



COMPORTAMENTO DO DESEMPENHO DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO RIO DE JANEIRO EM FUNÇÃO DA ACESSIBILIDADE

Raquel Silva de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Marcelino Aurelio Vieira da Silva

Rio de Janeiro
Setembro de 2019

COMPORTAMENTO DO DESEMPENHO DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO
RIO DE JANEIRO EM FUNÇÃO DA ACESSIBILIDADE

Raquel Silva de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Marcelino Aurelio Vieira da Silva, D.Sc.

Prof. Ilton Curty Leal Jr., D.Sc.

Prof. Ricardo Cesar da Silva Guabiroba, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
SETEMBRO DE 2019

Oliveira, Raquel Silva de

Comportamento do Desempenho das Regiões Administrativas do Rio de Janeiro em função da Acessibilidade/ Raquel Silva de Oliveira. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

X, 112 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcelino Aurelio Vieira da Silva

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 70-80.

1. Acessibilidade. 2. Análise Envoltória de Dados. 3. Rio de Janeiro. I. Silva, Marcelino Aurelio Vieira da II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Valéria e Joaquim, por tanto amor, dedicação, esforço, compreensão, conselhos e batalha, que fizeram me tornar a mulher que sou hoje. Como é grande o meu amor por vocês.

Ao meu irmão Daniel pelo companheirismo e amizade de vida.

Aos meus avós, Isaura e Sonia, Carlos e Eurico, pela família que construíram, pelos privilégios que tenho hoje.

Ao Marcelino, que sempre me incentivou, me ajudou, me cobrou e se fez o melhor orientador que eu poderia ter tido em um mestrado.

Às minhas grandes amigas, Clara e Mari, pela leveza, alegria, apoio e ombro amigo.

À toda minha rede de amigas, em especial Anele, Paula, Raquel e Julia, pelos momentos de alegria e cumplicidade.

Ao meu amigo Dmi, pelo companheirismo e amor dedicados.

Aos demais amigos do PET, Gabi, Ju Bender, Brandão, Ju Toledo, Igor, Douglas, Breno e toda a turma de 2016, pela amizade proporcionada.

A todos os professores do PET, em especial Balassiano, Romulo, Respício, Glaydston, Paulo Cezar, Nassi, Licinio, pela transmissão de ensino.

À Jane e Dona Helena, por todas as ajudas e diversões proporcionadas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro na minha formação como Mestre.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

COMPORTAMENTO DO DESEMPENHO DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO RIO DE JANEIRO EM FUNÇÃO DA ACESSIBILIDADE

Raquel Silva de Oliveira

Setembro/2019

Orientador: Marcelino Aurelio Vieira da Silva

Programa: Engenharia de Transportes

No anseio de compreender tendências observáveis nos trajetos casa-trabalho das pessoas através do uso de medidas de acessibilidade, o presente trabalho compara a eficiência de 24 das mais relevantes Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro em função da acessibilidade. Essa investigação realiza-se por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual estima a eficiência padrão de cada região; por meio da Avaliação Cruzada, que ranqueia essas eficiências; e pela análise de alvos, que estima a variação necessária para cada variável ineficiente alcançar a fronteira de eficiência. Para isso, a análise baseia-se no desempenho de dois indicadores: um de avaliação da eficiência social e outro de eficiência econômica das regiões. Algumas regiões apresentam resultados discordantes (alta eficiência na DEA e baixa na Avaliação Cruzada), como Portuária e Realengo, e outras apresentam resultados equivalentes, como Centro, com alta eficiência, e Santa Cruz, com baixa, tanto na DEA quanto na Avaliação Cruzada. Devido à combinação das três análises (modelo DEA-BCC, Avaliação Cruzada e análise de alvos para as variáveis), é possível visualizar um fator em comum em quase todas as regiões da cidade, o alto uso do transporte individual, com Botafogo possuindo a maior necessidade de mitigação dessa variável.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PERFORMANCE BEHAVIOR OF ADMINISTRATIVE REGIONS OF RIO DE
JANEIRO ACCORDING TO ACCESSIBILITY

Raquel Silva de Oliveira

September/2019

Advisor: Marcelino Aurelio Vieira da Silva

Department: Transportation Engineering

In an effort to understand observable trends in people's home-work paths through the use of accessibility measures, the present work investigates the efficiency of 24 of the most relevant Administrative Regions of Rio de Janeiro due to accessibility. This investigation is performed through Data Envelopment Analysis (DEA), which estimates the standard efficiency of each region; through Cross-Assessment, which ranks these efficiencies; and by target analysis, which estimates the variation needed for each inefficient variable to reach the efficiency frontier. For this, the analysis is based on the performance of two indicators: one for social efficiency assessment and one for economic efficiency in the regions. Some regions have discordant results (high efficiency in DEA and low in Cross Assessment), such as Portuaria and Realengo, and others have equivalent results, such as Centro, with high efficiency, and Santa Cruz, low in both DEA and Cross Evaluation. Due to the combination of the three analyzes (DEA-BCC model, Cross-Assessment and target analysis for the variables), it is possible to see a common factor in almost all regions of the city, the high use of individual transport, with Botafogo having the largest need to mitigate this variable.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA | 2 |
| 1.2 | OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS | 4 |
| 1.3 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 5 |
| 2 | A ACESSIBILIDADE E SUAS VARIÁVEIS: COMO MEDIR A ACESSIBILIDADE NO TRANSPORTE? | 6 |
| 2.1 | AS DIFERENTES DEFINIÇÕES DE ACESSIBILIDADE | 6 |
| 2.2 | A MOBILIDADE COMO CONSEQUÊNCIA DA ACESSIBILIDADE | 12 |
| 2.3 | VARIÁVEIS PARA ACESSIBILIDADE NO TRANSPORTE | 15 |
| 3 | ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS, AVALIAÇÃO CRUZADA E ANÁLISE DE ALVOS | 23 |
| 3.1 | EFICÁCIA, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA | 23 |
| 3.1.1 | A EFICÁCIA | 23 |
| 3.1.2 | A PRODUTIVIDADE | 23 |
| 3.1.3 | A EFICIÊNCIA | 24 |
| 3.2 | ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E MODELO BCC | 26 |
| 3.3 | AVALIAÇÃO CRUZADA | 31 |
| 3.4 | USO DO PROGRAMA SIAD | 32 |
| 4 | CAMINHOS METODOLÓGICOS | 37 |
| 4.1 | ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO | 37 |
| 4.2 | A APLICAÇÃO DO MÉTODO | 42 |
| 4.2.1 | CHEGANDO NAS EFICIÊNCIAS | 42 |
| 5 | ANÁLISES DE RESULTADOS | 47 |
| 5.1 | ANÁLISE DAS EFICIÊNCIAS | 47 |
| 5.1.1 | RESULTADOS PARA O MODELO DEA-BCC | 48 |
| 5.1.1.1 | DMU5 – CENTRO | 51 |
| 5.1.1.2 | DMU18 – RAMOS | 52 |
| 5.1.1.3 | DMU12 – MADUREIRA | 52 |
| 5.1.1.4 | DMU9 – IRAJÁ | 53 |
| 5.1.1.5 | DMU15 – PAVUNA | 53 |
| 5.1.1.6 | DMU20 – SANTA CRUZ | 54 |
| 5.1.1.7 | DMU2 – BARRA DA TIJUCA | 54 |
| 5.1.1.8 | DMU4 – CAMPO GRANDE | 54 |
| 5.1.2 | RESULTADOS PARA A AVALIAÇÃO CRUZADA | 55 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1.3 ANÁLISE DOS ALVOS | 56 |
| 5.1.3.1 DMU7 – ILHA DO GOVERNADOR | 57 |
| 5.1.3.2 DMU20 – SANTA CRUZ..... | 61 |
| 5.1.3.3 DMU2 – BARRA DA TIJUCA..... | 61 |
| 5.1.3.4 DMU 11 – LAGOA | 61 |
| 5.1.3.1 DMU10 – JACARÉPAGUÁ..... | 63 |
| 5.1.3.2 DMU4 – CAMPO GRANDE | 64 |
| 5.1.3.3 DMU3 – BOTAFOGO..... | 64 |
| 5.1.3.4 DMU6 – COPACABANA | 64 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |
| APÊNDICE I: RESULTADOS PARA O INDICADOR VEA, GERADOS PELO SOFTWARE SIAD..... | 80 |
| APÊNDICE II: RESULTADOS PARA O INDICADOR VSA, GERADOS PELO SOFTWARE SIAD..... | 97 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Definições de acessibilidade por outros autores..... | 8 |
| Figura 2 - Medidas de acessibilidade, por Geurs e Van Wee (2004) | 9 |
| Figura 3 - Esquema simplificado dos elementos intervenientes na relação entre acessibilidade, mobilidade e impactos no desenvolvimento sustentável..... | 14 |
| Figura 4 - Alcance da fronteira de eficiência | 25 |
| Figura 5 - Elementos da DMU | 27 |
| Figura 6 - Formulação do modelo BCC orientado a <i>inputs</i> | 28 |
| Figura 7 - Gráfico de representação das fronteiras BCC e CCR | 29 |
| Figura 8 - Tela inicial SIAD | 33 |
| Figura 9 - Entrada dos dados pela tela do SIAD (a) e (b) | 33 |
| Figura 10 - Dados inseridos através de arquivo "txt." | 34 |
| Figura 11 - Arquivo "txt." com resultados DEA modelo BCC (a), (b) e (c)..... | 36 |
| Figura 12 - Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro | 38 |
| Figura 13 - Indicadores elaborados..... | 44 |
| Figura 14 - Resultado dos indicadores após aplicação do DEA-BCC..... | 49 |
| Figura 15 - Resultado dos indicadores após a aplicação da Avaliação Cruzada e suas médias | 55 |
| Figura 16 - % para atingir o alvo no indicador VEA..... | 60 |
| Figura 17 - % para atingir o alvo no indicador VSA..... | 63 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Medidas de acessibilidade e componentes | 11 |
| Quadro 2 - Artigos com medidas de acessibilidade selecionados a partir de revisão bibliográfica..... | 19 |
| Quadro 3 - Levantamento de variáveis para acessibilidade | 20 |
| Quadro 4 - Trabalhos que tratam da análise da performance de sistemas de transporte com aplicação da DEA | 26 |
| Quadro 5 - Regiões Administrativas e respectivos bairros, consideradas no trabalho ... | 41 |
| Quadro 6 - Variáveis inseridas na Análise Envoltória de Dados | 46 |
| Quadro 7 - Resultado da aplicação do DEA-BCC..... | 48 |
| Quadro 8 - Resultados para alcance dos alvos para o indicador VEA, em ordem decrescente, por variável | 59 |
| Quadro 9 - Resultados para alcance dos alvos para o indicador VSA, em ordem decrescente, por variável | 62 |

1 INTRODUÇÃO

O espaço urbano é composto por uma complexa rede de sistemas que interagem de forma integrada, e que acabam por se influenciarem mutuamente. A falta de equidade na distribuição espacial do uso do solo e de transporte público qualificado e integrado reflete condições precárias de acessibilidade que causam sérios problemas de mobilidade vivenciados por uma comunidade (Cervero, 2013). Os serviços e empregos, na maioria das vezes, são ofertados nos grandes centros urbanos, que tendem a se valorizar e passar por processos de expansão e periferização que, nos países em desenvolvimento, costumam ocorrer de forma desordenada e sem um planejamento territorial e de transportes sintonizado com o interesse público. Estas localidades periféricas normalmente acolhem as necessidades de moradia dos segmentos da população de menor poder aquisitivo, que precisam diariamente realizar longos e demorados deslocamentos para desenvolverem suas atividades desejadas e com maior disponibilidade nas áreas mais centrais.

Com isso, questões relacionadas à jornada de trabalho e considerações sobre congestionamento associado à desigualdade, já vem sendo examinadas por pesquisadores desde o século XX (Carroll, 1949; Kain, 1962). Há um grande interesse em descobrir tendências observáveis nos trajetos das pessoas (Ericksen, 1977; Quarmby, 1967), como a evolução dos tempos e distâncias dos trajetos (Wales, 1978). Alguns pesquisadores na década de 1990 (Cervero *et al.*, 1999; Levinson, 1998) procuraram explicar esse fenômeno através do uso de medidas de acessibilidade para quantificar o estado do equilíbrio entre emprego e moradia em uma região. A conclusão resultante é que um equilíbrio na acessibilidade ao fim das viagens entre casa e trabalho contribui para tempos de deslocamento mais estáveis.

Dessa forma, a acessibilidade costuma ser referida como a facilidade de alcançar bens, serviços, atividades e destinos que, juntos, são muitas vezes reconhecidos como oportunidades para o desenvolvimento do indivíduo e da sociedade. Hansen (1959), em seu artigo “Como a acessibilidade molda o uso do solo”, foi o primeiro a definir acessibilidade como um potencial de oportunidades de interação. Apesar de o conceito de acessibilidade já vir sendo amplamente tratado e estudado por pesquisadores, ainda

existem lacunas na percepção material e na valorização dela, e conseqüentemente, em sua representação global.

Para Litman (2013), está em andamento uma mudança de paradigma, onde a mobilidade nos moldes tradicionais começa a dar espaço para a acessibilidade como elemento do planejamento dos transportes capaz de criar o alicerce necessário para que a mobilidade possa se dar de uma forma sustentável. Macário (2016) defende a avaliação mais aprofundada da acessibilidade como um bem social e um bem econômico.

Na medida em que este cenário se estende a outros fatores que interferem na acessibilidade e se reproduz, não apenas no âmbito metropolitano, como também no interior da cidade do Rio de Janeiro, este trabalho busca suprir o desconhecimento quanto aos níveis de eficiência associados à acessibilidade das Regiões Administrativas do Rio de Janeiro. Entender o conceito de eficiência é importante para ter regiões mais equitativas, menos desiguais e com implantações de políticas públicas mais certeiras.

Diante do exposto, decidiu-se elaborar dois indicadores de acessibilidade, baseados em algumas variáveis que serão explanadas ao longo do trabalho, e aplicá-los a uma ferramenta pouco explorada em planejamento de transportes, a Análise Envoltória de Dados – DEA, a qual, ao fim da pesquisa, se resultou em análises altamente interessantes e com grande contribuição para a academia.

1.1 O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA

Na cidade do Rio de Janeiro - a ser estudada neste trabalho - a rede de transportes coletivos de passageiros compreende os sistemas de trens, metrô, barcas, ônibus e vans regulares. No entanto, atualmente, 71% de todas as viagens realizadas em transporte coletivo são feitas por ônibus (PDTU, 2003). Ainda, segundo o PDTU (2013), há na cidade do Rio de Janeiro, uma predominância de corredores radiais concêntricos, que funcionam como ligação entre a periferia e o centro metropolitano. Se a configuração radial da rede tende a concentrar viagens nos corredores, o que poderia favorecer as modalidades de maior capacidade destinadas a atender grandes demandas de viagens de médio a longo percurso, isto não ocorre no Rio de Janeiro: o trem, o metrô e as barcas

não chegam a atender 10% destes deslocamentos motorizados. Tal divisão modal expressa uma mobilidade problemática fruto de condições de acessibilidade – derivadas da rede estruturante de transporte público - que não valorizam as modalidades mais produtivas socialmente e ambientalmente.

De acordo com Pooley e Turnbull (2000) o deslocamento para o emprego consiste em uma das formas mais comuns de deslocamentos diários e abrange quase todos os modos de transporte de forma integrada. Já Boussaw *et al.* (2010) alerta que essas viagens são tidas como as mais cruciais em termos econômicos dentre todas as viagens pessoais. Cervero e Duncam (2006) apontam que a acessibilidade ao emprego pode contribuir efetivamente com a redução das distâncias percorridas e do tempo gasto com os deslocamentos para esse fim. Com isso, percebe-se que o entendimento das viagens pelo motivo trabalho tem grande potencial de contribuição em relação à capacidade de implantação de modelos mais eficientes de planejamento dos transportes e uso do solo, por essas serem extremamente dependentes da acessibilidade ao emprego.

Na medida de se atentar para a importância da compreensão do deslocamento casa-trabalho, este trabalho busca também abastecer o desconhecimento quanto aos níveis de eficiência associados à acessibilidade das Regiões Administrativas da cidade do Rio de Janeiro.

Nesse contexto, que envolve uma certa complexidade e se caracteriza pela multiplicidade de atores e interesses potencialmente conflitantes, a bibliografia consultada estabelece que os índices ou indicadores, quando devidamente selecionados e usados de forma fundamentada, se configuram em excelentes ferramentas para o diagnóstico dos padrões de mobilidade, das condições de acessibilidade e do monitoramento do impacto de políticas públicas, o que permite acompanhar a evolução de determinados fenômenos e ações (Costa, 2008; Jones, 2014; Mori e Yamashita, 2015; Gonzáles Villada, 2016). Essas ferramentas têm sido utilizadas nos processos de planejamento urbano, principalmente voltados à mobilidade com foco na sustentabilidade (Portugal, 2017).

No entanto, ainda que os indicadores de acessibilidade já sejam explorados e aplicados, há um hiato entre o conhecimento e a aplicação das técnicas utilizadas para a produção desses índices e indicadores (Hull, Silva e Bertolini, 2012; Bertolini, 2017). Este hiato

pode se expressar pela determinação de indicadores e índices por meio de abordagens mais subjetivas, não necessariamente amparadas e complementadas por instrumentos quantitativos e sustentados estatisticamente.

O problema deste trabalho é compreender se existe relação de causa e efeito na oferta de acessibilidade nas Regiões Administrativas do Rio de Janeiro. Assim, no capítulo 3 deste artigo, realiza-se uma pesquisa sobre a Análise Envoltória de Dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*) e Avaliação Cruzada (*Cross Evaluation*), a fim de contribuir para uma melhor compreensão de seu conceito e utilidade, voltando a aplicação dessas técnicas para a acessibilidade, e conseqüentemente também para a mobilidade urbana, como uma forma alternativa de obtenção de índices e indicadores.

1.2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Como objetivo geral, pretende-se avaliar o comportamento das Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro, calculadas a partir da Análise Envoltória de Dados, em função das condições de acessibilidade consideradas para esta análise. Para isso, foi necessário não só compreender estas técnicas, como citado anteriormente, mas também entender como realizar os cálculos e melhor escolher as variáveis que envolvem o problema. O uso dessas ferramentas se justifica pela aplicabilidade em identificar e apontar a eficiência de unidades produtivas, com a flexibilidade de se considerar diferentes variáveis que podem ser testadas e analisadas a partir de estatísticas que respaldam a escolha dos indicadores e seus resultados. Além do mais, constatou-se a existência de poucos estudos que as apliquem à acessibilidade, fato verificado por meio de um levantamento feito nas bases de pesquisa, como será melhor descrito nos itens subsequentes, o que justifica divulgá-las e realçar o potencial das mesmas, estimulando seu uso.

Resumidamente, isso se desdobra em dois objetivos específicos:

- Discutir acerca da qualidade dos sistemas de transporte no município do Rio de Janeiro;
- Contribuir com a utilização de uma ferramenta pouca utilizada em planejamento de transportes.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos, incluindo este, introdutório. O segundo capítulo aborda as diferentes definições de acessibilidade e seus indicadores, com a busca de selecionar variáveis comumente utilizadas nas medidas de acessibilidade, baseada em uma revisão bibliográfica. Também tendo como base a revisão da literatura, o terceiro capítulo apresenta o método da Análise Envoltória de Dados e traz seu conceito para a acessibilidade. Ainda neste capítulo é apresentada a técnica de Avaliação Cruzada e o *software* escolhido para ser utilizado neste trabalho, SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), tudo isso baseado em uma breve definição de eficácia, produtividade e eficiência. O Capítulo 4 apresenta o procedimento metodológico adotado para o estudo de caso e são apontados os indicadores elaborados para aplicação no método escolhido. O Capítulo 5 traz os resultados das análises realizadas. Em um primeiro momento, são apresentadas as eficiências resultantes da aplicação do modelo DEA-BCC. Em seguida, são discutidos os resultados para a Avaliação Cruzada e, por fim, é realizada uma análise mais completa, a qual se avalia as variáveis com base em “unidades-alvo”, para melhor compreensão dos indicadores de acessibilidade, elaborados neste estudo. Por fim, o Capítulo 6 sintetiza as principais conclusões, expõe as limitações encontradas e faz reflexões e sugestões para trabalhos futuros.

2 A ACESSIBILIDADE E SUAS VARIÁVEIS: COMO MEDIR A ACESSIBILIDADE NO TRANSPORTE?

Este capítulo se dedica a abordar os diversos conceitos e definições de acessibilidade que vêm sendo estudados e aplicados por pesquisadores nos por mais de 50 anos.

2.1 AS DIFERENTES DEFINIÇÕES DE ACESSIBILIDADE

Diferentes definições de acessibilidade e seus indicadores têm sido extensamente estudados nas últimas cinco décadas, porém o conceito de acessibilidade ainda é conhecido por ser multifacetado, de difícil compreensão e também difícil de ser expressado objetivamente. Isso se deve ao fato de existir, na literatura, uma grande quantidade de pesquisas dedicadas a esse campo.

Para Niemeier (1997) a acessibilidade é vista como a “facilidade” com que os destinos desejados podem ser alcançados, medida assim, pelas oportunidades disponíveis em função de algum tipo de obstáculo. Vickerman (1974) definiu a acessibilidade como a combinação entre a localização sobre uma superfície em relação a destinos apropriados e as características das redes de transporte ou as redes que ligam pontos nessa superfície. No entanto, a definição mais difundida, desde 1959, é a de Hansen, que define acessibilidade como uma medida de potenciais oportunidades de interação.

Outros autores que buscaram definir acessibilidade mais recentemente foram Geurs e Van Eck (2001), associando o uso do solo ao transporte, baseados no fato de que a acessibilidade está estreitamente relacionada aos padrões de urbanização e infraestruturas de transporte. Eles concluem que a acessibilidade é a ampliação da ideia de que o sistema de transporte e o uso do solo permitem que grupos de pessoas ou de bens alcancem atividades ou destinos por meio de uma combinação de diferentes modos de transporte. Com uma visão mais objetiva, Bhat *et al.* (2000), diz que a acessibilidade é como uma medida da facilidade de um indivíduo exercer uma atividade desejada, em local desejado, do modo desejado e no tempo desejado.

No entanto, é importante ressaltar que, vários estudos na literatura mostram que as conclusões dos efeitos da acessibilidade também dependem fortemente da medida de

acessibilidade escolhida e de sua operacionalização (Geurs e Van Eck, 2001; Kwan, 1998; Linneker e Spence, 1992; Neutens et al., 2010; Thill e Kim, 2005). Linneker e Spence (1992) escolheram examinar os impactos de acessibilidade de uma construção rodoviária, baseados em localização e em medidas baseadas em infraestrutura. Já Thill e Kim (2005) correlacionam 72 especificações diferentes de medidas baseadas em localização (gravidade e oportunidades cumulativas) para geração de viagens e também para descobrirem se diferentes medidas de acessibilidade geralmente trabalham juntas, para explicarem a realização de viagens tanto a nível agregado quanto a nível desagregado e, assim, capturar diferentes facetas de acessibilidade. Kwan (1998) classificou e aplicou 18 especificações diferentes baseadas em localização (gravidade e oportunidade cumulativa) e 12 medidas de acessibilidade baseadas em pessoas, e concluiu que as medidas baseadas na localização e no espaço-tempo são medidas distintas e que refletem diferentes dimensões de acessibilidade, ou seja, medidas espaço-temporais são mais capazes de capturar diferenças interpessoais.

Neutens *et al.* (2010) examinaram 4 medidas baseadas em localização e 6 medidas baseadas em pessoas que são frequentemente usadas para avaliar a prestação de serviços urbanos e corrobora as descobertas de Kwan. Enretando, Neutens *et al.* (2010) também observaram diferenças substanciais dentro do grupo de medidas baseadas em pessoas. Por sua vez, Macário (2016) entende que medidas de acessibilidade são relevantes espacial e economicamente para avaliar a relação entre infraestrutura de transporte e a participação modal, por um lado, e a forma urbana e a distribuição espacial de atividades, por outro.

