UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

INSTITUTO TÉRCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS COMPUTACIONAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA (PPGI)

AVALIAÇÃO DE ASSISTENTES VIRTUAIS INTELIGENTES APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

CRISTIANO FUSCHILO

Rio de Janeiro
2022

CRISTIANO FUSCHILO

AVALIAÇÃO DE ASSISTENTES VIRTUAIS INTELIGENTES APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-graduação em Informática (PPGI) do Instituto de Matemática (IM), e do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Eber Assis Schmitz
Coorientador: Prof. Sildenir Alves Ribeiro

Rio de Janeiro
2020

CIP - Catalogação na Publicação

FFF993a

Fuschilo, Cristiano
AVALIAÇÃO DE ASSISTENTES VIRTUAIS INTELIGENTES APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS / Cristiano Fuschilo. -- Rio de Janeiro, 2022.
78 f.

Orientador: Eber Schmitz.
Coorientador: Sildenir Ribeiro .
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em informática, 2022.

1. Avaliação. 2. Assistentes Virtuais Inteligentes. 3. Análise Envoltória de Dados. I. Schmitz, Eber, orient. II. Ribeiro , Sildenir , coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

AVALIAÇÃO DE ASSISTENTES VIRTUAIS INTELIGENTES
APLICANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

CRISTIANO FUSCHILO

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Matemática e do Instituto Tércio Pacitti da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovado em 23 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Eber Assis Schmitz, PhD. (Orientador)
Programa de Pós-Graduação em Informática – PPGI / Instituto Tércio Pacitti
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Sildenir Alves Ribeiro, DSc (Coorientador)
Coordenação de Sistemas de Informação – CSI
Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro (CEFET/RJ)

SERGIO MANUEL SERRA DA CRUZ:84848863791

Sérgio Manuel Serra da Cruz, DSc
Programa de Pós-Graduação em Informática – PPGI / Instituto Tércio Pacitti
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Antônio Juarez Sylvio Menezes de Alencar, D.Phil
Programa de Pós-Graduação em Informática – PPGI / Instituto Tércio Pacitti
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

gov.br Documento assinado digitalmente
Carlos Eduardo Pantoja
Data: 24/06/2022 00:40:49-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Carlos Eduardo Pantoja
Coordenação de Sistemas de Informação – CSI
Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro (CEFET/RJ)

À meu pai Benito L. Fuschilo "In Memorian", minha mãe Maria Helena C. Fuschilo, minha filha, Gabrielle Mondin e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

“Meu Deus, obrigado por os Teus planos para a minha vida serem sempre maiores do que os meus sonhos!”

Á minha filha Gabrielle, por sua enorme paciência, por suportar meu mau humor na correria da última hora, por todas as alegrias que preenchem o nosso dia-a-dia e pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador, Prof. Eber Assis Schmitz por aceitar e apoiar o tema da dissertação, pelas sugestões de leitura, pela disponibilidade e pelas observações.

Ao meu coorientador, Prof. Sildenir Alves Ribeiro, pelo companheirismo, ajuda, parceria, enfim, só obtive bons conselhos e sobretudo foi um guia altamente confiável na árdua caminhada até aqui.

Ao Prof. Juarez Alencar pela disponibilidade, pelo tempo dedicado a esse trabalho e pelos valiosos ensinamentos.

À Profa. Mônica Ferreira da Silva por seus ensinamentos, paciência, disponibilidade e, sobretudo, pelas inúmeras críticas construtivas que fez em torno deste trabalho.

Aos meus alunos do curso de Sistema de Informação e de Automação Industrial do CEFET/RJ – Campus Maria da Graça que, através de seus questionamentos, me levaram a estudar mais, pesquisar mais, e aprimorar meus conhecimentos.

A todos os amigos que me acompanharam no mestrado, em especial Gil e Lídio por me questionarem e forçarem o aprimoramento de minha argumentação. E, mais tarde, por me apoiarem.

Finalmente, um muitíssimo obrigado aos meus pais, Benito Leonizio Fuschilo, “*In Memorian*” e Maria Helena Fuschilo, por ter criado e cultivado todas as condições para que eu chegasse até aqui e por tantas outras coisas que jamais poderei agradecer suficientemente.

Meus sinceros agradecimentos,

"Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, se não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o címbalo que retine."

1 Coríntios 13:1

RESUMO

FUSCHILO, Cristiano: (2022) – Avaliação de Assistentes Virtuais Inteligentes Aplicando Análise Envoltória de Dados. Orientador: Prof. Eber Assis Schmitz, PhD, Coorientador: Prof. Sildenir Alves Ribeiro, PhD. Rio de Janeiro: UFRJ/IC/PPGI/Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais (NCE). Discertação de Mestrado, Mestrado em Informática.

Este estudo propõe uma metodologia para avaliação de Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs) por meio de Data Envelopment Analysis (DEA) que permite o uso de múltiplas entradas e saídas (insumos consumidos e produtos gerados) para medir a eficiência relativa, a fim de classificar os AVIs em termos de desempenho individual. Para realizar essa avaliação, seguindo critérios estabelecidos para esta pesquisa, propôs-se a aplicação de um estudo de caso com dados de 22 AVIs de grandes empresas de diversos setores da economia brasileira, que utilizam AVIs em seu atendimento de nível 1 (considerado como primeiro contato com cliente). Esse estudo analisou a performance dos AVIs calculado pela empresa desenvolvedora em comparação com a performance calculada pelo método DEA, com as técnicas CCR – *Constant Returns to Scale* (permite medir a eficiência pela maximização da soma ponderada dos produtos dividida pela soma ponderada dos recursos de cada AVI) e BCC – *Variable Return to Scale* (diferencia-se do modelo CCR porque considera a possibilidade de rendimentos crescentes ou decrescentes de escala, assegurando pares de referências em escalas similares). Os resultados alcançados mostram discrepância em relação a performance calculada pela empresa desenvolvedora e a performance calculada pelo método proposto, com destaque para o AVI G que foi classificado como de melhor performance (primeira posição) pela empresa desenvolvedora, e obteve performance calculada na posição 22ª na avaliação com o AVI.DEA, e o AVI D que foi classificado com performance na 8ª posição pela empresa desenvolvedora, e teve performance de melhor posição (primeira), através da avaliação proposta pelo método AVI.DEA. Os resultados observados nesta pesquisa, sugerem que a avaliação de AVIs com o uso da DEA (AVI.DEA) é bastante promissora para calcular a fronteira de eficiência, evidenciando-a como uma solução candidata para tratar esse tipo de problema.

Palavras-chave: Assistentes Virtuais Inteligentes, Análise Envoltória de Dados, Avaliação de AVIs.

ABSTRACT

FUSCHILO, Cristiano: (2022) – Evaluating Intelligent Virtual Assistants Applying Data Envelopment Analysis. Advisor: Prof. Eber Assis Schmitz, PhD, Co-advisor: Prof. Sildenir Alves Ribeiro, PhD. Rio de Janeiro: UFRJ/IC/PPGI/Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais (NCE). Master's Degree, Master's Degree in Informatics.

This study proposes a methodology for evaluating Intelligent Virtual Assistants (AVIs) through Data Envelopment Analysis (DEA) that allows the use of multiple inputs and outputs (consumed inputs and generated products) to measure the relative efficiency in order to classify the AVIs in terms of individual performance. To carry out this assessment, following criteria established for this research, it was proposed to apply a case study with data from 22 AVIs from large companies from different sectors of the Brazilian economy, which use AVIs in their level 1 service (considered as the first contact with customer). This study analyzed the performance of AVIs calculated by the developing company in comparison with the performance calculated by the DEA method, with the CCR - Constant Returns to Scale techniques (allows measuring efficiency by maximizing the weighted sum of the products divided by the weighted sum of the resources of each AVI) and BCC – Variable Return to Scale (differs from the CCR model because it considers the possibility of increasing or decreasing returns to scale, ensuring pairs of references in similar scales). The results achieved show a discrepancy in relation to the performance calculated by the developing company and the performance calculated by the proposed method, with emphasis on the AVI G which was classified as the best performance (first position) by the developing company, and obtained performance calculated in the 22nd position in the evaluation with AVI.DEA, and AVI D which was rated with performance in the 8th position by the developer company, and had the best position performance (first), through the evaluation proposed by the AVI.DEA method. The results observed in this research suggest that the evaluation of AVIs using DEA (AVI.DEA) is very promising to calculate the efficiency frontier, showing it as a candidate solution to deal with this type of problem.

Keywords: Intelligent Virtual Assistants, Data Envelopment Analysis, AVIs Evaluating.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cronologia dos Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs) 25
Figura 2 – Pesquisa de Satisfação..... 26
Figura 3 – Fronteiras: a Técnicas CCR e BCC..... 29
Figura 4 – Fases do Processo de RSL 33
Figura 5 – Processo do Mapeamento..... 34
Figura 6 – Visão Macro do Método de Avaliação dos AVIs 42
Figura 7 – Dados Utilizados 45
Figura 8 – Subdivisão dos procedimentos..... 51
Figura 9 – Performance de Cada AVI: Método AVI.DEA-CCR..... 59
Figura 10 – Fronteira de Eficiência: Método AVI.DEA-CCR..... 60
Figura 11 – Performance de Cada AVI: Método AVI.DEA-BCC..... 62
Figura 12 – Fronteira de Eficiência: Método AVI.DEA-BCC..... 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos do Resultado Preliminar de Busca 37
Tabela 2 – Resultado da Pesquisa 38
Tabela 3 – Artigos Selecionados 38
Tabela 4 – Artigos com Temas Correlatos 39
Tabela 5 – Artigos Selecionados 40
Tabela 6 – Dados dos AVIs 46
Tabela 7 – Desempenho Medido Utilizando os Critérios do Desenvolvedor 56
Tabela 8 – Medidas Estatísticas de Desempenho Utilizando os Critérios do Desenvolvedor . 57
Tabela 9 – Performance Calculadas: Método AVI.DEA-CCR 58
Tabela 10 – Faixa de Eficiências: Método AVI.DEA-CCR 58
Tabela 11 – Medidas Estatísticas de Desempenho: Método AVI.DEA-CCR 60
Tabela 12 – Performance Calculadas: Método AVI.DEA-BCC 61
Tabela 13 – Performance Calculadas: Método AVI.DEA-BCC 61
Tabela 14 – Medidas Estatísticas de Desempenho: Método AVI.DEA-BCC 63
Tabela 15 – Performance Calculadas: OSDEA-CCR 64
Tabela 16 – Performance Calculadas: OSDEA-BCC 65
Tabela 17 – Correlação de Spealmann: OSDEA x AVI.DEA 66
Tabela 18 – Comparativo entre resultados de Ranqueamento 66
Tabela 19 – Correlação de Spealmann: Desenvolvedor x AVI.DEA 68
Tabela 20 – Dados de Entrada X Ranqueamento 69

LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1 – Leitura e Preparação 54
Algoritmo 2 – Execução da Função avi_dea 54

LISTA DE SIGLAS

AV	Assistente Virtual;
AVI	Assistente Virtual Inteligente;
AVIs	Assistentes Virtuais Inteligentes;
AVs	Assistentes Virtuais;
BCC	de Banker; Charnes e Cooper
CCR	de Charnes; Cooper e Rhodes
CRS	do inglês: Constant Return to Scale;
DEA	do inglês: Data Envelopment Analysis;
DMU	do inglês: Decision Making Unit;
IA	Inteligência Artificial;
PPL	Programa de Programação Linear;
RL	Revisão de Literatura;
VRS	do inglês: Variable Return to Scale;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

1.1 Contextualização 17

1.2 Problema Investigado 18

1.3 Motivação 19

1.4 Objetivos 20

1.5 Justificativa 20

1.6 Questões de Pesquisa para o Estudo de Caso 21

1.7 Delimitação do Estudo 21

1.8 Estrutura do Estudo 21

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 23

2.1 Assistente Virtual 23

2.1.1 Aplicações de Assistentes Virtuais 24

2.1.2 Performance de AVI – Avaliação de Qualidade Operacional 26

2.2 Análise Envoltória da Dados 26

2.2.1 Conceitos e Composição 28

2.2.2 Principais Modelos 28

2.2.3 Produtividade e Eficiência 29

2.2.4 Aplicabilidade da DEA 31

3. REVISÃO DA LITERATURA 33

3.1 Processo do Mapeamento 34

3.2 Questões de Pesquisa 35

3.3 Seleção das Bases de Dados 35

3.4 *Strings* de Busca 35

3.5 Estratégias de Inclusão e Exclusão para a Pesquisa 36

3.6 Resultado de Busca 37

3.7 Resultados do Mapeamento Sistemático 39

4. METODOLOGIA, MÉTODO E FERRAMENTAS 41

4.1 Tipo de Pesquisa 41

4.2 Método para Avaliação dos AVIs 42

4.3 Metodologia Aplicada ao Estudo de Caso 42

4.3.1 Seleção dos AVIs 43

4.3.2 Concepção dos AVIs: Análise de Viabilidade dos AVIs Selecionados 43

4.3.3 Características dos Dados de Entrada 44

4.3.4 Identificação e Tratamento de Falsos Positivos e Falsos Negativos. 44

4.4 Dados Utilizados 45

4.4.1 Entrada de Dados dos AVIs 45
4.4.2 Significado dos Dados de Entrada e Saída 47
4.5 Cálculo do *Score* pela DEA 48
4.6 Ranqueamento dos AVIs 50
4.7 Procedimentos de Execução do Método 51
4.8 Validação do Método 52
5. EXECUÇÃO, ANÁLISE E RESULTADOS 54
5.1 Algoritmos Implementados do Método 54
5.2 Avaliação dos AVIs 55
5.3 Medição de Desempenho dos AVIs pela Empresa Desenvolvedora 56
5.3.1 Ranqueamento da Empresa Desenvolvedora 56
5.4 Os Resultados Obtidos 57
5.4.1 Método AVI.DEA-CCR 57
5.4.2 Resultados Sumarizados da Técnica CCR 58
5.4.3 Técnica AVI.DEA-BCC 60
5.4.4 Resultados Sumarizados da Técnica BCC 61
5.5 Validação dos Resultados (OSDEA – AVI.DEA) 63
5.5.1 Resultados Obtidos pela Técnica CCR do OSDEA 64
5.5.2 Resultados Obtidos pela Técnica BCC do OSDEA 64
5.5.3 Validando o AVI.DEA 65
5.6 Comparação dos Resultado da Performance dos AVIs 66
5.7 Análise dos Resultados da Performance dos AVIs 67
5.8 Considerações Sobre os Resultados Obtidos 68
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 72
6.1 Trabalhos Futuros 72
6.2 Experiências e Conhecimentos Adquiridos 73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74

1. INTRODUÇÃO

É notório que o mundo está em um processo de transição rumo a uma transformação digital de proporções grandiosas. O avanço de tecnologias como a computação em nuvem, *Big Data*, Inteligência Artificial (IA) e derivadas já estão mudando as formas de comunicação, entretenimento e trabalho.

Uma das tecnologias que vêm abarcadas por essa transformação são os Assistentes Virtual Inteligente (AVIs). Nesse sentido esse estudo propõe um olhar analítico sobre essa importante tecnologia com a aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA).

1.1 Contextualização

Como previsto no livro Eu Robô, escrito em 1950 por Asimov (2015), os robôs já começaram a substituir os humanos em diversas funções no ambiente produtivo. Já Teixeira (2014) cita que entre os anos 1960 e 1990 predominavam dois tipos de inteligências artificiais, que são as simbólicas e as conexionistas, afirmando o autor que, enquanto a IA simbólica "sonhava em construir grandes solucionadores de problemas (máquina de jogar xadrez, de fazer cálculos de engenharia, demonstrações matemáticas etc.)", a IA conexionista era mais focada em "construir imitações do cérebro".

Já no filme "O Jogo da Imitação", lançado em 2015, é abordado o tema da Máquina de Turing, no qual é possível notar os primeiros indícios das máquinas inteligentes, capazes de se adaptar ao contexto, conforme a necessidade do usuário. A ideia de que as máquinas ou computadores possam imitar os seres humanos é demandada por outros autores que mencionam as redes neurais artificiais e, consequentemente, a capacidade, das máquinas, de tomar decisões com base na interação com o homem, como referenciado por Nascimento Júnior e Yoneyama (2000).

Os avanços nas áreas de processamento de linguagem natural, interfaces gráficas, interação homem-máquina e inteligência artificial ocorridos nos últimos anos possibilitaram o oferecimento de serviços automatizados de atendimento ao consumidor em linguagem natural. como afirmam Kang et al (2020). Esses serviços ajudam os consumidores a elucidar dúvidas sobre características de produtos e serviços, condições de pagamento e entrega, garantias de qualidade, entre outras.

Quando a interface do serviço automatizado é apresentada na forma de uma entidade inteligente, que se assemelha a um ser humano ou, algumas vezes, a um robô, o serviço como

um todo é chamado de Assistente Virtual (AV). Ou seja, Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs) são programas de computadores que foram projetados para interagir com clientes em linguagem natural, produzindo resultados de fácil compreensão na forma de texto, hipertexto, voz, imagem e multimídia.

Segundo Leal (2014) o desempenho é um critério fundamental na concepção, aquisição e utilização de sistemas computacionais. Como afirmado por Dey, *et al*. (2006) – o propósito elementar de qualquer sistema de medição de desempenho é orientar a melhoria contínua e otimizar o desempenho operacional. Sabe-se que é de suma importância que possamos testar, medir e avaliar a fim de decidir, conforme pode-se ver em Haydt (1997), testar é "verificar um desempenho através de situações previamente organizadas, chamadas testes"; medir é "descrever um fenômeno do ponto de vista quantitativo"; e avaliar é "interpretar dados quantitativos e qualitativos para obter um parecer ou julgamento de valor, tendo por base padrões ou critérios". Nesse contexto, a avaliação de desempenho desponta como elemento-chave para o sucesso para tomada de decisão, facilitando a gestão.

O método de Análise Envoltória de Dados, em inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA), é uma técnica multivariável para medição de produtividade em unidades de decisão, fornecendo dados quantitativos sobre possíveis direções para a melhoria da conjuntura das unidades, quando ineficientes, segundo Johns *et al*., (1997).

Segundo Pedraja-Chaparro *et al*., (1997), a DEA é uma técnica não-paramétrica que permite comparar dados de entrada e saída sem suposições de ordem estatísticas.

Por estas características foi proposto o uso da DEA, que compara uma eficiência revelada, classificada como eficiência otimizada, com a eficiência das unidades analisadas, estabelecendo assim um indicador de avaliação da eficiência da relação produtos / insumos dessas unidades, a fim de medir a eficiência dos AVIs

1.2 Problema Investigado

Este estudo propõe uma metodologia de avaliação de Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs), aplicando Análise Envoltória de Dados (DEA).

