determina se uma variável deve ser *input* ou *output*. O terceiro estágio, análise base do DEA, identifica as variáveis que deverão ser excluídas, pois são aquelas que não agregam eficiência significativa ao modelo (GOLANY; ROLL, 1989).

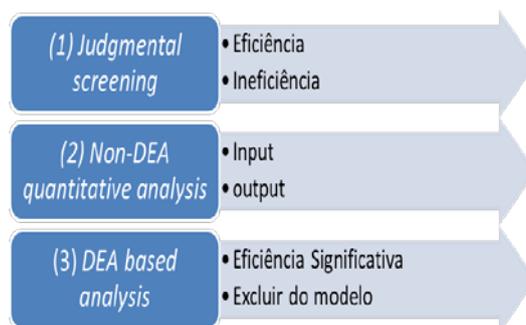


Figura 2: Etapas na seleção de variáveis em DEA.

Fonte: Golany e Roll (1989).

O modelo de 3 estágios para seleção de variáveis em DEA, citado anteriormente, é significativo, e deve ser seguido por todos os métodos que auxiliem o DEA, entretanto alguns métodos não descrevem os três estágios por utilizarem da decisão do pesquisador em alguns momentos. Alguns métodos pressupõem que o pesquisador decida um ou mais estágios utilizando seu conhecimento. A seguir discute-se os métodos de seleção de variáveis.

4.1 Método do I-O Stepwise

Utilizando o método *I-O Stepwise* para análises DEA, foram Norman e Stoker (1991) os primeiros a publicarem. O método foi sendo aprimorado e recebendo nomenclaturas de acordo com suas novas distinções: o *Stepwise* multicritério e *Stepwise* multicritério combinatório.

A seleção de variáveis utilizada no estudo de Cavalcante e Macedo (2011) foi o I-O Stepwise, com modelo de retornos variáveis, das 50 agências foram selecionadas. As variáveis utilizadas no modelo foram: Inputs – Índice de eficiência, jornada de trabalho, canais envelope. Para os outputs, IQC (índice de Qualidade do crédito), resultado gerencial, satisfação dos clientes, seguridade, solução de crédito exterior, captação, capital de giro e investimento.

Esse método foi proposto baseado apenas na relação causal entre *inputs* e *outputs*. Todas as variações do método são baseadas na inserção gradativa de variáveis no modelo, sendo o ponto de paragem o determinante da extensão. Pressupõe que o pesquisador detenha a informação prévia sobre quais variáveis são *inputs* ou *outputs*. Após serem identificadas as variáveis que menos contribuem para eficiência média, elas podem ser retiradas do modelo (LINS; MOREIRA, 1999).

Em outras palavras, o método tem como elemento decisor único a eficiência média do modelo, e por meio de um critério de valor de contribuição definido pelo pesquisador as variáveis vão sendo retiradas do modelo até à otimização dos dados. Todas as extensões do método *Stepwise* são baseados na inserção gradativa de variáveis no modelo, sendo o ponto ótimo ou ponto final um critério do pesquisador. A diferença primordial entre as extensões do método *Stepwise* é exatamente o critério que elimina as variáveis até obter o ponto ótimo. A seguir os métodos multicritério, multicritério combinatório e por cenários, utilizam exatamente outros critérios respectivamente (ESTRADA *et al*, 2009).

4.2 AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Esse método é largamente utilizado para tomada de decisão em outras áreas, entretanto sua utilização em análises DEA é muito restrita. Originalmente foi desenvolvido por Saaty na

década de 1970. A utilização do AHP em análises DEA é caracterizado por também necessitar do pesquisador a decisão de quais variáveis são *inputs* ou *outputs* (SAATY, 1986).

A pesquisa de Kholousi (2013) é mais um esforço para usar o conceito de DEA em um ranking completo de opções por um dos métodos mais comuns de tomada de decisão multicritério, *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Modelo AHP/DEA, que foi em duas etapas. Os resultados indicaram que o método de AHP/DEA é um método eficiente para avaliar o desempenho e pode melhorar as insuficiências de método tradicional DEA.