Kneib e Portugal (2017) destacam que, a fim de valorizar a função da acessibilidade de integração dos transportes com o uso do solo, sua definição tende a enfatizar a facilidade de alcance das atividades e não de destinos, o que contrapõe a visão de alguns autores. No entanto, essa observação ressalta que dependendo do propósito da viagem, podem haver diferentes destinos para que tal atividade seja realizada, cuja escolha será influenciada pelas condições de acessibilidade associadas a cada um deles.

A Figura 1 apresenta outras diferentes definições de acessibilidade que foram encontradas na literatura apresentadas por outros autores.

| | |
|--|--|
| Ingram (1971) | Característica (ou vantagem) inerente a um lugar com relação à superação de alguma forma de fricção que se verifica espacialmente (tempo e/ou distância). |
| Dalvi e Martin (1976) | Facilidade com que qualquer atividade pode ser alcançada a partir de um local, a partir de um determinado sistema de transporte. |
| Jones (1981) | Oportunidade ou potencial para que diferentes tipos de pessoas desenvolvam suas atividades. Esse potencial ou oportunidade é disponibilizado pelo sistema de transporte e uso do solo. |
| Cheng <i>et al.</i> (2007) | Facilidade de se alcançar atividades ou lugares de forma eficiente e conveniente, dependendo, para isso, dos transportes e/ou da proximidade das atividades, ou de ambos, em conjunto. |
| Levinson (2012) e Parthasarathi (2014) | Facilidade de alcançar destinos ou atividades. |
| Jean-Paul Rodrigue (2013) | Capacidade de um lugar alcançar ou ser alcançado por diferentes localidades. |
| Rubulotta (2013) | Facilidade de alcançar oportunidades (atividades ou destinos, bens e serviços). |
| Litman (2016) | Facilidade de atingir bens, serviços, atividades e destinos, que juntos são chamados de oportunidades. Consiste no objetivo final do sistema de transporte. |

Figura 1 - Definições de acessibilidade por outros autores

Fonte: Elaboração Própria

Diante do exposto, neste trabalho é utilizada a definição categorizada de medidas de acessibilidade apresentada por Geurs e Van Eck (2001), a qual considera que acessibilidade consiste de quatro componentes: transporte; uso do solo; tempo; e indivíduo. Desde sua publicação, existem mais de 500 citações na base *Scopus* e mais de 1.200 citações na base *Google Scholar*, que aceitam, reconhecem e utilizam a estrutura exposta por esses autores, em seus trabalhos (Geurs, 2018). Dessa maneira, a Figura 2 explicita de uma forma estruturada, um diagrama elaborado por Geurs e Van Wee (2004), para melhor compreender essa definição de acessibilidade apresentada em 2001 por Geurs e Van Eck.

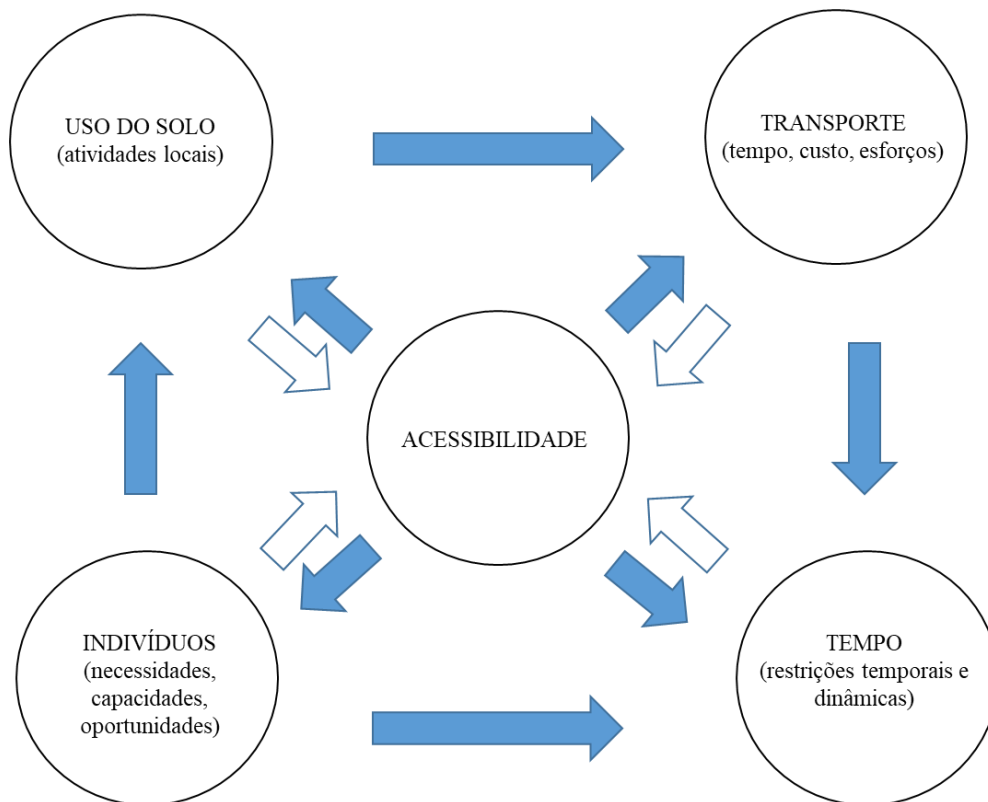


Figura 2 - Medidas de acessibilidade, por Geurs e Van Wee (2004)
 Fonte: Geurs e Van Wee (2004)

Componente Uso do Solo

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 2, a componente uso do solo consiste em refletir três proposições: (i) avalia a quantidade, qualidade e distribuição espacial das oportunidades ofertadas em cada destino; (ii) vislumbra uma potencial demanda para essas oportunidades; e (iii) confronta a oferta e a demanda por essas oportunidades, o que pode resultar em competição por atividades com alguma capacidade restrita, como vagas de emprego e escolas.

Componente de Transporte

A componente de transporte basicamente relaciona o sistema de transporte com as medidas tempo de viagem (tempo médio de viagem em si, tempo de espera, etc), custos (fixos e variáveis) e esforço do movimento (viagens dos usuários por algum modo). Os

autores partem de um conceito que chamam de desutilidade de um indivíduo para cobrir a distância entre uma origem e um destino usando um modo de transporte específico. Vários pesquisadores concentraram-se em um tratamento detalhado dos fatores de impedância de transporte para melhoria das estimativas de acessibilidade.

Componente de Tempo

A componente de tempo, também chamada de componente temporal, avalia as restrições de tempo que os usuários enfrentam para exercer uma determinada atividade (tempo disponível para os indivíduos participarem da atividade desejada). Também avalia a disponibilidade dessas atividades ou oportunidades de acordo com a hora do dia, semana ou ano.

Componente Individual

Por fim, a componente individual, estuda as necessidades com base nos indivíduos (idade, renda, nível educacional, etc.), as capacidades desse indivíduo (condição física, disponibilidade de modos de viagem, etc.) e as oportunidades (renda, orçamento de viagem, nível educacional, etc.) do indivíduo para viajar e acessar oportunidades distribuídas espacialmente. Ou seja, essa componente leva em consideração fatores socioeconômicos e demográficos.

As quatro componentes de acessibilidade interagem entre si de diversas maneiras, como também ilustrado na Figura 2. Por exemplo, alterações do sistema de transportes (como a implantação de um metrô ou trem) podem influenciar diretamente a componente uso do solo (como decisões de investimentos no local ou até o aumento/redução nos valores das propriedades). Idealmente, uma medida de acessibilidade deve incluir todas essas componentes e a relação entre elas. Essas medidas estão melhores explicadas no item 2.3, onde se justifica as escolhas das variáveis selecionadas neste trabalho.

Geurs e Van Eck, em 2001, estruturaram em uma tabela os tipos de medidas de acessibilidade e seus componentes. Em 2004, Geurs e Van Wee reescreveram essa estruturação, sob as perspectivas da acessibilidade e suas componentes, a qual é apresentada no Quadro 1.

| Medidas | Componentes | | | |
|------------------------------------|---|--|--|---|
| | Componente de Transporte | Componente Uso do Solo | Componente Temporal | Componente Individual |
| Medidas baseadas em infraestrutura | velocidade horas perdidas em congestionamento | | horário de pico viagens em um período de vinte e quatro horas | estratificação baseada em viagem (por exemplo, trabalho em casa, viagens de negócios) |
| Medidas geográficas | tempo de viagem e/ou despesas de deslocamento entre os locais de atividades | quantidade e distribuição espacial da demanda para oferta de oportunidades | tempo de viagem e custos podem variar entre as horas do dia, entre os dias da semana ou temporadas | estratificação da população (por exemplo, por renda, nível educacional) |
| Medidas baseadas em pessoas | tempo de viagem entre locais de atividades | quantidade e distribuição espacial de oportunidades | restrições temporais para atividades e tempo disponível para participação em atividades | acessibilidade é analisada em nível individual |
| Medidas baseadas em utilidade | despesas de viagem entre os locais de atividades | quantidade e distribuição espacial de oportunidades | tempo de viagem e custos podem variar entre as horas do dia, entre os dias da semana ou temporadas | utilidade é derivada de para grupos populacionais homogêneos ou a nível individual |

Quadro 1 - Medidas de acessibilidade e componentes
Fonte: Geurs e Van Wee (2004)

Pelo Quadro 1, se observa que as medidas baseadas em infraestrutura não incluem uma componente de uso do solo por elas não serem sensíveis a mudanças da distribuição espacial das atividades em caso dos níveis de serviço permanecerem constantes, como velocidade, tempos ou custos de viagem. Já, a componente temporal, é explicitamente tratada em medidas baseadas em pessoas e geralmente não é considerada nas outras perspectivas (ou pode ser tratada implicitamente). A componente individual reúne as medidas baseadas em pessoas e utilidades, com intuito de analisar a acessibilidade em um nível individual. Por fim, as medidas geográficas, baseadas em localização, geralmente analisam a acessibilidade em um nível macro, e que nesse caso, foca na incorporação espacial com restrição na oferta de oportunidades, usualmente excluídas nas outras abordagens.

2.2 A MOBILIDADE COMO CONSEQUÊNCIA DA ACESSIBILIDADE

Como já mencionado na introdução deste trabalho, Litman (2013) expôs que existe um processo de mudança de paradigma, onde a mobilidade nos moldes tradicionais começa a dar espaço para a acessibilidade como elemento do planejamento dos transportes. Os conceitos de “mobilidade” e “acessibilidade” são muitas vezes utilizados de maneira simplista no intuito de justificar interesses de políticas de transporte. No entanto, é de grande importância elucidar a diferença entre esses dois conceitos. Assim sendo, este item procura esclarecer essa diferença, em busca de compreender a relação existente entre mobilidade e acessibilidade.

Da Silva, Costa e Ramos (2010) aponta que há uma percepção crescente e generalizada de que é preciso buscar estratégias que viabilizem padrões mais sustentáveis de mobilidade. No anseio pelo desenvolvimento sustentável e tendo em vista as adversidades mencionadas, muito se investiga a respeito das formas de melhor compreender e planejar o meio urbano.

O relatório da Comissão Brundtland, de 1987, define o desenvolvimento sustentável como “a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Embora seja referido inicialmente aos impactos ambientais, o conceito de sustentabilidade foi expandido para buscar um equilíbrio entre as qualidades ambientais, sociais e

econômicas. Alguns autores como Seabra, Gonzales Taco e Dominguez (2013) e VTPI (2015) dissertam que não há um consenso sobre a definição de sustentabilidade, pois a mesma evolui com o tempo. No entanto, o conceito essencial, contido no Relatório de Brundtland, é amplamente aceito e utilizado. Este trabalho não aprofunda na abordagem específica sobre sustentabilidade, entretanto, é indispensável discorrer sobre acessibilidade e mobilidade e não mencionar a importância que o desenvolvimento sustentável reflete nas tomadas de decisões atuais referentes ao planejamento de transportes.

Alves e Raia Jr. (2009) defendem que a mobilidade está relacionada com os deslocamentos diários de determinada população no seu espaço – não apenas sua efetiva ocorrência, mas também a possibilidade ou facilidade de ocorrência destas viagens. Levine e Garb (2002) definem a mobilidade como a facilidade de circulação e estabelecem que as melhorias de mobilidade induzem à realocação de atividades para lugares mais distantes, uma vez que a posse de carro e a maior oferta de infraestrutura rodoviária estimulam a expansão urbana e o impacto no valor da terra. Para Tagore e Sikdar (1995) assume-se como mobilidade “a capacidade dos indivíduos se moverem de um lugar a outro dependendo das suas características socioeconômicas e do desempenho do sistema de transporte”; motivada pela vontade de realizar uma dada atividade.

Para Picket *et al.* (2000), mobilidade é a qualidade ou estado de ser “móvel” e “móvel” é a “capacidade de se mover ou de ser movido facilmente de um lugar para o outro”. Hansen, em 1959, além de ter definido acessibilidade, também definiu mobilidade, defendendo que essa é o potencial para o movimento, a capacidade de ir de um lugar para o outro (Handy, 2002). O Ministério da Cidade do Brasil, apresentou em 2006 que mobilidade é um atributo associado à cidade, e corresponde à facilidade de deslocamento de pessoas e bens na área urbana. Expõe que a mobilidade traduz as relações dos indivíduos com o espaço que habitam, com os objetos e meios empregados para seu deslocamento e com os demais indivíduos que integram a sociedade.

Morris *et al.* (1979) definiu que a mobilidade é a capacidade do indivíduo se locomover de um lugar ao outro e que isso depende da disponibilidade de tipos de transporte,

inclusive a pé. Dessa maneira, se pode notar que, assim como o conceito de acessibilidade, também existem diversas definições para mobilidade.

O transporte, com suas infraestruturas e serviços, facilita acessos que, junto ao uso do solo, promove as condições de acessibilidade. Ou seja, a mobilidade resulta também da interação entre as características individuais e as condições de acessibilidade, que dependem da integração entre transportes e uso do solo. A capacidade da acessibilidade em conceber estratégias que integram transportes e uso do solo tem sido considerada como um dos principais instrumentos de promoção da mobilidade sustentável.

Curl *et al.* (2011) aponta que a mobilidade é resultado das condições de acessibilidade fornecidas. Rubulotta *et al.* (2013) menciona que a acessibilidade, ao estar vinculada à noção de proximidade, inclui um fator de impedância (em termos de distância, tempo, custo ou mesmo uma função de desutilidade), que é um componente central da mobilidade e que depende da habilidade física e socioeconômica dos indivíduos em superar tais restrições. Essa correlação entre acessibilidade e mobilidade e seus impactos quanto à sustentabilidade é apresentada na Figura 3.

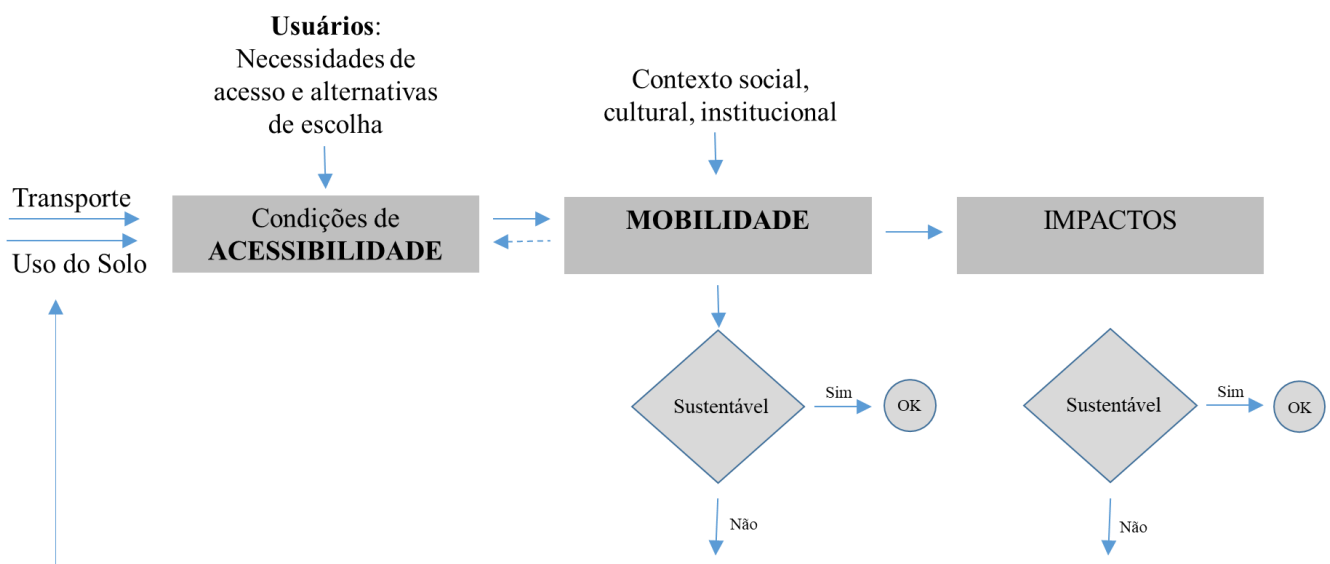


Figura 3 - Esquema simplificado dos elementos intervenientes na relação entre acessibilidade, mobilidade e impactos no desenvolvimento sustentável
 Fonte: Kneib e Portugal (2017)

No esquema apresentado na Figura 3, elaborado por Kneib e Portugal (2017), é possível perceber que o diálogo entre transporte e uso do solo designa as condições de acessibilidade que, por sua vez, em conformidade com as características dos indivíduos, promovem a mobilidade praticada em uma determinada localidade. Dessa maneira, essa mobilidade produz impactos positivos ou negativos, e que desejavelmente estejam comprometidos com a sustentabilidade. Os autores tiveram a intenção de demonstrar, com esse esquema, a relação entre acessibilidade, mobilidade e seus respectivos impactos.

Com o intuito de checar a frequência na literatura que relacione acessibilidade com eficiência e mobilidade com eficiência, a fim de aferir qual abordagem está sendo mais pesquisada, realizou-se um levantamento bibliográfico nas bases *Web of Science* e *Scopus*. Para isso, utilizou-se a combinação “*urban mobility*” AND “*efficiency*” AND “*transport*” e também “*accessibility*” AND “*efficiency*” AND “*transport*”. Usou-se como critério de seleção, a escolha de títulos, palavras-chaves e resumos que englobem o assunto proposto, no período de 2009 e 2019. Ao final desta busca, foram obtidos, um total para os resultados das duas bases, 118 artigos que relacionam mobilidade urbana e eficiência e 460 artigos que relacionam acessibilidade e eficiência. Isso mostra que outros autores também estão interessados em entender melhor a dinâmica dos deslocamentos entre as regiões relacionados à acessibilidade antes de entender esse padrão relacionado à mobilidade, por essa última ser uma consequência da primeira.

2.3 VARIÁVEIS PARA ACESSIBILIDADE NO TRANSPORTE

O desenvolvimento e a mobilidade sustentáveis, bem como a acessibilidade, são mensurados por meio de indicadores e/ou índices, concebidos e utilizados por instituições de pesquisa e pela administração pública, responsáveis pelo planejamento urbano e de transportes. Portanto, os governos devem formular e implementar políticas, com a

finalidade de assegurar que os benefícios do crescimento urbano sejam compartilhados de forma democrática, equitativa e sustentável (ONU, 2014).

O primeiro passo para determinar o impacto da acessibilidade no padrão de viagens dos indivíduos, é obter os dados apropriados para serem avaliados em um nível razoável de análise. Com isso, este item dedica-se a buscar as variáveis comumente utilizadas nas medidas de acessibilidade e em seus indicadores, através de uma revisão bibliográfica, a fim de selecionar as variáveis mais adequadas para aplicação nos indicadores elaborados no Capítulo 4.

A bibliografia consultada e apresentada na Quadro 2 indica que indicadores se constituem em instrumentos tipicamente adotados nos estudos e planos com foco na acessibilidade. Eles têm a função de expressar e revelar o estado em que se encontra dado sistema ou fenômeno investigado (Siche *et al.*, 2007).

Como já apontado, Geurs e van Wee (2004) declararam que uma medida de acessibilidade deveria idealmente levar em consideração todos os componentes e elementos pertencentes a esses componentes. Assim, a medida de acessibilidade deve, primeiramente, ser sensível a mudanças no sistema de transporte, ou seja, a facilidade ou desutilidade de um indivíduo para cobrir a distância entre uma origem e um destino com um modo de transporte específico, incluindo a quantidade de tempo, custos e esforço. E em segundo lugar, uma medida de acessibilidade deve ser sensível a mudanças no sistema de uso da terra, ou seja, estar relacionada com a quantidade, qualidade e distribuição espacial das oportunidades oferecidas, e a distribuição espacial das demandas por essas oportunidades e confronto entre demanda e oferta (concorrência efeitos). Koenig (1980) propôs um reforço da utilização de indicadores de acessibilidade em estudos de planejamentos urbanos e de transporte, o que revela a importância da elaboração desses indicadores neste trabalho.