Campos (1992) afirma que um dos mais importantes conceitos dos programas de qualidade está na premissa de que somente se melhora o que se pode medir e, portanto, é preciso medir para melhorar. Diante do avanço dos AVIs, é de suma importância a melhoria constante desses sistemas. Por conta disso acredita-se que o uso da metodologia proposta, que contempla a análise de indicadores de desempenho, trará ao tomador de decisões (gestores) informações e ferramentas necessárias para analisar a evolução dos AVIs.

A DEA utiliza-se da programação matemática para obter avaliações pregressas da eficiência relativa, essa técnica tem sido utilizada nas mais diversas áreas, como administração, contabilidade, economia, pesquisa operacional e nas áreas de engenharia de produção.

Propõe-se uma metodologia de avaliação de eficiência produtiva, relativa a critérios múltiplos, que revelem o desempenho em relação aos AVIs investigados.

1.3 Motivação

A Inteligência Artificial, que busca a imitação da inteligência humana por meio de tecnologia, evoluiu muito nos últimos anos, como vemos em Pabby e Kumar (2017). Com destaque e expansão no uso de *Chatbots* nas empresas para atuação como Assistentes Virtuais, gerando ganho de eficiência, redução de tempos de espera, automatização de assuntos rotineiros e operacionais, desta forma também aumentando a velocidade no atendimento à clientes.

Não há dúvida que os *Chatbots* estabelecem uma nova forma de relacionamento digital entre clientes e empresas. A facilidade de uso e a capacidade de operarem em regime ininterrupto 24 horas por dia, 7 dias na semana (24/7), geram importante ganho de escala para as operações de atendimento com a possibilidade de redirecionamento da força de trabalho para atividades mais complexas que necessitam de tratativa humana, Zumstein e Hundertmark (2017).

Segundo a publicação 'Negócios Digitais' Revista Embratel (2019)[1] que traz um estudo do *Gartner Group*, afirmando que nos próximos anos, 85% das interações dos consumidores são conduzidas por um mecanismo automático denominado *chatbot*, sendo a primeira opção para diferenciar uma empresa de seus competidores.

Em um de seus apontamentos de tendências, o *Gartner Group* também prevê que, em 2021, mais da metade das organizações gastarão mais por ano em criações de *chatbots* do que com o desenvolvimento de aplicativos tradicionais para dispositivos móveis.

TSAI *et al.* (2020), afirma que os Assistentes Virtuais Inteligentes utilizam diversos métodos, algoritmos, técnicas e integrações que tornam um software "inteligente", o que é chamado também de Inteligência Artificial. E como todo software deve ser medido e avaliado.

Segundo Jones e Bonsignour (2011), medir o processo de software é considerado um fator crítico de sucesso, listando sete características das empresas mais bem-sucedidas em manter o desenvolvimento de software sob controle:

---

[1] Disponível em: http://portal.embratel.com.br/embratel/inbound/revista-embratel-2019/assets/downloads/O_Proximo_Nivel_da_Inteligencia.pdf?utm_source=mundomaistech&utm_medium=banner&utm_campaign=Revista-digital-mmt (último acesso em março de 21)

1. Elas medem a produtividade e qualidade do software de maneira precisa;
2. Elas planejam e estimam o software de maneira precisa;
3. Elas possuem pessoal técnico e de gestão competentes;
4. Elas possuem boa organização estrutural;
5. Elas possuem ferramentas e metodologias de software eficientes;
6. Elas possuem ambiente de escritório adequado e
7. Elas possuem a capacidade de fazer uso da reutilização em seus processos de desenvolvimento.

Pode-se observar que medir e estimar estão entre as primeiras das sete características, mostrando serem as mais importantes, por influenciarem no sucesso das demais. Entender a importância de métricas e do processo de medição dentro do processo de desenvolvimento de software é mais que fundamental para se ter visibilidade, planejamento e, principalmente, controle.

Neste sentido, o presente estudo busca um alinhamento com esse panorama no intuito de contribuir com o processo de avaliação dos AVIs.

1.4 Objetivos

O Objetivo geral desse estudo é avaliar Assistentes Virtuais Inteligentes, aplicando, para isso a técnica de Análise Envoltória de Dados. A DEA é uma técnica de Programação Linear (PL), onde é resolvido um conjunto de Problemas de Programação Linear (PPLs) inter-relacionados, que atribuirá pesos diferentes aos *inputs* e *outputs* das unidades, buscando maximizar a eficiência das mesmas.

Assim, é possível determinar a eficiência relativa dos Assistentes Virtuais Inteligentes, definindo a curva de eficiência (ou de máxima produtividade), considerando a relação ótima insumo/produto. Obteremos com isso, avaliações a posteriori da eficiência relativa dos resultados dos gestores, quer tenham sido planejados ou executados, para monitoramento de produtividade de unidades de decisão que fornece dados quantitativos sobre possíveis direções para a melhoria do *status quo* das unidades, quando ineficientes.

1.5 Justificativa

As atividades de desenvolvimento e manutenção dos AVIs são de alto custo e de grande demanda de tempo, o que está diretamente associado a um alto custo de responsabilidade pelos seus atos decisórios.

Portanto, um estudo sobre avaliação de Assistentes Virtuais Inteligentes aplicando Análise Envoltória de Dados, pode proporcionar aos gestores resultados matemáticos/estatísticos de performance relativa de modo que os mesmos possam tomar decisões referentes aos investimentos necessários para cada AVI.

1.6 Questões de Pesquisa para o Estudo de Caso

O primeiro aspecto a ser explorado neste estudo diz respeito a uma linha de investigação relativamente recente que colige a seguinte questão:

- Qual a eficiência dos Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs) medida através da Análise Envoltória de Dados (DEA)?

A partir desta, temos ainda as seguintes questões secundárias que se pretende investigar:

- A partir da performance medida, quais tópicos estão impactando negativamente para performance dos AVIs?
- Quais os tópicos devem ser otimizados para melhorar a performance dos AVIs?

1.7 Delimitação do Estudo

Esta pesquisa é um estudo de caso que observa as seguintes restrições:

- usar dados de inúmeros assistentes virtuais em produção de diversas empresas que operam em segmentos distintos;
- usar como ferramenta de análise de performance o modelo DEA.

Vale ressaltar ainda, que que os dados utilizados nesse trabalho foram coletados em dezembro de 2019 e, portanto, pode não representar a realidade atual.

1.8 Estrutura do Estudo

Esse estudo foi dividido em 5 capítulos, organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução; objetiva contextualizar, isto é, explicar as características e razões do estudo. Proporcionando entendimento homogêneo sobre o assunto, focando em possibilitar a melhor explicação possível a respeito do tema escolhido.
- Capítulo 2 – Fundamentação Teórica; consiste na revisão de textos, artigos, livros, periódicos, enfim, todo o material pertinente à revisão da literatura que será utilizada quando da redação do trabalho. É o momento de ler, selecionar, interpretar e discutir o material da pesquisa. Aborda os assuntos principais desse estudo como AVI e DEA.

- Capítulo 3 – Revisão da Literatura; apresenta um estudo literário sobre o tema. Indica o modelo de revisão adotado no estudo e apresenta os resultados obtidos após a aplicação do modelo proposto.
- Capítulo 4 – Método, Metodologia e Ferramentas; este capítulo apresenta as técnicas e métodos utilizados para a realização da pesquisa e desenvolvimento do estudo de caso.
- Capítulo 5 – Execução, Análise e Resultados; demonstra, argumenta e analisa os resultados obtidos no estudo de caso.
- Capitulo 6 – Considerações Finais; capítulo final, que apresenta uma discussão sobre o estudo e os resultados observados, além dos pontos não cobertas nesta pesquisa, apontadas como sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema.
- Capítulo 7 – Referências Bibliográficas; que contém a lista dos títulos/textos estudados e referenciados nestes trabalhos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Capítulo 2 propõe um estudo sobre os Assistentes Virtuais Inteligentes e Análise Envoltória de Dados, que compõe a base metodológica aplicada a este trabalho.

2.1 Assistente Virtual

Os Assistentes Virtuais, também são conhecidos como *Chatbots,* já estão presentes em diversos segmentos do mercado. Shawar e Atwell (2007), afirmam que os *Chatbots* são programas de computador que interagem com usuários que usam linguagens naturais e ainda afirmam que os *Chatbots* podem ser usados como ferramentas em diferentes domínios, tais como: entretenimento, empresas e *e-comerce*, dentre outros.

Nesse mesmo sentido pode-se citar a afirmação de Wallace *et al.*, (2003): "Podemos imaginar os *Chatbots* atuando como livros falados para crianças, *Chatbots* para o ensino de idiomas estrangeiros e *Chatbots* para ensino em geral.". A interface de conversação colabora para a sua aceitação, visto que, assim como pessoas normalmente se comunicam utilizando linguagem natural, elas procuram poder fazer o mesmo com os computadores. Utilizar Assistentes Virtuais é a melhor maneira para facilitar a interação humano-máquina, permitindo que os usuários se expressem naturalmente, como se estivessem conversando com um indivíduo qualquer.

Vemos ainda Alencar *et al*., (2013) afirmarem que os assistentes virtuais "são programas de computador [...] que foram projetados para interagir com os clientes de uma empresa em linguagem natural.".

Os assistentes virtuais controlados por voz se disseminaram nos dispositivos móveis, pela popularização dos mesmos e seu uso maciço. Hauswald, *et al*., (2015) define um assistente virtual como "um aplicativo que usa entradas como a voz do usuário, visão (imagens) e informações contextuais, para fornecer assistência, respondendo perguntas em linguagem natural, fazendo recomendações e realizando ações".

Myers *et al*., (2007) entende assistentes virtuais como um aplicativo personalizado, no qual os usuários podem definir várias funções dentro do sistema, incluindo: como as tarefas são executadas; como e quando as reuniões são agendadas e como o sistema interage com o usuário.

Em novembro de 2014 os assistentes virtuais saíram do universo dos dispositivos móveis quando a *Amazon* lançou um novo produto incluindo a tecnologia inteligente de assistente pessoal em um alto-falante com microfone, conectado a uma casa com rede Wi-Fi. O usuário pode usá-lo para fornecer orientação por voz. Dois anos depois, o Google apresentou,

seguindo a mesma linha, o alto-falante doméstico inteligente do Google. Em 2017, o *HomePod* da Apple foi lançado, com o já conhecido assistente *virtual* Siri. Por fim, o assistente de voz Cortana da Microsoft disponível no mercado foi ligado ao alto-falante (VERIFICAR) da Harman Kardon[2].

O potencial do mercado de assistente virtual, ainda inexplorado, é visto por resultados de relatórios da Tractica – empresa de inteligência de mercado com foco em tecnologias emergentes (www.tractica.com) de janeiro de 2018, onde afirmam que a adoção de assistentes virtuais crescerá rapidamente nos próximos anos, passando de 145,2 milhões de usuários em todo o mundo em 2017 para mais de 1 bilhão de usuários até 2025, prevendo que o investimento, por parte do mercado corporativo, chegará a 7,7 bilhões de dólares

2.1.1 Aplicações de Assistentes Virtuais

Grandes e pequenos negócios vêm procurando desenvolver Assistentes Virtuais (AVs) para facilitar a interação dos usuários com seus produtos. A princípio os AVs podem ser aplicados em qualquer área em que haja a possibilidade de introduzir, de alguma forma um diálogo para a resolução dos problemas os quais procura-se explorar.

Ao logo da história os assistentes virtuais veem evoluindo com relação a sua inteligência e aplicação. Pode-se fazer uma linha do tempo, conforme vemos na Figura 1, colocando os Assistentes Virtuais que se destacaram em seu lançamento:

- 1966 – ELIZA: desenvolvido por Joseph Weizenbaum, simulava um psicólogo, e ficou conhecida como a primeira aplicação desse segmento, como afirma GUNKEL (2017)
- 1972 – PARRY: criado por Kenneth Colby, que ao contrário de ELIZA, simulava uma pessoa com esquizofrenia do tipo paranoica
- 1988 – JABBERWACKY: desenvolvido em 1988 e publicado *on line* em 1997, criado por Rollo Carpenter, simulava uma conversa humana natural de uma maneira interessante, divertida e humorística.
- 1992 – DR. SABTISO: um programa de síntese de fala, seu principal objetivo era demonstrar uma voz digitalizada, criado para PCs, que assumia o papel de um psicólogo interagindo com os demais.
- 1995 – ALICE: Acrônimo de "*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*", era um programa de processamento de linguagem natural, com regras de heurísticas de

[2] Fabricante de equipamentos de áudio.

padrões.

- 2001 – SMARTERCHILD: um bot inteligente, distribuído por grandes serviços de chat, oferecia conversa personalizada e divertida. Foi considerado precursor da Siri e do Samsung Voice.
- 2006 – IBM WATSON: originalmente desenvolvido para competir no programa de TV "*Jeopardy!*"[3], vencendo dois dos campeões. Desde então vem em recebendo melhorias constantes.
- 2010 – SIRI: assistente inteligente pessoas da Apple e parte do sistema iOS (iPhone, MacBook e iMac), usa uma interface de linguagem natural para responder a perguntas e realizar tarefas. Se destacou, pois definiu as bases para os futuros assistentes virtuais.
- 2012 – GOOGLE NOW: desenvolvido pela Google, emprega uma interface de usuário em linguagem natural para responder a perguntas, fazer sugestões e realizar ações.
- 2015 – ALEXA: assistente de voz inteligente, capaz de realizar interações de voz usando algoritmos de processamento natural de linguagem para receber, reconhecer e responder a comandos de voz.
- 2015 – CORTANA: versão da Microsoft de uma assistente inteligente, é capaz de anotar lembretes e responder a perguntas. Reconhece comandos de voz e está disponível em vários idiomas.
- 2016 – TAY: criado pela Microsoft para imitar o modo de conversar e hábitos de uma adolescente, foi desligada apenas 16 horas após o seu lançamento, quando começou a postar mensagens ofensivas, se tornando cada vez mais paranoica.

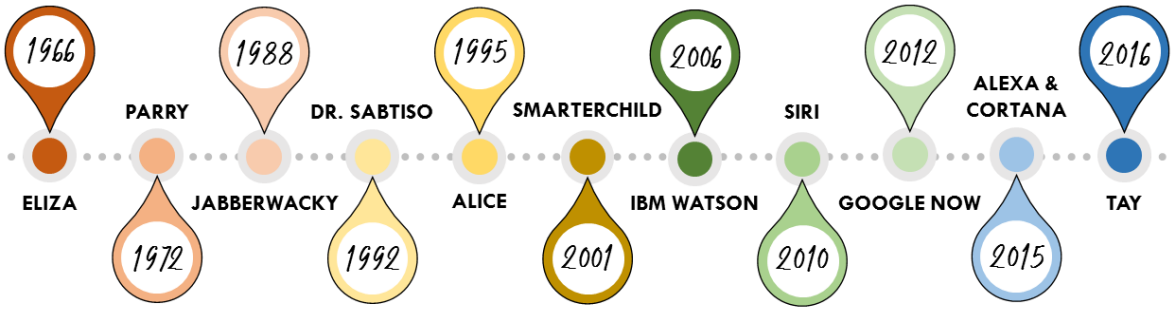

Figura 1 – Cronologia dos Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs)

[3] programa televisivo de perguntas e respostas

2.1.2 Performance de AVI – Avaliação de Qualidade Operacional

Vemos, a partir dos anos 70, as primeiras medições de software, inicialmente apenas para medir o número de linhas de código dos programas produzidos. Nos anos 80 medidas relacionadas às fases finais do desenvolvimento começaram a ser utilizadas, sem, porém, terem objetivos evidentes e compreensíveis para os seus membros gestores, resultando em medições desnecessárias não ajustadas às necessidades das empresas. Já nos anos 90, incentivadas por casos de sucesso, foram desenvolvidos modelos para o processo de medição baseados na melhoria de processos e nos princípios da qualidade total, fornecendo as diretrizes e a infraestrutura básicas para definir, coletar, validar e analisar medidas conforme vemos em Bass e Clements (1999) e Fenton e Neil (1999) que enfatizam que o objetivo mais importante de sua aplicação é prover informação quantitativa para apoiar a tomada de decisões.

A maneira comumente usada para avaliar AVIs é qualitativa, como vemos em Kuligowska (2015), que propõe avaliação de dez (10) aspectos diversos do funcionamento do assistente, usando uma ferramenta de medição padrão da escala de classificação de 1 a 5, indicando: 1 – muito ruim, 2 – ruim, 3 – regular, 4 – bom e 5 – excelente, com base na percepção do usuário. Geralmente ilustrados por *emoticons*, conforme ilustrado na Figura 2.

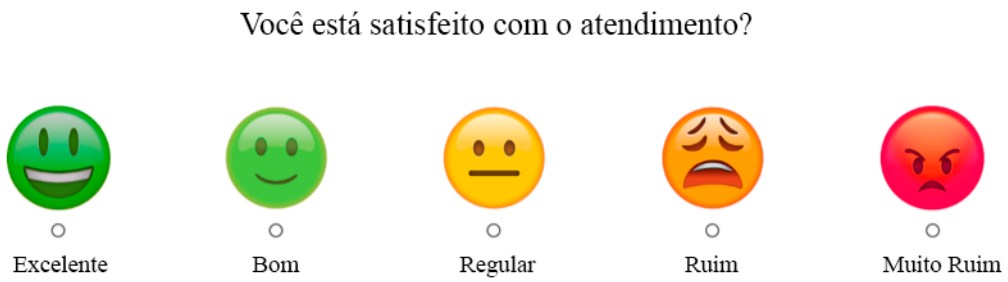

Figura 2 – Pesquisa de Satisfação

Métodos matemáticos podem avaliar o desempenho de Assistentes Virtuais. Neste contexto, a DEA é uma técnica que visa medir a eficiência de um determinado número de Unidades Tomadoras de Decisão (do inglês *Decision Making Units* – DMU) que utilizam os mesmos insumos (*inputs*) geradores dos mesmos produtos (outputs).

2.2 Análise Envoltória da Dados

A história da Análise Envoltória de Dados começa com a tese para obtenção de grau Ph.D. de Rhodes (1978), publicada em 1978 (Rhodes *et al*., (1978)) e estendida por Ban-Ker *et al.*, (1984), esse método avalia a eficiência de determinado conjunto de DMUs.

As medidas de produtividade e de eficiência são de extrema importância para os gestores, uma vez que viabiliza uma visão mais determinada sobre as variáveis. Além disso,

elas nos possibilitam saber se elas estão impactando ou ampliando os níveis de eficiência das organizações (Produtividade = outputs / inputs). De acordo com Zhu (2003), todas as operações de negócios dessas organizações envolvem certas transformações, e estas envolvem o uso de certos insumos que são os recursos para a produção. Geralmente, esses insumos geram produtos na forma de serviços, produtos acabados e satisfação do consumidor.