A processo desse método é dividir o problema de decisão em níveis hierárquicos: [1] na hierarquia mais alta é estabelecida à meta/objetivo da decisão; [2] nas questões centrais são constituídos os fatores e subfatores; [3] e no final da hierarquia, são exibidas as alternativas para cada decisão. Após as hierarquias prontas o tomador de decisão calcula a importância de cada alternativa pelos pesos dados aos fatores e subfatores. A seguir realiza a comparação par-a-par para definir as alternativas concernentes ao objetivo. Esse método permite o uso de critérios qualitativos bem como quantitativos no processo de avaliação. Existe ainda variações do Método AHP: Método AHP Clássico; Método AHP Multiplicativo (Lootsma); Método AHP Referenciado (WATSON E FREELING); Método AHP B-G (Belton e Gear) (SAATY, 1986).

4.3 Fuzzy

Semelhante ao AHP, a ideia principal desse método é definir as prioridades e obter pesos. É uma lógica multivariada capaz de absorver informações vagas, normalmente descritas em uma linguagem e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação (WANG, 1999).

No intuito de identificar, as características mais importantes para a sobrevivência das agências bancárias e evitar o encerramento dos bancos nos períodos crise utilizada por Berg *et al* (1993) e Pasiouras (2008), Chen *et al.* (2013) analisaram a integração de DEA e Fuzzy, com abordagem para avaliar o desempenho de eficiência da DMU quando as variáveis de entrada ou de saída são difusos. Os resultados obtidos diferem daquele que foi calculado por meio de modelos tradicionais DEA e consistem também em melhor método para avaliação de risco.

Esse método *Fuzzy* fornece mecanismo para manipular informações imprecisas, tais como os conceitos de muito, pouco, pequeno, alto, bom, quente, frio etc., obtendo uma resposta aproximada para uma questão baseada em um conhecimento que é inexato ou incompleto (WANG, 1999). O método segue três fases: a Fuzzificação, inferência e Defuzzificação, e utiliza de variável linguística (escala de Saaty). O método baseia-se na avaliação por pesos utilizando hierarquias como no método AHP, entretanto utiliza de pesos linguísticos imprecisos para encontrar resultados aproximados (ZADEH, 1965).

3.5 Bootstrapp

O *Bootstrap* foi introduzido por Efron (1979) como um método de computador baseado em estimar o desvio padrão. Caracteriza-se por avaliar a incerteza e por estimar intervalos de confiança. Além disso, pode identificar se certas variáveis são relevantes ou se subconjuntos de variáveis podem ser agregadas. A ideia central do método é o reamostrar de um conjunto de dados, a fim de criar réplicas dos dados, a partir das quais podemos avaliar a variabilidade de quantidades de interesse. Segue uma sequência morosa com 5 passos: Construa uma distribuição de probabilidade empírica; A partir da função de distribuição empírica, desenhe uma amostra aleatória de tamanho com reposição (replicar); Calcular a estatística de interesse; Repita os passos 2 e 3 até encontrar um intervalo de confiança desejado; Construa o histograma frequência relativa.

O *Bootstrap* é uma técnica estatística computacionalmente intensiva não-paramétrica que permite a avaliação da variabilidade de estatísticas baseado em dados de uma amostra original existente. A utilização do *Bootstrap* normalmente é realizada quando problemas dos quais os procedimentos estatísticos padrões não existam ou sejam de difícil aplicação (SIMAR; WILSON, 2000).

Quadro 2 – Sistematização dos Métodos, modelos e orientações de desempenho em Agências Bancárias com DEA