A partir de um levantamento bibliográfico realizado na base *Scopus*, foram selecionados, por meio de uma revisão sistemática, 30 artigos que discorrem sobre níveis de acessibilidade e suas medidas. Após seleção realizada a partir da leitura dos títulos e resumos, foram escolhidos os 8 artigos mais relevantes para seleção das variáveis utilizadas nas medidas de acessibilidade. O Quadro 2 apresenta esses 8 artigos

selecionados e a Quadro 3 mostra as variáveis que aparecem pelo menos uma vez nesses artigos pesquisados, e que são referentes às componentes da acessibilidade.

| Autor | Título do Trabalho | Objetivo Geral | Método / Ferramentas | Variáveis | Indicador |
|---|---|--|--|---|--|
| Boer Cui, Geneviève Boisjly, Ahmed EL-Generdy e David Levinson (2019) | <i>Accessibility and the journey to work through the lens of equity</i> | Examina a relação entre a acessibilidade e a duração do deslocamento para indivíduos de baixa renda em comparação com a renda mais alta, em três grandes regiões metropolitanas canadenses, Toronto, Montreal e Vancouver, usando modelos estatísticos de vários níveis para transportadores de carros e transportes públicos. Medidas de acessibilidade são geradas para empregos e trabalhadores, tanto na origem (casa) quanto no destino (local de trabalho), para levar em conta o impacto de mão de obra e empresas concorrentes | <i>Statistics Canada Census Flow</i> / Regressão | Uso do solo (local do trabalho e residência) e tempo de viagem / sociodemográficas | Acessibilidade |
| Robbin Deboosere, Ahmed El-Generidy e David Levinson (2018) | <i>Accessibility-oriented development</i> | Defesa do Desenvolvimento Orientado para Acessibilidade (AOD), de maneira a superar as desvantagens do TOD | Regressões transversais e temporais / EMME <i>software</i> | Acesso ao carro, densidade de empregos, variáveis socio-demográficas | Acessibilidade / tempo de viagem para casa-trabalho / desenvolvimento urbano |
| Ahmed EL-Generdy, David Levinson, Ehab Diab, Genevieve Boisjoly, David Verbich, Charis Loong (2016) | <i>The cost of equity: assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost</i> | Propor um conjunto de novas medidas de acessibilidade que incorpora tanto o tempo de viagem quanto as tarifas de transporte | Correlação Pearson | Tempo de viagem, custo de tarifa, número de empregos alcançáveis com transporte / % imigrantes recentes, % desempregados, % só com 2º grau, renda | Acessibilidade cumulativa (baseada no tempo de viagem, no custo de tarifa, no tempo de viagem e custo de tarifa) e indicador de vulnerabilidade social (dos moradores do bairro) |
| Ana Condeço-Melhorado, Javier Gutierrez e Juan Carlos García-Palomares (2011) | <i>Spatial impacts of road pricing Accessibility, regional spillovers and territorial cohesion</i> | Apresenta uma metodologia baseada em indicadores de acessibilidade e GIS para acessar os impactos na acessibilidade a partir da política de preços rodoviários | Coeficiente de Gini e Índice Theil | Valores de acessibilidade / custo do tempo de viagem / custo de operação / custos externos (ambientais, acidentes..) / população da região / localização da região / distância da região para a rodovia | Coeficiente de variação de equidade |

| Autor | Título do Trabalho | Objetivo Geral | Método / Ferramentas | Variáveis | Indicador |
|---------------------------------------|--|---|-----------------------------------|---|--|
| Haibing Jiang, David Levinson (2016) | <i>Accessibility and the Evaluation of Investments on the Beijing Subway</i> | Mede a acessibilidade do trabalho e da população via trânsito para Beijing usando a métrica de oportunidade acumulada | Método de Oportunidade Cumulativa | Uso do solo / Oferta de emprego e População (locais de residência e trabalho) / Dados da rede de transporte / Tempo de viagem / | Acessibilidade ao trabalho |
| Jie Huang, David M. Levinson (2015) | <i>Circuitry in urban transit networks</i> | Investiga o circuito de redes de transporte e examina o modo automático de compartilhamento como uma função de circuito e acessibilidade para melhor entender a performance do sistema de transporte urbano | Análise de regressão | número de viagens / número de locais de trabalho que podem ser alcançados dentro de um limite de tempo / Distâncias físicas | Média Circuito de viagens / Acessibilidade ponderada / |
| Andrew Owen, David M. Levinson (2015) | <i>Modeling the commute mode share of transit using continuous accessibility to jobs</i> | Apresenta resultados de um compartilhamento de modo de comutação agregado baseado em acessibilidade, com foco na parcela de carro | Modelo lógico binomial | Fatores demográficos | Performance dos modelos sugeridos |
| Aaron Golub, Karel Martens (2014) | <i>Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans</i> | Baseando-se em filosofias de justiça social, é apresentada uma avaliação de equidade da distribuição de acessibilidade, a fim de definir a taxa de "pobreza de acesso" entre a população | Método de Oportunidade Cumulativa | Limite de tempo / número de destinos / rácios | Acessibilidade e Gap de acessibilidade |

Quadro 2 - Artigos com medidas de acessibilidade selecionados a partir de revisão bibliográfica

Fonte: Elaboração Própria

| Acessibilidade | | | | |
|---|--------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| | Componente de transporte | Componente do uso do solo | Componente temporal | Componente individual |
| Variáveis | | | | |
| tempo de viagem | ■ | | ■ | ■ |
| acesso ao carro | ■ | | | ■ |
| variáveis socio-demográficas | | ■ | | |
| localização do trabalho | | | | ■ |
| localização da residência | | | | ■ |
| oferta de transporte público | ■ | ■ | | |
| localização das estações de TP | ■ | ■ | | |
| distância até as estações de TP | ■ | ■ | | |
| custo da tarifa de TP | ■ | | | |
| nº de empregos alcançáveis com TP | | ■ | | |
| % desempregados | | ■ | | ■ |
| custo do tempo de viagem | | | ■ | |
| oferta de emprego | | ■ | | |
| distância física | ■ | ■ | | |
| número de viagens | ■ | | ■ | |
| acesso à caminhabilidade para estação de TP | ■ | ■ | | |

Quadro 3 - Levantamento de variáveis para acessibilidade
 Fonte: Elaboração própria

No Quadro 3 são apresentadas as variáveis que são mencionadas nos artigos expostos no Quadro 2. A seguir, são exibidas as variáveis selecionadas para utilização neste trabalho. Todas elas aparecem ao menos uma vez nos artigos pesquisados e se enquadram em algum componente da acessibilidade.

Variável Emprego

O Quadro 3 apresenta as variáveis usualmente utilizadas na bibliografia, para medidas ou indicadores de acessibilidade. No presente trabalho, pesquisa-se a interação entre as regiões com base na eficiência e acessibilidade, tendo em vista que a localização de moradias e empregos influencia os padrões de viagens (Waddell, 2011). A variável “emprego” apareceu em artigos como sendo uma variável relacionada à componente uso do solo. O destaque ao “emprego” deve-se pela conhecida predominância das viagens urbanas com este propósito e nos horários de pico, o que se torna ainda mais crítico em cidades brasileiras, pela concentração excessiva desta atividade nas áreas mais centrais e por um acesso da periferia não baseado nas modalidades de maior capacidade e mais

sustentáveis, como já comentado. Dessa maneira, a oferta de emprego na região de estudo será adotada como uma variável para este trabalho.

Variável Tempo de Viagem

Outra variável bastante comum na literatura é o tempo de viagem. De acordo com Metz (2008), na Grã-Bretanha, a economia do tempo de viagem foi responsável por cerca de 80% dos benefícios monetizados registrados na análise de custo-benefício de grandes projetos rodoviários. Isso contribuiu para o distanciamento das políticas de transportes do conceito de acessibilidade, que é de fato um grande objetivo no planejamento de transportes: fornecer acesso aos destinos desejados. O mesmo autor relata que o tempo de viagem é considerado um custo na ótica da análise de custo-benefício. Entretanto, o desenvolvimento econômico está mais relacionado ao acesso do que à velocidade na viagem (Crozet, 2009). A análise custo-benefício é importante, contudo, as políticas deveriam centrar-se em soluções efetivas para alcançar objetivos de inclusão social. Sendo assim, a variável tempo de viagem se mostra uma boa variável tanto para um indicador econômico quanto para um indicador social. Ela, então, também é uma variável que será adotada neste trabalho.

Variável Transporte Individual

Macário (2016) expõe que os ganhos de mobilidade para os mais favorecidos podem resultar em perdas de acessibilidade para grupos de baixa renda sem acesso a carros. Levinson *et al.* (2018) utiliza como variável o acesso ao trabalho por carro. Com isso, o número de viagens realizadas por transporte individual na região de estudo serão consideradas como uma variável neste trabalho, valendo destacar o papel desfavorável da utilização do transporte individual no anseio do desenvolvimento sustentável nas cidades.

Variável Transporte Público

Levinson *et al.* (2018) também seleciona como variável as viagens realizadas por transporte público, assim como Currie e Delbosc (2011). Litman (2015) diz que a variável Transporte Público tem caráter social, tendo em vista que a disponibilidade de modos públicos e coletivos de transporte promove a acessibilidade de usuários de baixa renda, além de contribuir para a diversidade do sistema de transporte local. Com isso, o número

de viagens realizadas por transporte público na região de estudo também será adota como variável para este trabalho. Já, nesse caso, vale ressaltar o papel favorável do transporte público nas cidades.

Diante do exposto, se percebe a importância da escolha de variáveis significativas para a utilização de indicadores que possam representar o fenômeno da acessibilidade, e assim, melhor compreender os padrões de viagens dos indivíduos em suas jornadas de trabalho entre determinadas localidades.

O Quadro 3 apresenta essas e outras variáveis, mas foram selecionadas as que melhor expressam o objetivo do trabalho. A escolha das variáveis se justifica pelo caráter específico de cada indicador elaborado no capítulo 4 . Baseado na pesquisa desenvolvida por Litman (2015), é razoável constatar que a variável Transporte Público tem caráter social, tendo em vista que a disponibilidade de modos públicos e coletivos de transporte promove a acessibilidade de usuários de baixa renda, além de contribuir para a diversidade do sistema de transporte local. À variável Emprego pode-se atribuir caráter econômico, dado que seu valor evidencia a qualidade do desenvolvimento econômico e de negócios da região, bem como expressa a dimensão das oportunidades de trabalho, como já citado.

3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS, AVALIAÇÃO CRUZADA E ANÁLISE DE ALVOS

O presente capítulo busca apresentar a revisão da literatura realizada sobre a aplicação da modelagem DEA (Análise Envoltória de Dados) para a análise da eficiência das Regiões Administrativas do Rio de Janeiro. O item 3.1 discorre sobre as definições de eficácia, produtividade e eficiência e suas relações com o transporte. O item 3.2 aborda a metodologia de análise da Análise Envoltória de Dados em si, o item 3.3 explica a Avaliação Cruzada e o item 3.4 expõe a importância da análise de alvos como complementação à análise da eficiência.

3.1 EFICÁCIA, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA

Os conceitos de eficácia, produtividade e eficiência podem ser aferidos com base em uma série de fatores e são abordados nos itens subsequentes.

3.1.1 A eficácia

A eficácia, está ligada apenas ao que é produzido, sem levar em conta os recursos usados para a produção. Ela se refere à qualidade do serviço ofertado. Então, em termos da DEA, se pode dizer que eficácia é a capacidade de a unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta.

Sob uma perspectiva de planejamento de transportes, Santos (2000) indica como principais fatores característicos da eficácia (qualidade) de um sistema de transporte público urbano: a acessibilidade ao sistema, o tempo de viagem, a confiabilidade, a frequência de atendimento, a lotação do veículo, as características dos veículos, a facilidade de utilização e a mobilidade. Esses fatores são comumente utilizados como indicadores de qualidade para avaliação de um sistema.

Como foge ao objetivo deste trabalho, o conceito de eficácia não é aprofundado. No entanto, é importante manter as diferenças entre conceitos bem estabelecidas.

3.1.2 A produtividade

Nesse conceito, o foco é a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para essa produção. Esse resultado é chamado de produtividade.

Portanto, do ponto de vista deste tipo de análise, os sistemas urbanos de transporte são considerados unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units – DMU*) que são avaliadas por suas eficiências relativas às unidades identificadas como eficientes e que compõem a fronteira tecnológica. No subitem 3.1.1, quando apresentado o conceito de eficácia, pôde-se observar que a eficiência está ligada à comparação entre DMU. Com base nisso, a DMU eficiente será aquela com maior produtividade. Entretanto, é importante ressaltar que a medida da eficiência é diferente da medida de produtividade.

3.1.3 A eficiência

Compreender bem o conceito de eficiência é fundamental para esta análise, entendendo a sua natureza relativa entre as unidades produtivas (Mello *et al.*, 2005). Eficiência é a comparação do que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Os métodos paramétricos supõem uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido. A Análise de Envoltória de Dados é um método não-paramétrico, ou seja, não faz nenhuma suposição funcional entre as variáveis.

Assim, a eficiência é apresentada para fins deste trabalho como:

$$Eficiência = \frac{Output}{Input} \quad (1)$$

A Equação 1 mostra que quanto maior o denominador (recursos disponíveis – *input*) para produzir o mesmo *output* (numerador), mais ineficiente é a unidade produtiva. Então, o intuito para que uma unidade produtiva se mantenha eficiente é preservar a maior distância (relação) entre o *output* e o *input*. Por exemplo, sob a perspectiva da acessibilidade, para o mesmo *input*, quanto maior o número das viagens geradas por transporte público e a quantidade de empregos em uma determinada região, ela tenderá a ser mais eficiente.

Para resumir os conceitos até agora apresentados, é importante lembrar que a eficácia está ligada à quantidade produzida, a produtividade à razão entre produtos e recursos e a eficiência tem relação com comparações de produtividade. A Figura 4 apresenta o que é denominada fronteira de eficiência.

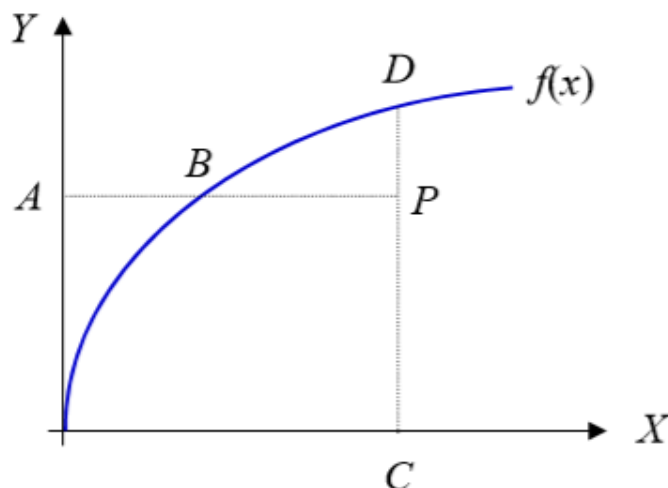


Figura 4 - Alcance da fronteira de eficiência
Fonte: Mello et al. (2005)

A fronteira de eficiência é definida por $f(x)$ (Figura 4). O eixo Y representa o *output* e o eixo X o *input*. Existem dois tipos de orientação para aplicação do método: ela pode ser orientada a *output* ou orientada a *input*. Então, a DMU ineficiente P precisa caminhar até o ponto B se quiser se tornar eficiente, ou seja, terá que reduzir recursos (*input*). No entanto, se preferir aumentar os produtos (*output*), tem que caminhar até o ponto D.

Nos últimos anos, a DEA tem sido utilizada para avaliar diversos contextos. Como alguns exemplos de utilização da DEA em serviços no Brasil, podem ser citados os trabalhos de Faria, Jannuzzi e Silva (2008), que analisaram a eficiência dos gastos municipais da cidade do Rio de Janeiro em saúde e educação. Já Calvo (2002), Marinho (2003) e Lobo (2010) realizaram estudos utilizando a DEA voltados para hospitais.

Apesar de incomum, alguns autores vêm pesquisando sobre questões relacionadas à planejamento de transportes para modelagem de eficiência com a aplicação da DEA. Com

isso, o Quadro 4 reúne esses trabalhos que tratam da análise da performance de sistemas de transporte.

| Autor | Objetivo |
|---|--|
| Viton (1997) | Estudou a eficiência do sistema de ônibus americano, usando DEA para amostra de 217 empresas públicas e privadas, com a utilização de indicadores |
| Chu, Fielding e Lamar (1992) e Viton (1998) | Usaram DEA para desenvolver uma única medida de performance e indicaram que a produtividade do sistema de ônibus americano aumentou levemente de 1988 a 1992 |
| Nolan (1996) | Realizou estudo de eficiência técnica de 29 empresas médias de transportes por ônibus americanas utilizando DEA |
| Levaggi (1994) | Aplicou DEA a 55 companhias prestadoras de serviço do sistema de transporte urbano na Itália |
| Karlaftis (2004) | Usou DEA para 259 sistemas nos Estados Unidos da América (EUA), com três modelos diferentes de acordo com a escolha dos indicadores resultados. |
| Husain, Abdullah e Kuman (2000) | Avaliaram a eficiência do setor público de transporte da Malásia, incluindo 46 unidades de serviço, usando como insumos o número de empregados e os custos com mão-de-obra, e como produto a quantidade total de serviço oferecida e a receita das empresas, com a utilização da DEA |
| Pina e Torres (2001) | Usaram DEA para comparar a eficiência do setor privado e público na Espanha |

Quadro 4 - Trabalhos que tratam da análise da performance de sistemas de transporte com aplicação da DEA

Fonte: Elaboração Própria

Diante do exposto, realizou-se um levantamento bibliográfico a fim de encontrar artigos que analisem a eficiência da acessibilidade utilizando a DEA. Para isso, a pesquisa bibliográfica foi buscada nas bases *Web of Science* e *Scopus* utilizando a combinação “DEA” e “*accessibility*” e “*transport*”. Usou-se como critério de seleção, a escolha de títulos e resumos que englobem o assunto proposto. Ao final desta busca, obtiveram-se na base *Scopus* 10 artigos, publicados no período entre 1990 e 2019, que relaciona DEA e acessibilidade no planejamento de transportes. Já, na base *Web of Science* o resultado foram 12 artigos, o que mostra o quanto é singular essa aplicação. Somado a isso, há poucas análises semelhantes para os sistemas brasileiros, que, por sua vez, possuem longo histórico de ineficiência e oferta de serviço de baixa qualidade.

3.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E MODELO BCC

A Análise Envoltória de Dados, desenvolvida por Charnes *et al.* (1984), é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas, destinada a fornecer a identificação das melhores práticas no uso de recursos. Essas unidades produtivas são denominadas, como já mencionado no item 3.1.2, *Decision Making Unit* – DMU, ou Unidades Tomadoras de Decisão. Através da comparação entre as unidades, que possuem características operacionais similares, essa técnica fornece dados quantitativos sobre possíveis direções para melhorar o desempenho das unidades ineficientes. Para este trabalho, as DMU são as Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro.

A DEA tem a capacidade de identificar a possível fronteira de eficiência de um grupo de organizações que possuam as mesmas características e elaborar comparações entre os recursos usados e os resultados obtidos por cada uma das organizações avaliadas. Isto é, o objetivo primário da DEA consiste em comparar um certo número de DMU que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades dos recursos consumidos e das saídas produzidas.

Em vista disso, a DEA tem como objetivo também identificar as DMU eficientes, medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes (*piece-wise linear frontier*), que fornece o *benchmark* (referência) para as DMU ineficientes (Antunes, Lins e Meza, 2000; Acosta, Da Silva e Lima, 2011). A DEA não calcula a eficiência pela média, mas constrói a fronteira de eficiência com os melhores desempenhos das melhores unidades.

Uma DMU possui *inputs* (recursos ou entradas), que se referem aos insumos empregados no processo produtivo, e *outputs* (produtos ou saídas), que se referem à produção obtida, como exemplificado na Figura 5 .



Figura 5 - Elementos da DMU

Existem dois modelos que são considerados clássicos para determinação da fronteira na DEA, CCR e BCC. O modelo BCC foi o escolhido para ser utilizado neste trabalho, por permitir que as variáveis das DMU operem sem ser favorecidas ou prejudicadas, e também é conhecido como VRS – *Variable Returns to Scale*, devido a Banker *et al.* (1984). É um modelo matemático que considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo axioma da convexidade (Giacomello e De Oliveira, 2014). Ao obrigar que a fronteira seja convexa, o modelo BCC permite que as DMU que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala. O Modelo BCC utiliza, para cada DMU, o problema de programação linear apresentado na Figura 6.

| Modelo BCC | |
|--|--|
| Min h_0 | h_0 = eficiência da DMU ₀ em análise |
| Sujeito a | x_{i0} = <i>inputs</i> da DMU ₀ |
| $h_0 x_{i0} \geq \sum_k \lambda_k \cdot x_{ik}, \forall_i$ | y_{j0} = <i>outputs</i> da DMU ₀ |
| $\sum_k \lambda_k \cdot y_{jk} \geq y_{j0}, \forall_j$ | λ_k = contribuição individual da DMU _k |
| $\sum_k \lambda_k = 1$ | y_k = contribuição individual da DMU _k na definição do alvo da DMU ₀ |
| $y_k \geq 0, \forall_k$ | h_0 e y_k = variáveis de decisão |

Figura 6 - Formulação do modelo BCC orientado a *inputs*
 Fonte: Souza Júnior (2010)

A fronteira eficiente de produção (ou função fronteira de produção) representa a região do gráfico que é dada pela máxima quantidade de *outputs* (produtos) que podem ser obtidos a partir dos *inputs* (insumos) utilizados (Acosta, Da Silva e Lima, 2011; Antunes, Lins e Meza, 2000).

A orientação escolhida para este trabalho foi a orientada a *input*. No modelo orientado o objetivo é o máximo movimento em direção à fronteira por meio de redução proporcional

de *inputs*, mantendo os *outputs* constantes. Já no modelo orientado a *output*, o objetivo é oposto, ou seja, o máximo movimento em direção à fronteira por meio do acréscimo proporcional de *outputs*, mantendo constantes os *inputs*.

A Figura 7 mostra a diferença entre a representação da eficiência na DMU nos modelos BCC e CCR. Ambos para orientação a *inputs*. No caso CCR, apenas a DMU representada pelo ponto B é considerada eficiente, enquanto no caso BCC, os pontos A, B e C também são eficientes, pelo pressuposto de que há diferenças de desempenho em função da escala dos insumos (Ramos e Ferreira, 2007).

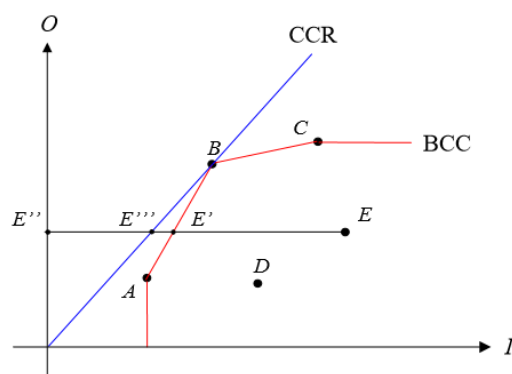


Figura 7 - Gráfico de representação das fronteiras BCC e CCR
Fonte: Mello et al. (2005)

De acordo com Barba-Romero e Pomerol (1997), a DEA é usada na problemática da ordenação como ferramenta Multicritério de apoio à decisão. Dessa maneira, é um mecanismo que subsidia estratégias de produção que maximizam a eficiência das DMU avaliadas, e corrige as ineficientes por meio da determinação de alvos. Inclusive, essa é uma das vantagens da metodologia DEA, a produção automática de “unidades-alvo” sempre que encontrar unidades ineficientes. Assim, ao mesmo tempo em que a metodologia DEA estabelece que uma determinada DMU é ineficiente, ela também identifica as DMU para as quais esta unidade é ineficiente. Há, então, a determinação de um conjunto de pesos λ indicando uma combinação de unidades eficientes e representando a proporção em que o produto da unidade ineficiente poderia ser oferecido

usando menos insumos, em relação às “unidades-alvo” (Régis, 2001). Por conta disso que a DEA se mostra bastante útil e aplicável ao planejamento de transportes.

Dessa maneira, são apresentadas as etapas importantes para aplicação do modelo DEA-BCC:

- a. **Definição e seleção de DMU** - O conjunto de DMU adotado deve ter a mesma utilização de *inputs* e *outputs*, variando apenas em intensidade. A homogeneidade é um fator importante na escolha das DMU, ou seja, elas devem produzir produtos e serviços comparáveis entre si, e que tenham a sua disposição recursos similares.
- b. **Seleção das variáveis** - A escolha das variáveis de *input* e *output* deve ser feita a partir de uma ampla lista de possíveis variáveis ligadas ao modelo. Esta listagem permite-nos ter maior conhecimento sobre as unidades a serem avaliadas, explicando melhor suas diferenças. As variáveis podem ser selecionadas de diversas maneiras, por exemplo por método estatístico, ou com técnicas Multicritério. Neste trabalho, a seleção de variáveis foi baseada em uma revisão bibliográfica.
- c. **Escolha e aplicação do modelo** - Como vimos, os modelos DEA mais conhecidos são o CCR e o modelo BCC. Ao escolher um modelo particular, se determina (Charnes *et al.*, 1984): (i) as propriedades implícitas dos retornos de escala; (ii) a geometria da superfície de envelopamento dos dados, que tem relação com as medidas de eficiência; (iii) as projeções de eficiência, ou seja, o caminho das DMU ineficientes até a fronteira de eficiência.
- d. **Propriedades dos modelos** - Em qualquer modelo DEA, cada DMU escolhe seu próprio conjunto de pesos, de modo que apareça o melhor possível em relação às demais. Dessa forma, cada DMU pode ter um conjunto de pesos (multiplicadores) diferente: (i) Todos os modelos são invariantes com a unidade de medida (ii) Em qualquer modelo DEA, a DMU que apresentar a melhor relação ($output\ j)/(input\ i)$ será sempre eficiente; (iii) Pré-escolha das variáveis - No modelo BCC, a DMU que tiver o menor valor de um determinado *input* ou o menor valor de um certo

output será eficiente. Essa DMU é chamada de eficiente por *default* ou eficiente à partida; (iv) O modelo BCC é invariante a translações a *outputs* quando é orientado a *inputs* e vice-versa. Essa propriedade pode ser importante quando se trabalha com casos em que há variáveis negativas, por exemplo.