Porém, a questão de maior interesse é a de avaliar qual é a eficiência do processo de operação levando-se em conta os insumos utilizados e os produtos gerados. A avaliação de desempenho é uma ferramenta de competitividade que ajuda a melhorar a produtividade. O autor citado afirma ainda alguns benefícios que a avaliação de eficiência pode gerar:

- Preparar melhor a empresa de forma que ela se baseie em função da necessidade dos seus clientes;
- Revelar as fraquezas e as forças da operação; e
- Criar novos processos, produtos e serviços além de identificar novas oportunidades objetivando melhora dos processos produtivos.

O objetivo da tese foi desenvolver um modelo para estimar a eficiência técnica sem recorrer ao arbítrio de pesos para cada variável de insumos ou entrada (*input*) e produtos ou saída (*output*), e sem converter todas as variáveis em valores econômicos comparáveis.

Conforme William *et al*. (2007). “DEA utiliza técnicas como a programação matemática que pode lidar com grandes membros das variáveis e das relações (restrições) e este flexibiliza as exigências que são frequentemente encontradas”. Ainda temos Kumar (2008) que diz que: “DEA é uma técnica de programação linear não paramétrica para medir a eficiência relativa de unidade tomadoras de decisão com *input*s e outputs comuns.”, complementado por Leitner *et al*. (2005) que afirma: “Em termos econômicos, a DEA compara o desempenho de unidades tomadoras de decisão – DMU (do inglês, Decision Making Units) que agem sob a mesma tecnologia”.

Segundo Demerjian (2017), DEA é uma metodologia de verificação de eficiência a qual comumente estabelece a otimização dos produtos ou serviços (*outputs*), dado um ponto estipulado de utilização de recursos (*inputs*). Atingindo a eficiência quando a operação demanda um consumo mínimo de recursos para gerar seu produto, ou maximiza o seu produto a um consumo fixo de recursos.

O DEA calcula a eficiência de cada DMU e traça a fronteira linear, formada pelas unidades eficientes, com seus escores, já as unidades não eficientes estão abaixo da fronteira, apresentando escore de eficiência menor que a do mais eficiente. Vale lembrar que a DEA faz

a distribuição dos pesos, onde existe uma flexibilidade que possibilita que cada DMU busque sua eficiência segundo um conjunto de pesos próprios para os *input*s e para os *outputs*, fazendo com cada unidade alcance sua eficiência máxima, destacando desse modo o que cada uma tem de melhor.

2.2.1 Conceitos e Composição

A fim de ter um melhor entendimento do modelo DEA, apresentamos abaixo seus conceitos e composição:

- *Decision Making Unit* (DMU) – são as unidades tomadoras de decisão analisadas. Essas unidades deverão ser homogêneas, ou seja, que utilizem mesmos recursos (*input*s) para obter os mesmos produtos (*outputs*);
- *Input*s – são os recursos (insumos) consumidos pelas DMUs para obterem os resultados desejados. Eles atendem o critério de quanto menor, melhor;
- *Outputs* – são os produtos; entende-se que os produtos são os resultados obtidos por cada uma das DMUs, atendendo ao critério de quanto maior, melhor;

Esse método calcula o Plano de Produção – valores do escore de eficiência calculado para cada DMU, sendo que um escore de eficiência igual 100% identifica a unidade avaliada como eficiente em relação às demais (Pimentel e Nova, 2005).

A partir do cálculo desse índice, é formada uma linha (ou fronteira) com as DMUs que obtiveram índice um, e abaixo desta fronteira, será formada uma região com a marcação dos índices das DMUs não eficientes.

2.2.2 Principais Modelos

Segundo Jamasb e Pollitt (2002), os modelos DEA podem ser orientados a *input*s e a *outputs* e podem ser especificados como uma escala constante de retorno (CCR) ou retornos de escala variáveis (BCC). Os modelos de orientação a *input*s minimizam os fatores de *input* requeridos para determinado nível de *output*. Ao contrário, os modelos de orientação a *outputs* os maximizam para uma determinada soma de fatores de *input*. a DEA é conhecida por suas várias técnicas, dentre todos vale destacar esses dois citados sendo os principais:

- Técnica CCR, desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978)
    - tem por principal característica permitir uma avaliação objetiva da eficiência global e identificar as fontes de ineficiência;
    - traça uma reta formada da origem do gráfico, passando pela unidade produtiva

mais eficiente.

- Técnica BCC, criado por Banker; Charnes e Cooper (1984), apresentando o diferencial de permitir a distinção entre as ineficiências técnicas e as de escala, identificando a presença de ganhos de escala crescente, decrescente e constante.
    - forma uma fronteira com várias unidades eficientes, formando uma espécie de envelope entre as unidades ineficientes.
    - considera as DMUs com menores insumos e menores consumos que, de acordo com sua produtividade, passam a ser unidades eficientes (no CCR não seriam consideradas com a eficiência total).
    - compara unidades de portes distintos.
    - também chamado de VRS – Variable Returns to Scale, considera a desproporcionalidade entre insumos e produtos. Ou seja, um acréscimo em uma unidade de *input*s pode gerar um acréscimo desproporcional no volume de outputs.

A Figura 3 ilustra o gráfico com as duas fronteiras dos modelos clássicos da DEA. Para a técnica CCR as DMU's "B", "X" e "C", estão sobre a reta de eficiência. Já para a técnica BCC as DMU's "V", "W", "X", "Y" e "Z" estão sobre uma linha convexa, envelopando as unidades consideradas ineficientes.

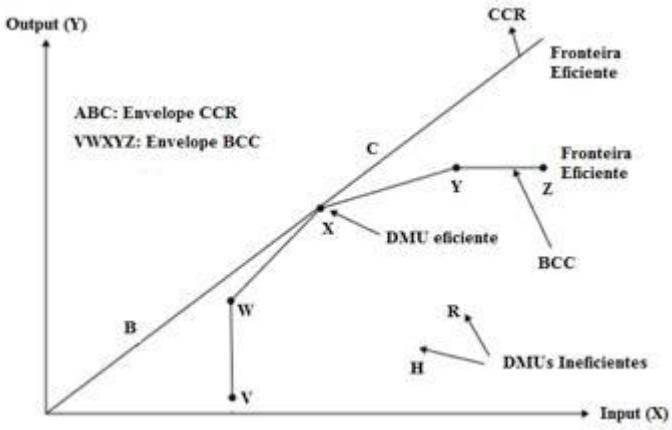

Figura 3 – Fronteiras: a Técnicas CCR e BCC
Fonte: Adaptado de GANDHI e SHANKAR (2014, p.508)

2.2.3 Produtividade e Eficiência

A produtividade é a relação entre os recursos utilizados e a produção final, é o resultado da capacidade de produzir, de gerar um produto. Produtividade é a expressão da eficiência de qualquer negócio. A produtividade calcula como os recursos serão utilizados em relação ao objetivo da empresa.

A produtividade é comumente utilizada para medir desempenho de acordo com Coelli *et al*., (2005), é caracterizada como, a razão entre os produtos obtidos pelos insumos utilizados. Desta forma, pode-se afirmar que produtividade é a quantidade de outputs produzidos a partir de uma quantidade de inputs necessárias, e pode ser expressa pela Equação 2.1.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{n} u_j . y_j}{\sum_{j=1}^{m} v_i . x_i} \qquad (Equação\ 2.1)$$

Onde x_i é a quantidade dos insumos i, v_i é o peso associado ao input i, o qual pode ser o preço do insumo ou sua utilidade expressa em outro valor; e, da mesma forma, y_j é a quantidade de produtos j, e o peso relacionado a esse é o u_j. Sendo uma proposta de KNIGHT (1933), que considera todos os insumos e produtos envolvidos na produção para a mensuração da produtividade.

A eficiência se refere a produzir corretamente, utilizando os recursos disponíveis da melhor forma possível e sem gastar muito. Dessa forma, é possível diminuir os custos, o tempo, as perdas e os desperdícios. A eficiência está diretamente ligada à racionalidade e à produtividade. Nesse sentido, ser eficiente é produzir algo útil e desejado, com o mínimo de tempo e recurso possível.

A análise da eficiência da empresa avalia os níveis de realização na parte produtiva da organização, isto é, eficiência da produção diz do quanto se produz em relação ao quanto se deveria estar produzindo.

A eficiência, apesar de possuir um conceito semelhante ao de produtividade, difere-se por ser caracterizada como a medida ótima do valor da produtividade, ou seja, a relação entre a produção real da empresa e o máximo nível de produção que poderia obter com a mesma quantidade de insumos (Equação 2.2).

$$Eficiência = \frac{P}{P_{máx}} \qquad (Equação\ 2.2)$$

Onde: Eficiência é medida ótima do valor da produtividade, P é a produção real e $P_{máx}$ é o máximo nível de produção.

Conforme o conceito PARETO-KOOPMANS para eficiência técnica tem uma característica um vetor *input-output* como tecnicamente eficiente se, e somente se, nenhum dos outputs pode ser aumentado sem que algum outro *output* seja reduzido ou algum *input* seja

aumentado ou, nenhum *input* pode ser reduzido sem que outro *input* seja aumentado ou outro *output* reduzido (Caillaux (2005)).

Segundo Belloni et al. (2000), a eficiência técnica está relacionada aos conceitos de racionalidade econômica e de produtividade material, ou seja, está relacionada à habilidade gerencial dos gestores em atingir metas estabelecidas ou os resultados propostos; a eficiência produtiva é a habilidade de evitar desperdícios tanto os resultados quanto os recursos utilizados, permitindo ou utilizando o mínimo de recursos possível para aquela produção; e a eficiência de escala é um componente da eficiência produtiva associado às variações da produtividade decorrentes de mudanças na escala de operação.

Para Lovell (1993), no aspecto do conceito de eficiência que considera apenas quantidades de insumos e produtos, uma unidade produtiva é dita eficiente quando:

- com a mesma quantidade de insumos não se consegue produzir mais produtos: Orientado a produto ou
- reduzir a quantidade de insumos sem alterar a quantidade de produto produzido: Orientado a insumo

Lovell (1993) continua ainda apresentando outro aspecto da eficiência, com um olhar sobre os preços dos insumos e produtos, relacionando a habilidade da empresa de combinar insumos e produtos de forma ótima, tendo em vista os preços prevalecentes no mercado. Assim sendo a eficiência técnica está associado em:

- produzir o máximo de produtos com um dado número de insumos ou
- produzir uma dada quantidade de produtos com um mínimo de insumos e
- uma eficiência alocativa, alcançar a melhor proporção entre insumos e entre produtos levando-se em conta os seus preços.

2.2.4 Aplicabilidade da DEA

Atualmente a DEA vem sendo amplamente aplicada em trabalhos, no Brasil e no exterior, com o intuito de medir eficiência e produtividade tanto em entidades públicas como em empresas privadas. Donde cita-se:

- Berger e Humphrey (1997) mencionam que de 122 estudos de eficiência bancária realizados em diferentes países, 62 utilizaram DEA;
- Reis (2019) avaliam a eficiência dos principais bancos que operam em Portugal, no período de 2010 a 2017, aplicando a DEA;
- Cruz *et al*., (2019) estudaram a eficiência do setor de saneamento, após a implantação da Lei Nacional do Saneamento Básico na prestação dos serviços

de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, utilizando a DEA;

- Pereira (2020) analisaram o nível de eficiência das Universidades Federais Brasileiras utilizado a DEA aplicando a técnica CCR.

O uso da DEA permite o reconhecimento de várias metas eficientes para cada uma das DMUs. Isto viabiliza aos gestores a tomarem decisões de investimento na melhoria ou não dos AVIs, de acordo com sua performance, que também é objetivo deste estudo, sendo que o cerne deste é a medição da eficiência dos AVIs com uso da DEA.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Acredita-se que na pesquisa científica, em geral, o primeiro passo é procurar trabalhos anteriores com preocupações similares (Biolchini *et al*, 2005). A revisão da literatura (RL) é um componente básico no processo de verificação, que envolve localizar, analisar, sintetizar e interpretar a investigação prévia de artigos científicos, estudos primários relacionados à pesquisa proposta. Uma revisão sistemática de literatura é uma forma de estudo secundário que utiliza uma metodologia bem definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis a respeito de uma questão de pesquisa particular de maneira imparcial e Repetível. (Keele e Kitchenham, 2007).

Segundo Moher e Shekelle (2015), o Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) ou revisão de escopo (scoping review) é utilizado quando não é necessário responder com profundidade questões específicas, mas sim uma visão geral mais ampla de determinada área. E de acordo com Kitchenham e Charters (2007), considera-se também a condução de mapeamentos sistemáticos em tópicos de pesquisa nos quais poucas evidências são disponíveis na literatura. Este estudo tem essas duas características citas pelos autores acima referenciados e por isso foi adotado o MSL como protocolo de pesquisa.

As diretrizes de Kitchenham e Charters (2007) apresentam um protocolo – fundamentado em outras normas amplamente utilizados na pesquisa médica baseada em evidência – que é o mais difundido na área de informática. O processo de RSL, tal qual apresentado nestas diretrizes, inclui várias atividades, agrupadas em três fase principais: planejamento, condução e relatório, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Fases do Processo de RSL

Assim, tendo essas diretrizes como guia, esse estudo, propõe um mapeamento com o seguinte processo de revisão aplicada:

1. Planejamento
    a. Definir Objetivo
    b. Definir Protocolo
    c. Avaliar Protocolo
2. Condução
    a. Identificar Estudos Primários
    b. Selecionar Estudos
    c. Extrair Dados
    d. Sintetizar Dados
3. Publicar
    a. Relatório
    b. Avaliação

3.1 Processo do Mapeamento

Este estudo secundário foi executado com a intenção de apontar oportunidades de pesquisas para medição da eficiência dos AVIs. A Figura 5, apresenta os estágios, suas respectivas etapas e o fluxo de condução realizados neste mapeamento sistemático.

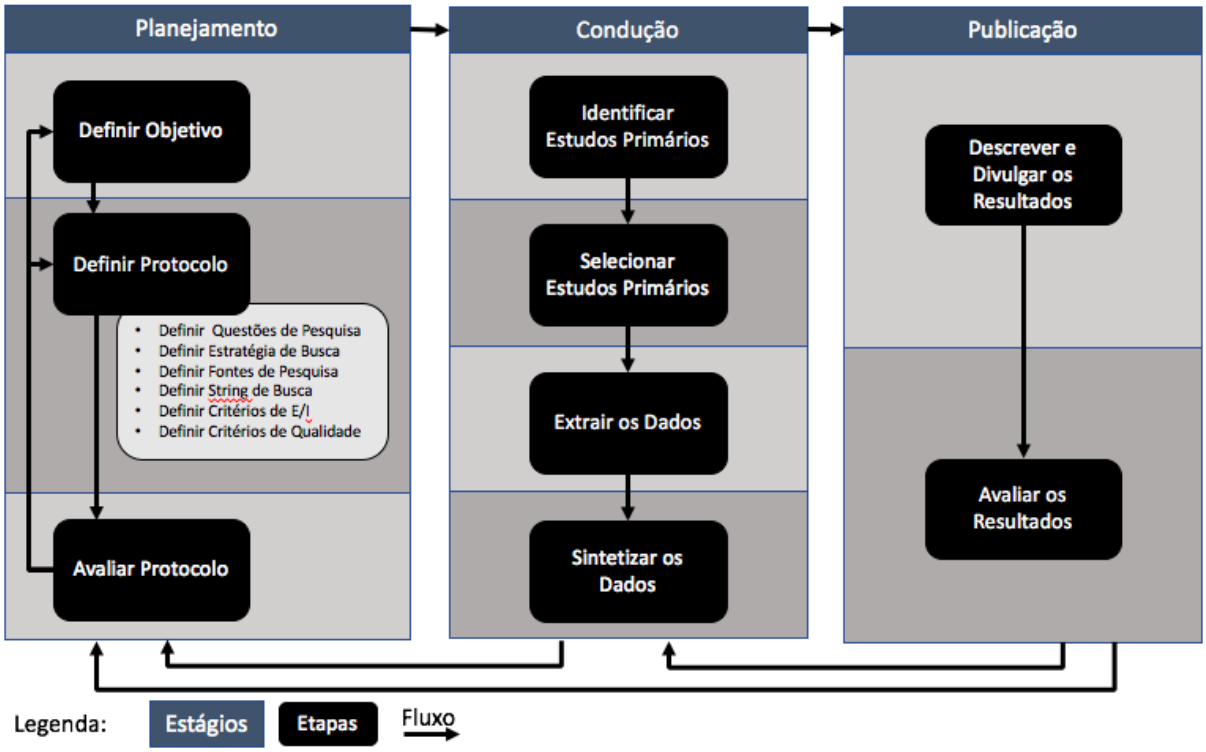

Figura 5 – Processo do Mapeamento

3.2 Questões de Pesquisa

Petersen et al. (2008) e Kitchenham *et al*. (2009) especificam que o estudo deve definir as questões de pesquisa que deseja responder ao final do processo. Dentro do tema proposto, as questões diretamente relacionadas ao objetivo da pesquisa que devem ser respondidas são:

Qp.: Os AVIs veem sendo avaliados?

Qs1: De que maneira os AVIs veem sendo avaliados?

Qs2: Os AVIs têm sua performance avaliada por alguma métrica?

Qs3: a DEA já foi utilizada para avaliar AVI?

3.3 Seleção das Bases de Dados

O critério de seleção das bases de dados baseou-se nas principais bibliotecas digitais na área de informática que são comumente buscadas em revisões e mapeamentos sistemáticos recomendadas por Chen *et al*., (2010), como: ScienceDirect, ISI Web of Science, Scopus, SpringerLink, ACM Digital Library, IEEE Xplore e Compendex (Engineering Village). Dessas 7 bases, foram selecionadas 4 mais alinhadas ao tema proposto pelo estudo, além das bases DOAJ – Directory of Open Access Journals e SciELO – Scientific Electronic Library Online, com o intuito de ampliar os resultados e ainda, a fim de ter uma visão mais interdisciplinar, foi selecionado o Google Scholar.

Assim sendo obteve-se a seguinte lista de base de dados:

- ACM Digital Library
- DOAJ – Directory of Open Access Journals
- Google Scholar
- IEEE Xplore
- SciELO – Scientific Electronic Library Online
- Scopus
- Springer Link.

3.4 *Strings* de Busca

Objetivando responder as perguntas formuladas foi definida a seguinte "*string* de busca", formulada com termos em inglês, por essa ser a língua internacionalmente aceita para a redação de trabalhos científicos.