MÉTODO/ORIENTAÇÃO/MODELO	AUTORES	Araújo e Carmona (2002)	Sousa, <i>et al.</i> . (2008)	Macedo e Cavalcante (2009)	Chortareas <i>et al.</i> . (2012)	Filippaki <i>et al.</i> (2012)	Wang, Lu e Lin (2012)	Tanna <i>et al.</i> (2011)	Cavalcante e Macedo (2011)	Edelstein e Paradi (2013)	Hahn (2009)	Bergendahl, Lindblom (2008)	Pasiouras (2008)	Mercan <i>et al.</i> (2003)	Berg <i>et al.</i> (1993)	Wu e Birge (2012)	Lins e Moreira (1999)	Estrada <i>et al.</i> (2009)	Barros e Garcia (2006)	Fiordelisi e Molyneux (2010)	Luo (2003)	Kholousi, (2013)	Chen <i>et al.</i> (2013)	Taxa de Utilização	
Métodos de Seleção de Variáveis																									
<i>Survey</i> na área																									
I-O Stepwise		•		•		•	•	•		•		•	•	•	•	•			•	•	•				15
AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)									•								•	•					•		1
Fuzzy																							•		1
Bootstrapp			•		•						•														3
Análise de Componentes Principais																									0
ECM (Medir a Eficiência de contribuição)																									0
Orientação																									
Input		•			•		•		•	•	•	•	•		•			•	•		•	•			13
Output		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•			•		•	•		16
Modelos DEA																									
CCR		•	•	•			•		•	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•				15
BCC		•	•		•	•	•	•	•	•	•		•		•	•		•	•	•		•	•		17
DEA em rede															•						•				2
Super Eficiência																		•							1

3.6 Análise de Componentes Principais (ACP)

O método de análise de componentes principais foi originalmente descrito por Pearson (1901) em um período de muita pouca utilização por não ter o auxílio da computação. O objetivo da análise de componentes principais é identificar um conjunto reduzido de dimensões (fatores) que melhor explique a estrutura de correlações dos dados.

O método consiste na transformação do conjunto original de variáveis em outro conjunto de dimensões equivalentes, entretanto existe a vantagem de que cada componente detém porcentagem da variância original e que as variâncias seguem uma linha decrescente do primeiro ao último componente principal. Os três passos essenciais para conduzir uma ACP são, normalmente, os seguintes: Validação do modelo de ACP; Extração das componentes principais; Rotação dos fatores. Utiliza Transformação linear e Matrizes de Covariância, das quais analisa as candidatas às variáveis preditivas e as “descorrelaciona” (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

3.7 Efficiency Contribution Measure (ECM)

O método ECM foi desenvolvido por Pastor et al. (2002) dos quais desenvolvem um método para analisar a relevância de uma variável com base na sua contribuição para a eficiência. O método caracteriza-se por utilizar uma variável para ser testada, a qual será realizada uma análise DEA com outra análise DEA sem a variável escolhida. Um teste estatístico binomial determina se o efeito dessa variável sobre a medida de eficiência da variável é importante para o processo. Em outras palavras, essa medida avalia o impacto marginal do candidato sobre a eficiência (CHEN; JOHNSON, 2010).

O método ECM pressupõe que o pesquisador distingui quais variáveis são *inputs* ou *outputs*, como também determina um critério que estabelece quais variáveis continuam na análise DEA e qual deve ser retirada (PASTOR; RUIZ; SIRVENT, 2002).

As decisões sobre quais indicadores utilizar, qual modelos e orientações é sempre um ponto crucial para o bom desenvolvimento de modelos matemáticos, especialmente na análise envoltória de dados. Em pesquisa sobre os modelos e métodos de seleção de variáveis mais utilizados em modelos DEA para avaliar agências bancárias a *survey* na área de atuação, o modelo BCC orientado para *output* são os mais utilizados. Nesses termos, o Quadro 2 apresenta a sistematização de trabalhos ilustrando os métodos de seleção de variáveis, a orientação e os modelos de maior frequência.

Como apresentado no Quadro 2, para escolha dos *inputs* e *outputs* a *survey* na área, é o mais utilizado. Para mais detalhes de uma pesquisa sobre a taxa de utilização dos *inputs* e *outputs*, em publicações com DEA, na temática sobre agências bancárias, é indicado a leitura da publicação de Paradi e Zhu (2013), a qual estima cerca de 90 publicações dando importância as técnicas de modelagem com foco na melhoria do desempenho, no entanto Paradi e Zhu (2013) não destacam os métodos de seleção de variáveis dessas publicações. Basicamente, na análise de eficiência da agência bancária, o DEA é aplicado aos modelos de retornos constantes de escala (CRS-CCR) ou retornos variáveis de escala (VRS-BCC). Na pesquisa realizada por Paradi e Zhu (2013) com publicações desde 1985 até 2012 utilizando DEA em agências bancárias: 80,47% utilizaram o modelo CCR, 20%, utilizaram o modelo BCC, e 33% utilizaram ambos os modelos (PARADI; ZHU, 2013).