3.3 AVALIAÇÃO CRUZADA

De acordo com Antunes, Lins e Meza (2000), uma maneira de evitar as diferenças nos pesos determinados para cada DMU, sem a arbitrariedade das restrições e sem o conhecimento prévio da importância relativa de cada variável, é utilizando a Avaliação Cruzada. Ela foi desenvolvida por Sexton *et al.* (1986), e difere do modelo DEA padrão porque utiliza DEA em uma avaliação em conjunto em vez de uma auto-avaliação. Logo, a avaliação feita é uma média das eficiências de uma DMU calculadas sob o “ponto de vista” das outras DMU.

Os modelos DEA clássicos atribuem peso aos insumos e produtos com objetivo de maximizar o índice de eficiência da DMU avaliada, sem violar determinadas restrições. Assim, o modelo atribui ponderações maiores aos pontos fortes da DMU avaliada, ou seja, aos *outputs* com maiores níveis de produção e aos *inputs* com menores níveis de consumo, enquanto aos *inputs* com elevados níveis de consumo e *outputs* com reduzidos níveis de produção são atribuídos pesos menores ou nulos. Consequentemente, o peso de cada variável insumo ou produto varia amplamente entre as DMU avaliadas. Tal desequilíbrio pode conduzir a esquemas de pesos inconsistentes com o conhecimento a priori acerca da importância relativa das variáveis insumos e produtos (Alcantara e Sant'Anna, 2002; Ramón et al., 2010; Ruiz e Sirvent, 2012).

A eficiência cruzada de uma DMU é calculada com base no esquema de pesos ótimos de uma DMU k é definida pelo seguinte quociente:

$$E_{ks} = \frac{\sum_i^{outputs} u_{ik} y_{is}}{\sum_j^{inputs} v_{jk} x_{js}} \quad (2)$$

Na Equação 2, u_{ik} e v_{jk} são os pesos ótimos (soluções ótimas) da DMU k que ponderam, respectivamente, os produtos y_{is} e os insumos x_{js} da DMU s .

A avaliação cruzada tem sido utilizada em diversos campos (Oral *et al.*, 1991; Chen, 2002; Lu e Lo, 2007; Wu *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2012, 2013 *apud* Yu e Hou, 2016). No entanto, com base em pesquisa bibliográfica realizada nas bases *Web of Science* e *Scopus* utilizando a combinação “*cross evaluation*” e “*accessibility*” e “*transport*”, não se obteve nenhum resultado de artigo abordando o assunto. Sendo assim, se verifica que, como o modelo DEA padrão, a avaliação cruzada também é pouco, ou quase nada, utilizada em trabalhos que abordem o tema “acessibilidade” voltada para o transporte.

3.4 USO DO PROGRAMA SIAD

Este item aborda simplificadaamente o *software* SIAD, escolhido para aplicação da DEA. A sigla significa Sistema Integrado de Apoio à Decisão, e foi desenvolvido, inicialmente, para calcular todos os resultados dos modelos DEA clássicos (eficiência, pesos, alvos, *benchmarks* e folgas).

O *software* foi concebido para permitir a entrada de dados de duas formas: diretamente no programa, utilizando uma grade de entrada vazia (com a prévia indicação da quantidade de variáveis e DMU), e também por meio de um arquivo (em formato “txt”), com os dados já agregados. É importante destacar que caso haja valores decimais, o caracter “.” deve ser usado como o separador de decimais no arquivo “txt”.

Existe uma limitação de 150 para a quantidade de DMU utilizadas, e de 20 variáveis, entre *inputs* e *outputs*, o que apresenta ser uma certa limitação do programa, em caso de avaliação de uma rede maior de DMU. Nesse caso, é indicada a organização de grupos homogêneos em *clusters*, para fins de comparação e aplicação no programa.

As Figura 7, Figura 8, Figura 9 (a) e (b) e Figura 10 mostram a interface do SIAD.

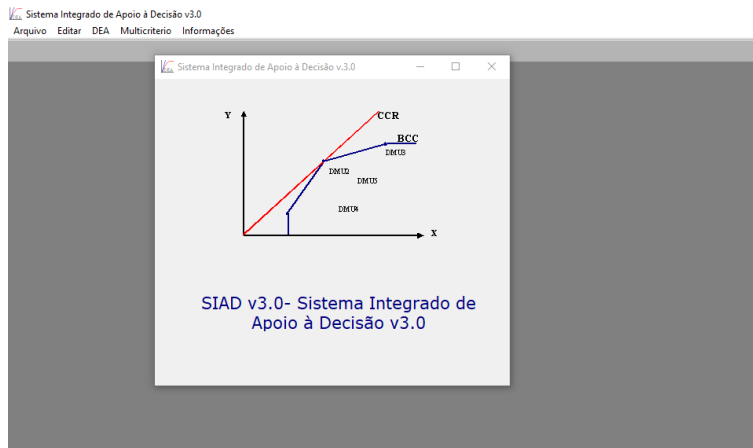


Figura 8 - Tela inicial SIAD

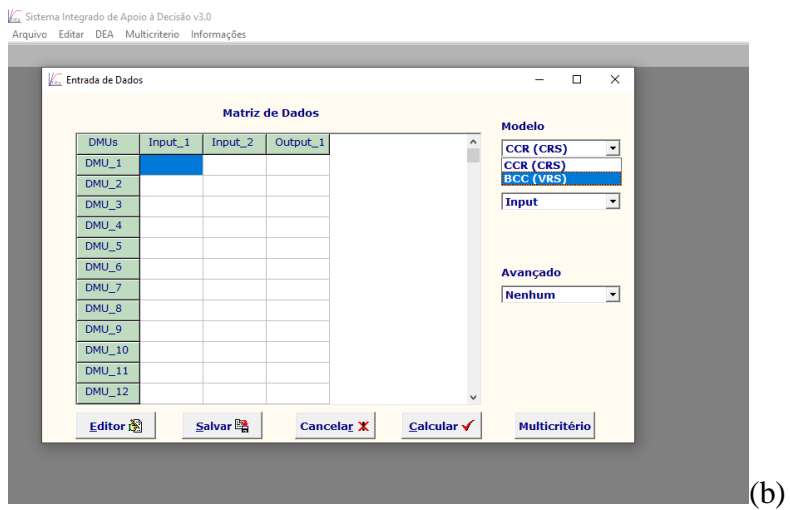
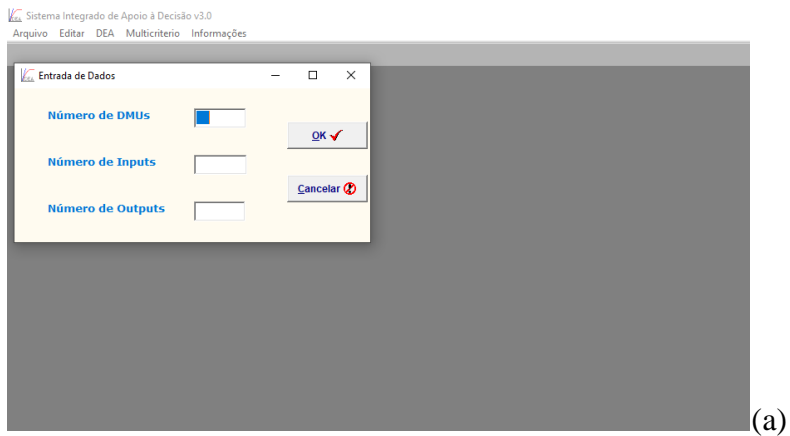


Figura 9 - Entrada dos dados pela tela do SIAD (a) e (b)

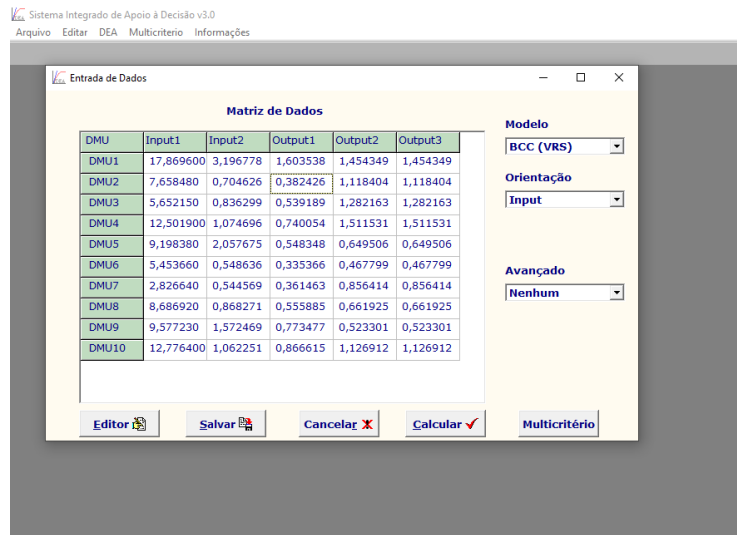


Figura 10 - Dados inseridos através de arquivo ".txt."

Na Figura 9 (b) se pode observar que o SIAD dispõe das opções para o tipo de modelo (CCR ou BCC) e para o tipo de orientação (*input* ou *output*), cobrindo, assim, os modelos básicos e mais utilizados na DEA.

Quando aplicado, o modelo DEA-BCC gera um arquivo ".txt." com as respostas do programa. O documento gerado com os resultados desta análise, podem ser vistos nos Apêndices I e II. É a partir desse arquivo que a análise se inicia. O arquivo gera os resultados para as eficiências de todas as DMU (Padrão, Invertida, Composta e Composta*). Mais adiante, são apresentados as folgas e os alvos, para uma análise dos valores das variáveis. A análise de alvos (que inclui os níveis que as variáveis devem atingir para que as DMU ineficientes alcancem a fronteira de eficiência) será realizada e melhor explicada no subitem 5.1.3. Ao fim do referido arquivo, é apresentado os *benchmarks* das DMU (eficientes e ineficientes). Os resultados obtidos para a análise deste trabalho, foram organizados de uma maneira que ficasse mais simples a visualização, e são apresentados no Capítulo 5. As Figura 10 (a), (b) e (c), exemplificam a folha de resposta gerada, para melhor entendimento.

Resultados utilizando o modelo BCC, orientação input

Eficiências

| DMU | Padrão | Invertida | Composta | Composta* |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|
| DMU1 | 0,883102 | 0,711302 | 0,585900 | 0,843233 |
| DMU2 | 0,730366 | 0,935876 | 0,397245 | 0,571719 |
| DMU3 | 0,876031 | 0,857086 | 0,509473 | 0,733238 |
| DMU4 | 0,738254 | 0,840324 | 0,448965 | 0,646154 |
| DMU5 | 1,000000 | 0,639765 | 0,680118 | 0,978831 |
| DMU6 | 0,843883 | 0,842993 | 0,500445 | 0,720246 |
| DMU7 | 0,797865 | 1,000000 | 0,398933 | 0,574147 |
| DMU8 | 0,934216 | 0,847676 | 0,543270 | 0,781879 |
| DMU9 | 1,000000 | 0,800781 | 0,599609 | 0,862963 |
| DMU10 | 0,802283 | 0,857402 | 0,472440 | 0,679940 |
| DMU11 | 0,796375 | 0,928161 | 0,434107 | 0,624771 |
| DMU12 | 1,000000 | 0,610348 | 0,694826 | 1,000000 |
| DMU13 | 1,000000 | 1,000000 | 0,500000 | 0,719605 |
| DMU14 | 0,935340 | 0,720029 | 0,607656 | 0,874544 |
| DMU15 | 1,000000 | 0,677071 | 0,661465 | 0,951986 |
| DMU16 | 0,940851 | 0,695299 | 0,622776 | 0,896305 |
| DMU17 | 0,945685 | 0,728433 | 0,608626 | 0,875940 |
| DMU18 | 1,000000 | 0,749138 | 0,625431 | 0,900126 |
| DMU19 | 0,858770 | 1,000000 | 0,429385 | 0,617975 |
| DMU20 | 0,627179 | 1,000000 | 0,313589 | 0,451321 |
| DMU21 | 0,996389 | 0,648131 | 0,674129 | 0,970213 |
| DMU22 | 0,924345 | 0,772915 | 0,575715 | 0,828575 |
| DMU23 | 0,996472 | 0,622674 | 0,686899 | 0,988591 |
| DMU24 | 0,883329 | 0,737771 | 0,572779 | 0,824349 |

*Eficiência normalizada

Pesos das Variáveis

(a)

Alvos

DMU1 (eficiência:0,883102)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|---------------|----------|---------------|
| RT | 0,320507 | 0,283041 | 0,000000 | 0,283041 |
| TVM | 65,002958 | 57,404263 | 0,000000 | 57,404263 |
| EMPREGO | 35.595,000000 | 35.595,000000 | 0,000000 | 35.595,000000 |

DMU2 (eficiência:0,730366)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|----------------|----------|----------------|
| RT | 0,518417 | 0,378634 | 0,000000 | 0,378634 |
| TVM | 74,770267 | 54,609656 | 0,000000 | 54,609656 |
| EMPREGO | 156.724,000000 | 156.724,000000 | 0,000000 | 156.724,000000 |

DMU3 (eficiência:0,876031)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|----------------|----------|----------------|
| RT | 0,538050 | 0,471348 | 0,018525 | 0,452823 |
| TVM | 61,438618 | 53,822161 | 0,000000 | 53,822161 |
| EMPREGO | 129.106,000000 | 129.106,000000 | 0,000000 | 129.106,000000 |

DMU4 (eficiência:0,738254)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|---------------|----------|---------------|
| RT | 0,360335 | 0,266019 | 0,000000 | 0,266019 |
| TVM | 78,829596 | 58,196231 | 0,000000 | 58,196231 |
| EMPREGO | 58.677,000000 | 58.677,000000 | 0,000000 | 58.677,000000 |

DMU5 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| RT | 0,295606 | 0,295606 | 0,000000 | 0,295606 |

(b)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo | |
|----------|---------------|---------------|----------|---------------|--|
| RT | 0,375597 | 0,331776 | 0,000000 | 0,331776 | |
| TVM | 62,621774 | 55,315647 | 0,000000 | 55,315647 | |
| EMPREGO | 37.299,000000 | 37.299,000000 | 0,000000 | 37.299,000000 | |

Benchmarks

| DMU | DMU5 | DMU9 | DMU12 | DMU13 | DMU15 | DMU18 | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU1 | 0,09169964 | 0,15766569 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,75063467 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU2 | 0,36635689 | 0,38105070 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,25259240 |
| DMU3 | 0,11761146 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,88238854 |
| DMU4 | 0,17082642 | 0,01215796 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,81701562 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU5 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU6 | 0,00000000 | 0,67342130 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,32657870 |
| DMU7 | 0,00000000 | 0,81061976 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,18938024 |
| DMU8 | 0,00647156 | 0,88827471 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,10525372 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU9 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU10 | 0,20735808 | 0,57567763 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,21696429 |
| DMU11 | 0,00000000 | 0,30842907 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,69157093 |
| DMU12 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU13 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU14 | 0,25011416 | 0,72088297 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,02900287 |
| DMU15 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU16 | 0,08436268 | 0,55030438 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,36533294 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU17 | 0,05106434 | 0,52585348 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,42308218 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU18 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 |
| DMU19 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU20 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,65612008 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,34387992 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU21 | 0,16374758 | 0,39569146 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,44056095 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU22 | 0,05891962 | 0,42159798 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,51948240 |
| DMU23 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,93963196 | 0,06036804 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU24 | 0,07342563 | 0,51716175 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,40941263 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |

(c)

Figura 11 - Arquivo "txt." com resultados DEA modelo BCC (a), (b) e (c)

4 CAMINHOS METODOLÓGICOS











Este capítulo apresenta a metodologia adotada no presente trabalho para se atingir o objetivo inicial: analisar a eficiência das Regiões Administrativas do Rio de Janeiro em função da acessibilidade, com base nos referenciais teóricos tratados nos Capítulos 2 e 3.



4.1 ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com dados do Censo demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, o município do Rio de Janeiro é dividido em 161 bairros, agregados em 33 Regiões Administrativas. Nos anos 2003 e 2013, foram feitos para a região metropolitana do Rio de Janeiro, os Planos Diretores de Transportes Urbanos (PDTU), elaborados por meio de pesquisas domiciliares e de interpretação. Através desses relatórios é possível obter dados sobre o perfil dos usuários do sistema de transportes, bem como a matriz Origem-Destino, que tem como principal objetivo compreender os padrões de viagem dos residentes de determinada área e possibilitam ao setor técnico de transporte responder e trabalhar na melhoria do sistema para a população (*Bureau of Transport Statistics*, 2013). O PDTU tem como função auxiliar o Governo do Estado do Rio de Janeiro a desenvolver políticas públicas setoriais, orientando as ações executivas relativas aos investimentos em infraestrutura viária, sistemas de transporte coletivo e terminais de integração, além de definir estratégias destinadas a otimizar a utilização da rede de transporte disponível, integrando e expandindo os sistemas existentes em redes futuras, de acordo com os objetivos firmados (CENTRAL, 2005).

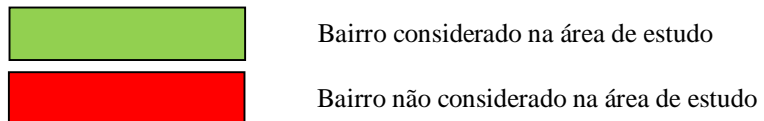
Para a análise a ser desenvolvida, utilizaram-se dados da pesquisa Origem-Destino realizada pelos PDTU de 2003 e 2013, além de um valor referente à quantidade de emprego por região, extraído da Relação Anual de Informações Sociais-RAIS (MTE, 2013), um conjunto de dados organizado pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Os empregos informais não foram considerados neste estudo, por não haver uma fonte de dados com essa informação. Embora uma parte significativa dos trabalhadores da cidade do Rio de Janeiro trabalhe no mercado formal, os empregos informais são relativamente mais acessíveis, com tempos de deslocamento e distâncias mais curtas do que os empregos formais (Motte-Baumvol *et al.*, 2016).

| Região Administrativa | Bairros | Avaliada | Região Administrativa | Bairros | Avaliada | | | | |
|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|----------|----------|--------------------|----------------|---|
| Portuária | Saúde | ■ | Vigário Geral | Cordovil | ■ | | | | |
| | Gamboa | | | Parada de Lucas | | | | | |
| | Santo Cristo | | | Vigário Geral | | | | | |
| | Caju | | | Jardim América | | | | | |
| Centro | Centro | ■ | Anchieta | Guadalupe | ■ | | | | |
| | Rio Comprido | | | Catumbi | | Anchieta | | | |
| São Cristóvão | Rio Comprido | ■ | Pavuna | Parque Anchieta | ■ | | | | |
| | Cidade Nova | | | Ricardo de Albuquerque | | | | | |
| | Estácio | | | Coelho Neto | | | | | |
| | São Cristóvão | | | Acari | | | | | |
| | Mangueira | | | Barros Filho | | | | | |
| Paquetá | Benfica | ■ | Ilha do Governador | Costa Barros | ■ | | | | |
| | Vasco da Gama | | | Pavuna | | | | | |
| Santa Teresa | Paquetá | ■ | Ilha do Governador | Parque Colúmbia | ■ | | | | |
| | Santa Teresa | | | Ribeira | | | | | |
| Botafogo | Flamengo | ■ | Ilha do Governador | Zumbi | ■ | | | | |
| | Glória | | | Cacuia | | | | | |
| | Laranjeiras | | | Pitangueiras | | | | | |
| | Catete | | | Praia da Bandeira | | | | | |
| | Cosme Velho | | | Cocotá | | | | | |
| | Botafogo | | | Bancários | | | | | |
| | Humaitá | | | Freguesia - Ilha do Governador | | | | | |
| | Urca | | | Jardim Guanabara | | | | | |
| | Copacabana | | | Leme | | ■ | Ilha do Governador | Jardim Carioca | ■ |
| | | | | Copacabana | | | | Tauá | |
| | Lagoa | | | Ipanema | | ■ | Jacarepaguá | Moneró | ■ |
| Leblon | | Portuguesa | | | | | | | |
| Lagoa | | Galeão | | | | | | | |
| Jardim Botânico | | Cidade Universitária | | | | | | | |
| Gávea | | Jacarepaguá | | | | | | | |
| Vidigal | | Anil | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|---|-----------------------|---|--|------------------------|---|--|--------------|---|--|-----------------|--|--|
| Rocinha | São Conrado |  | Cidade de Deus | Gardênia Azul |  | | | | | | | | | |
| | Tijuca | | | Rocinha | | Curicica | | | | | | | | |
| Vila Isabel | Praça da Bandeira | | |  | | Barra da Tijuca | Freguesia - Jacarepaguá |  | | | | | | |
| | Tijuca | | | | | | Pechincha | | | | | | | |
| | Alto da Boa Vista | | | | | | Taquara | | | | | | | |
| | Maracanã | | | | | | Tanque | | | | | | | |
| Ramos | Vila Isabel | | | | | |  | | Bangu | Praça Seca |  | | | |
| | Andaraí | | | | | | | | | Vila Valqueire | | | | |
| | Grajaú | | | | | | | | | Cidade de Deus | | | | |
| | Manguinhos | | | | | | | | | Joá | | | | |
| Méier | Bonsucesso | | | | | | | | |  | | Realengo | Itanhangá |  |
| | Ramos | | | | | | | | | | | | Barra da Tijuca | |
| | Olaria | | | | | | | | | | | | Camorim | |
| | Jacaré | | | | | | | | | | | | Vargem Pequena | |
| | Rocha | | | | | | | | | | | | Vargem Grande | |
| | Riachuelo | | | | | | | | | | | | Recreio dos Bandeirantes | |
| | Sampaio | | | | | | | | | | | | Grumari | |
| | Engenho Novo | | | | | | | | | | | | Padre Miguel | |
| | Lins de Vasconcelos | | | | | | | | | | | | Bangu | |
| | Méier | | | | | | | | | | | | Senador Camará | |
| | Todos os Santos | Gericinó | | | | | | | | | | | | |
| | Cachambi | Deodoro | | | | | | | | | | | | |
| Engenho de Dentro | Vila Militar | | | | | | | | | | | | | |
| Água Santa | Campo dos Afonsos | | | | | | | | | | | | | |
| Encantado | Jardim Sulacap | | | | | | | | | | | | | |
| Piedade | Magalhães Bastos | | | | | | | | | | | | | |
| Abolição | Realengo | | | | | | | | | | | | | |
| Pilares | Santíssimo | | | | | | | | | | | | | |
| Jacarezinho | Jacarezinho |  | Campo Grande | | Campo Grande | | | | | | | |  | |
| | Vila Cosmos | | | | Senador Vasconcelos | | | | | | | | | |
| | Vicente de Carvalho | | | | Inhoaíba | | | | | | | | | |
| | Vila da Penha | | | | Cosmos | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|------------------|-------------------|--|---------------------------|--------------------|---|
| Madureira | Vista Alegre |  | Santa Cruz | Paciência |  |
| | Irajá | | | Santa Cruz | |
| | Colégio | | | Sepetiba | |
| | Campinho | | Guaratiba | Guaratiba | |
| | Quintino Bocaiúva | | | Barra de Guaratiba | |
| | Cavalcanti | | Inhaúma | Pedra de Guaratiba | |
| | Engenheiro Leal | | | Higienópolis | |
| | Cascadura | | | Maria da Graça | |
| | Madureira | | Complexo do Alemão | Del Castilho | |
| | Vaz Lobo | | | Inhaúma | |
| | Turiaçu | | | Engenho da Rainha | |
| | Rocha Miranda | | | Complexo do Alemão | |
| | Honório Gurgel | | | Penha | |
| | Oswaldo Cruz | | Penha | Penha Circular | |
| | Bento Ribeiro | | | Brás de Pina | |
| Marechal Hermes | | | | | |

Quadro 5 - Regiões Administrativas e respectivos bairros, consideradas no trabalho
 Fonte: Elaboração Própria



4.2 A APLICAÇÃO DO MÉTODO

Como já explanado, adotou-se o método DEA para estimar a eficiência de cada uma das regiões definidas em função da acessibilidade. Em um primeiro momento, utilizou-se o modelo DEA padrão BCC para estimar a eficiência padrão de cada DMU. Realizaram-se os cálculos pelo *software* SIAD, de acordo com explicação do item 3.5. Em seguida, utilizou-se a Avaliação Cruzada, uma extensão da Análise Envoltória padrão, que calcula a eficiência de uma região sob o ponto de vista das outras (Antunes, Lins e Meza, 2000). A análise de alvos é realizada com os dados obtidos a partir da aplicação do modelo DEA-BCC.