É importante destacar que o processo de definição da *string* de busca é iterativo e envolve vários ciclos de experimentação, verificação dos artigos retornados e ajuste da *string*. Algumas tarefas podem ajudar a elaborar uma *string* mais robusta e com maior possibilidade de recuperação de estudos primários relevantes, como destaca Kitchenham e Charters (2007).

- Realizar buscas preliminares para identificar tanto revisões ou mapeamentos existentes e/ou avaliar o volume de estudos potencialmente relevantes;
- Realizar buscas de teste usando várias combinações dos termos de busca derivados das questões de pesquisa;
- Verificar se artigos primários já conhecidos, e que devem ser incluídos na revisão, foram retornados nas buscas experimentais (esta tarefa ajuda a avaliar a efetividade da *string* de busca);
- Quebrar as questões de pesquisa em palavras-chave e buscar sinônimos para cada termo que faz parte da *string* de busca;
- Consultar outros especialistas do tópico de pesquisa para validar a *string* de busca.

Com o intuito de responder todas as questões apresentadas, neste estudo optou-se pela seguinte *string* de busca:

("virtual assistants" ∨ ***"virtual personal assistant"*** ∨ ***chatbot*** ∨ ***chatterbot*** ∨ ***"conversational AI")*** ∧ ***(evaluating*** ∨ ***ranking*** ∨ ***analysis*** ∨ ***calculation*** ∨ ***rating*** ∨ ***evaluation)*** ∧ ***(heuristic*** ∨ ***"meta heuristic"*** ∨ ***"data envelopment analysis")***

3.5 Estratégias de Inclusão e Exclusão para a Pesquisa

Uma vez construída a *string* de busca, se faz necessário delimitar também os critérios usados para excluir e incluir os estudos retornados na referida busca realizada. Adota-se como critérios de inclusão (I):

I1. Artigos Primários, disponíveis em um dos repositórios selecionadas

I2. Somente estudos publicados em inglês

I3. Artigos completos (disponibilizados integralmente)

I4. Artigos únicos, sem duplicidade

I5. Artigos relacionados aos temas desse estudo:

a. *virtual assistants*

b. *data envelopment analysis*

I6. Deve conter em seu título, palavras chaves e/ou resumo alguma conexão com o tema central desse estudo

E tudo que for antagônico a esses critérios adota-se como critérios de exclusão (E), sendo eles:

E1. Exclusão Primária – são excluídos:

a. Livros e ou capítulos de Livros
b. Estudos secundários
c. Resumos
d. Estudos publicados em idiomas diferentes do inglês
e. Artigos com mais de 10 anos (2011 ~ 2021)
f. Documentos duplicados

E2. Exclusão Secundária – são excluídos trabalhos que não possuem nenhuma relação com o tema central desse estudo, não alinhado com o contexto deste.

E3. Exclusão Terciária – são excluídos trabalhos após análise detalhada onde não se encontram profundidade suficiente em relação ao tema do estudo ou não atende a nenhuma das questões de pesquisa.

Segundo Kitchenham e Charters (2007), os padrões da Medicina para RSL sugerem evitar ao máximo a exclusão de artigos baseado na linguagem. No entanto, os mesmos autores acreditam que esta questão não parece ser tão importante para as pesquisas na área de Engenharia de Software.

Com a *string* de busca e os critérios de exclusão e inclusão definidos, o próximo passo é conduzir a busca dos artigos.

3.6 Resultado de Busca

Inicialmente, foi executada uma busca sem nenhum tipo de filtro ou restrição, com a *string* de busca proposta, no portal Periódicos CAPES, para o qual foram retornados 607 resultados. Agrupados nos tipos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos do Resultado Preliminar de Busca

Tipo	Quantidade
Artigos	572
Atas de congressos	17
Dissertações	7
Artigos de jornal	6
Capítulos de Livros	2
Livros	1
Relatórios	1
Resenhas	1

TOTAL	607

Aplicando-se todos os critérios de inclusão (I) e o critério de exclusão E1, conforme descrito no item 3.5, (período de fevereiro a julho de 2020), especificando cada uma das bases de conhecimento selecionadas, obteve-se as quantidades apresentados na Tabela 2.

No período de janeiro 2022 a abril 2022 foi feita a atualização da Revisão da literatura, rodando a *string* de busca em todas bases lista na RL original, com a intenção de detectar algum trabalho que tivesse sido publicado no período de desenvolvimento desta pesquisa, ou seja, após a revisão realizada em 2020. Os resultados encontrados já estão totalizados nos dados apresentados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Tabela 2 – Resultado da Pesquisa

Bases de Conhecimento	Quantidade de Resultados com I + E1
ACM	0
DOAJ	0
IEEE	0
Springer Link	109
Scopus	13
Scielo	0
Google Scholar	225

Desses 347 artigos resultantes da busca macro, foram aplicados critérios de exclusão E2 e E3, resultando-se em 8 artigos, como visto na Tabela 3, para leitura integral.

Tabela 3 – Artigos Selecionados

Ref.	Artigo	Ano	Autor(es)	DOI
B1	Evaluation in artificial intelligence: from task-oriented to ability-oriented measurement	2017	José Hernández-Orallo	10.1007/s10462-016-9505-7
B2	Classification of Interactive System Components Enables Planning Heuristic Evaluation Easier	2011	Llúcia Masip, Marta Oliva e Toni Granollers	10.1007/978-3-642-21708-1_54
B3	A Survey of Design Techniques for Conversational Agents	2017	Kiran Ramesh, Surya Ravishankaran, Abhishek Joshi e K. Chandrasekaran	10.1007/978-981-10-6544-6_31

B4	Development of a Heuristic Evaluation Tool for Voice User Interfaces	2019	Martin Maguire	10.1007/978-3-030-23535-2_16
B5	Effective Crowdsourced Generation of Training Data for Chatbots Natural Language Understanding	2018	Rucha Bapat, Pavel Kucherbaev e Alessandro Bozzon	10.1007/978-3-319-91662-0_8
B6	Adaptive Grounding and Dialogue Management for Autonomous Conversational Assistants for Elderly Users	2015	Ramin Yaghoubzadeh, Karola Pitsch e Stefan Kopp	10.1007/978-3-319-21996-7_3
B7	Towards a Set of Heuristics for Evaluating Chatbots	2021	Luis Martín Sánchez-Adame, Sonia Mendoza, José Urquiza, José Rodríguez e Amilcar Meneses-Viveros	10.1109/TLA.2021.9480145
B8	Heuristic Evaluation of Conversational Agents	2021	Raina Langevin, Ross J Lordon, Thi Avrahami, Benjamin R. Cowan, Tad Hirsch e Gary Hsieh	10.1145/3411764.3445312

3.7 Resultados do Mapeamento Sistemático

Dos artigos selecionados para leitura integral, ficou claro que, alguns dos artigos discorrerem sobre temas correlatos, como visto na Tabela 4.

Tabela 4 – Artigos com Temas Correlatos

Temas Correlatos	Artigos	Ref.
Avaliação de sistemas de Inteligência Artificial	"Evaluation in artificial intelligence: from task-oriented to ability-oriented measurement"	B1
Avaliação de usabilidade	"Classification of Interactive System Components Enables Planning Heuristic Evaluation Easier" "Development of a Heuristic Evaluation Tool for Voice User Interfaces"	B2 B4
Classificação de *chatbot* quanto ao seu design	"A Survey of Design Techniques for Conversational Agents"	B3
Avaliação de dados de treinamento	"Effective Crowdsourced Generation of Training Data for Chatbots Natural Language Understanding"	B5
Desenvolvimento e avaliação de protótipo de assistente	"Adaptive Grounding and Dialogue Management for Autonomous Conversational Assistants for Elderly Users"	B6

Heurísticas de Avaliação em Chatbots	"Towards a Set of Heuristics for Evaluating Chatbots"	B7
	"Heuristic Evaluation of Conversational Agents"	B8

Diante desse cenário, pode-se afirmar que, até o momento, nenhum artigo científico explora o estudo proposto neste trabalho.

A análise das publicações buscou contemplar todas as etapas do Processo de Mapeamento, a fim de tentar responder as questões de pesquisa apresentados no item 3.2. Assim temos os seguintes resultados, com relação as questões propostas, apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Artigos Selecionados

Questão	Resultado
Qp: Os AVIs veem sendo avaliados?	Sim.
Qs1: De que maneira os AVIs veem sendo avaliados?	São avaliados com métricas de satisfação do cliente.
Qs2: Os AVIs têm sua performance avaliada por alguma métrica?	Sim, de maneira quantitativa: • Uso de Ratings que mensuram a experiência do cliente na escala Likert[4], permitindo valores fixos (normalmente, de 1-5) que são associados a percepções dos participantes. • Uso de Heurísticas próprias.
Qs3: a DEA já foi utilizada para avaliar AVI?	Não, até o momento.

Desta maneira pode-se afirmar que na RS feita foram encontrados artigos que mencionam avaliações de sistemas inteligentes e assistentes virtuais, porém nenhum dos artigos mencionam nenhuma proposta de avaliação de AVIs por meio do uso da metodologia DEA.

[4] *Metodologia desenvolvida nos Estados Unidos na década de 30, e ao contrário de uma pergunta na qual se escolhe entre o sim e o não, apresenta uma afirmação auto descritiva e, em seguida, oferecem como opção de resposta uma escala de pontos com descrições verbais que contemplam extremos – como "concordo totalmente" e "discordo totalmente".*

4. METODOLOGIA, MÉTODO E FERRAMENTAS

Este capítulo apresenta a metodologia usada neste estudo de caso, o seu o desenvolvimento, o Método Proposto e aplicado para avaliar os AVIs e as ferramentas utilizadas para avaliar os AVIs. Ao longo desse estudo o Método Proposto passará a ser referenciado como AVI.DEA.

4.1 Tipo de Pesquisa

Fundamentado na literatura sobre experimentação, este trabalho adotou um estudo de caso como estratégia de pesquisa, onde foi desenvolvido um método de avaliação de AVIs aplicando Análise Envoltória de Dados.

Para Yin (2001), o estudo de caso é justificável em situações em que o caso representa um teste crucial da teoria existente; o caso é um evento raro ou exclusivo ou o caso serve a um propósito revelador. Além disso, o estudo de caso único pode envolver apenas uma unidade de análise (holístico) ou unidades múltiplas (incorporado).

Wohlin, *et al.* (2012) afirma que o estudo de caso é um termo comumente empregado na literatura, cuja definição formal destaca-o como sendo a investigação de um fenômeno realizada dentro de seu contexto real, especialmente quando é difícil distinguir claramente os limites entre o fenômeno e seu contexto,

Segundo Yin (2001), o estudo de caso é um método de pesquisa específico comumente aplicado para estudos exploratórios, onde tem-se pouco conhecimento sobre o assunto, mas que há possibilidade de seu uso em estudos descritivos e causais. YIN (2001) Afirma ainda que a preferência pelo uso de estudo de casos deve ser escolhida quando o estudo suporta eventos em que é possível se fazer observações diretas, aplicação de questionários e entrevistas. O autor também ressalta que o modo de coleta de dados adapta-se aos objetivos e às especificidades de cada estudo.

Gil (2008) ressalta que a apesar da análise de um único ou poucos casos fornecerem uma base frágil para a generalização, os propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim proporcionar uma visão global do problema ou identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados.

4.2 Método para Avaliação dos AVIs

Esse estudo propõe utilizar as propriedades da DEA para calcular a performance relativa dos AVIs (DMUs). A DEA analisa a entrada de dados que é dividida em *inputs* e *outputs* e calcula à avaliação por meio de uma variável chamada *score* para fazer o ranqueamento dos AVIs. A avaliação calculada pela *score* tem variação de 0 a 1, sendo 1 o *score* de maior performance. A Figura 6 apresenta uma visão macro do método para avaliação dos AVIs, dividido em 4 etapas de execução.

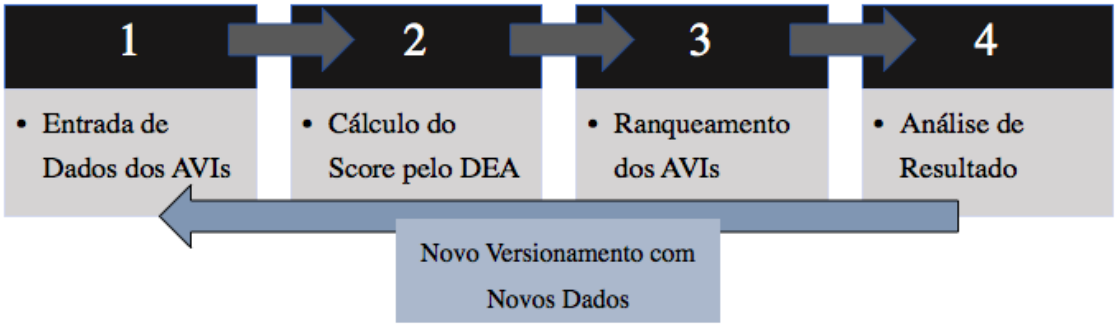

Figura 6 – Visão Macro do Método de Avaliação dos AVIs

4.3 Metodologia Aplicada ao Estudo de Caso

As DMUs utilizadas neste estudo são representadas por cada um dos AVIs, em uma proporção de 1 para 1, *i.e.*, cada AVI representa uma DMU, em um total de 22. Deste modo, tem-se uma comparação entre iguais, que serão analisados a partir dos seus dados de entrada e de saída, aqui tratados como insumos *input* e *output*,

Para analisar os AVIs foi utilizado as funções de cálculo de eficiência da DEA presentes na biblioteca Benchmarking da linguagem R em conjunto com as técnicas:

- *Constant Return Scale* – CRS: conhecida por CCR (Charnes; Cooper e Rhodes) é orientada ao produto (outputs) – é a principal característica é permitir uma avaliação objetiva da eficiência global e identificar as fontes de ineficiência. Ambrozini et al., (2003) afirma que a técnica CCR trabalha com retornos constantes de escala, onde os aumentos da produção são proporcionais aos aumentos dos insumos. Ele é utilizado para calcular a eficiência produtiva para determinar os AVIs com maior desempenho produtivo. O AVI com melhor desempenho aquele que consegue atender as demandas dos usuários por si só, sem a necessidade de transferência do usuário para o atendimento humano.
- *Variable Return Scale* – VRS: também conhecida por BCC (Banker; Charnes e Cooper). A BCC calcula uma fronteira eficiente com as melhores unidades,

passando a “envelopar” as unidades ineficientes para cada escala de produção. A BCC considera ainda as unidades com baixos níveis de consumo de insumos como unidades operadas com retornos crescentes de escalas e vice-versa. De acordo com Belloni (2000), a BCC admite que a eficiência máxima varie em função da economia de escala e permite comparar unidades de porte distintos.

Aplicando essas técnicas é possível obter o cálculo da eficiência relativa das DMUs e, por conseguinte, a fronteira de eficiência, podendo ter além dos dados, os gráficos representativos dessa fronteira e o posicionamento gráfico de cada DMU.

4.3.1 Seleção dos AVIs

A seleção dos Assistentes Virtuais Inteligentes se deu através de um desenvolvedor de soluções de TI situado na cidade de São Paulo. Os AVIs deste desenvolvedor são comercializados para inúmeras empresas de médio e grande porte que utilizam as soluções em seus Serviços de Atendimento ao Cliente (SAC).

Todos os AVIs utilizados neste estudo são baseados em questões exemplo. Este tipo de AVI é usado para identificar as intenções contidas nas questões apresentadas aos usuários do AVI. Os AVIs com essa característica possuem em seus registros uma série de possíveis perguntas para uma resposta, assim como sinônimos de palavras e outros dados.

Para selecionar os AVIs, foram feitas algumas reuniões com os líderes de projetos do fornecedor, onde levantou-se as características intrínsecas de todos os AVIs. Uma vez selecionados os AVIs, foi solicitado aos líderes a extração dos dados de suas respectivas bases, que em seguida foram exportados para uma planilha de dados com todos atributos levantados.

A empresa fornecedora de AVIs permitiu o levantamento dos dados relacionados aos AVIs, exigindo apenas confidenciabilidade com relação a sua identidade, a identidade de seus clientes e dos AVIs, que por conseguinte serão identificadas neste estudo por números inteiros aleatórios, sem quaisquer ligações aos seus nomes e seus respectivos proprietários.

4.3.2 Concepção dos AVIs: Análise de Viabilidade dos AVIs Selecionados

Os AVIs analisados nesse estudo tem um mesmo tipo de *engine, e são* denominados de AVIs Baseados em Questões Exemplo. As questões-exemplo são utilizadas para identificar as intenções contidas nas questões apresentadas pelos usuários do AVI.

Os AVIs baseados em questões-exemplo têm parâmetros inerentes e comuns ao seu tipo, sendo que esses atributos foram escolhidos como insumos da corrente pesquisa. Outros tipos de AVIs, como por exemplo aqueles que utilizam recursos, técnicas e algoritmos de Inteligência

Artificial não estão sendo contemplados dentro do escopo deste estudo. Sendo assim, temos um conjunto homogêneo de dados que definem os insumos de entrada e saída.

Os *inputs* (N) definidos nesta pesquisa foram:

N1. Quantidade de Sinônimos;

N2. Quantidade de Stop Word;

N3. Quantidade de Perguntas;

N4. Quantidade de Respostas;

N5. Tamanho da População e

N6. Quantidade de Observações.

Os *outputs* (O) escolhidos foram:

O1. O complemento da porcentagem de respostas Falso Negativo;

O2. O complemento da porcentagem de respostas Falso Positivo;

O3. A porcentagem de Retenção, e;

O4. O índice de Respostas Adequadas que varia de 0 a 1.

4.3.3 Características dos Dados de Entrada

Os dados de entrada foram divididos em dois grupos (input e output), com as seguintes características:

- ***Input***: os itens N1 a N6 – são as quantidades dos dados contidos no banco de dados dos AVIs.
- ***Output***: (1) itens O1, O2 e O4 – são obtidos através de uma amostragem aleatória que é analisada por um profissional conhecido como "especialista na gestão de base de conhecimento"; e (2) item O3 – obtido automaticamente. Se o usuário não pede para ser transferido para um atendente humano durante as interações e interage com o AVI de alguma forma (fez uma pergunta, solicita uma informação ou executou qualquer outra ação) considera-se que ele foi retido pelo AVI.

4.3.4 Identificação e Tratamento de Falsos Positivos e Falsos Negativos.

Para formalizar, os termos Falso Positivo e Falso Negativo, são tratados neste estudo como:

- **Falso Positivo:** significa que o AVI acha que sabe como proceder face a uma questão apresentada pelo usuário, porém ele executa uma ou mais ações que mostram que ele está errado.

- **Falso Negativo:** acontece quando o AVI acha que não sabe o que fazer, entretanto os procedimentos que ele deve executar estão presentes na base de conhecimento. Isso ocorre mais frequentemente quando ele não tem certeza do que fazer. Neste caso, ele escolhe informar que não entendeu a questão que lhe foi apresentada, quando na verdade não deveria.