4 Considerações finais

Os resultados encontrados nessa *survey* sugerem dois aspectos relevantes: para resultados mais precisos na análise envoltória devem-se empregar métodos de seleção de variáveis, e essa recomendação, de utilizar métodos de seleção de variáveis, busca alcançar resultados mais fidedignos, capazes de encontrar erros e pontos críticos no processo gerencial ponderando os objetivos de significância no modelo e na realidade. O outro aspecto é a recomendação de que a decisão dos gestores gera subjetividade e pouca capacidade de comparação com outras pesquisas. Quando existe intervenção dos gestores o modelo torna-se questionável pela sua pouca

capacidade de comparação com outras pesquisas, já que, cada modelo retrata uma realidade diferente. A utilizar-se os métodos de seleção de variáveis com baixa intervenção do gestor como subsídios o modelo da pesquisa obtém resultados mais robustos.

No entanto, mostrou-se na literatura pesquisada que a ausência de métodos para selecionar variáveis em pesquisas DEA é comum. Portanto, pode-se afirmar que esta linha de pensamento ainda é um campo da literatura do DEA que detém claro potencial para pesquisas futuras e maior detalhamento, sobretudo quando envolve modelos matemáticos como modelo de redes e dinâmicos como proposta futura de análise.

Referências

- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. (1984)**, Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- BARROS, C. P.; GARCIA, T. M. (2006)**, Performance Evaluation of Pension Funds management Companies with Data Envelopment Analysis. *Risk Management and Insurance Review*, 2, 165-188.
- BERG, S. A.; FORSUND, F. R.; HJALMARSSON, L.; SUOMINEN, M. (1993)**, Banking efficiency in the Nordic countries, *Journal of Banking & Finance*, 17, 371-388
- BERGER, A. N.; HUMPHREY D. B. (1997)**, Efficiency of financial institutions: international survey and directions for future research, *European Journal of Operational Research*, 98, 175-212.
- CAVALCANTE, G. T.; MACEDO, M. A. S. (2011)**, Análise do Desempenho Organizacional de Agências Bancárias: aplicando DEA a indicadores do BSC. *Contabilidade, Gestão e Governança*, 14, 3 - 17.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. E. (1978)**, Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- CHEN, Y.; CHIU, Y.; HUANG, C.; TU, C. H. (2013)**, The analysis of bank business performance and market risk-Applying Fuzzy DEA. *Economic Modelling*, 32, 225-232.
- CHORTAREAS, G. E.; GIRARDONE, C.; VENTOURI, A. (2012)**, Bank supervision, regulation, and efficiency: Evidence from the European Union. *Journal of Financial Stability*, 8, 292-302.
- COOK, W. D.; SEIFORD, L. M. (2009)**, Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, v. 192, n. 1, p. 1-17.
- EDELSTEIN, B.; PARADI, J. C. (2013)**, Ensuring units invariant slack selection in radial data envelopment analysis models, and incorporating slacks into an overall efficiency score. *Omega - The International Journal of Management Science*, 41, 31-40.
- EFRON, B. (1979)**, Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1-26.
- FILIPPAKI, A. K.; MARGARITIS, D.; STAIKOURAS, C. (2012)**, Profit efficiency in the European Union banking industry: a directional technology distance function approach. *Journal of Productivity Analysis*, 37, 277-293.
- FIORDELISI, F.; MOLYNEUX, P. (2010)**, Total factor productivity and shareholder returns in banking. *Omega*, 38, 241-253.
- GOLANY, B.; ROLL, Y. (1989)**, An application procedure for DEA. *Omega International Journal of Management Science*, 17, 237-250.
- HAHN, F. R. (2009)**, Note on management efficiency and international banking. *Journal of Applied Economics*, 7, 1, 69-81.
- KHOLOUSI, Y. (2013)**, Performance evaluation of bank branches using data envelopment analysis and analytical hierarchy process (AHP/DEA). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6, 3, 529-536.
- LINS, M. P. E. MOREIRA, M. C. B. (1999)**, Método I-O Stepwise para Seleção de Variáveis em Métodos de Análise Envoltória de Dados, *Pesquisa Operacional*, 19, 39-50.