4.2.1 Chegando nas eficiências

Nos dados disponibilizados pela pesquisa domiciliar realizada para o PDTU, encontram-se variáveis referentes às características do usuário - idade, sexo, renda, grau de instrução e setor da atividade de trabalho - e variáveis referentes às características da principal viagem realizada no dia anterior, como origem, destino, motivo da viagem, hora de saída e chegada, modo de transporte e tempo de duração. No item 2.3 foi explicada a importância da seleção de variáveis significativas para a utilização de indicadores que possam representar o fenômeno da acessibilidade, e assim, compreender com mais clareza os padrões de viagens dos indivíduos em suas jornadas de trabalho entre determinadas localidades.

Com isso, em concordância com o objetivo do trabalho, que deseja avaliar a eficiência das regiões em função da acessibilidade, as variáveis que se referem às características da viagem despertam maior interesse que às demais, pois elas expressam diretamente os padrões mobilidade (que estão, por sua vez, relacionadas às componentes de acessibilidade, também explicadas no item 2.1) diferentemente de, por exemplo, variáveis socioeconômicas, que expressam características que influenciam esses padrões.

Já o emprego corresponde à variável de uso do solo, pois representa uma atividade realizada no local e a sua presença indica uma oportunidade a ser realizada pelos

moradores, podendo refletir condições de acessibilidade. O dado fornecido pela RAIS se refere à quantidade de vagas de trabalho exercidas em uma determinada região, isto é, a quantidade de pessoas que trabalham nessa região, e não a quantidade de moradores que possuem emprego. Caso essa variável representasse a quantidade de pessoas que moram em uma região e que estão empregadas, ela seria melhor definida como uma variável socioeconômica.

Sendo assim, a partir dos dados levantados, selecionaram-se cinco variáveis a serem utilizadas para o desenvolvimento de indicadores. São elas: o número de empregos (Emp), isto é, a quantidade de vagas de trabalho exercidas em cada região administrativa; a média das viagens geradas por transporte público (TP) e individual (TI) dentro de cada região; a razão entre essas viagens (TI/TP) e, por fim, o tempo médio despendido nas viagens (TVM) geradas por cada uma delas.

Desenvolveram-se dois indicadores para essa análise (Figura 13). O primeiro utiliza a variável chamada Transporte Público (número de viagens realizadas por transporte público) como *output* e as variáveis Transporte Individual (número de viagens realizadas por transporte individual) e Tempo Médio de Viagem como *input*. Já o segundo indicador utiliza a variável Emprego como *output* e as variáveis Tempo Médio de Viagem e razão entre Transporte Individual e Público como *input*. Destaca-se o fato de que as variáveis de *input* e *output* dos indicadores expressam características das viagens (sejam variáveis de mobilidade ou acessibilidade), ao contrário de variáveis como Emissão de Poluentes Atmosféricos, por exemplo, que expressam consequências dos padrões de mobilidade. Além disso, é importante compreender que não há relação de causa e efeito entre as variáveis, já que a escolha delas é feita de forma que, dentro do contexto analisado (no nosso caso, a acessibilidade) e segundo a metodologia de aplicação da DEA, quanto maior a variável de *output* e quanto menor a variável de *input*, mais alta será a eficiência da DMU em comparação com as demais. Na DEA não é necessário que as variáveis de *input* gerem efeitos nas de *output*, já que seu propósito é comparar as eficiências das DMU baseadas no desempenho dessas variáveis. A ferramenta não determina se a acessibilidade em uma determinada DMU é eficiente, mas sim expressa se, comparativamente a outras DMU, essa acessibilidade é mais ou menos eficiente, em função das variáveis testadas, contribuindo para melhor entender a relação entre elas.

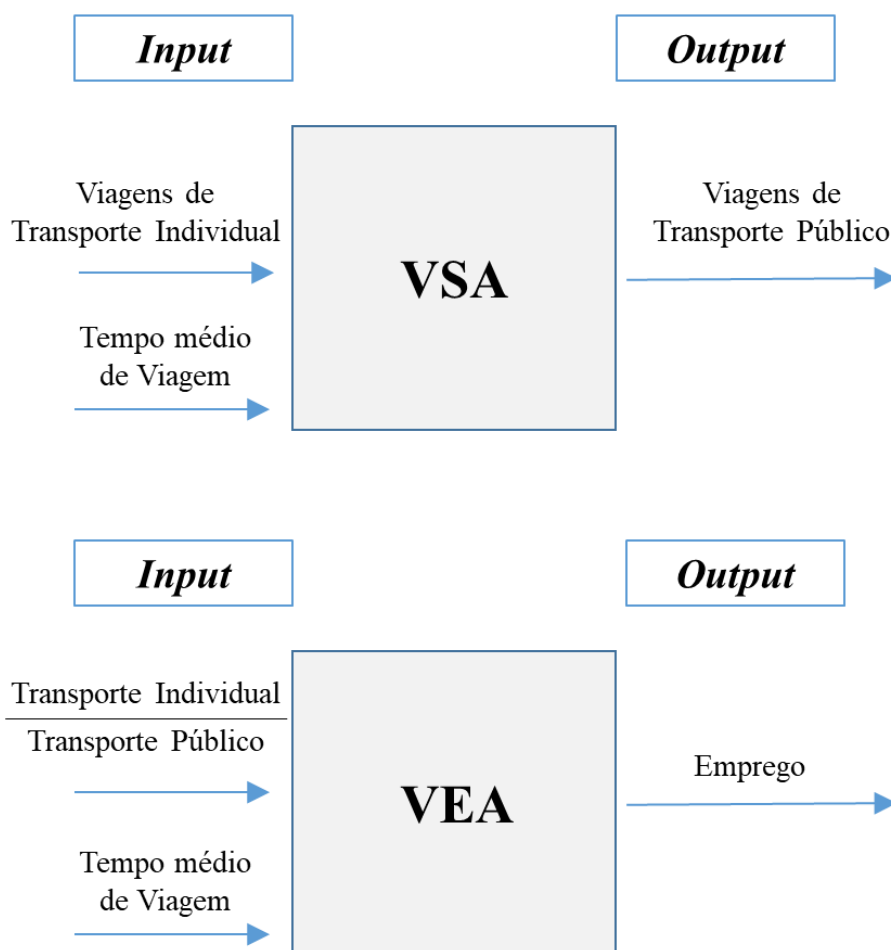


Figura 13 - Indicadores elaborados
 Fonte: Elaboração Própria

A escolha das variáveis se justifica pelo caráter específico de cada indicador. Baseado na pesquisa desenvolvida por Litman (2015), é razoável constatar que a variável Transporte Público tem caráter social, tendo em vista que a disponibilidade de modos públicos e coletivos de transporte promove a acessibilidade de usuários de baixa renda, além de contribuir para a diversidade do sistema de transporte local. Dado que tal variável é definida como variável de *output* para o primeiro indicador, o mesmo é denominado Valor de Eficiência Social de Acessibilidade (VSA). À variável Emprego pode-se atribuir caráter econômico, dado que seu valor evidencia a qualidade do desenvolvimento econômico e de negócios da região, bem como expressa a dimensão das oportunidades

de trabalho, como já citado. Por isso, denomina-se o segundo indicador Valor de Eficiência Econômica de Mobilidade (VEA).

Essas variáveis foram utilizadas devido fundamentalmente a disponibilidade dos dados, mas ressalta-se, mais uma vez, que esta escolha conta com o respaldo da revisão bibliográfica que destaca, dentre as viagens motorizadas com foco na mobilidade sustentável como consequência de uma boa acessibilidade, o papel favorável do transporte público e desfavorável do transporte individual.

Por outro lado, nas cidades brasileiras, como o Rio de Janeiro, observam-se tempos significativos das viagens a trabalho em especial pela população das áreas periféricas dependentes dos núcleos centrais que concentram tal atividade. Portanto, tais variáveis incorporadas na modelagem estão sintonizadas não só com a bibliografia, mas com a realidade dos municípios. No entanto, é recomendável que outras variáveis sejam contempladas em outros estudos de acordo com as especificidades locais.

Definidas as variáveis, a primeira etapa do processo de investigação dos dados constituiu na seleção das respostas originadas somente no município do Rio de Janeiro. Em seguida, foram agregadas as mesmas por Região Administrativa, e então, gerou-se a Quadro 6 síntese com os valores a serem inseridos no modelo.

| Região Administrativa | | Emp | TP | TI | TI/TP | TVM |
|-----------------------|--------------------|---------|---------|---------|-------|-----|
| DMU1 | Bangu | 35.595 | 132.949 | 42.611 | 0,32 | 65 |
| DMU2 | Barra da Tijuca | 156.724 | 195.111 | 101.149 | 0,52 | 75 |
| DMU3 | Botafogo | 129.106 | 168.308 | 90.558 | 0,54 | 61 |
| DMU4 | Campo Grande | 58.677 | 157.646 | 56.806 | 0,36 | 79 |
| DMU5 | Centro | 333.206 | 323.584 | 95.653 | 0,30 | 58 |
| DMU6 | Copacabana | 49.029 | 116.243 | 59.284 | 0,51 | 63 |
| DMU7 | Ilha do Governador | 38.257 | 81.596 | 55.363 | 0,68 | 66 |
| DMU8 | Inhaúma | 23.121 | 61.547 | 25.053 | 0,41 | 57 |
| DMU9 | Irajá | 23.388 | 93.449 | 36.949 | 0,40 | 53 |
| DMU10 | Jacarepaguá | 104.666 | 229.030 | 111.821 | 0,49 | 67 |
| DMU11 | Lagoa | 77.686 | 168.291 | 97.886 | 0,58 | 67 |
| DMU12 | Madureira | 49.514 | 155.451 | 36.524 | 0,23 | 60 |
| DMU13 | Maré | 1.802 | 64.380 | 16.604 | 0,26 | 58 |

| | | | | | | |
|-------|---------------|---------|---------|--------|------|-----|
| DMU14 | Meier | 103.155 | 132.798 | 52.916 | 0,40 | 58 |
| DMU15 | Pavuna | 31.647 | 51.697 | 11.837 | 0,23 | 68 |
| DMU16 | Penha | 41.639 | 77.493 | 27.736 | 0,36 | 59 |
| DMU17 | Portuária | 30.076 | 44.509 | 15.632 | 0,35 | 58 |
| DMU18 | Ramos | 101.902 | 45.640 | 21.623 | 0,47 | 53 |
| DMU19 | Realengo | 19.432 | 44.007 | 20.812 | 0,47 | 61 |
| DMU20 | Santa Cruz | 31.666 | 80.370 | 29.844 | 0,37 | 100 |
| DMU21 | São Cristóvão | 64.610 | 50.503 | 16.143 | 0,32 | 56 |
| DMU22 | Tijuca | 82.429 | 86.971 | 40.480 | 0,47 | 58 |
| DMU23 | Vigário Geral | 30.706 | 34.729 | 8.237 | 0,24 | 60 |
| DMU24 | Vila Isabel | 37.299 | 131.255 | 49.299 | 0,38 | 63 |

Quadro 6 - Variáveis inseridas na Análise Envoltória de Dados

Fonte: Elaboração própria a partir de PDTU (2003); PDTU (2013) e MTE (2013)

No Quadro 6 a coluna Emp está relacionada à variável Emprego, a coluna TP à variável Transporte Público, a coluna TI à variável Transporte Individual, a coluna TVM à variável Tempo Médio de Viagem e a coluna TI/TP à razão entre a variável TI e TP. Optou-se por aplicar o modelo BCC, pois, como explicado anteriormente, o mesmo considera retornos variáveis de escala, ou seja, permite que as variáveis das DMU que operam com baixos valores de *inputs* não tenham seus pesos reduzidos no cálculo (retornos crescentes de escala), enquanto que as que operam com altos valores não tenham pesos favorecidos nos cálculos (retornos decrescentes de escala). A eficiência das Regiões Administrativas do Rio de Janeiro é alterada pelo efeito de escala, pois é racional supor que o desempenho de cada região pode diferir das demais em função da escala de cada variável.

5 ANÁLISES DE RESULTADOS

Os primeiros capítulos desta dissertação se preocuparam em fornecer subsídios conceituais para redirecionar o embasamento das análises que são feitas neste capítulo. O Capítulo 2 apresentou as diferentes definições de acessibilidade com maior representatividade na literatura. Ainda, foi explanada a discussão acerca da relação entre mobilidade e acessibilidade, se observando a importância de pesquisas voltadas para acessibilidade como resultado da promoção da mobilidade. Além disso, também foi discutida a relevância da seleção de variáveis significativas para aplicação em indicadores que representem a acessibilidade, de forma a influenciar, o planejamento de transportes. Como forma de contribuir para o grupo de pesquisadores de planejamento de transportes, foi realizada uma revisão literária a respeito da ferramenta Análise Envoltória de Dados para posterior aplicação do modelo fornecido por ela.

Assim, esta dissertação, a partir de agora, concentra sua pesquisa em analisar os resultados obtidos através da aplicação do modelo DEA-BCC, para avaliar a eficiência de 24 Regiões Administrativas da cidade do Rio de Janeiro, que apresentaram dados suficientes para a análise, em função da acessibilidade.

5.1 ANÁLISE DAS EFICIÊNCIAS

A partir da aplicação do modelo DEA-BCC e da Avaliação Cruzada, foi elaborada, de uma maneira geral, a Quadro 7 com todos os resultados obtidos na pesquisa. Essa tabela foi organizada, primeiramente, a partir dos quadrantes (advindos da Avaliação Cruzada), reunindo as DMU que integram cada um deles. A partir disso, foram expostos os resultados para cada indicador, nas colunas VEA e VSA (tanto para o modelo DEA-BCC quanto para a Avaliação Cruzada), e então, apresentadas as distribuições de cada variável, demonstradas em tercis.

| Quadrante | | BCC | | A. Cruzada | | Tercil | | |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|------------|-------|--------|-------|-----|
| (Avaliação Cruzada) | Região Administrativa | VEA | VSA | VEA | VSA | Emp | TI/TP | TVM |
| Q I | DMU5 Centro | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,902 | T1 | T1 | T1 |
| | DMU14 Meier | 0,935 | 0,928 | 0,282 | 0,587 | T1 | T2 | T1 |

| Quadrante | | BCC | | A. Cruzada | | Tercil | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------|-------|------------|-------|--------|-------|-----|----|
| (Avaliação Cruzada) | Região Administrativa | VEA | VSA | VEA | VSA | Emp | TI/TP | TVM | |
| Q II | DMU21 | São Cristóvão | 0,996 | 1,000 | 0,192 | 0,581 | T2 | T1 | T1 |
| | DMU12 | Madureira | 1,000 | 1,000 | 0,156 | 0,931 | T2 | T1 | T2 |
| | DMU15 | Pavuna | 1,000 | 1,000 | 0,093 | 0,713 | T3 | T1 | T3 |
| | DMU1 | Bangu | 0,883 | 0,879 | 0,096 | 0,692 | T2 | T1 | T3 |
| | DMU13 | Maré | 1,000 | 1,000 | 0,006 | 0,718 | T3 | T1 | T1 |
| | DMU23 | Vigário Geral | 0,996 | 1,000 | 0,096 | 0,645 | T3 | T1 | T2 |
| | DMU4 | Campo Grande | 0,738 | 0,740 | 0,134 | 0,625 | T2 | T2 | T3 |
| | DMU24 | Vila Isabel | 0,883 | 0,874 | 0,098 | 0,608 | T2 | T2 | T2 |
| | DMU16 | Penha | 0,941 | 0,942 | 0,116 | 0,581 | T2 | T2 | T2 |
| Q III | DMU9 | Irajá | 1,000 | 1,000 | 0,068 | 0,567 | T3 | T2 | T1 |
| | DMU11 | Lagoa | 0,796 | 0,813 | 0,173 | 0,430 | T1 | T3 | T3 |
| | DMU6 | Copacabana | 0,844 | 0,848 | 0,118 | 0,461 | T2 | T3 | T2 |
| | DMU7 | Ilha do Governador | 0,798 | 0,796 | 0,083 | 0,340 | T2 | T3 | T3 |
| | DMU19 | Realengo | 0,859 | 0,896 | 0,049 | 0,409 | T3 | T3 | T2 |
| | DMU17 | Portuária | 0,946 | 0,970 | 0,084 | 0,519 | T3 | T1 | T2 |
| | DMU8 | Inhaúma | 0,934 | 0,953 | 0,063 | 0,503 | T3 | T2 | T1 |
| | DMU20 | Santa Cruz | 0,627 | 0,630 | 0,061 | 0,504 | T3 | T2 | T3 |
| Q IV | DMU2 | Barra da Tijuca | 0,730 | 0,733 | 0,330 | 0,477 | T1 | T3 | T3 |
| | DMU10 | Jacarepaguá | 0,802 | 0,829 | 0,242 | 0,520 | T1 | T3 | T3 |
| | DMU22 | Tijuca | 0,924 | 0,912 | 0,216 | 0,482 | T1 | T2 | T1 |
| | DMU3 | Botafogo | 0,876 | 0,882 | 0,311 | 0,465 | T1 | T3 | T2 |
| | DMU18 | Ramos | 1,000 | 1,000 | 0,282 | 0,425 | T1 | T3 | T1 |

Quadro 7 - Resultado da aplicação do DEA-BCC

Para melhor compreensão dos resultados apresentados na Quadro 7, será explicada, no subitem 5.1.1, as colunas VEA e VSA para o modelo DEA-BCC, concomitantemente com a análise das variáveis em tercis. No subitem 5.1.2, será apresentada a análise das colunas VEA e VSA para a Avaliação Cruzada, combinada com as análises da organização dos quadrantes. Finalmente, no subitem 5.1.3, é realizada uma análise baseada nos alvos gerados pelo modelo DEA-BCC.

5.1.1 RESULTADOS PARA O MODELO DEA-BCC

Como mencionado no Capítulo 4, foram escolhidas como *output* as variáveis Transporte Público (TP) e Emprego (Emp); e como *input* as variáveis Transporte Individual (TI), Tempo Médio de Viagem (TVM) e a razão entre Transporte Individual e Transporte Público (TI/TP). Vale lembrar que, o intuito para que uma DMU se mantenha eficiente, é preservar a maior distância (relação) entre o produto e os insumos, ou seja, entre *output* e *input*. Há também de se ressaltar que, o DEA não foca nos valores absolutos de cada variável, mas sim nessa relação gerada entre elas. Nem sempre um alto valor de *output* demonstra que uma unidade produtiva é eficiente.

Para melhor entendimento desses resultados, as variáveis foram organizadas em tercís, isto é, elas foram divididas em três classes, de igual quantidade de DMU e de acordo com sua grandeza. Por exemplo, as DMU enquadradas no primeiro tercil (T1) da variável Emprego, são as oito Regiões Administrativas com maior número de empregos, bem como as enquadradas no terceiro tercil (T3) são as que apresentaram o menor número de empregos

O Figura 14 apresenta a dispersão dos resultados encontrados pelo modelo DEA-BCC para os indicadores VSA (eixo vertical) e VEA (eixo horizontal).

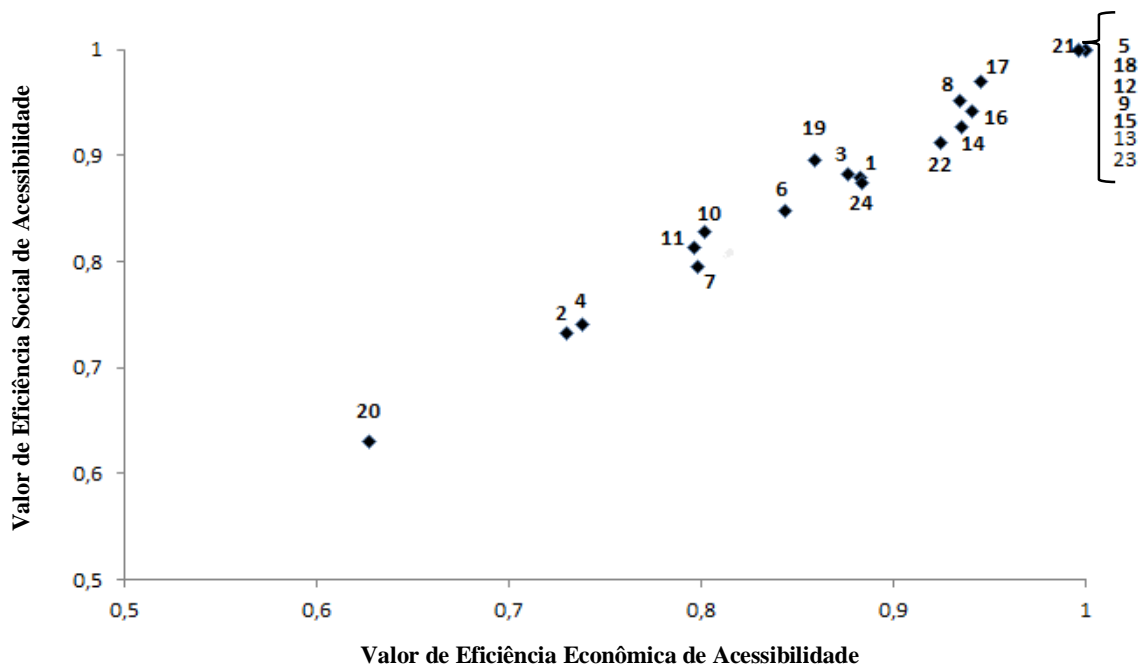


Figura 14 - Resultado dos indicadores após aplicação do DEA-BCC

A DEA considera as Regiões Administrativas Maré (DMU13) e Vigário Geral (DMU23) “falsos positivos”, isto é, as mesmas mostram alta eficiência e alta ineficiência simultaneamente, o que não corresponde a uma eficiência real (Serapião *et al.*, 2003). Isso acontece quando a eficiência padrão e a eficiência invertida, a qual não é apresentada pela análise, atingem 100% de desempenho. Como este trabalho não trata da eficiência invertida, essa questão não será aprofundada e os resultados obtidos por essas DMU são desconsiderados da análise.

Analisando as respostas obtidas pelo modelo DEA-BCC para os indicadores VSA e VEA, pode-se observar, aparentemente, que os pontos se concentram na linha da Função Identidade. Isso ocorre, pois, os valores nos dois indicadores são bem aproximados para todas as DMU. Há duas interpretações para esse acontecimento. A primeira se deve ao fato de a composição dos indicadores gerar uma correlação entre eles: as variáveis TVM e TI são *input* nos dois indicadores e a variável TP está presente no denominador da fração no *input* de VEA e no *output* de VSA, ou seja, o comportamento dessas variáveis exerce a mesma influência no desempenho dos dois indicadores.

Outra possível interpretação para esse fenômeno é que, para as Regiões Administrativas do Rio de Janeiro, quando a acessibilidade é economicamente eficiente, é também socialmente eficiente e vice-versa, lembrando que isso é válido quando considerado o efeito de escala. Essa relação de dependência entre os indicadores revela uma perspectiva interessante, tendo em vista o desenvolvimento de políticas públicas que visem elevar a eficiência, tanto econômica quanto socialmente, de uma determinada região.

Segundo Macário (2016), um conceito-chave benéfico tem sido a economia de tempo de viagem (variável *input* deste trabalho), que é quantificada e valorada para efeitos de avaliação social, mas também para efeitos de avaliação econômica, o que fica alinhado com a pesquisa do presente estudo. Ou seja, a economia na variável Tempo Médio de Viagem, gera o mesmo efeito, seja ele, positivo ou negativo, tanto no indicador VSA quanto no indicador VEA. Também é possível enxergar essa explicação sob a perspectiva oposta, que é em caso de investimentos na eficiência social (por exemplo melhorando a variável Transporte Público). Nessa situação, se pode esperar um aumento na eficiência econômica da região em função da acessibilidade. Essa correlação entre as variáveis não

foi testada neste trabalho, no entanto, fica de sugestão para aprofundamento em pesquisas futuras.