Como as porcentagens de Falso Positivo e de Falso Negativo, como o próprio nome diz são falsos, é necessário calcular o produto de saída, dado pelo complemento deles. O objetivo é calcular a porcentagem de Verdadeiros Negativos (complemento do Falso Negativo) e de Verdadeiros Positivos (complemento do Falso Positivo), equalizando os dados. Com isso, calcula-se cem por cento (100%) menos a porcentagem de Falso Positivo (por ex.: 0,2%), totalizando o valor equalizado (neste exemplo 99,8%).

Definidos esses parâmetros, e sabendo que estes são características de todo e qualquer AVI baseado em questões exemplo, o próximo passo foi fazer a coleta dos dados nas empresas selecionadas para rodar os testes.

4.4 Dados Utilizados

A definição dos dados utilizados para calcular a fronteira de eficiência serão expostos no capítulo 4.4.1 e descritos na **Tabela 6 – Dados dos AVIs**.

A Figura 7 retrata os dados dos AVIs utilizados nessa pesquisa, sendo em azul os *inputs* e em laranja os *outputs*.

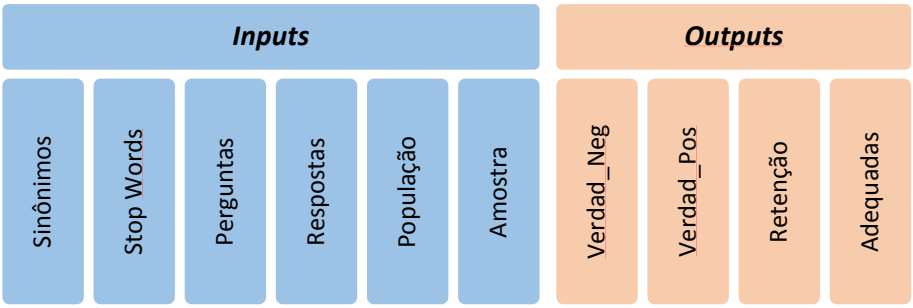

Figura 7 – Dados Utilizados

4.4.1 Entrada de Dados dos AVIs

Os dados levantados com o desenvolvedor dos 22 AVIs, são recebidos em forma de planilhas de dados. Essas planilhas são então compiladas em uma única planilha, chamada DADOS.XLSX.

Com os dados dos AVIs compilados, é necessário calcular o complemento do Falso Negativo e do Falso Positivo, através do Cálculo do Score pela DEA. Isto é necessário para que os dados estejam devidamente equalizados de acordo com as entradas do AVI.DEA.

A **Tabela 6** apresenta os dados dos AVIs, com seus respectivos *Inputs e Outputs*, utilizados como entrada para a DEA.

Tabela 6 – Dados dos AVIs

AVI	Inputs						Outputs			
	Sinônimos	*Stop Words*	Perguntas	Respostas	População	Amostra	Verdad_Negativo	Verdad_Positivo	Retenção	Adequadas
A	98	9	208.178	274	3.120	250	0,9780	0,9842	0,7905	0,9520
B	101	35	263.636	300	12.847	252	0,9646	0,9791	0,7358	0,9410
C	94	0	114.567	232	1.289	250	0,9861	0,9870	0,8700	0,9629
D	90	0	107.557	226	1.189	233	0,9865	0,9900	0,8749	0,9720
E	98	8	165.199	271	2.527	250	0,9800	0,9846	0,7906	0,9570
F	14	0	33.200	123	142	65	0,9934	0,9978	0,9780	0,9880
G	104	36	296.916	390	18.498	300	0,9405	0,9706	0,6765	0,9090
H	100	29	260.847	287	12.383	250	0,9650	0,9830	0,7524	0,9487
I	99	9	248.146	280	8.067	250	0,9750	0,9840	0,7740	0,9497
J	104	36	313.173	441	32.362	541	0,9391	0,9686	0,6036	0,8920
K	95	3	145.868	239	1.289	250	0,9838	0,9864	0,8115	0,9612
L	101	34	262.451	299	12.657	251	0,9650	0,9820	0,7454	0,9480
M	112	37	562.615	442	46.801	721	0,9360	0,9620	0,5048	0,8820
N	84	0	89.714	226	977	207	0,9885	0,9900	0,8863	0,9780
O	113	54	595.697	452	47.161	902	0,9220	0,9596	0,4521	0,8808
P	14	0	46.680	149	564	200	0,9930	0,9970	0,9285	0,9850
Q	102	36	264.882	349	13.686	252	0,9633	0,9780	0,7342	0,9328
R	120	55	785.397	552	51.837	1254	0,9187	0,9582	0,3475	0,8158
S	29	0	64.547	174	748	200	0,9907	0,9960	0,8988	0,9838
T	103	36	274.974	363	15.113	270	0,9410	0,9734	0,6789	0,9242
U	82	0	73.567	176	974	200	0,9900	0,9950	0,8941	0,9780
V	98	8	148.505	241	1.745	250	0,9820	0,9853	0,8109	0,9580

A tabela 6 apresenta uma coluna denominada [AVI] que usa caracteres de A a V como identificadores dos AVIs. A tupla [*INPUT*] – representam os dado de entrada – com os campos:

Sinônimos; *Stop Words*; Perguntas; Respostas; População e Amostra, e a tupla [*OUTPUT*] com as com os campos: Verdadeiro_Negativo; Verdadeiro_Positivo; Retenção e Adequadas que representam as saídas, todos apresentados no item 4.4.1.1

4.4.2 Tratamento de Dados Amostrais

Para tratar os dados amostrais (output) é preciso determinar o intervalo de confiança, que é uma estimativa de um intervalo utilizado estatisticamente e que contém um parâmetro populacional. Este parâmetro de população desconhecido é encontrado através de um modelo de amostra calculado a partir dos dados recolhidos.

O intervalo de confiança indica a margem de incerteza (ou imprecisão) frente a um cálculo efetuado. Este cálculo usa a amostra do estudo para estimar o tamanho real do resultado na população de origem. O cálculo de um intervalo de confiança é uma estratégia que considera a amostragem de erro. A dimensão do resultado do seu estudo e seu intervalo de confiança caracterizam os valores presumíveis para a população original.

Para este estudo assumiu-se o centro do intervalo como entrada para aplicação do método proposto, sabendo que em futuros trabalhos podemos propor o uso de *bootstrapping* que é um método de reamostragem proposto por Bradley e Efron em 1979, utilizado para aproximar distribuição na amostra de um levantamento estatístico. Vale ressaltar que a aplicação desse método é de alto custo computacional.

4.4.3 Significado dos Dados de Entrada e Saída

Abaixo é descrito de forma sucinta cada um dos dados dos AVIs apresentados na **Tabela 6**:

1. Quantidade de Sinônimos
    - é o número de termos com sinônimos contidos no AVI;
    - tem como objetivo associar palavras com o mesmo significado, mas que são escritas de forma diferentes, como por exemplo as palavras: pedido e ordem
2. Quantidade de Stop Word
    - é o número de palavras que não possuem relevância para o contexto;
    - são as palavras que podem ser consideradas irrelevantes para o conjunto de resultados a ser exibido em uma busca realizada em uma *search engine*. Exemplos: as, e, os, de, para, com, sem, foi.
3. Quantidade de Perguntas
    - é a quantidade de perguntas contidas no AVI;

- são as perguntas programadas, as quais o AVI tem conhecimento para responder.

4. Quantidade de Respostas
    - é a quantidade de respostas contidas no AVI;
    - são as respostas programadas no AVI para 1 ou mais perguntas.
5. Tamanho da População
    - é a quantidade de usuários atendidos pelo AVI;
6. Quantidade de Observações
    - é a quantidade de dados amostrais que serão utilizados como comparativo para os questionamentos dos usuários do AVI.
7. o complemento da porcentagem de respostas Falso Negativo;
8. o complemento da porcentagem de respostas Falso Positivo;
    - são, ambos, obtidos através de uma amostra aleatória;
    - É analisado por um profissional conhecido como "especialista na gestão de base de conhecimento".
9. a porcentagem de Retenção e
    - quantidade de usuários retidos no AVI, obtida automaticamente;
    - Se o usuário não pede para ser transferido para um atendente humano durante as interações e interage com o AVI de alguma forma (fez uma pergunta, solicita uma informação ou executou qualquer outra ação) considera-se que ele foi retido pelo AVI.
10. o índice de Respostas Adequadas que varia de 0 a 1.
    - Assim como os itens 7 e 8 são obtidos através de uma amostra aleatória;
    - Analisada por um profissional conhecido como "especialista na gestão de base de conhecimento".

Os dados apresentados foram disponibilizados pelas empresas participantes do estudo e que se dispuseram a ter seus AVIs avaliados através da metodologia proposta.

4.5 Cálculo do *Score* pela DEA

Com os dados já tratados (compilados e equalizados), a próxima fase do método é o cálculo da produtividade relativa (*score*) dos mesmos.

Os dados de entrada são armazenados em dois vetores: (1) o vetor de *input*, e (2) o vetor *output*, usados como parâmetros para o cálculo do *score*.

O cálculo do *score* é realizado através da a função DEA que faz parte da biblioteca Benchmarking da linguagem R. A função DEA é responsável pelo cálculo da performance de cada um dos AVIs utilizando as técnicas CCR e BCC:

- CCR – Charnes; Cooper e Rhodes: aplica escala constante de retorno (CRS) com redução de múltiplos produtos e múltiplos insumos (para cada DMU) para um único produto e um único insumo. Para uma DMU, a razão entre esse produto e insumo fornece uma medida de eficiência que é função dos multiplicadores. Essa proporção, que será maximizada, forma a função-objetivo para a DMU avaliada, segundo Charnes et al. (1996).

  A eficiência técnica de um AVI (DMU) será obtida através de um PPNL (Problema de Programação Não-Linear), utilizando o seguinte modelo de programação fracionário:

$$Máx\ h_0 = \frac{\sum_{j=1}^{s} u_j\, Y_{j0}}{\sum_{i=1}^{r} v_i\, X_{i0}} \qquad Equação\ (1)$$

$sujeito\ a$:

$$\frac{\sum_{j=1}^{s} u_j\, Y_{jk}}{\sum_{i=1}^{r} v_i\, X_{ik}} \leq 1, k = 1,2,3, \dots, n \qquad Equação\ (2)$$

$onde$:

h_0 = eficiência da DMU O (zero)
r = quantidade total de inputs
s = quantidade total de outputs
n = quantidade total de DMU
Yjk = quantidade de output j para a DMUk
Xik = quantidade de input i para a DMUk
Uj = peso referente ao input j
Vi = peso referente ao input i
Yjo = quantidade de output j para a DMU0 (DMU observada)
Xio = quantidade de input i para a DMU0 (DMU observada)

- BCC – Banker, Charnes e Cooper: utiliza o retorno variável de escala (VRS), procurando, assim, evitar problemas existentes em situações de competição imperfeita. O BCC (VRS) é usado quando ocorrem Retornos Variáveis de Escala, sejam eles crescentes ou decrescentes ou mesmo constantes. Na técnica BCC (VRS), os escores de eficiência dependem da orientação escolhida, com a seguinte formulação:

$$Maximixe\ h_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r\, Y_{r0} + w \qquad Equação\ (3)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i \, X_{i0} \leq 1 \qquad Equação\ (4)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r \, Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i \, X_{i0} + w \leq 0, para\ todo\ j = 1,2, \dots, n \qquad Equação\ (5)$$

$$-u_r \leq -e, r = 1,2, \dots, s$$

$$-v_i \leq -e, i = 1,2, \dots, m$$

$onde$:

h_0 = eficiência da DMU O (zero)
r = quantidade total de produtos
s = quantidade total de insumos
n = quantidade total de DMU
Yjk = quantidade de produto j para a DMUk
Xik = quantidade de insumo i para a DMUk
Uj = peso referente ao produto j
Vi = peso referente ao insumo i
Yjo = quantidade de produto j para a DMU0 (DMU observada)
Xio = quantidade de insumo i para a DMU0 (DMU observada)

4.6 Ranqueamento dos AVIs

A escolha da DEA para ranqueamento dos AVIs é justificada pelas vantagens apresentadas na Seção 4.2. A construção de uma fronteira de eficiência a partir da DEA pode ser feita considerando as técnicas implementadas de CCR (retornos constantes de escala) e BCC (retornos variados).

A técnica com retornos constantes de escala é conhecida como DEA-CCR, aqui utilizado conforme descrito por Cooper, et. al (2006), considera o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. A técnica com retornos variados de escala é conhecida como DEA-BCC e considera o axioma da convexidade.

A medida de eficiência de cada DMU é calculada diferentemente para cada uma das técnicas adotadas:

- DEA-CCR trabalha com retornos constantes de escala, ou seja, qualquer variação nos insumos leva a uma variação proporcional nos produtos. Define-se a eficiência como sendo a razão entre a soma ponderada dos produtos (output) e a soma ponderada dos insumos (inputs).

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Soma ponderada dos outputs}}{\text{Soma ponderada dos inputs}} \qquad Equação\ (6)$$

- DEA-BCC surgiu como uma forma de eficiência resultante da divisão da técnica CCR em duas componentes: eficiência técnica e a eficiência de escala. A medida de eficiência técnica, resultante da técnica BCC, identifica a correta utilização dos recursos à escala de operação da DMU. A eficiência de escala é igual ao quociente da eficiência BCC com a eficiência CCR, e dá uma medida da distância da DMU em análise até uma DMU fictícia, que opera com o tamanho da escala mais produtivo.

4.7 Procedimentos de Execução do Método

De modo geral o AVI.DEA faz uso da metodologia de análise de eficiência, que compara eficiência relativa da DEA (4.5.2), estabelecendo assim, um indicador de avaliação de eficiência da relação dos dados de entrada (4.5.1) dos AVIs analisados, e por fim fornece o score dos AVIs participantes (4.5.3). Assim, o método é subdividido em 8 procedimentos, conforme ilustrado na Figura 8.

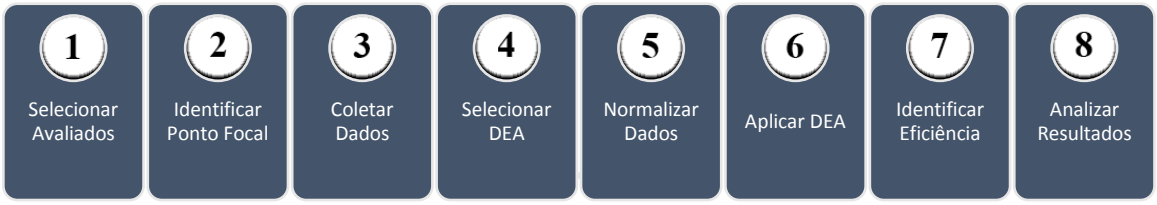

Figura 8 – Subdivisão dos procedimentos

1. **Selecionar Avaliados:** seleção de AVIs de diversas corporações que atuam em diversos segmentos do mercado fornecidos por um único fornecedor. A escolha deste fornecedor de AVIs justifica-se por:
   - Tem convergência – desenvolve um produto que é o cerne do estudo;
   - Está disponível – se mostrou acessível a todo o momento;
   - Viabilizou o acesso as pessoas e Dados.
2. **Identificar Ponto Focal:** o fornecedor de AVIs disponibilizou um colaborador que tem como prerrogativa funcional acesso total aos dados dos AVIs comercializados que já se encontram em funcionamento, tendo assim dados de produção em seu banco de dados
3. **Coletar Dados:** 22 AVIs em produção foram selecionados para serem estudados. Os dados destes AVIs envolvem empresas clientes de diversos segmentos do mercado, como: hospedagem de sites e computação em nuvem, produtos e serviços de Internet, indústria alimentícia, médico hospitalar, indústria

farmacêutica, indústria e comércio de cosméticos e bens de consumo.

4. **Selecionar DEA:** utilizou-se a as técnicas CCR e BBC do pacote *Benchmarking* da linguagem R para analisar eficiência por meio de Análise Envoltória de Dados (DEA).
5. **Normalizar Dados:** Os dados enviados pelo fornecedor de AVIs são extraídos diretamente dos Bancos de Dados em produção e exportados para uma planilha Excel, e posteriormente normalizados, conforme detalhado na Seção 4.4.2.
6. **Aplicar DEA:** execução do AVI.DEA a fim de estabelecer o *score* de cada um dos AVIs em cada um dos modelos selecionados para tal.
7. **Identificar a eficiência relativa de cada um dos AVIs:** identificar a eficiência de cada um dos AVIs para cada um dos modelos estabelecidos através dos *scores*.
8. **Analisar Resultados:** análise dos resultados dos *scores* dos AVIs em cada um dos modelos.

Sempre que o AVI sofra uma alteração e existam dados para que o método seja novamente aplicado, um novo versionamento do método pode ser executado para que haja um novo Ranqueamento dos AVIs analisados.

A aplicação do AVI.DEA visa avaliar o desempenho relativo aos AVIs a fim de classificar as unidades de melhor performance, permitindo identificar quais os menos produtivos, a fim de melhorá-los.

4.8 Validação do Método

Com o intuito de atestar e corroborar com os resultados obtidos pelo AVI.DEA foi escolhida uma solução de prateleira direcionada para a resolução de problemas de análise por envoltória de dados.

Foi escolhido, para esse fim, o OSDEA, disponível para download em https://opensourcedea.org/ (último acesso em março de 21), não só por se tratar de um software gratuito, mas também porque ele consta com algumas características importantes como: (a) interface de simples entendimento; (b) não possui como limitante o número de DMUs; (c) possui o código-fonte aberto; (d) permite a importação de dados via arquivos textos e (e) exporta os resultados para planilhas no formato Excel. Facilita assim a geração e a visualização dos resultados do modelo.

Após a importação dos dados, é preciso escolher quais as variáveis são inputs e outputs, e qual modelo que será utilizado na análise (CCR ou BCC). Feito estas escolhas, o problema

estará pronto para ser resolvido, esses resultados serão comparados com os resultados obtidos pelo Método.

A fim de validar o método AVI.DEA, através do OSDEA será calculado a correlação de Spearman entre as performances medidas pelos dois métodos. Para a correlação de Spearman, um valor absoluto de 1 indica que os dados ordenados por posto são perfeitamente lineares. O coeficiente de correlação pode variar em termos de valor de -1 a +1. Quanto maior for o valor absoluto do coeficiente, mais forte é a relação entre as variáveis.

5. EXECUÇÃO, ANÁLISE E RESULTADOS

Este Capítulo, reverbera a análise dos resultados obtidos com a execução dos algoritmos 1 e 2 a fim de confirmar sua validade para a solução do problema proposto e atestá-lo como um produto de pesquisa acadêmica.