- LIU, J. S.; LU, L. Y. Y.; LU, W.; LIN, B. J.Y. (2013)**, A survey of DEA applications, *Omega – The International Journal of Management Science*. 41, 893-902.
- LO, S. F.; LU, W.M. (2006)**, Does size matter? Finding the profitability and marketability benchmark of financial holding companies Asia-Pacific. *Journal of Operational Research*, 23, 229–246.
- MERCAN, M.; REISMAN, A.; YOLALAN, R.; EMEL, A. B. (2003)**, The effect of scale and mode of ownership on the financial performance of the Turkish banking sector: results of a DEA-based analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*. 37, 185–202.
- NORMAN, M.; STOKER, B. (1991)**, Data Envelopment Analysis: the assessment of performance. *John Wiley & Sons*, New York.
- PARADI, J. C.; ZHU, H. (2013)**, A survey on bank branch efficiency and performance research with data envelopment analysis. *Omega*, 41, 61–79.
- PARKAN, C. (1987)**, Measuring the efficiency of service operations - an application to bank branches. *Engineering Costs and Production Economics*, 12, 237–242.
- PASIOURAS, F. (2008)**, International evidence on the impact of regulations and supervision on banks' technical efficiency: an application of two-stage data envelopment analysis. *Rev Quantitat Finance Account*, 30, 187–223.
- PASTOR, J. T.; RUIZ, J. L.; SIRVENT, I. (2002)**, A statistical test for nested radial DEA models. *Operations Research*, 50, 728–735.
- PINSONNEUALT, A.; KRAEMER, K. L. (1993)**, Survey research in management information systems: an assessment. *Journal of Management Information System*, 10, 75-105.
- SAATY, T. (1986)**, Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process, *Management Science*, 32, 841-855.
- SENRA, L. F. A. C. NANJI, L. C. SOARES DE MELLO, J. C. C. B. ANGULO-MEZA, L. (2008)**, Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA, *Pesquisa Operacional*, 27, 191-207.
- SIMAR, L.; WILSON, P.W. (2000)**, A general Methodology for Bootstrapping in Nonparametric Frontier Models, *Journal Applied Statistic*, 27, 779–802.
- SOUZA, J. C. F.; SOUZA, M. C. S.; TAUNNURI-PIANTO, M. E. (2008)**, Modelos Não Paramétricos Robustos de Gestão Eficiente de Agências Bancárias: O Caso do Banco de Brasil. *Revista Economia*, 9, 601-623.
- STAUB, R. B.; SOUZA, G.; TABAK, B. M. (2010)**, Evolution of bank efficiency in Brazil: a DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 202, 204-213.
- TANNA, S.; PASIOURAS, F.; NNADI, M. (2011)**, The Effect of Board Size and Composition on the Efficiency of UK Banks, *Int. Journal of the Economics of Business*, 18, 441–462.
- WANG, J. R. (1999)**, A fuzzy set approach to activity scheduling for product development, *Journal of the Operational Research Society*, 50, 1217-1228.
- WANG, W. LU; W. LIN, Y. (2012)**, Does corporate governance play an important role in BHC performance? Evidence from the U.S. *Economic Modelling*, 29, 751–760.
- WU, D. D.; BIRGE, J. R. (2012)**, Serial Chain Merger Evaluation Model and Application to Mortgage Banking. *Decision Sciences Journal*. 43, 1, 6-35.
- ZADEH, L. A. (1965)**, Fuzzy Sets. *Information and control*. 8, 338-353.