Para efeitos de análise de resultados da DEA, quanto mais próximo o escore for de 1, mais próximo à fronteira a DMU está e mais eficiente ela é.

Observando a Figura 14, constata-se que quanto mais perto do ponto de coordenadas (1,1) do gráfico, maior a eficiência da região. Nesse caso, cinco Regiões Administrativas atingiram a eficiência máxima da mobilidade: Centro (DMU5), Ramos (DMU18), Madureira (DMU12), Irajá (DMU9) e Pavuna (DMU15). Os pontos referentes a elas encontram-se sobrepostos no ponto (1,1) do gráfico. Um fator em comum dessas cinco Regiões Administrativas é o fato da existência de pelo menos uma estação metroferroviária. É possível dizer que a oferta de transporte público de alta capacidade influencia no tempo de viagem e conseqüentemente na escolha do usuário pela não utilização do transporte individual para acesso ao emprego.

Para essas cinco DMU mais eficientes, é realizado nas seções 5.1.1.1 a 5.1.1.5 um foco de abordagem mais detalhado a fim de observar alguma tendência em seus resultados.

5.1.1.1 DMU5 – Centro

A Região Administrativa Centro é composta apenas pelo bairro Centro do Rio de Janeiro. Em 2010, sua população era de 41.142 habitantes, no entanto, esse bairro tem característica predominantemente comercial e turística. Segundo dados do RAIS, o Centro detém um quarto do emprego da cidade (25,37%), e o salário médio é o oitavo maior entre os mais de 160 bairros: R\$ 3.576,98. Com isso, esse bairro recebeu ao longo de anos investimentos na infraestrutura de transporte, possuindo trem, metrô, barca, veículo leve sobre trilhos (VLT) e ciclovia. Além do mais, nos últimos anos, o acesso por carro tem ficado cada vez mais restrito, ou por possuírem ruas que proíbem esse acesso, ou por diversas vagas de estacionamento terem sido reduzidas.

De todo modo, o Centro do Rio de Janeiro é um bairro com uma grande quantidade de emprego e oferta de transporte público. Dessa maneira, não é surpresa a DMU5 ter sido a de maior eficiência e a única que possui três variáveis pertencentes ao tercil 1. Os

indicadores VSA e VEA determinam que o Centro possui a acessibilidade mais eficiente do município do Rio de Janeiro, quando comparada às outras Regiões Administrativas.

5.1.1.2 DMU18 – Ramos

A Região Administrativa de Ramos é composta pelos bairros Olaria, Manguinhos, Bonsucesso e Ramos. Juntos, esses bairros possuem uma renda média de R\$ 2.143,50 (RAIS, 2016) e 90.708 empregos. O sistema viário dessa Região Administrativa integra todo o município do Rio de Janeiro (zonas norte, sul e oeste), com estações de trem e do BRT Transcarioca.

A DMU18 foi prejudicada pelo baixo desempenho da variável TI/TP devido à pouca utilização de transporte público na região em comparação com as demais, apesar da presença do transporte ferroviário acima citado. Inclusive, esse é um fator importante na discussão acerca da baixa utilização desse modo em regiões periféricas do município do Rio de Janeiro, já que esta seria a opção mais indicada para viagens de grandes distâncias. De acordo com Gutierrez *et al.* (2011) a acessibilidade a transportes com trilhos de alta velocidade, depende não apenas do tempo de viagem de estação para estação, mas também dos tempos de acesso e saída, que podem ser fatores determinantes no tempo total de viagem. Uma discussão mais aprofundada sobre o assunto e a relação da escolha desse modo de transporte com a renda do usuário fica de sugestão para estudos futuros.

Quanto à eficiência desta DMU, ainda assim, a DMU18 garante a alta eficiência na acessibilidade por apresentar valores comparativamente elevados nas demais variáveis, tendo inclusive o segundo melhor desempenho na variável TVM.

5.1.1.3 DMU12 – Madureira

Diferentemente da DMU18, a alta eficiência da acessibilidade apresentada pela DMU12, que também conta com a presença do modo ferroviário e BRT, se deu pelo segundo melhor desempenho na variável TI/TP, relacionado à elevada utilização de modos de transporte público na região em comparação com as demais.

Essa Região Administrativa é composta pelos bairros Campinho, Quintino Bocaiúva, Cavalcanti, Engenheiro Leal, Cascadura, Madureira, Vaz Lobo, Turiaçu, Rocha Miranda,

Honório Gurgel, Oswaldo Cruz, Bento Ribeiro e Marechal Hermes. Reunidos, eles apresentam uma renda média de R\$ 2.208,77 e 68.183 empregos.

5.1.1.4 DMU9 – Irajá

A Região Administrativa Irajá reúne os bairros Vila Cosmos, Vicente de Carvalho, Vila da Penha, Vista Alegre, Irajá e Colégio. Essa região possui 36.110 empregos e uma renda média mensal de R\$ 2.651,67. Seu sistema viário possui oferta de metrô e BRT.

A DMU9, apesar do baixo número de empregos e desempenho médio na variável TI/TP, apresentou o melhor resultado para a variável TVM, garantindo a alta eficiência da acessibilidade. A utilização tanto do transporte individual quanto do público nessa região está na média em relação às demais regiões, o que deve explicar o desempenho médio da variável TI/TP. Irajá é a única região com eficiência máxima da acessibilidade com modo metroviário em vez de ferroviário.

5.1.1.5 DMU15 – Pavuna

Em comparação com as demais regiões, a DMU15 obteve o melhor resultado para a variável TI/TP devido à baixa utilização do transporte individual nessa região, possivelmente por ter a menor renda média de sua população dentre as cinco DMU apresentadas até então, R\$ 1.402,67. Esse fato pode afetar a posse e o uso do automóvel.

A Região Administrativa Pavuna agrupa os bairros Coelho Neto, Acari, Barros Filho, Costa Barros, Pavuna e Parque Colúmbia. A oferta de emprego na região é de 29.013 empregos, que também o menor valor quando comparado às outras quatro regiões com maiores eficiências. Nessa localidade, o uso do transporte público também se apresentou baixo, o que pode explicar o quarto pior desempenho do TVM. No entanto, essa DMU é um exemplo de que, para o modelo DEA-BCC, a eficiência não está diretamente relacionada ao valor absoluto de cada variável, mas sim, na distância entre as variáveis dentro do indicador aplicado ao modelo.

Dessa maneira, observa-se que para as 4 Regiões Administrativas que obtiveram máxima eficiência, exclusive DMU5 (Centro), se pode afirmar que as variáveis com baixo

desempenho não tiveram peso significativo no cálculo da eficiência, ao passo que as variáveis com bom desempenho tiveram peso elevado. Isso ocorre devido ao efeito escala.

As cinco DMU apresentadas nos itens 5.1.1.1 ao 5.1.1.5, foram as DMU com maior eficiência. Nos itens 5.1.1.6 ao 5.1.1.8 são apresentadas as DMU que obtiveram as piores eficiências do município do Rio de Janeiro.

5.1.1.6 DMU20 – Santa Cruz

A Região Administrativa Santa Cruz é composta pelos bairros Paciência, Santa Cruz e Sepetiba. A quantidade de empregos na região é de 36.184 e sua renda média R\$ 1.438,00.

Santa Cruz foi a região que apresentou menor eficiência, cuja variável TVM é a pior entre todas as regiões. Esse fato pode ocorrer por Santa Cruz ser uma das regiões mais populosas da cidade do Rio de Janeiro, e ao mesmo tempo, pela sua vasta extensão, uma das menos densamente povoadas, o que faz com que seus moradores tenham que realizar grandes deslocamentos. Somado a isso, Santa Cruz é a Região Administrativa mais distante fisicamente da região central do município, a qual reúne a maior oferta de empregos, enquanto Santa Cruz detém uma quantidade pequena de empregos. Esse fato pode justificar a baixa eficiência no acesso ao emprego, os quais não estão localizados nessa mesma região, em sua maioria.

5.1.1.7 DMU2 – Barra da Tijuca

A Região Barra da Tijuca engloba os bairros Joá, Itanhangá, Barra da Tijuca, Camorim, Vargem Pequena, Vargem Grande, Recreio dos Bandeirantes e Grumari. Essa região apresentou valores muito baixos para as variáveis TVM e TI/TP. Esse resultado poderia ser esperado, isso porque a região apresenta a maior renda média se comparada aos bairros expostos até então, de R\$ 5.992,00, o que possibilita a maior facilidade para posse de carro. Além disso, a oferta de transporte público na região é baixa, o que aumenta também o estímulo ao uso do transporte individual.

5.1.1.8 DMU4 – Campo Grande

Essa região obteve o segundo pior TVM e a terceira pior eficiência. É uma região composta pelos bairros Santíssimo, Campo Grande, Senador Vasconcelos, Inhoaíba e Cosmos. A renda média mensal é de R\$ 1.749,60 e detém 77.707 empregos na região. Para os dois indicadores (VEA e VSA) ela apresenta a segunda pior colocação para a variável TVM, tendo que reduzir 21% e 20%, se comparada às outras DMU. Um fato que pode ser relacionado a isso é a distância da região à área central da cidade, a qual comporta o maior número de empregos, analogamente ao caso de Santa Cruz. No entanto, a variável TVM foi a única que apareceu no tercil 3, a mantendo no segundo quadrante, e o que corrobora a melhoria da eficiência da região ser focada na variável TVM. No entanto, essa afirmação será analisada e, talvez corroborada, por meio da análise de alvos, que avalia o desempenho de cada variável especificamente.

5.1.2 RESULTADOS PARA A AVALIAÇÃO CRUZADA

A Figura 15 apresenta os resultados obtidos com a aplicação da Avaliação Cruzada, as fronteiras desenhadas pelas médias dos indicadores delimitam a área de quatro quadrantes, o que também facilita a compreensão das diferenças entre as eficiências estimadas.

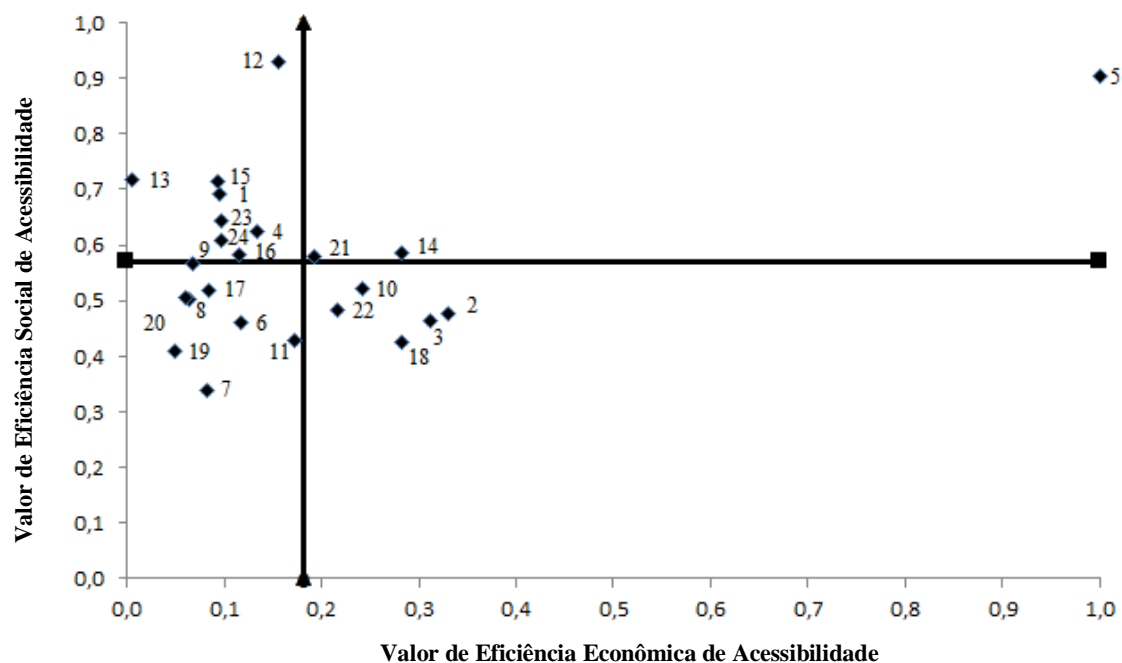


Figura 15 - Resultado dos indicadores após a aplicação da Avaliação Cruzada e suas médias

De antemão, é importante destacar que, diferentemente do ocorrido na DEA, na Avaliação Cruzada as DMU obtiveram resultados consideravelmente discrepantes para os dois indicadores.

A análise de tercil pode indicar qual variável prejudica ou favorece a eficiência da DMU. Porém, é importante lembrar que esta é uma análise comparativa, ou seja, quando a acessibilidade de uma determinada região é definida como eficiente, significa que ela é eficiente frente às demais regiões e de acordo com os indicadores propostos.

Em relação aos tercils correspondentes de cada variável, observam-se desempenhos semelhantes entre DMU localizadas no mesmo quadrante no gráfico. As Regiões Administrativas do Quadrante I (Centro, Méier e São Cristóvão), por exemplo, são mais eficientes que as demais nos dois indicadores e apresentam a maior parte das variáveis no tercil 1. As do Quadrante II são eficientes quanto ao indicador VSA e as do Quadrante IV em relação ao indicador VEA.

Por fim, as regiões do Quadrante III são as menos eficientes em comparação com as demais. Como esperado, mais da metade das variáveis dessas regiões pertencem ao tercil 3, isto é, apresentam valores ruins se comparados com as outras (baixo Emprego e elevado TI/TP e TVM). Destaca-se a Ilha do Governador (DMU7), Realengo (DMU19) e Santa Cruz (DMU20), as quais não apresentam variáveis no tercil 1 e são as menos eficientes. É interessante observar que cada uma dessas eficiências foi prejudicada por uma variável diferente e que, com a análise de alvos, se pode compreender melhor o quão essa determinada variável influenciou na eficiência. A Região Administrativa Santa Cruz apresenta a pior eficiência tanto para o modelo DEA-BCC quanto para a Avaliação Cruzada. No item 5.1.3, será discutido o que pode ser melhorado nessa região, em termos das variáveis selecionadas, para aumentar a eficiência.

Destaca-se ainda o Centro (DMU5) com a melhor eficiência para os dois indicadores, assim como na DEA e única região com todas as variáveis no tercil 1, como já era esperado.

5.1.3 ANÁLISE DOS ALVOS

A aplicação modelo DEA-BCC, além de apontar as eficiências de cada DMU, também resulta na produção de “unidades-alvo”, onde são identificadas as DMU para as quais esta unidade é ineficiente. Com isso, são expostos os níveis que as variáveis devem atingir para que as DMU ineficientes alcancem a fronteira de eficiência.

Isto posto, o Quadro 8 e o Quadro 9, e a Figura 16 e a Figura 17, apresentam para cada indicador (VEA e VSA) o quanto cada variável precisa “mudar” para atingir a eficiência das DMU eficientes, em porcentagens. Sempre importante ressaltar que, este é um método comparativo, então, essas DMU precisam melhorar x% em relação à DMU que foi considerada eficiente, e não, melhorar x% para se tornar simplesmente eficiente.

O Quadro 8 apresenta os resultados para alcance dos alvos no indicador VEA, em ordem crescente por variável. Primeiro, a tabela foi organizada em ordem crescente em relação aos percentuais obtidos para a variável TI/TP, ou seja, da pior DMU (valores negativos) para as mais eficientes (0%). Posteriormente, organizada da mesma maneira em relação à variável TVM.

Para ambos os indicadores, é dado um enfoque maior para às DMU que apresentaram necessidade de redução maior que 10% (exclusivamente) em alguma das variáveis. Com isso, são detalhadas as DMU2 (Barra da Tijuca), DMU3 (Botafogo), DMU4 (Campo Grande), DMU6 (Copacabana), DMU7 (Ilha do Governador), DMU10 (Jacarépaguá), DMU11 (Lagoa) e DMU20 (Santa Cruz).

Nas Figura 16 e Figura 17, as DMU que se encontram dentro do círculo assinalado, apresentam necessidades de alcance ao alvo de até 10%, inclusive as DMU eficientes (que apresentam todas as suas variáveis com necessidade mudanças de 0%, como deve ser, já que são as DMU eficientes). Como a orientação do modelo foi dada à *input*, a análise de necessidade de mudanças nas variáveis está focada nas variáveis de entrada.

5.1.3.1 DMU7 – Ilha do Governador

Pode-se perceber, no caso da variável VEA, que a DMU7 (Ilha do Governador) é a que mais necessita de redução na sua variável TI/TP, de 27%, em relação às DMU eficientes. Este resultado corrobora o que antes foi apresentado em quadrantes e tercis. A DMU7 ficou posicionada no terceiro quadrante, ou seja, o menos eficiente em comparação com

as demais, e com as duas variáveis pertencentes ao tercil 3. A região, que é dotada de apenas 56.904 empregos, induz os seus moradores a se deslocarem para fora da região cotidianamente, e em grande parte, de transporte individual.

| Região Administrativa | | TI/TP | TVM | Região Administrativa | | TI/TP | TVM |
|-----------------------|--------------------|-------|------|-----------------------|--------------------|-------|------|
| DMU7 | Ilha do Governador | -27% | -13% | DMU 20 | Santa Cruz | -14% | -37% |
| DMU2 | Barra da Tijuca | -14% | -20% | DMU4 | Campo Grande | -9% | -21% |
| DMU 20 | Santa Cruz | -14% | -37% | DMU2 | Barra da Tijuca | -14% | -20% |
| DMU 11 | Lagoa | -13% | -14% | DMU 11 | Lagoa | -13% | -14% |
| DMU 10 | Jacarépaguá | -10% | -13% | DMU7 | Ilha do Governador | -27% | -13% |
| DMU4 | Campo Grande | -9% | -21% | DMU 10 | Jacarépaguá | -10% | -13% |
| DMU6 | Copacabana | -9% | -10% | DMU6 | Copacabana | -9% | -10% |
| DMU3 | Botafogo | -9% | -8% | DMU 19 | Realengo | -8% | -9% |
| DMU 19 | Realengo | -8% | -9% | DMU3 | Botafogo | -9% | -8% |
| DMU 24 | Vila Isabel | -4% | -7% | DMU1 | Bangu | -4% | -8% |
| DMU1 | Bangu | -4% | -8% | DMU 24 | Vila Isabel | -4% | -7% |
| DMU 22 | Tijuca | -4% | -4% | DMU 22 | Tijuca | -4% | -4% |
| DMU8 | Inhaúma | -3% | -4% | DMU8 | Inhaúma | -3% | -4% |
| DMU 14 | Meier | -3% | -4% | DMU 14 | Meier | -3% | -4% |
| DMU 16 | Penha | -2% | -3% | DMU 16 | Penha | -2% | -3% |
| DMU 17 | Portuária | -2% | -3% | DMU 17 | Portuária | -2% | -3% |
| DMU 21 | São Cristóvão | 0% | 0% | DMU 23 | Vigário Geral | 0% | 0% |
| DMU 23 | Vigário Geral | 0% | 0% | DMU 21 | São Cristóvão | 0% | 0% |
| DMU5 | Centro | 0% | 0% | DMU5 | Centro | 0% | 0% |
| DMU 9 | Irajá | 0% | 0% | DMU 9 | Irajá | 0% | 0% |
| DMU 12 | Madureira | 0% | 0% | DMU 12 | Madureira | 0% | 0% |
| DMU 13 | Maré | 0% | 0% | DMU 13 | Maré | 0% | 0% |
| DMU 15 | Pavuna | 0% | 0% | DMU 15 | Pavuna | 0% | 0% |
| DMU 18 | Ramos | 0% | 0% | DMU 18 | Ramos | 0% | 0% |

Quadro 8 - Resultados para alcance dos alvos para o indicador VEA, em ordem decrescente, por variável

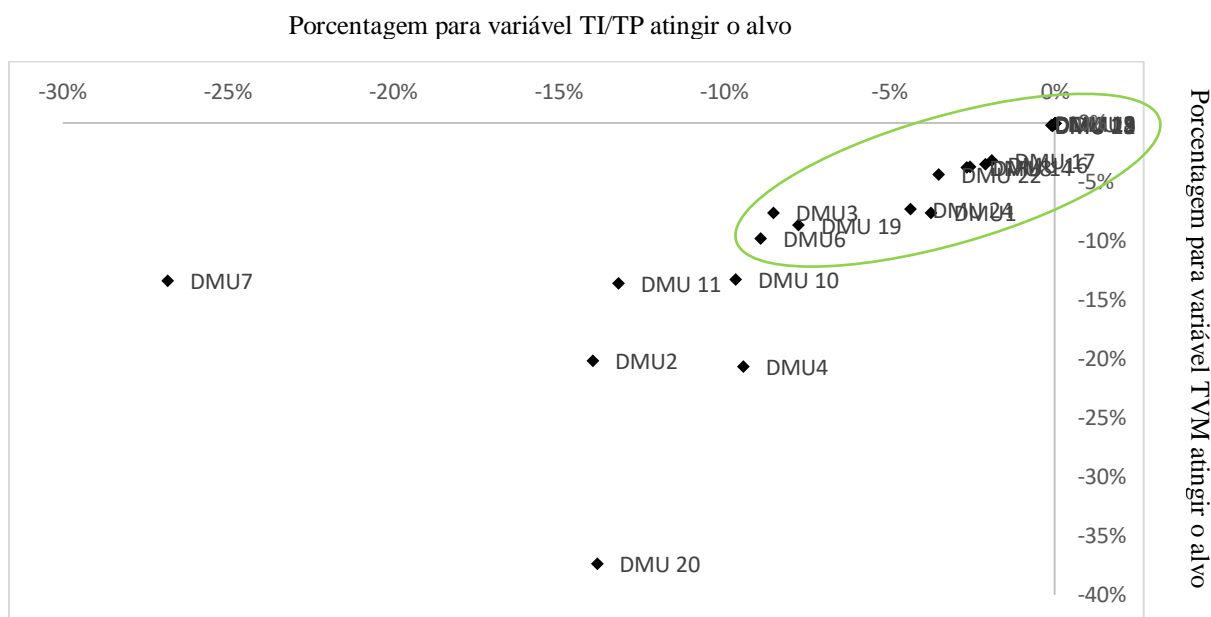


Figura 16 - % para atingir o alvo no indicador VEA

Somado a isso, o acesso à região é restrito em termos físicos, já que possui praticamente uma ponte, para o modo rodoviário, o que faz com que os residentes passem grande parte do seu deslocamento em congestionamentos, o que pode justificar a alta necessidade de redução da variável TVM. Além do mais, observa-se que a renda média é alta se comparada às outras DMU de baixa eficiência (R\$ 3.433,00), o que justifica um poder aquisitivo acessível para posse de transporte individual.

Então, mantendo o *output* (Emprego) fixo, a DMU7 necessita reduzir 27% a relação entre transporte individual e transporte público, ou seja, reduzir a média de viagens de transporte individual e/ou aumentar a média de viagens de transporte público, ao passo que, deve reduzir em 13% do tempo de viagem médio, para conseguir alcançar as DMU eficientes.

Quanto à variável VSA, a DMU7 também apresenta grande necessidade de ajuste de suas variáveis de entrada. Nesse caso, mantendo-se o *output* (média de viagens por Transporte Público), se deve reduzir em 18% as viagens de transporte individual e em 13% a média de tempo de viagem. A oferta de transporte público na região é precária, possuindo poucas linhas de ônibus e mau aproveitamento do transporte aquaviário.