5.1 Algoritmos Implementados do Método

Para implementar o método, utilizou-se a linguagem R, com duas funções básicas: (1) a entrada dos dados; e (2) o cálculo de performance, que representam os algoritmos 1 e 2

O Algoritmo 1 apresenta a função de leitura e preparação dos dados importados da planilha Excel, implementado para tratar as seguintes etapas: (1) configurações do ambiente; (2) leitura dos dados; (3) preparação dos vetores de atributos; e (4) a função que calcula a performance pela DEA.

Algoritmo 1 – Leitura e Preparação

Algoritmo 1: Leitura e Preparação

Entrada: Dados da Tabela 5

```
1    algoritmo le_prep
2    Inicio
3      /* Variáveis de configuracao ------------------------------------------ */
4      texto planilha.dado  <- "Dados"
5      texto nome.dado      <- "dados/dados.xlsx "
6      /* leitura de dados do xlsx ------------------------------------------- */
7      real dados[11]   <- ler (nome.dado, planilha.dado)
8      /* prepara a matriz de entrada dos dados para a DEA ----------- */
9      vet_input  <- {2,3,4,5,6,7}
10     vet_output  <- {8,9,10,11}
11     /* chama função de calculo de performance usanda DEA ------- */
12     avi_dea(dados, vet_input, vet_output)
13   Fim
```

O Algoritmo 2 demostra a função avi_dea. Esta função armazena nas variáveis os valores existentes na tabela de dados e cria o gráfico da função DEA com o comanda DEA.*ploat.* A função também avalia a performance de cada um dos AVIs chamando a função *dea* que armazena o retorno na variável *performance* e imprimindo seus valores na tela, assim como o sumário com informações relativas para cada um dos modelos selecionados.

Algoritmo 2 – Execução da Função avi_dea

Algoritmo 2: avi_dea

Entrada: Dados tratados, Vetores de atributos
Saída: Score dos AVIs e Gráfico da Fronteira de Eficiência de cada um dos modelos

```
1    algoritmo avi_dea (var sheet_data: real, var vet_in : inteiro, var vet_out : inteiro )
2    Início
3      /* Define os tipos da DEA (CCR / BSS) e a, orientadação (outputs) ----------- */
4      texto tipo <- {"crs", "vrs"}
```

```
5       texto orie <- "in"
6       /*  Variáveis da funcao ------------------ */
7       texto avi_nome  <- sheet_data[0]
8       inteiro i
9       real avi_in[6]
10      real avi_out[4]
11      para i de 1 até 6 passo 1 faça
12         avi_in[i]  <- sheet_data[vet_in[i]]
13      fim para
14      para i de 1 até 4 passo 1 faça
15         avi_out[i]  <- sheet_data[vet_out[i]]
16      fim para
17      /* Cria o gráfico da Fronteira de Eficiência CCR ------ */
18      jpeg(filename = "plots/_AVI-DEA T#out O#crs.jpg", width = 1200, height = 600)
19      dea.plot(avi_in, avi_out, RTS=tipo[1], ORIENTATION=orie, txt=avi_nome)
20      dev.off()
21      /* Exibe a performance de cada um dos projetos CCR------ */
22      performance = dea(avi_in,avi_out,RTS=tipo[1], ORIENTATION=orie)
23      escrever (performance)
24      /* Cria o gráfico da Fronteira de Eficiência BCC ------ */
25      jpeg(filename = "plots/_AVI-DEA T#out O#crs.jpg", width = 1200, height = 600)
26      dea.plot(avi_in, avi_out, RTS=tipo[2], ORIENTATION=orie, txt=avi_nome)
27      dev.off()
28      /* Exibe a performance de cada um dos projetos BCC ------ */
29      performance = dea(avi_in,avi_out,RTS=tipo[2], ORIENTATION=orie)
30      escrever (performance)
31   fim
```

Com os gráficos das fronteiras de eficiência plotados e as informações com relação as performances pode-se realizar a análise dos resultados e classificar os AVIs de acordo com os resultados alcançados em cada um dos modelos aplicados.

5.2 Avaliação dos AVIs

A avaliação dos AVIs se dará através do cálculo de eficiência de cada unidade após a execução do AVI.DEA, subdividido nas etapas descritas no capítulo 4.5. Como resultado se obterá um *ranking*.

Após a recepção dos dados, e sua posterior validação e normalização, o AVI.DEA tem a responsabilidade de realizar as ações que se seguem:

a) Calcular cada Indicador de Desempenho (*score*) para cada Unidade;

b) Criar o ranking dos AVIs*;*

c) Analisar os resultados de cada identificador.

Através desse ranking será possível, a equipe de desenvolvimento da empresa desenvolvedora tome decisões a fim de alterar os AVIs menos produtivos a fim de que eles possam ter uma melhor performance.

5.3 Medição de Desempenho dos AVIs pela Empresa Desenvolvedora

A empresa desenvolvedora das soluções de AVI tem como preceito atual medir a performance dos AVIs, a fim de comparar o desempenho das soluções implementadas em cada um de seus clientes.

O cálculo de desempenho é feito calculando a média aritmética dos campos: (7) o complemento da porcentagem de respostas Falso Negativo; (8) o complemento da porcentagem de respostas Falso Positivo; (9) a porcentagem de Retenção e (10). Com a seguinte formulação:

$$desempenho = \frac{(7) + (8) + (9) + (10)}{4} \qquad Equação\ (7)$$

5.3.1 Ranqueamento da Empresa Desenvolvedora

Seguindo os critérios apresentados na equação acima especificada obtém-se o valor da média, definida como desempenho, classificando assim os AVIs de maior e menor Performance, uns em relação aos outros.

A Tabela 7 apresenta os valores encontrados para cada um dos AVIs e o ranqueamento segundo os critérios do desenvolvedor.

Tabela 7 – Desempenho Medido Utilizando os Critérios do Desenvolvedor

AVIs	Verd_Negativo	Verd_Positivo	Retenção	Adequadas	Desempenho	Posição
A	0,9907	0,9706	0,6765	0,9612	0,8998	15
B	0,9861	0,9582	0,8109	0,9410	0,9241	10
C	0,9900	0,9900	0,7358	0,9850	0,9252	9
D	0,9885	0,9596	0,7740	0,9480	0,9175	11
E	0,9187	0,9734	0,8700	0,8920	0,9135	13
F	0,9650	0,9840	0,8749	0,8808	0,9262	8
G	0,9391	0,9853	0,8115	0,9242	0,9150	12
H	0,9820	0,9970	0,8941	0,9780	0,9628	2
I	0,9934	0,9846	0,7905	0,9780	0,9366	6
J	0,9750	0,9830	0,8863	0,9570	0,9503	4
K	0,9360	0,9820	0,7454	0,8158	0,8698	19
L	0,9780	0,9950	0,8988	0,9720	0,9610	3
M	0,9838	0,9791	0,7906	0,9629	0,9291	7
N	0,9646	0,9842	0,7524	0,9487	0,9125	14
O	0,9220	0,9620	0,4521	0,8820	0,8045	22
P	0,9865	0,9978	0,6036	0,9838	0,8929	17

Q	0,9633	0,9864	0,6789	0,9497	0,8946	16
R	0,9800	0,9780	0,9780	0,9580	0,9735	1
S	0,9410	0,9900	0,9285	0,9328	0,9481	5
T	0,9650	0,9870	0,5048	0,9520	0,8522	20
U	0,9930	0,9960	0,3475	0,9880	0,8311	21
V	0,9405	0,9686	0,7342	0,9090	0,8881	18

A Tabela 8 mostra dados estatísticos calculados com base no desempenho de cada um dos AVIs, vistos abaixo.

Tabela 8 – Medidas Estatísticas de Desempenho Utilizando os Critérios do Desenvolvedor

Medidas Estatísticas - Desenvolvedor	
Média	0,9104
Mediana	0,9163
Desvio padrão	0,0424
Variância da amostra	0,0018
Mínimo	0,8045
Máximo	0,9735

Com base nesse resultado pode-se concluir que os valores de desempenho estão muito próximos uns dos outros, diminuindo assim a confiabilidade do ranqueamento usado pela empresa desenvolvedora.

5.4 Os Resultados Obtidos

Neste tópico apresenta-se os resultados obtidos nas duas técnicas aplicadas – CCR e BBC e para cada uma dessas técnicas são mostrados os resultados de eficiência obtidos pelo algoritmo desenvolvido para o AVI.DEA e os resultados obtidos pela solução OSDEA.

5.4.1 Método AVI.DEA-CCR

A técnica CCR (Charnes; Cooper e Rhodes), aplica escala constante de retorno ou CRS em seu acrônimo em inglês, com redução de múltiplos produtos e múltiplos insumos para cada DMU em um único produto e um único insumo. Neste modelo a eficiência é formulada como um Problema de Programação Linear (PPL), onde a função objetivo maximiza a contração dos insumos (orientação ao insumo) e as restrições do problema representam o conjunto de possibilidades de produção.

Os resultados de performance calculadas usando a técnica CCR no método AVI.DEA são apresentados na Tabela 9 e com a posição de cada AVI que indica aquele(s) que tem maior performance relativa (valores mais próximos a 1) em comparação aos outros..

Tabela 9 – Performance Calculadas: Método AVI.DEA-CCR

AVIs	PERFORMANCE	POSIÇÃO
A	0,4428	11
B	0,4023	15
C	0,5263	7
D	0,5405	6
E	0,4479	10
F	1	1
G	0,3068	18
H	0,4222	13
I	0,4332	12
J	0,2707	19
K	0,5097	8
L	0,4049	14
M	0,2683	20
N	0,5416	5
O	0,2617	21
P	0,9996	2
Q	0,3454	16
R	0,2140	22
S	0,7056	3
T	0,3306	17
U	0,6969	4
V	0,5045	9

5.4.2 Resultados Sumarizados da Técnica CCR

A faixa das eficiências dos AVIs, para a técnica CCR, tem como retorno 1 AVI com eficiência 1, mais 1 com eficiência muito próxima a 1, 2 AVIs com performance entre 0,6 e 0,8 e 19 AVIs com performance menor que 0,6, calculado pelo AVI.DEA e apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Faixa de Eficiências: Método AVI.DEA-CCR

Eff Range	Qtd	%
0,2<= E <0,3	4	18,2
0,3<= E <0,4	3	13,6
0,4<= E <0,5	6	27,3
0,5<= E <0,6	5	22,7
0,6<= E <0,7	1	4,5

0,7<= E <0,8	1	4,5
0,8<= E <0,9	0	0
0,9<= E <1	1	4,5
E ==1	1	4,5

O AVI.DEA apresenta como informação o relatório de eficiência (*Summary of efficiencies*) que traz como informações o número de AVIs eficientes, em relação ao total e a média de eficiência de todos os AVIs. Os resultados são apresentados abaixo

- Número de DMUs eficientes = 1 de 22;
- Média de eficiência: 0,481

A informação de performance dos AVIs é apresentada no gráfico de barras observado na Figura 9, onde temos no eixo x cada um dos AVIs estudados e no eixo y suas performances. Observa-se um salto dos dois AVIs (F e P) de melhor performance em relação ao outros 20 AVIs, em seguida mais dois AVIs (S e U) praticamente equivalentes a seguir temos os outros 18 AVIs de performance menor do que 0,6 – considerados os de pior performance relativa.

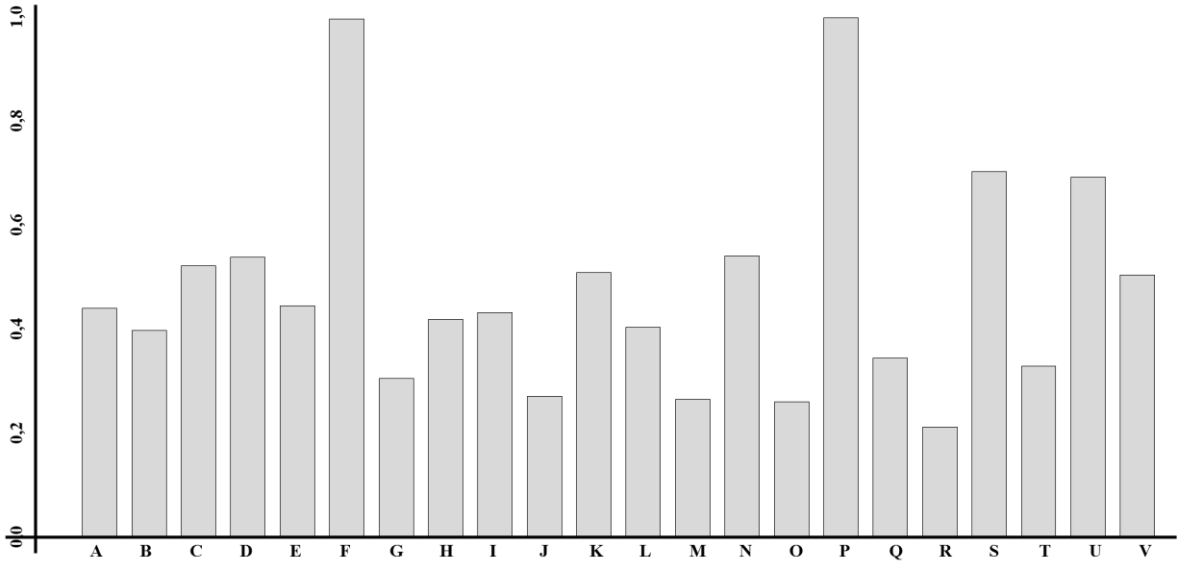

Figura 9 – Performance de Cada AVI: Método AVI.DEA-CCR

No gráfico da fronteira de eficiência, apresentado na Figura 10, observar-se a fronteira de eficiência construída pelo algoritmo desenvolvido para aplicar o AVI.DEA com os melhores desempenhos das melhores unidades (AVIs).

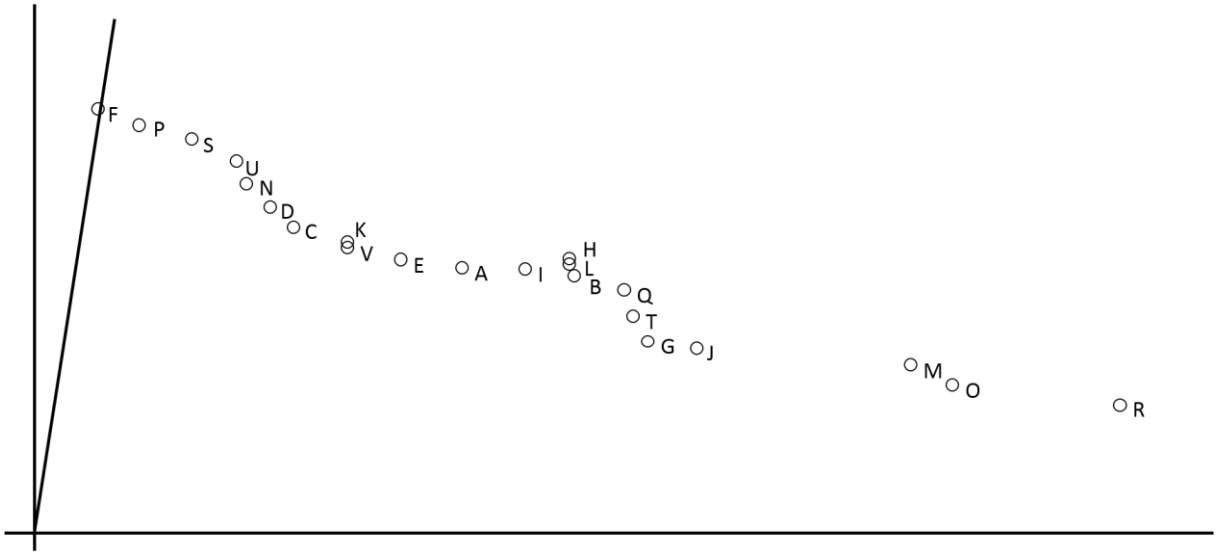

Figura 10 – Fronteira de Eficiência: Método AVI.DEA-CCR

A Figura 10 apresenta no eixo x os Insumos e no eixo y os Produtos. Cada um dos AVIs estudados obteve performance relativa máxima igual a 1, e estes deverão maximizar seu produto (técnica orientada a produto / *output*), se afastando do eixo ***x*** ou minimizar seu insumo (técnica orientada a insumo / *input*), se aproximando do eixo ***y***.

A Tabela 11 mostra dados estatísticos calculados com base no desempenho de cada um dos AVIs, vistos abaixo.

Tabela 11 – Medidas Estatísticas de Desempenho: Método AVI.DEA-CCR

Medidas Estatísticas – AVI.DEA-CCR	
Média	0,4807
Mediana	0,4380
Desvio padrão	0,2123
Variância da amostra	0,0451
Mínimo	0,2140
Máximo	1

5.4.3 Técnica AVI.DEA-BCC

A técnica BBC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper em 1984, ainda que incorpore a técnica CCR, tem como diferença o fato de apresentar retornos variáveis à escala. Com isso, a eficiência relativa de uma DMU é obtida por meio da divisão entre a sua produtividade e a maior produtividade entre as DMUs analisadas. Em contrapartida, o BBC compara apenas as DMUs que operem em escala semelhante. Obtendo a eficiência da DMU dividindo a sua produtividade pela maior produtividade dentre as DMUs que apresentarem o mesmo tipo de escala de retorno. Incorrendo assim no tipo de fronteira do BBC, que apresenta retas de ângulos variados, caracterizando uma fronteira linear por partes.

Os resultados de performance calculadas usando a técnica BCC no método implementado são apresentados na Tabela 12, com a posição de cada AVI que indica aquele(s) que tem maior performance relativa (valores mais próximos a 1) em comparação aos outros.

Tabela 12 – Performance Calculadas: Método AVI.DEA-BCC

AVIs	PERFORMANCE	POSIÇÃO
A	0,4489	9
B	0,4100	13
C	0,5302	5
D	0,5442	4
E	0,4539	8
F	1	1
G	0,3154	16
H	0,4286	11
I	0,4393	10
J	0,2789	17
K	0,5146	6
L	0,4114	12
M	0,2783	18
N	0,5442	4
O	0,2721	19
P	1	1
Q	0,3524	14
R	0,2228	20
S	0,7069	2
T	0,3388	15
U	0,6989	3
V	0,5104	7

5.4.4 Resultados Sumarizados da Técnica BCC

A faixa das eficiências dos AVIs, calculadas pelo AVI.DEA, são apresentadas na Tabela 13 para a técnica BCC, onde observa-se 2 AVIs com eficiência 1, 2 AVIs com performance entre 0,6 e 0,8 e 18 AVIs com performance menor que 0,6.