5.1.3.2 DMU20 – Santa Cruz

A Região Administrativa de Santa Cruz já foi abordada na seção 5.1.1.6, onde se pôde perceber que esta foi a região de menor eficiência, cuja variável TVM é a pior entre todas as regiões. Isso se apresenta novamente nesta análise, a qual mostra que a região deve reduzir em 37% a variável TVM tanto em relação ao indicador VEA, em caso de manutenção da variável Emprego, quanto em relação ao indicador VSA (mantendo a variável TP fixa). Esse fenômeno corrobora os mesmos motivos apresentados no item 5.1.1.6., os quais explicam que Santa Cruz é uma das regiões mais populosas da cidade, no entanto, uma das menos densamente povoadas, o que faz com que seus moradores tenham que realizar grandes deslocamentos. Somado a isso, Santa Cruz é a Região Administrativa mais distante da região central do município, a qual reúne a maior oferta de empregos, enquanto Santa Cruz detém uma quantidade pequena de empregos.

5.1.3.3 DMU2 – Barra da Tijuca

A Região Administrativa Barra da Tijuca, também já foi abordada anteriormente, no item 5.1.1.7, por ter aparecido com uma das DMU com pior eficiência e com as variáveis TVM e TI/TP muito baixas. Agora, na análise de alvos, ela apresentou a necessidade de redução de 38% na variável TI para o indicador VSA, o terceiro pior do grupo de DMU, ficando atrás apenas da Lagoa e Jacarépaguá. Isso pode ser justificado pelo alto uso de transporte individual, devido ao maior poder aquisitivo dessas regiões.

5.1.3.4 DMU 11 – Lagoa

A Lagoa é uma região administrativa que comporta os bairros Ipanema, Leblon, Lagoa, Jardim Botânico, Gávea, Vidigal e São Conrado, reunindo a maior renda média da cidade, de R\$ 9.912,00. Enquanto isso, a Lagoa se apresenta como a região com maior necessidade de redução da variável TI para o indicador VSA (42%). Ou seja, apesar dessa região administrativa ter uma boa oferta de transporte público, por reunir uma boa malha metroferroviária e grande número de linhas de ônibus, o uso do automóvel ainda é muito alto, o que torna a região pouco eficiente.

| Região Administrativa | | TI | TVM | Região Administrativa | | TI | TVM |
|-----------------------|--------------------|------|------|-----------------------|--------------------|------|------|
| DMU 11 | Lagoa | -42% | -12% | DMU 20 | Santa Cruz | -11% | -37% |
| DMU 10 | Jacarépaguá | -40% | -11% | DMU4 | Campo Grande | -15% | -20% |
| DMU2 | Barra da Tijuca | -38% | -20% | DMU2 | Barra da Tijuca | -38% | -20% |
| DMU3 | Botafogo | -35% | -7% | DMU7 | Ilha do Governador | -18% | -13% |
| DMU7 | Ilha do Governador | -18% | -13% | DMU 11 | Lagoa | -42% | -12% |
| DMU6 | Copacabana | -17% | -10% | DMU 10 | Jacarépaguá | -40% | -11% |
| DMU4 | Campo Grande | -15% | -20% | DMU6 | Copacabana | -17% | -10% |
| DMU 20 | Santa Cruz | -11% | -37% | DMU 24 | Vila Isabel | -6% | -8% |
| DMU 24 | Vila Isabel | -6% | -8% | DMU1 | Bangu | -5% | -8% |
| DMU 14 | Meier | -6% | -4% | DMU3 | Botafogo | -35% | -7% |
| DMU1 | Bangu | -5% | -8% | DMU 19 | Realengo | -2% | -6% |
| DMU 22 | Tijuca | -4% | -5% | DMU 22 | Tijuca | -4% | -5% |
| DMU 19 | Realengo | -2% | -6% | DMU 14 | Meier | -6% | -4% |
| DMU 16 | Penha | -2% | -3% | DMU 16 | Penha | -2% | -3% |
| DMU8 | Inhaúma | -1% | -3% | DMU8 | Inhaúma | -1% | -3% |
| DMU 17 | Portuária | 0% | -2% | DMU 17 | Portuária | 0% | -2% |
| DMU5 | Centro | 0% | 0% | DMU5 | Centro | 0% | 0% |
| DMU 9 | Irajá | 0% | 0% | DMU 9 | Irajá | 0% | 0% |
| DMU 12 | Madureira | 0% | 0% | DMU 12 | Madureira | 0% | 0% |
| DMU 13 | Maré | 0% | 0% | DMU 13 | Maré | 0% | 0% |
| DMU 15 | Pavuna | 0% | 0% | DMU 15 | Pavuna | 0% | 0% |
| DMU 18 | Ramos | 0% | 0% | DMU 18 | Ramos | 0% | 0% |
| DMU 21 | São Cristóvão | 0% | 0% | DMU 21 | São Cristóvão | 0% | 0% |
| DMU 23 | Vigário Geral | 0% | 0% | DMU 23 | Vigário Geral | 0% | 0% |

Quadro 9 - Resultados para alcance dos alvos para o indicador VSA, em ordem decrescente, por variável

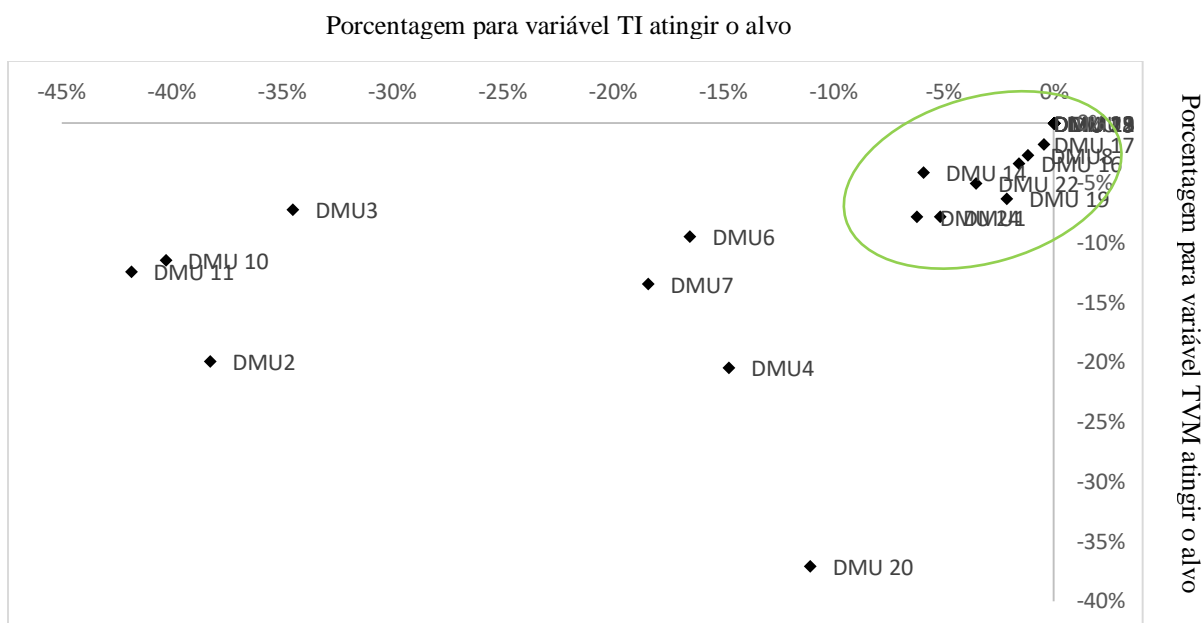


Figura 17 - % para atingir o alvo no indicador VSA

A relação TI/TP para o indicador VEA precisa ser reduzida em 13% se a variável Emprego for mantida fixa. Essa redução, mesmo que alta, pode ser menor que a redução para o indicador VSA por dois motivos: ou pela proximidade da região ao Centro da cidade (região com maior número de empregos), ou pela própria região possuir um grande número de empregos, 84.544, o que faz com que seus moradores não tenham que se deslocar em grandes distâncias. Isso pode iluminar mais ainda a questão da ineficiência da região, ou seja, seus moradores, mesmo se deslocando em pequenas distâncias e tendo uma boa oferta de transporte público, preferem utilizar o transporte individual no trajeto casa-trabalho, o que faz com que a acessibilidade na região seja ineficiente comparada às outras.

5.1.3.1 DMU10 – Jacarépaguá

A Região Administrativa Jacarépaguá engloba os bairros Jacarépaguá, Anil, Gardênia Azul, Curicica, Freguesia, Pechincha, Taquara, Tanque, Praça Seca e Vila Valqueire. O número de empregos na região é 128.194 e tem uma renda média R\$ 3.278,00. O maior esforço apresentado para a Região Administrativa Jacarépaguá é na variável TI para o indicador VSA, de 40%, o segundo maior de todas as DMU. Novamente, isso pode estar

relacionado ao alto uso de transporte individual na região, que não possui uma oferta de transporte pública variada, o que faz com que o acesso à região seja ruim.

5.1.3.2 DMU4 – Campo Grande

Campo Grande é uma região administrativa que também foi já abordada anteriormente, na seção 5.1.1.8. Para os dois indicadores (VEA e VSA) ela apresenta a segunda pior colocação para a variável TVM, tendo que reduzir 21% e 20%, se comparada às outras DMU. Um fato que pode ser relacionado a esse comportamento é a distância da região à área central da cidade, a qual comporta o maior número de empregos (mesmo caso de Santa Cruz). No entanto, a variável TVM foi a única que apareceu no tercil 3, a mantendo no segundo quadrante, e o que corrobora a melhoria da eficiência da região ter que ser focada na variável TVM. Então, as políticas públicas devem ser pensadas nesse sentido.

5.1.3.3 DMU3 – Botafogo

Os bairros Flamengo, Glória, Laranjeiras, Catete, Cosme Velho, Botafogo, Humaitá e Urca são abrangidos pela Região Administrativa Botafogo, a qual possui um elevado número de empregos, 148.052, e uma renda média de R\$ 7.106,38. Botafogo apenas apareceu com uma eficiência ruim nesta análise na variável TI do indicador VSA, com uma necessidade de redução de 35% no número de viagens por transporte individual para melhoria na sua eficiência em relação à acessibilidade da região.

Neste caso, é viável ter a mesma linha de pensamento do item 5.1.3.4 (DMU11 – Lagoa), ou seja, uma região que possui alto poder aquisitivo, uma boa oferta de transporte público, bem como uma boa oferta de empregos, e próxima fisicamente à área central da cidade, mas ainda assim é uma região ineficiente perante às outras pelo alto uso do transporte individual.

5.1.3.4 DMU6 – Copacabana

Copacabana apenas apresentou um alto índice de porcentagem na variável TI (-17%) para o indicador VSA, o que não é tão alto se comparado às outras regiões até então avaliadas. Na análise apresentada na Figura 14, Copacabana apareceu no terceiro quadrante na (o pior) justamente pelo baixo desempenho da variável TI/TP no tercil 3. E agora, com a

análise de alvos, pode-se afirmar que isso se deve ao elevado uso do transporte individual na região, o que deve ser o foco nas mitigações a serem realizadas na cidade pelo poder público.

Diante do exposto, a análise de alvos se mostra de extrema importância quando combinada com a análise das eficiências em si, porque é possível enxergar onde se deve alterar e implantar políticas públicas e medir esforços para melhoria da eficiência de determinada DMU, com foco na variável que torna a DMU mais ineficiente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns autores têm procurado compreender e explicar as tendências observáveis nos trajetos casa-trabalho das pessoas através do uso de medidas de acessibilidade, para, assim, quantificar o estado do equilíbrio entre emprego e moradia em uma região. Além do mais, foi apresentado no início deste estudo que existe uma mudança de paradigma, onde a mobilidade, em seus moldes tradicionais, começa a dar espaço para a acessibilidade como elemento do planejamento dos transportes. Somado a isso, a existência de lacunas na percepção material e na valorização da acessibilidade, e conseqüentemente, em sua representação global, instigou a busca pela maior compreensão de seu conceito. Admitindo-se esta ideia, foi iniciada uma revisão da literatura com foco na acessibilidade, para entender melhor suas diversas abordagens e buscar uma definição reconhecida academicamente para este trabalho.

Do mesmo modo, a grande dependência das viagens casa-trabalho à acessibilidade ao emprego, fez perceber que seu entendimento tem grande potencial de contribuição em relação à capacidade de implantação de modelos mais eficientes de planejamento dos transportes e uso do solo. Em paralelo, condições de viagens mais sustentáveis vem se mostrando de extrema importância para o desenvolvimento sustentável das cidades.

Então, com base na revisão bibliográfica apresentada e com uso da Análise Envoltória de Dados, da Avaliação Cruzada e da análise de alvos, foi possível atingir o objetivo central do presente trabalho de avaliar as eficiências das Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro em função da acessibilidade, existentes em cada uma delas. Nesse processo utilizaram-se a DEA no modelo BCC e a Avaliação Cruzada para a criação de indicadores que pudessem expressar a acessibilidade nessas regiões.

Os resultados apresentados se mostraram consistentes e fornecem informações relevantes no que diz respeito tanto ao planejamento de transportes, por subsidiar informações para tomadas de decisões na sua infraestrutura e serviços (implementando, por exemplo, uma rede estruturante de transporte público baseada nas modalidades de maior capacidade, mais equitativa, qualificada e integrada), quanto para o planejamento do uso do solo (promovendo, por exemplo, novas centralidades e uma distribuição mais equilibrada dos empregos).

As Regiões Administrativas que se mostraram mais eficientes na aplicação do modelo DEA-BCC foram: Centro (DMU5), Ramos (DMU18), Madureira (DMU12), Irajá (DMU9) e Pavuna (DMU15). Um fator em comum dessas cinco regiões é o fato da existência de pelo menos uma estação metroferroviária, sendo possível dizer que a oferta de transporte público de alta capacidade influencia no tempo de viagem e consequentemente na escolha do usuário pela não utilização do transporte individual para acesso ao emprego.

É interessante observar que, com a combinação das três análises realizadas neste trabalho (modelo DEA-BCC, Avaliação Cruzada e análise de alvos para as variáveis), tornou possível visualizar um fator em comum em quase todas as regiões da cidade, o alto uso do transporte individual. Seja em regiões de maior poder aquisitivo ou menor poder aquisitivo, seja em regiões afastadas ou próximas à área central, o uso do carro se mostra muito presente no padrão de mobilidade do munícipe carioca. Com isso, é viável conceber que esse padrão comportamental afeta diretamente no aumento da ineficiência de cada região. O melhor exemplo é a DMU3 (Botafogo), que é uma região com alto poder aquisitivo, uma boa oferta de transporte público, bem como uma boa oferta de empregos, e próxima fisicamente à área central da cidade, porém é uma região ineficiente (com necessidade de redução de 35% da variável TI) perante às outras pelo alto uso do transporte individual.

As variáveis Tempo Médio de Viagem (TVM) e média de viagens realizadas por Transporte Público (TP) se mostraram exatamente como apresentadas na revisão bibliográfica sobre os componentes da acessibilidade, podendo ser variáveis que representam a componente temporal, de transporte, individual ou uso do solo. Mais importante que isso, pode-se afirmar que os resultados encontrados para a eficiência dessas variáveis são reflexo do cotidiano na cidade do Rio de Janeiro, com muitos congestionamentos, centralidades dispersas e carente de integração viária e no planejamento de transportes.

Portanto, estas técnicas permitem articular condições de acessibilidade (envolvendo a facilidade de alcançar atividades representada por indicadores de transporte e uso do solo) bem como a mobilidade expressa por padrões de viagens. Nesse sentido, contribuem na melhor compreensão das condições que influenciam na acessibilidade e

consequentemente na mobilidade das regiões estudadas. Esse último fator, inclusive, atende ao que diz a Lei Federal nº 12.587/2012 – “Lei da Mobilidade”.

A título de exemplo, pode-se hierarquizar as regiões, identificar quais as mais e as menos eficientes e determinar as variáveis que influenciam nesse desempenho, permitindo elaborar estratégias para reverter este quadro, principalmente no que diz respeito às localidades mais críticas quanto a sua eficiência.

O trabalho ainda apresenta uma abordagem alternativa por meio da utilização da DEA e Avaliação Cruzada no estudo da acessibilidade e pretende, com isso, incentivar novos trabalhos ao mostrar que é possível obter resultados plausíveis e coesos. Foi permitido identificar variáveis, criar indicadores e analisá-los por meio da eficiência das unidades produtivas. Entretanto, esta abordagem apenas complementa e agrega-se às existentes, dentre as quais destacam-se os modelos integrados revisados por Sousa *et al.* (2017), reconhecendo-se a complexidade e o desafio que envolve melhor entender a relação entre transporte e uso do solo, como que isto interfere na realização das atividades desejadas e na promoção de uma mobilidade e um desenvolvimento mais sustentáveis, provenientes de uma boa acessibilidade. Foi mostrado que a DEA e a Avaliação Cruzada apresentam resultados discrepantes entre si, devido às consideráveis diferenças de metodologia de cálculo. As regiões Portuária (DMU17) e Realengo (DMU19), por exemplo, apresentam, ainda que em diferente proporção, alta eficiência na primeira análise, quando considerado o efeito de escala e pouco eficiente na segunda, quando suas eficiências são comparadas com as demais regiões de forma conjunta. No entanto, nenhuma das duas regiões apresentaram necessidade maior que 10% em nenhuma das variáveis para alcance da fronteira de eficiência. A região Centro (DMU5) se mostrou eficiente nas duas abordagens, devido ao fato de apresentar as melhores variáveis, ao contrário de Santa Cruz, considerada uma das menos eficientes também nas duas abordagens e com maior necessidade de redução da variável TVM para os dois indicadores.

A maior parte dos dados utilizados para compor as variáveis foram obtidos de pesquisas Origem-Destino realizadas há mais de cinco (2013) e dez (2003) anos, o que pode interferir na confiabilidade dos valores inseridos no modelo, com consequências nos resultados da análise e nas conclusões obtidas. A produção desse tipo de dados na escala do PDTU ainda é pouco valorizada no Brasil e por isso é provável que passe por alguns

aprimoramentos, o que deverá gerar dados mais concisos e possibilitará novos ajustes. Além disso, novas estruturas de transporte foram instaladas no Rio de Janeiro nos últimos anos com foco nos eventos esportivos que ocorreram no município, como linhas de BRT e VLT e, por isso, uma nova análise com dados mais atualizados devem resultar em diferentes conclusões.

Como todo trabalho, existiram algumas limitações, como, por exemplo, os empregos informais não foram considerados neste estudo, por não haver uma fonte de dados com essa informação. Por decorrência desse fato, Regiões Administrativas importantes e com grande influência para a cidade, como Rio Comprido (Cidade Nova, Estácio, Rio Comprido e Catumbi), não puderam ter suas eficiências analisadas. É importante ressaltar, que, se essas regiões tivessem feito parte da análise central do trabalho, os resultados teriam sido outros, e talvez, outras DMU diferentes teriam sido consideradas eficientes. Isso, porque, a Análise Envoltória de Dados é um método comparativo.

Diante de todo o conteúdo apresentado neste trabalho, se pode concluir que há poucas análises semelhantes para os sistemas brasileiros, e que, por sua vez, possuem longo histórico de ineficiência e oferta de serviço de baixa qualidade. Com isso, foram alcançados também os objetivos secundários, que foram (i) discutir acerca da qualidade dos sistemas de transporte no município do Rio de Janeiro; (ii) melhor compreender as oportunidades de acesso ao emprego e ao transporte público no município do Rio de Janeiro; e (iii) contribuir com a utilização de uma ferramenta pouca utilizada em planejamento de transportes.

Por fim, como sugestão para futuros trabalhos, indica-se a utilização de outras variáveis que representem a acessibilidade, como por exemplo o emprego per capita, e também a utilização de indicadores referentes à outras atividades (como número de matrículas escolares no caso do ensino) e variáveis de caráter socioeconômico, o desenvolvimento de indicadores de outras naturezas (como a ambiental), e a análise de outros dados resultantes da DEA, como a fronteira invertida e *benchmark*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, C. M. M.; Azambuja, A. M. V.; Lima, M. L. P. de. (2011) *Aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência em portos brasileiros*. Revista de Literatura de Transportes, São José do Campos, v. 5, n. 4, p. 88-102. DOI: 10.11606/d.18.2017.tde-25092017-112048

Alcantara, A. A. M.; Sant'Anna, A. P. (2002). *Medindo Eficiência em Desenvolvimento de Sistemas*. Produção, v.11, n; 2. DOI: 10.1590/s0103-65132001000200006

Antunes, C. H.; Lins, M. P. E.; Meza, L. A. (2000) *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio à Decisão*. Editora da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

Banker, R.D.; Charnes, A.; Cooper, W.W. (1984) *Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis*. Management Science, v. 30, n. 9, p. 1078-1092. DOI: 10.1287/mnsc.30.9.1078

Barba-Romero, S.; Pomerol, J.C. (1997) *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos e utilización práctica*. Colección de Economía de Universidad de Alcalá, Madrid.

Bertolini, L. (2017) *Planning the mobile metropolis – Transport for People, Places and the Planet*. Macmillan education – Palgrave, 253 p. DOI: 10.1080/01441647.2017.1355856

Bhat, C. *et al.* (2000) *Development of an urban accessibility index: literature review*. Austin: University of Texas.

Boussauw, K., Neutens, T., Witlox, F. (2010) *Spatial variations of the minimum home-to-work distance in the north of Belgium*. TRB Annual Meeting.

Bureau of Transport Statistics. (2013) *Household Travel Survey report: Sydney 2012/13*. Sydney.

Calvo, M. C. M. (2002) *Hospitais públicos e privados no Sistema Único de Saúde do Brasil: o mito da eficiência privada no estado de Mato Grosso em 1998*. 223 p. Tese

(Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

Carroll, J., (1949). *Some aspects of the home: work relationship of industrial workers*. Land Econ. 25, 414-422.

Censo Demográfico 2010. *Informações dos Bairros e Regiões Administrativas*. IBGE, 2011. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em 20 de março de 2017.

Central (2005) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro: resultado da pesquisa Origem/Destino*. Rio de Janeiro.

Cervero, R. B., Rood, T., Appleyard, B. (1999) *Tracking accessibility: employment and housing opportunities in the San Francisco Bay Area*. Environ. Plann A31, 1259-1278.

Cervero, R. B., Duncan, M. (2006) *Which reduces vehicle travel more: jobs-housing balance or retail-housing mixing?* Journal of the American Planning Association, 72.

Cervero, R. B. (2013) *Linking Urban Transport and Land Use in Developing Countries*. Journal of Transport and Land Use. Minneapolis, Jan., p. 7-24. DOI: 10.5198/jtlu.v6i1.425

Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E. (1978) *Measuring the efficiency of decision making units*. European Journal of Operational Research, v. 2, p. 429–444. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8

Cheng, J., Bertolini, I. Le Clercq, F. (2007) *Measuring sustainable accessibility*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1: 16-25.

Chu, X.; Fielding, G. J.; Lamar, B.W. (1992) *Measuring transit performance using data envelopment analysis*. Transportation Research, v. 26A, n. 3, p. 223–230.

Costa, M. (2008) *Um índice de mobilidade urbana sustentável*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Crozet, Y. (2009) The prospects for inter-urban travel demand. Paris: OECD, 2009. (OECD Discussion Paper, n. 2009/14).

Cui., B.; Boisjly, G.; EL-Generdy, A.; e Levinson D. (2019) *Accessibility and the journey to work through the lens of equity*. Journal of Transport Geography 74, p. 269-277.

Curl, A., Nelson, J. D., Anable, J. (2011) *Does accessibility planning address what matters? A review of current practice and practioner perspectives*. Research in Transportation Business & Management, 2: 3-11.

Dalvi, M. Q., Martin, K. M. (1976) *The measurement of accessibility: some preliminary results*. Transportation, 5(1): 17-42.