Tabela 13 – Performance Calculadas: Método AVI.DEA-BCC

Eff Range	**Qtd**	**%**
0,2<= E <0,3	4	18,2
0,3<= E <0,4	3	13,6
0,4<= E <0,5	6	27,3
0,5<= E <0,6	5	22,7
0,6<= E <0,7	1	4,5
0,7<= E <0,8	1	4,5
0,8<= E <0,9	0	0

0,9<= E <1	0	0
E ==1	2	9,1

O AVI.DEA apresenta como informação o relatório de eficiência (*Summary of efficiencies*) que traz como informações o número de AVIs eficientes, em relação ao total e a média de eficiência de todos os AVIs. Os resultados são apresentados abaixo

- Número de DMUs eficientes = 2 de 22;
- Média de eficiência: 0,486

A informação de performance dos AVIs é apresentada no gráfico de barras observado na Figura 11, onde temos no eixo x cada um dos AVIs estudados e no eixo y suas performances. Observa-se os AVIs F e P, com melhor performance relativa (igual a 1), em seguida os AVIs S e U de performance em torno de 0,7 – depois disso todos os outros AVIs com performance menor que 0,6 – considerados os de pior performance relativa.

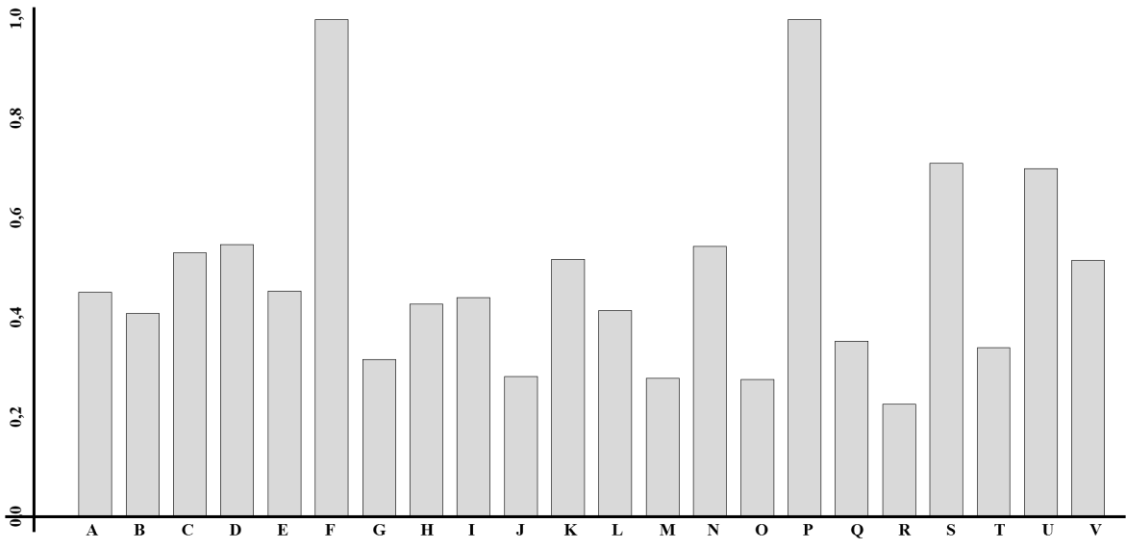

Figura 11 – Performance de Cada AVI: Método AVI.DEA-BCC

O gráfico da fronteira de eficiência é apresentado logo a seguir na Figura 12onde pode-se observar a fronteira de eficiência construída pelo AVI.DEA, com a técnica BCC, a fim de visualizar os melhores desempenhos das melhores unidades (AVIs).

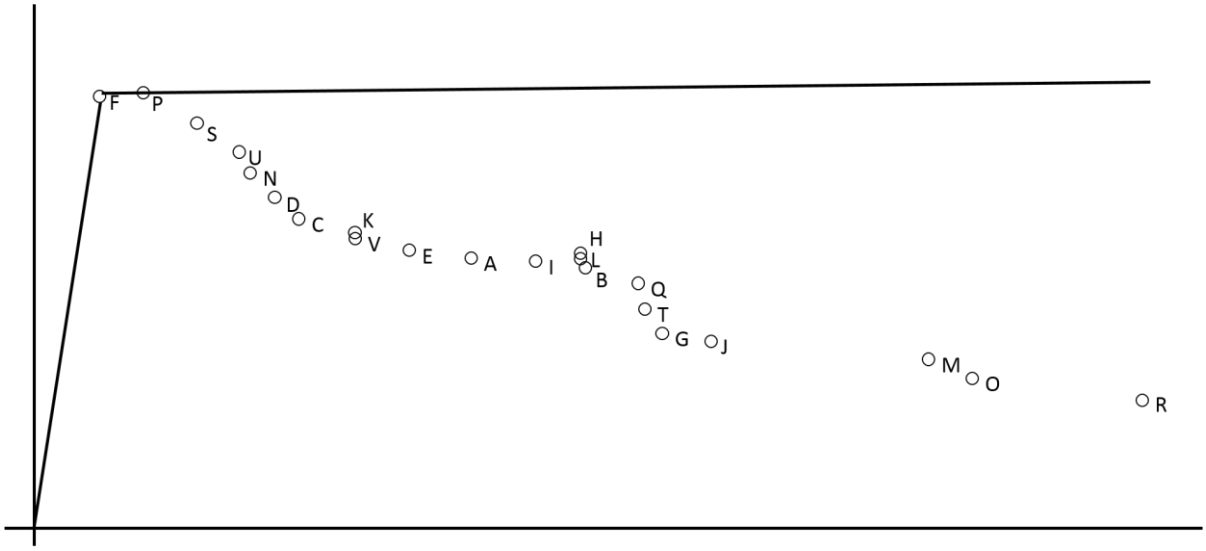

Figura 12 – Fronteira de Eficiência: Método AVI.DEA-BCC

A Figura 12 mostra os Insumos no eixo ***x*** e os Produtos no eixo ***y***, onde os AVIs F e P, obtiveram a performance relativa máxima, igual a 1, enquanto todos os outros AVIs estudados foram considerados ineficientes em relação a esses dois. A ineficiência desses AVIs é dada pela sua distância até a fronteira e sua projeção pode se dar por duas formas: (1) orientação à expansão dos produtos, mantidos os insumos constantes e (2) orientação à redução da quantidade consumida de insumos.

A Tabela 14 mostra dados estatísticos calculados com base no desempenho de cada um dos AVIs, vistos abaixo.

Tabela 14 – Medidas Estatísticas de Desempenho: Método AVI.DEA-BCC

Medidas Estatísticas – AVI.DEA-BCC	
Média	0,4864
Mediana	0,4441
Desvio padrão	0,2095
Variância da amostra	0,0439
Mínimo	0,2228
Máximo	1

5.5 Validação dos Resultados (OSDEA – AVI.DEA)

Como dito no capítulo 4.6, a fim de validar os dados obtidos pelo AVI.DEA os mesmos dados, capítulo 5.2, foram aplicados à ferramenta OSDEA, calculando o score com a técnica CCR e BCC, a fim de comparar os resultados obtidos pelo AVI.DEA aos resultados obtidos pelo OSDEA.

5.5.1 Resultados Obtidos pela Técnica CCR do OSDEA

A Tabela 15 apresenta os resultados de performance calculadas usando a técnica CCR no Open Source DEA, que foi usada como referência e a posição de cada um dos AVIs. A eficiência padrão é a abordagem otimista, comumente utilizada na metodologia DEA. Dos 22 AVIs deste estudo, 2 foram considerados eficientes, representando 9,09% da amostra. De acordo com esta abordagem, os AVIs considerados eficientes são aqueles que obtiveram score igual a 1, e à medida que esse número vai baixando, significa que a DMU está se afastando da fronteira da eficiência, ou seja, ficando menos eficiente.

Tabela 15 – Performance Calculadas: OSDEA-CCR

DMU Names	*Objective Value*	*Pos.*
A	0,8733	10
B	0,7790	14
C	0,9214	6
D	0,9321	5
E	0,8786	9
F	1	1
G	0,6969	17
H	0,8625	12
I	0,8668	11
J	0,6406	18
K	0,9184	7
L	0,8013	13
M	0,6335	19
N	0,9446	4
O	0,5918	20
P	1	1
Q	0,7292	15
R	0,5416	21
S	0,9996	2
T	0,7056	16
U	0,9735	3
V	0,8971	8

De acordo com a tabela acima os AVIs com melhor performance foram os AVIs F, e P, em seguida o AVI S com performance 0,9996 e os demais com performance entre 0,973 e 0,541, não tendo nenhum AVI abaixo de 0,5.

5.5.2 Resultados Obtidos pela Técnica BCC do OSDEA

A Tabela 16 apresenta os resultados de performance calculadas usando a técnica BBC no Open Source DEA, que foi usada como referência e a posição de cada AVI. A eficiência padrão é a abordagem otimista, comumente utilizada na metodologia DEA. Dos 22 AVIs do

estudo, 18 foram considerados eficientes, representando 81,8% da amostra. De acordo com esta abordagem, os AVIs considerados eficientes são aqueles que obtiveram score igual a 1, e à medida que esse número vai baixando, significa que a DMU está se afastando da fronteira da eficiência, ou seja, ficando menos eficiente.

Tabela 16 – Performance Calculadas: OSDEA-BCC

DMU Names	*Objective Value*	*Pos.*
A	0,8809	9
B	0,7952	13
C	0,9265	5
D	0,9472	3
E	0,8854	8
F	1	1
G	0,6989	16
H	0,8736	11
I	0,8769	10
J	0,6604	17
K	0,9239	6
L	0,8154	12
M	0,6547	18
N	0,9364	4
O	0,6125	19
P	1	1
Q	0,7462	14
R	0,5442	20
S	1	1
T	0,7069	15
U	0,9739	2
V	0,9029	7

De acordo com a tabela acima os AVIs com melhor performance foram os AVIs F, P e o S em seguida o AVI U com performance 0,9739 e os demais com performance entre 0,9471 e 0,544, não tendo nenhum AVI abaixo de 0,5.

5.5.3 Validando o AVI.DEA

Levando-se em consideração que o OSDEA fez aproximações e por conseguinte sua faixa de performance teve um comportamento mais aglutinado, os resultados apresentados a seguir mostram que os valores do OSDEA e do AVI.DEA são análogos.

A fim de mensurar matematicamente a efetividade do método foi calculada a correlação de Spearman entre o OSDEA e o AVI.DEA, apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Correlação de Spealmann: OSDEA x AVI.DEA

CORRELAÇÃO	OSDEA – CCR
AVI.DEA – CCR	0,8455

CORRELAÇÃO	OSDEA – BCC
AVI.DEA – BCC	0,8376

Observa-se que a correlação é de aproximadamente 0,85: sabendo-se que se a correlação está entre 0,7 e 0,9 expressa uma correlação forte, segundo Dancey e Reidy (2006). Permitindo afirmar que os resultados obtidos pelo AVI.DEA são confiáveis. Por conseguinte, os dados obtidos pela ferramenta OSDEA não serão utilizados para fins de comparação com o Ranqueamento do desenvolvedor e tão somente para validar os dados do algoritmo AVI.DEA.

5.6 Comparação dos Resultado da Performance dos AVIs

Com os resultados obtidos pelas técnicas de avaliação de performance e a confiabilidade desses resultados advinda do uso do OSDEA, pode-se comparar os resultados obtidos pelo: (1) Ranqueamento Empresa; (2) Ranqueamento AVI.DEA-CCR e (3) Ranqueamento AVI.DEA-BCC.

Observa-se uma discrepância no posicionamento dos AVIs em relação aos dados de performance do ranqueamento que a empresa desenvolvedora dos AVIs adota para aqueles calculados pelo AVI.DEA, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – Comparativo entre resultados de Ranqueamento

AVIs	1 – Empresa		2 – AVI.DEA-CCR		3 – AVI.DEA-BCC	
	Perform.	Pos.	Perform.	Pos.	Perform.	Pos.
F	0,8998	15	0,4428	11	0,4489	9
P	0,9241	10	0,4023	15	0,4100	13
S	0,9252	9	0,5263	7	0,5302	5
U	0,9175	11	0,5405	6	0,5442	4
N	0,9135	13	0,4479	10	0,4539	8
D	0,9262	8	1	1	1	1
C	0,9150	12	0,3068	18	0,3154	16
K	0,9628	2	0,4222	13	0,4286	11
V	0,9366	6	0,4332	12	0,4393	10
E	0,9503	4	0,2707	19	0,2789	17
A	0,8698	19	0,5097	8	0,5146	6
I	0,9610	3	0,4049	14	0,4114	12
H	0,9291	7	0,2683	20	0,2783	18
L	0,9125	14	0,5416	5	0,5442	4

B	0,8045	22	0,2617	21	0,2721	19
Q	0,8929	17	0,9996	2	1	1
T	0,8946	16	0,3454	16	0,3524	14
G	0,9735	1	0,2140	22	0,2228	20
J	0,9481	5	0,7056	3	0,7069	2
M	0,8522	20	0,3306	17	0,3388	15
O	0,8311	21	0,6969	4	0,6989	3
R	0,8881	18	0,5045	9	0,5104	7

5.7 Análise dos Resultados da Performance dos AVIs

Analisando a Tabela 18 podemos observar algumas características dos AVIs em relação a performance em cada um dos 3 ranqueamentos:

a. Para a técnica adotada pela empresa desenvolvedora, que trabalha com equação de média, os AVIs são ranqueados de 1 a 22, sem nenhuma equivalência entre eles.
b. Para a técnica CCR, que trabalha com retornos constantes de escala, onde os aumentos da produção são proporcionais aos aumentos dos insumos e permite uma avaliação objetiva da eficiência global, identificando as fontes de ineficiência, existe um AVI (4,54%) que é considerado o de melhor performance relativa, tendo um segundo (4,54%) de performance (0,9996) muito próxima a ele, com uma pequena diferença a eles, dois outros (9,09%) muito próximos com performance praticamente igual a 0,7 e o restante (81,81%) com performance menor que 0,6.
c. Para a técnica BCC, que considera os retornos variados de escala e considera o axioma da convexidade – calcula uma fronteira eficiente com as melhores unidades, considera as unidades com baixos níveis de consumo de insumos como unidades operadas com retornos crescentes de escalas e vice-versa, temos dois AVIs (9,09%) com performance 1 (eficiência total), mais dois (9,09%) com performance próximo a 0,7 e o restante (81,81%) com performance menor que 0,6.

Foi calculada a correlação de Spearman entre a performance do Desenvolvedor, do AVI.DEA-CCR e do AVI.DEA-BCC, a fim de aferir matematicamente a efetividade do método proposto, apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Correlação de Spealmann: Desenvolvedor x AVI.DEA

CORRELAÇÃO	Desenvolvedor
AVI.DEA – CCR	-0,0786
AVI.DEA – BCC	-0,0800

Observa-se que a correlação entre o AVI.DEA e a solução da empresa desenvolvedora é de aproximadamente -0,07. Donde podemos afirmar que a correlação entre o AVI.DEA e a solução do desenvolvedor foi fraco, ou seja, não foi encontrado relação entre as performances calculadas pelo desenvolvedor e pelo AVI.DEA.

5.8 Considerações Sobre os Resultados Obtidos

A

Tabela 20 apresenta os dados de entrada juntamente com o resultado do ranqueamento calculado em cada uma das técnicas aplicadas. Dá destaque visual aos valores de cada um dos campos, sendo os maiores valores com barras coloridas mais preenchidas e os menores valores com barras menores.

Tabela 20 – Dados de Entrada X Ranqueamento

AVI	Inputs						Outputs				Empresa		AVI.DEA -CCR		AVI.DEA -BCC	
	Sinônimos	Stop Words	Perguntas	Respostas	População	Amostra	Verd_Negativo	Verd_Positivo	Retenção	Adequadas	Performance	Posição	Performance	Posição	Performance	Posição
A	98	9	208.178	274	3.120	250	0,9780	0,9842	0,7905	0,9520	0,8998	15	0,4428	11	0,4489	9
B	101	35	263.636	300	12.847	252	0,9646	0,9791	0,7358	0,9410	0,9241	10	0,4023	15	0,4100	13
C	94	0	114.567	232	1.289	250	0,9861	0,9870	0,8700	0,9629	0,9252	9	0,5263	7	0,5302	5
D	90	0	107.557	226	1.189	233	0,9865	0,9900	0,8749	0,9720	0,9175	11	0,5405	6	0,5442	4
E	98	8	165.199	271	2.527	250	0,9800	0,9846	0,7906	0,9570	0,9135	13	0,4479	10	0,4539	8
F	14	0	33.200	123	142	65	0,9934	0,9978	0,9780	0,9880	0,9262	8	1	1	1	1
G	104	36	296.916	390	18.498	300	0,9405	0,9706	0,6765	0,9090	0,9150	12	0,3068	18	0,3154	16
H	100	29	260.847	287	12.383	250	0,9650	0,9830	0,7524	0,9487	0,9628	2	0,4222	13	0,4286	11
I	99	9	248.146	280	8.067	250	0,9750	0,9840	0,7740	0,9497	0,9366	6	0,4332	12	0,4393	10
J	104	36	313.173	441	32.362	541	0,9391	0,9686	0,6036	0,8920	0,9503	4	0,2707	19	0,2789	17
K	95	3	145.868	239	1.289	250	0,9838	0,9864	0,8115	0,9612	0,8698	19	0,5097	8	0,5146	6
L	101	34	262.451	299	12.657	251	0,9650	0,9820	0,7454	0,9480	0,9610	3	0,4049	14	0,4114	12
M	112	37	562.615	442	46.801	721	0,9360	0,9620	0,5048	0,8820	0,9291	7	0,2683	20	0,2783	18
N	84	0	89.714	226	977	207	0,9885	0,9900	0,8863	0,9780	0,9125	14	0,5416	5	0,5442	4
O	113	54	595.697	452	47.161	902	0,9220	0,9596	0,4521	0,8808	0,8045	22	0,2617	21	0,2721	19
P	14	0	46.680	149	564	200	0,9930	0,9970	0,9285	0,9850	0,8929	17	0,9996	2	1	1
Q	102	36	264.882	349	13.686	252	0,9633	0,9780	0,7342	0,9328	0,8946	16	0,3454	16	0,3524	14
R	120	55	785.397	552	51.837	1254	0,9187	0,9582	0,3475	0,8158	0,9735	1	0,2140	22	0,2228	20
S	29	0	64.547	174	748	200	0,9907	0,9960	0,8988	0,9838	0,9481	5	0,7056	3	0,7069	2
T	103	36	274.974	363	15.113	270	0,9410	0,9734	0,6789	0,9242	0,8522	20	0,3306	17	0,3388	15
U	82	0	73.567	176	974	200	0,9900	0,9950	0,8941	0,9780	0,8311	21	0,6969	4	0,6989	3
V	98	8	148.505	241	1.745	250	0,9820	0,9853	0,8109	0,9580	0,8881	18	0,5045	9	0,5104	7

Pode-se observar o comportamento de alguns AVIs em relação ao seu ranqueamento em cada um dos cenários estudados, por exemplo:

a. o AVI R é o de maior performance para o Ranqueamento da Empresa enquanto para DEA-CCR é o 22º e no DEA-BCC ele é ranqueado como 20;
b. o AVI F é o 8º no ranqueamento da empresa desenvolvedora, já para a DEA-CCR é o 1º assim como para o DEA-BCC.
c. o AVI P é o 17º no ranqueamento da empresa desenvolvedora, e para a DEA-CCR é o 2º e para o DEA-BCC ele é ranqueado como 1º.

Sabendo que quanto maior o valor da eficiência maior será a capacidade da unidade em obter os resultados a partir daqueles insumos. As demais, para chegarem à eficiência, teriam que aumentar todos os seus produtos, mantendo fixos os mesmos recursos, ou mantendo fixos os seus produtos teriam de diminuir seus recursos.

Observa-se através das barras coloridas as seguintes características com relação aos dados de *Inputs* e *Outputs*:

- Os valores de *Output* são muito próximos, com uma média de variação em torno de 31%.
- Para os valores de *Input* observa-se uma média maior de variação, em torno de 1253151%.

Sendo assim pode-se afirmar que a diferença entre as performances atingidas por cada um dos AVIs está diretamente associada aos dados de *Input*. Podemos observar principalmente nos seguintes casos:

- O AVI F tem os seguintes valores de *Input*: Sinônimos – 14, Stop Words – 0, Perguntas – 33.200, Respostas – 123, População – 142 e Amostra – 65, sendo ranqueado no AVI.DEA-CCR e no AVI.DEA-BCC como 1º.
- O AVI P tem os seguintes valores de *Input*: Sinônimos – 14, Stop Words – 0, Perguntas – 46.680, Respostas – 149, População – 564 e Amostra – 200, sendo ranqueado no AVI.DEA-CCR como 2º e AVI.DEA-BCC como 1º.
- O AVI O tem os seguintes valores de *Input*: Sinônimos – 113, Stop Words – 54, Perguntas – 595.697, Respostas – 452, População – 47.161 e Amostra – 902, sendo ranqueado no AVI.DEA-CCR como 21º e AVI.DEA-BCC como 19º.
- O AVI R tem os seguintes valores de *Input*: Sinônimos – 120, Stop Words – 55, Perguntas – 785.397, Respostas – 552, População – 51.837 e Amostra – 1.254, sendo ranqueado no AVI.DEA-CCR como 22º e AVI.DEA-BCC como 20º.

Vale salientar também, que o ranqueamento feito pela empresa desenvolvedora do algoritmo, por se tratar de uma simples média aritmética dos dados de *Output* não retrata de forma fidedigna a performance dos AVIs, por não levar em consideração os dados de *Input*.

Outro ponto importante a destacar é que as técnicas CCR e BCC obtiveram resultados similares com relação a performance atingida. Diante dos resultados apresentados por esse estudo pode-se afirmar que o modelo AVI.DEA, proposto para avaliação de performance de AVIs se mostrou eficaz, apresentando resultados satisfatórios para tratar o problema apresentado neste estudo de caso.

Por meio do DEA ainda é possível saber em quais propriedades de entrada deve-se intervir a fim de que o AVI possa se aproximar da fronteira de eficiência, e desta forma, tornando-o menos ineficiente. Essa intervenção é uma decisão gerencial, do cliente da empresa

desenvolvedora, que deve levar em conta se o esforço (tempo / custo) operacional aplicado para essa tarefa é apropriado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação correta do emprego e utilização dos AVIs se tornou imprescindível, principalmente nos últimos anos quando a utilização dos AVIs se intensificou e a concorrência entre as empresas desenvolvedoras de soluções. Não existem muitas formas de avaliação do desempenho de AVIs catalogados na literatura, por conseguinte, vislumbrou-se a possibilidade do uso da Análise Envoltória de Dados.

O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) como método de estimação de fronteiras de produção e análise de eficiência encontra cada vez mais espaço entre os pesquisadores dedicados em definir a relação da utilização de recursos para gerar produtos por uma determinada unidade, comparando-a com demais unidades que usem de sistemas produtivos semelhantes, e sem que haja necessidade de impor uma estrutura funcional à fronteira, corroborado pela dissertação de e PhD. de G. Tavares, onde desenvolveu um apanhado bibliográfico da DEA, de 1978 a 2001 quando, até aquela data, existiam 3600 artigos escritos, além de diversos livros. Assim, mais de 1600 autores, em cerca de 42 países incluíam a avaliação de forças policiais, as junções econômicas e performances ambientais de empresas públicas na Europa, bem como o progresso social das sociedades árabes do Oriente Médio e Norte da África, como afirmam Ferreira e Gomes (2009).

Neste estudo foram analisadas 22 AVIs, utilizando-se os dados de uma empresa desenvolvedora. É vital aqui salientar que este estudo não tem como propósito criticar ou julgar a classificação obtida por cada um dos AVIs feita pelo desenvolvedor. O que se pretende com o estudo é identificar os AVIs com mesmas características (questões exemplos; SAC; de um mesmo desenvolvedor), que obtém índices de eficiência distintos em função das características dos dados de entrada / saída.

Com o intuito de graduar os AVIs usando a DEA foi proposto uma proposta de avaliação, utilizando um algoritmo próprio intitulada AVI.DEA, que foi submetida a uma validação positiva por meio de uma solução de prateleira, o OSDEA.

6.1 Trabalhos Futuros

Os resultados colhidos até o momento apontam que o AVI.DEA é bastante promissor na avaliação de AVIs. Cabe ressaltar, porém que ainda existem possibilidades de avanço nesse estudo, como por exemplo:

- Aplicar outras técnicas do DEA (Super eficiência, aditivo e de Eficiência Baseado nas Folgas (Slacks-Based Measure – SBM), sendo, ainda, incorporada

a poluição ou produtos indesejáveis a técnica, variáveis categóricas e não discricionárias, dentre outros);

- Avaliar AVIs de desenvolvedores distintos com AVIs do mesmo tipo.
- Comparar a DEA com outras técnicas, heurísticas e meta-heurísticas para tratar o problema aqui proposto ou problemas de mesmo escopo.
- Usar *bootstrapping* para avaliar a distribuição amostral.

A realização destas novas frentes de pesquisas envolvendo a avaliação da performance dos AVIS, requer mais tempo de estudo e desenvolvimento. Portanto, são lacunas deixadas neste estudo, mas com potencial para guiar novos estudos e pesquisadores em trabalhos futuros.

6.2 Experiências e Conhecimentos Adquiridos

Muitos entendimentos, vivências e habilidades foram incorporados aos meus conhecimentos, seja na área acadêmica, quanto na área pessoal. Por meio das disciplinas cursadas, da troca com os colegas e professores e da construção desse e outros estudos que renderam publicações, participação em congressos e crescimento no conceito acadêmico, dentro da instituição em que leciono.

Vale ressaltar o quão importante é a publicação acadêmica, tendo em vista todo o esforço depositado para sua confecção e posterior publicação, contribuindo muito para a valorização da disseminação do conhecimento, contribuindo com pesquisadores em suas pesquisas através da metodologia aplicada ao estudo realizado, dos resultados obtidos e das lacunas e oportunidades para futuras investigações.

Diante do exposto, este estudo promoveu ganho profissional, pessoal e espiritual, me fazendo crescer em todos esses sentidos e construindo uma base sólida que pretendo edificar em futuros trabalhos e no dia a dia, em sala de aula com meus alunos, meus colegas professores e técnicos administrativos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROZINI, M. A.; NAGANO, M. S.; MERLO, E. M.: O Desempenho do Setor de Varejo No Brasil e suas Mudanças no Período Recente, In: VI SEMEAD Política dos Negócios e Economia de Empresas, 2003.

ASIMOV, I.: Eu, Robô. [S.l.]: Aleph, 2015.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.: Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, Management science, [S.l.], v.30, n.9, p.1078–1092, 1984.

BASILI, V. R.; CALDEERA, G.; ROMBACH, H. D.: Measurement, volume 1 of Encyclopedia of Software Engineering, chapter x. [S.l.], John Wiley Sons, 1994.

BASS, L.; CLEMENTS, P.: Constructing Superior Software; Applying Proven Practices. [S.l.], New Riders Publishing, 1999.

Becker H. S.: Métodos de Pesquisa em Ciências Sociais, 2a ed. São Paulo, HUCITEC, 1994.

BELLONI, J. Â.: Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras, [S.l.], 2000.

BERGER, A. N.; HUMPHREY, D. B.: Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research, European journal of operational research, [S.l.], v.98, n.2, p.175–212, 1997.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C.; TRAVASSOS, G. H.: Systematic Review in Software Engineering: Relevance and Utility, Technical Report, PESC – COPPE/UFRJ, Brazil, 2005.

CAILLAUX, M. A.: Seleção de Rota Marítima de Contêineres Utilizando Análise Envoltória de Dados: Estudo de Caso na Análise de Eficiência de Rotas entre Portos da Costa Leste da América do Sul, [S.l.], Niterói, 2005.

CAMPOS, V. F. T. Q. C.: Controle da Qualidade Total (no Estilo Japonês), Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, [S.l.], 1992.

CARDOSO, T.; ALARCÃO, I.; CELORICO, J. A.: Revisão da Literatura e Sistematização do Conhecimento, Porto Editora, [S.l.], 2010.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E.: Measuring the Efficiency of Decision - Making Units, European Journal Of Operational Research, [S.l.], v.2, n.6, p.429–444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN. A.; SEIFORD, L. M.: Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application, Kluwer Academic Publishers, 1996.

CHEN, L.; BABAR, M. A.; ZHANG, H.: Towards an Evidence-Based Understanding of Electronic Data Sources, In 14th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) (pp. 1-4), 2010.

CHIZZOTTI A.: Pesquisa Qualitativa em Ciências Humanas e Sociais, Petrópolis, Vozes, 135, 2006.

CHRISSIS, M. B.; KONRAD, M.; SHRUM, S.: CMMI Guidlines for Process Integration and Product Improvement, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., [S.l.], 2003.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNEL, C. J.; BATTESE, G. E.: An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Springer Science + Bussiness Media, Inc., 2005

CRUZ, F. P. da; MOTTA, R. S. da; MARINHO, A.: Análise da Eficiência Técnica e da Produtividade dos Serviços de Água e Esgotos no Brasil de 2006 a 2013, [S.l.], 2019.

DANCEY, C.; REIDY, J.: Estatística sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows, Porto Alegre, Artmed, 2006.

DEMERJIAN, P. R.: Calculating Efficiency With Financial Accounting Data: Data Envelopment Analysis for Accounting Researchers, disponível em: SSRN 2995038, 2018.

DEY, P. K.; HARIHARAN, S.; CLEGG, B. T.: Measuring the Operational Performance of Intensive Care Units Using the Analytic Hierarchy Process Approach, International Journal of Operations & Production Management, [S.l.], 2006.

FENTON, N. E.; NEIL, M.: Software Metrics: Successes, Failures and New Directions, Journal of Systems and Software, v.47, n.2-3, p.149–157, [S.l.], 1999.

FENTON, N. E.; NEIL, M.: Software Metrics: Roadmap, In: Conference on the Future of Software Engineering, Proceedings, p.357–370, [S.l.: s.n.], 2000.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, P.: Introdução à Análise Envoltória de Dados, Editora UFV, 1ª edição, 2009.

TEIXEIRA, J. F. de.: Inteligência Artificial, Pia Sociedade de São Paulo-Editora Paulus, [S.l.], 2014.

GIL A. C.: Como Elaborar Projetos e Pesquisa, Atlas, 3ª edição, São Paulo, 1995:58.

GOLDENBERG M.: A Arte de Pesquisar, Record, Rio de Janeiro, 1997.

GUNKEL, D. J.: Comunicação e Inteligência Artificial: Novos Desafios e Oportunidades para a Pesquisa em Comunicação, Galáxia, Revista do Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Semiótica, ISSN 1982-2553, [S.l.], n.34, 2017.

HAYDT, R. C.: Técnicas e Instrumentos de Avaliação. Avaliação do Processo Ensino Aprendizagem, Ática, São Paulo, [S.l.], 1997.

HAZAN, C.: Análise de Pontos por Função: Uma Abordagem Gerencial, In: Congresso Nacional da SBC, Jornada de Atualização em Informática (JAI), Anais, [S.l.: s.n.], 2000.

HAUSWALD, J. ; LAURENZANO, M. A.; ZHANG, Y.; LI, C.; ROVINSKI, A.; KHURANA, A.; DRESLINSKI, R. G.; MUDGE, T.; PETRUCCI, V.; TANG, L.; MARS, J.: Sirius: an Open End-to-End Voice and Vision Personal Assistant and its Implications for Future Warehouse Scale Computers, SIGPLAN Not, 50, 4, 223–238, 2015.

HRONEC, S. M.: Sinais Vitais: Usando Medidas do Desempenho da Qualidade, Tempo e Custo Para Traçar a Rota Para o Futuro de Sua Empresa, Makron Books, [S.l.], 1994.

HULLEY, S. B.; CUMMINGS, S. R.; BROWNER, W. S.; GRADY; D. G.; NEWMAN, T. B.: Delineando a Pesquisa Clínica, Artmed Editora, [S.l.], 2015.

JAMASB, T.; POLLITT, M.: International Utility Benchmarking & Regulation: an Application to European Electricity Distribution Companies, University of Cambridge, [S.l.], 2002.

JONES, C.; BONSIGNOUR, O.: The Economics of Software Quality, Addison-Wesley Professional, 1st. ed., [S.l.], 2011.

TSAI, M. H.; YANG, C. H.; CHEN, J. Y.; KANG, S. H.: Four-Stage Framework for Implementing a Chatbot System in Disaster Emergency Operation Data Management: A Flood Disaster Management Case Study, KSCE J Civ Eng, 2020

KEELE, S.; KITCHENHAM, B.: Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, Technical Report, Ver. 2.3, EBSE Technical Report, [S.l.], 2007.

KITCHENHAMA, B.; BRERETONA, O. P.; BUDGENB, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMANA S.: Systematic Literature Reviews in Software Engineering – A Systematic Literature Review, Information and Software Technology, v.51, n.1, p.7–15, [S.l.], 2009.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S.: Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, 2007.

KNIGHT, F. H.: The Economic Organization, New York: Harper & Row, 1933

KUMAR, S.: An Analysis of Efficiency–Profitability Relationship in Indian Public Sector Banks, Global Business Review, v.9, n.1, p.115–129, [S.l.], 2008.

KUMAR, A.; SHANKAR, R.; DEBNATH, R. M.: Analyzing Customer Preference and Measuring Relative Efficiency in Telecom Sector: A Hybrid Fuzzy AHP/DEA Study. Telematics and Informatics 32, p. 447-462, 2015

LAYMAN, B.; WEBER, C.: Measurement Maturity and the CMM: How Measurement Practices Evolve as Processes Mature, Software Quality Practitioner, v.4, n.3, [S.l.], 2002.

LEAL, B. G.: Avaliação de Desempenho de Sistemas, Bahia, v.1, [S.l.], 2014.

LOVELL, C. A.: Production Frontiers and Productive Efficiency. The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications, v.3, p.67, [S.l.], 1993.

KHODABAKHSHI, M.; ARYAVASH, K.: Ranking all Units in Data Envelopment Analysis, Applied Mathematics Letters, vol. 25, no. 12, p. 2066-2070, 2012.

LEITNER, K.-H.; SCHAFFHAUSER-LINZATTI, M.; STOWASSER, R.; WAGNER, K.: Data Envelopment Analysis as Method for Evaluating Intellectual Capital, Journal of Intellectual Capital, [S.l.], 2005.

MOHER, D.; STEWART, L.; SHEKELLE, P.: All in The Family: Systematic Reviews, Rapid Reviews, Scoping Reviews, Realist Reviews, And More, Systematic Reviews, vol. 4, no. 168, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, C. L.; YONEYAMA, T.: Inteligência Artificial em Controle e Automação, Editora Wdgard Blücher Ltda, [S.l.], 2000.

NEELY, A. D.: Measuring Business Performance, Profile Books, [S.l.], 1998.

NETO, J. J.: A Teoria da Computação e o Profissional de Informática, Revista de Computação e Tecnologia (ReCeT), ISSN 2176-7998, v.1, n.1, p.4–21, [S.l.], 2009.

PEDRAJA-CHAPARRO, F.; SALINAS-JIMENEZ, J.; SMITH, P.: On the Role of Weight Restrictions in Data Envelopment Analysis. Journal of Productivity Analysis 8, 215–230, 1997.

PEREIRA, D. P.: Análise da Eficiência das Universidades Federais Brasileiras: uma Aplicação da Análise Envoltória de Dados, [S.l.], 2020.

PIMENTEL, R. C.; NOVA, S. P. D. C. C.: Modelo Integrado de Avaliação Da Rentabilidade e Liquidez: Estudo da Aplicação da Data Envelopment Analysis (DEA) a Empresas Brasileiras, In: Congresso Brasileiro de Custos-ABC, Anais, [S.l.: s.n.], 2005.

REIS, N. d. S.: Avaliação de Matrizes de Eficiência dos Principais Bancos a Operar em Portugal, Tese (Doutorado em Ciência da Computação), 2019.

SHAWAR, B. A.; ATWELL, E.: Different Measurement Metrics to Evaluate a Chatbot System, In: Academic and Industrial Research in Dialog Technologies, Proceedings, p.89–96, [S.l.: s.n.], 2007.

SOFTEX, M.: BR–Melhoria de Processo do Software Brasileiro: Guia Geral, Brasília, Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro, [S.l.], 2011.

WALLACE, R.; TOMABECHI, H.; AIMLESS, D.: Chatterbots Go Native: Considerations for an Eco-System Fostering the Development of Artificial Life Forms in a Human World,

Published online: http://www.pandorabots. com/pandora/pics/chatterbotsgonative. doc, [S.l.], 2003.

WEIZENBAUM, J.: ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine, Communications of the ACM, v.9, n.1, p.36–45, [S.l.], 1966.

WILLIAM, W. C.; LAWRENCE, M. S.; KAORU, T.: Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Dordrecht: Springer Science+ Business Media, [S.l.], 2007.

Wohlin, C.; Runeson, P.; Höst, M.; Ohlsson, M. C.; Regnell, B.; Wesslén, A.: Experimentation in Software Engineering, Springer Science & Business Media, 2012.

YIN, R. K.: Estudo de Caso, Planejamento e Métodos, 3a ed., Porto Alegre, Bookman, 2005