Da Silva, A. N. R.; Costa, M. S.; Ramos, R. A. R. (2010). *Development and application of I_SUM - An index of Sustainable Urban Mobility*. Anais do 89th Transportation Research Board, TRB, Washington, D.C. DOI: 10.1.1.1008.9281

Deboosere, R.; EL-Generdy, A.; e Levinson D (2018) *Accessibility-oriented development*. Journal of Transport Geography 70, p.11-20

EL-Generdy, A.; Boisjly, G.; Levinson D.; Verbich D., Loong C.; Diab, E. (2016) *The cost of equity: assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost* Transportation Research Part A 91, 302-316

Ericksen, J. (1977). *An analysis of the journey to work for women*. Soc. Probl. 24, 428-435.

Faria, F. P.; Jannuzzi, P. M.; Silva, S. J. (2008) *Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro*. Revista de Administração Pública, v. 42, n. 1, p. 155-177. DOI: 10.1590/s0034-76122008000100008

Geurs, K. T.; Van Eck, J. R. (2001) *Accessibility measures: review and applications*. Utrecht: RIVM; Utrecht University.

Geurs, K. T.; Van Wee, B. (2004) *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions*. Journal of Transport Geography, v. 12, n. 2, p. 127-140.

Giacomello, C. P.; De Oliveira, R. L. (2014). *Análise Envoltória de Dados (DEA): uma proposta para avaliação de desempenho de unidades acadêmicas de uma universidade*. Revista Gestão Universitária na América Latina – GUAL, Florianópolis. v.7, n.2, p. 130-151. DOI: 10.5007/1983-4535.2014v7n2p130

González Villada, C. A. (2016) *Procedimento Metodológico para a aplicação do TOD em países em desenvolvimento*. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia de Transportes. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 165 p.

Gutierrez, J. et al (2011) *Spatial impacts of road pricing Accessibility, regional spillovers and territorial cohesion*. Transportation Research Part A45, 185-203.

Handy, S. L.; Niemeier, D. A. (1997) *Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives*. Environment and Planning A 29, v. 29, issue 7, p. 1175-1194.

Handy, S. (2002) *Accessibility VS. Mobility – enhancing strategies for addressing automobile dependence in the U.S.* European Conference of Ministers of Transport.

Hansen, W. G. (1959) *How accessibility shapes land use*. Journal of the American Institute of Planners, v. 25, p. 73-76.

Hull, A.; Silva, C.; Bertolini, L. (2012) *Accessibility Instruments for Planning Practice*. COST Office. 370 p. ISBN13: 978-989-20-3187-3.

Husain, N. Abdullah, M., Kuman, S. (2000) *Evaluating public sector efficiency with data envelopment analysis (DEA): a case study in road transport department . Selangor, Malaysia*. Total Quality Management, v. 11, n. 4–6, p. S830–S836,.

Ingram, D. R. (1971) *Getting there: urban transportation in context*. In: Hanson, S. (org.). The geography of urban transportation. Nova York/Londres: The Guilford Press, p. 3-25.

Jones, S. R. (1981) *Accessibility measures: a literature review*. TRRL Report 967, Transport and Road Research Laboratory. Berkshire: Crowthorne.

Jones, P. (2014) *The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspectives*. IATSS Research. V. 38, 1, p 7–13. DOI: 10.1016/j.iatssr.2014.06.001

Levaggi, R. (1994) *Parametric and nonparametric approach to efficiency: the case of urban transport in Italy*. StudiEconomici, v. 49, n. 53, p. 67–88.

Levinson, D. (1998). *Accessibility and the journey to work*. J. Transp. Geogr. 6, 11,21.

Levinson, D. (2012) *Network structure and city size*. PloS ONE, 7(1)e29721

Levinson, D.; Huang. J. (2015) *Circuitry in urban transit networks*. Journal of Transport Geography 48, 145-153.

Levinson, D.; Owen A.. (2015) *Modeling the commute mode share of transit using continuous accessibility to jobs*. Transportation Research Part A 74, 110-122.

Levinson D., Jiang H. (2016) *Accessibility and the Evaluation of Investments on the Beijing Subway*. Department of Civil, Environmental, and Geo- Engineering, University of Minnesota, USA.

Linneker, B.J.; Spence, N. A. (1992), “*Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain*”. Environment and Planning A, Vol. 24, pp. 1137-1154.

Lins, M. P. E.; Meza, L. A. (2000) *Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão*. Editora COPPE UFRJ, Rio de Janeiro.

Litman, T. A. (2013). *Evaluating Transportation Equity*. Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T. A. (2015). *Developing indicators for sustainable and livable transport planning*. Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T. (2016) *Evaluating accessibility for transportation planning*. Victoria, Canadá: Victoria Transport Policy Institute, p. 56.

Lobo, M. S. C. (2010). *Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para apoio às políticas públicas de saúde: o caso dos hospitais de ensino*. 2010. 228f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

Kain, J. (1962) *The journey-to-work as a determinant of residential location*. Pap. Reg. Sci. 9, 137-160.

Karlaftis, M. G. (2004) *A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems*. European Journal of Operational Research, v. 152, p. 354-364

Kneib, E.; Portugal, L. (2017) Caracterização da acessibilidade e suas relações com a mobilidade e o desenvolvimento. Livro Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano., p. 65-87.

Kwan, M.-P. (1998) *Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework*. Geographical Analysis, v. 30, n. 3, p. 191-216.

Macário, R. (2016) *A Acessibilidade como um bem social e um bem econômico: existe necessidade de uma mudança de paradigma?* Boletim regional, urbano e ambiental - IPEA, p 177-200.

Marinho, A. (2003). *Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro*. Revista Brasileira de Economia, v. 57, n. 3, Rio de Janeiro, RJ. DOI: 10.1590/s0034-71402003000300002

Martens, K; Golub, A. (2014) *Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans*. Journal of Transport Geography 41, 10-20.

Mello, A.J. R. (2015) *A acessibilidade ao emprego e sua relação com o a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: o caso da região metropolitana do Rio de Janeiro*. Tese

(Doutorado em Engenharia de Transportes). Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

Mello, J.; Meza, L.; Gomes, E.; Neto, L. (2005), '*Curso de análise de envoltória de dados*', XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.

Metz, D. (2008) *The myth of travel time savings*. Transport Reviews, v. 28, n. 3, p. 321-336.

Mori, K.; Yamashita, T. (2015) *Methodological framework of sustainability assessment in City Sustainability Index (CSI): A concept of constraint and maximisation indicators*. Habitat International. Vol 45 (1), January, 10 – 14. DOI: 10.1016/j.habitatint.2014.06.013

MTE. (2013) *Relação Anual de Informações Sociais - RAIS*. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, DF.

Neutens, T., T. Schwanen, F. Witlox and P. de Maeyer (2010), "*Equity of urban service delivery: A comparison of different accessibility measures*". Environment and Planning A. Vol. 42/7, pp. 1613-1635

Nolan, J. F. (1996) Determinants of productive efficiency in urban transit. Logistics and Transportation Review, v. 32, n. 3, p. 319-342.

ONU. (2014) *World urbanization prospects: the 2014 revision - highlights*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ONU.

Parthasarathi, P. (2014) *Network structure and metropolitan mobility*. The Journal of Transport and Land Use, 7(2): 153-170

PDTU. (2003) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Secretaria de Estado de Transportes. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

PDTU. (2013) *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Secretaria de Estado de Transportes. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

Pedro, L.; Da Silva, M.A.V.; Portugal, L.S. (2017). *Desenvolvimento e Mobilidade Sustentáveis*. Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano. Editora Elsevier, p. 19 a 38

Pina, V.; Torres, L. (2001) Analysis of the efficiency of local government services delivery: an application to urban public transport . *Transportation Research, Part A*, v. 35, p. 929-944.

Pooley, C., Turnbull, J., (1999). *The journey to work: a century of change*. *Area* 31, 281–292

Portugal, L. S. (2017). *Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano*. Editora Elsevier. Rio de Janeiro. p. 360.

Ramón, N., Ruiz, J. L.; Sirvent, I. (2010). *On the choice of weights profiles in cross-efficiency evaluations*. *Europeans Journal of Operational Research*, 207, 1564- 1572. DOI: 10.1016/j.ejor.2010.07.022

Ramos, R. E. B.; Ferreira, G. M. F. (2007). *Analisando Retornos de Escala Usando DEA: um Estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN

Rodrigue, J. P. (2013) *The geography of transport systems*. 3. Ed. Nova York: Routledge, p. 416 ISBN 978-0-415-82254-1

Rubulotta, E. Ignaccolo, M. Inturri, G., Rofè, Y. (2013) *Accessibility and centrality for sustainable mobility: regional planning case study*. *Journal of Urban Planning and Development*, junho de, 139: 115-132.

- Ruiz, J. L.; Sirvent, I. (2012). *On the DEA total weight flexibility and the aggregation in cross-efficiency evaluations*. European Journal of Operational Research, 223, 732-738. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.06.011
- Santos, B. J. (2000) A qualidade no serviço de transporte público urbano. [S.l.: s.n.],
- Seabra, L.O.; Gonzales Taco, W.; Dominguez, E. M. (2013). *Sustentabilidade em transportes: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana*. Revista dos Transportes Públicos, ANTP, ano 35, p. 103-122.
- Serapião, B. P.; Gomes, E. G.; Mello, J. C. C. B. S.; Meza, L. A.; Lins, M. P. E. (2003). *Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras*. Revista Pesquisa Operacional, vol.23, no.2, Rio de Janeiro, RJ. DOI: 10.1590/s0101-74382003000200005
- Siche, R. et al. (2007). *Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países*. Ambiente e Sociedade. v. X, n. 2; p. 137-148.
- Sousa, F.; Loureiro, C.F.G.; Lopes. A. S. (2017) *Representação do fenômeno urbano por meio de modelos integrados dos transportes e uso do solo: revisão da literatura e discussão conceitual*. Revista Transportes. Vol. 25 (4), p. 96 – 108. DOI: 10.14295/transportes.v25i4.1319
- Souza Júnior, J. N. C. de. (2010). *Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil*. Journal of Transport Literature, vol.7, n.4, p.75-106. DOI: 10.1590/s2238-10312013000400005
- Tagore, M.R.; Sikdar, P.K. (1995). *A new accessibility measure accounting mobility parameters in 7th World Conference on Transport Research*. The University of New South Wales, Sydney.
- Thill, J.C. and M. Kim (2005), “*Trip making, induced travel demand, and accessibility*”. Journal of Geographical Systems, Vol. 7/2, pp. 229-248.

Vickerman, R. W. (2000) *Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility*. Environment and Planning A, v. 6, n. 6, p. 675-691, 1974. _____. Transport and economic growth. In: WORLD CONGRESS OF THE RSAI, 6., 2000, Lugano. Annals... Lugano: RSAI.

Viton, P.A. (1997) *Technical efficiency in multi-mode bus transit: a production frontier analysis*. Transportation Research B, v. 31, p. 23-39.

Viton, P.A. (1998) *Changes in multi-mode bus transit efficiency, 1998–1992*. Transportation, v. 25, p. 1–21.

VTPI. (2015). *Sustainable transportation and TDM: planning that balances economic, social and ecological objectives*. TDM Encyclopedia. Victoria Transport Policy Institute. Disponível em: <<http://www.vtpi.org/tdm/tdm67.html>>. Acesso em 13 de junho de 2017.

Waddell, P. A. (2011). *Integrated Land Use and Transportation Planning and Modelling: Addressing Challenges in Research and Practice*. Transport Reviews, v. 31, n. 2, p. 209–229, DOI: 10.1080/01441647.2010.525671

WCED (1987). *Our Common Future (The Bruntland Report)*. United Nations, World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.

Yu, Q.; Hou, F. (2016). *A cross evaluation-based measure of super efficiency in DEA with interval data*, Kybernetes, Vol. 45 Issue: 4, p. 666-679. DOI: 10.1108/k-05-2014-0089

Wales, T. (1978) *Labour supply and commutin time: na empirical study*. J. Econ. 8, 215-226

**APÊNDICE I: RESULTADOS PARA O
INDICADOR VEA, GERADOS PELO
*SOFTWARE SIAD***

Dados originais do arquivo: DEA2_rev_.txt

Resultados utilizando o modelo BCC, orientação input

Eficiências

| DMU | Padrão | Invertida | Composta | Composta* |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|
| DMU1 | 0,883102 | 0,711302 | 0,585900 | 0,843233 |
| DMU2 | 0,730366 | 0,935876 | 0,397245 | 0,571719 |
| DMU3 | 0,876031 | 0,857086 | 0,509473 | 0,733238 |
| DMU4 | 0,738254 | 0,840324 | 0,448965 | 0,646154 |
| DMU5 | 1,000000 | 0,639765 | 0,680118 | 0,978831 |
| DMU6 | 0,843883 | 0,842993 | 0,500445 | 0,720246 |
| DMU7 | 0,797865 | 1,000000 | 0,398933 | 0,574147 |
| DMU8 | 0,934216 | 0,847676 | 0,543270 | 0,781879 |
| DMU9 | 1,000000 | 0,800781 | 0,599609 | 0,862963 |
| DMU10 | 0,802283 | 0,857402 | 0,472440 | 0,679940 |
| DMU11 | 0,796375 | 0,928161 | 0,434107 | 0,624771 |
| DMU12 | 1,000000 | 0,610348 | 0,694826 | 1,000000 |

| | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| DMU13 | 1,000000 | 1,000000 | 0,500000 | 0,719605 |
| DMU14 | 0,935340 | 0,720029 | 0,607656 | 0,874544 |
| DMU15 | 1,000000 | 0,677071 | 0,661465 | 0,951986 |
| DMU16 | 0,940851 | 0,695299 | 0,622776 | 0,896305 |
| DMU17 | 0,945685 | 0,728433 | 0,608626 | 0,875940 |
| DMU18 | 1,000000 | 0,749138 | 0,625431 | 0,900126 |
| DMU19 | 0,858770 | 1,000000 | 0,429385 | 0,617975 |
| DMU20 | 0,627179 | 1,000000 | 0,313589 | 0,451321 |
| DMU21 | 0,996389 | 0,648131 | 0,674129 | 0,970213 |
| DMU22 | 0,924345 | 0,772915 | 0,575715 | 0,828575 |
| DMU23 | 0,996472 | 0,622674 | 0,686899 | 0,988591 |
| DMU24 | 0,883329 | 0,737771 | 0,572779 | 0,824349 |

*Eficiência normalizada

Pesos das Variáveis

| DMU | Peso RT | Peso TVM | Peso EMPREGO | u0 |
|------|------------|------------|--------------|------------|
| DMU1 | 0,54525043 | 0,01269547 | 0,00000003 | 0,88190984 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| DMU2 | 0,06580055 | 0,01291807 | 0,00000019 | 0,70033994 |
| DMU3 | 0,00000000 | 0,01627641 | 0,00000031 | 0,83662123 |
| DMU4 | 0,45541826 | 0,01060384 | 0,00000003 | 0,73661170 |
| DMU5 | 3,38288060 | 0,00000000 | 0,00000300 | 0,00000000 |
| DMU6 | 0,00000000 | 0,01598364 | 0,00000016 | 0,83624644 |
| DMU7 | 0,00000000 | 0,01514213 | 0,00000015 | 0,79221983 |
| DMU8 | 0,57708245 | 0,01343664 | 0,00000004 | 0,93339623 |
| DMU9 | 0,00000000 | 0,01903064 | 0,00000019 | 0,99566250 |
| DMU10 | 0,07328041 | 0,01438653 | 0,00000021 | 0,77995093 |
| DMU11 | 0,00000000 | 0,01500444 | 0,00000015 | 0,78501604 |
| DMU12 | 3,95917900 | 0,00115833 | 0,00000084 | 0,95861179 |
| DMU13 | 1,01295820 | 0,01265102 | 0,00000000 | 1,00000000 |
| DMU14 | 0,08546819 | 0,01677926 | 0,00000025 | 0,90967001 |
| DMU15 | 4,01920510 | 0,00117589 | 0,00000085 | 0,97314555 |
| DMU16 | 0,58077275 | 0,01352257 | 0,00000004 | 0,93936505 |
| DMU17 | 0,58401282 | 0,01359801 | 0,00000004 | 0,94460567 |
| DMU18 | 0,00000000 | 0,01875752 | 0,00000035 | 0,96415226 |
| DMU19 | 0,00000000 | 0,01634295 | 0,00000000 | 0,85877008 |
| DMU20 | 2,22005590 | 0,00175262 | 0,00000000 | 0,62717870 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| DMU21 | 0,61452033 | 0,01430834 | 0,00000004 | 0,99394974 |
| DMU22 | 0,08493186 | 0,01667397 | 0,00000025 | 0,90396162 |
| DMU23 | 1,00938480 | 0,01260639 | 0,00000000 | 0,99647222 |
| DMU24 | 0,54535532 | 0,01269792 | 0,00000003 | 0,88207949 |

Alvos

DMU1 (eficiência:0,883102)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,320507 | 0,283041 | 0,000000 | 0,283041 |
| TVM | 65,002958 | 57,404263 | 0,000000 | 57,404263 |
| EMPREGO | 35.595,000000 | | 35.595,000000 | 0,000000 |
| | 35.595,000000 | | | |

DMU2 (eficiência:0,730366)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|-------|--------|-------|------|
|----------|-------|--------|-------|------|

| | | | | |
|---------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| RT | 0,518417 | 0,378634 | 0,000000 | 0,378634 |
| TVM | 74,770267 | 54,609656 | 0,000000 | 54,609656 |
| EMPREGO | 156.724,000000 | | 156.724,000000 | 0,000000 |
| | 156.724,000000 | | | |

DMU3 (eficiência:0,876031)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| RT | 0,538050 | 0,471348 | 0,018525 | 0,452823 |
| TVM | 61,438618 | 53,822161 | 0,000000 | 53,822161 |
| EMPREGO | 129.106,000000 | | 129.106,000000 | 0,000000 |
| | 129.106,000000 | | | |

DMU4 (eficiência:0,738254)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,360335 | 0,266019 | 0,000000 | 0,266019 |
| TVM | 78,829596 | 58,196231 | 0,000000 | 58,196231 |
| EMPREGO | 58.677,000000 | | 58.677,000000 | 0,000000 |
| | 58.677,000000 | | | |

DMU5 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| RT | 0,295606 | 0,295606 | 0,000000 | 0,295606 |
| TVM | 57,649939 | 57,649939 | 0,000000 | 57,649939 |
| EMPREGO | 333.206,000000 | | 333.206,000000 | 0,000000 |
| | 333.206,000000 | | | |

DMU6 (eficiência:0,843883)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,509998 | 0,430379 | 0,009389 | 0,420990 |
| TVM | 62,563981 | 52,796706 | 0,000000 | 52,796706 |
| EMPREGO | 49.029,000000 | | 49.029,000000 | 0,000000 |
| | 49.029,000000 | | | |

DMU7 (eficiência:0,797865)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|-------|--------|-------|------|
|----------|-------|--------|-------|------|

| | | | | |
|---------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,678504 | 0,541355 | 0,131120 | 0,410235 |
| TVM | 66,040895 | 52,691730 | 0,000000 | 52,691730 |
| EMPREGO | 38.257,000000 | | 38.257,000000 | 0,000000 |
| | 38.257,000000 | | | |

DMU8 (eficiência:0,934216)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,407051 | 0,380274 | 0,000000 | 0,380274 |
| TVM | 56,941161 | 53,195345 | 0,000000 | 53,195345 |
| EMPREGO | 23.121,000000 | | 23.121,000000 | 0,000000 |
| | 23.121,000000 | | | |

DMU9 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,395390 | 0,395390 | 0,000000 | 0,395390 |
| TVM | 52,546828 | 52,546828 | 0,000000 | 52,546828 |
| EMPREGO | 23.388,000000 | | 23.388,000000 | 0,000000 |
| | 23.388,000000 | | | |

DMU10 (eficiência:0,802283)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| RT | 0,488240 | 0,391706 | 0,000000 | 0,391706 |
| TVM | 67,022506 | 53,771007 | 0,000000 | 53,771007 |
| EMPREGO | 104.666,000000 | | 104.666,000000 | 0,000000 |
| | 104.666,000000 | | | |

DMU11 (eficiência:0,796375)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,581649 | 0,463211 | 0,013609 | 0,449601 |
| TVM | 66,646927 | 53,075975 | 0,000000 | 53,075975 |
| EMPREGO | 77.686,000000 | | 77.686,000000 | 0,000000 |
| | 77.686,000000 | | | |

DMU12 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|-------|--------|-------|------|
|----------|-------|--------|-------|------|

| | | | | |
|---------|---------------|---------------|----------|-----------|
| RT | 0,234956 | 0,234956 | 0,000000 | 0,234956 |
| TVM | 60,232263 | 60,232263 | 0,000000 | 60,232263 |
| EMPREGO | 49.514,000000 | 49.514,000000 | 0,000000 | |
| | 49.514,000000 | | | |

DMU13 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|--------------|--------------|----------|--------------|
| RT | 0,257907 | 0,257907 | 0,000000 | 0,257907 |
| TVM | 58,394521 | 58,394521 | 0,000000 | 58,394521 |
| EMPREGO | 1.802,000000 | 1.802,000000 | 0,000000 | 1.802,000000 |

DMU14 (eficiência:0,935340)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|----------------|----------|-----------|
| RT | 0,398471 | 0,372706 | 0,000000 | 0,372706 |
| TVM | 57,567702 | 53,845380 | 0,000000 | 53,845380 |
| EMPREGO | 103.155,000000 | 103.155,000000 | 0,000000 | |
| | 103.155,000000 | | | |

DMU15 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,228962 | 0,228962 | 0,000000 | 0,228962 |
| TVM | 67,824047 | 67,824047 | 0,000000 | 67,824047 |
| EMPREGO | 31.647,000000 | | 31.647,000000 | 0,000000 |
| | 31.647,000000 | | | |

DMU16 (eficiência:0,940851)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,357915 | 0,336745 | 0,000000 | 0,336745 |
| TVM | 58,578566 | 55,113695 | 0,000000 | 55,113695 |
| EMPREGO | 41.639,000000 | | 41.639,000000 | 0,000000 |
| | 41.639,000000 | | | |

DMU17 (eficiência:0,945685)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| RT | 0,351204 | 0,332128 | 0,000000 | 0,332128 |

| | | | | |
|---------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| TVM | 58,456544 | 55,281470 | 0,000000 | 55,281470 |
| EMPREGO | 30.076,000000 | | 30.076,000000 | 0,000000 |
| | 30.076,000000 | | | |

DMU18 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| RT | 0,473779 | 0,473779 | 0,000000 | 0,473779 |
| TVM | 53,311966 | 53,311966 | 0,000000 | 53,311966 |
| EMPREGO | 101.902,000000 | | 101.902,000000 | 0,000000 |
| | 101.902,000000 | | | |

DMU19 (eficiência:0,858770)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|--------------|
| RT | 0,472929 | 0,406137 | 0,010747 | 0,395390 |
| TVM | 61,188471 | 52,546828 | 0,000000 | 52,546828 |
| EMPREGO | 19.432,000000 | | 19.432,000000 | 3.956,000000 |
| | 23.388,000000 | | | |

DMU20 (eficiência:0,627179)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| RT | 0,371337 | 0,232895 | 0,000000 | 0,232895 |
| TVM | 100,199393 | 62,842925 | 0,000000 | 62,842925 |
| EMPREGO | 31.666,000000 | | 31.666,000000 | 11.703,897438 |
| | 43.369,897438 | | | |

DMU21 (eficiência:0,996389)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,319635 | 0,318481 | 0,000000 | 0,318481 |
| TVM | 56,161502 | 55,958715 | 0,000000 | 55,958715 |
| EMPREGO | 64.610,000000 | | 64.610,000000 | 0,000000 |
| | 64.610,000000 | | | |

DMU22 (eficiência:0,924345)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| RT | 0,465445 | 0,430232 | 0,000000 | 0,430232 |

| | | | | |
|---------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| TVM | 57,602906 | 53,244977 | 0,000000 | 53,244977 |
| EMPREGO | 82.429,000000 | | 82.429,000000 | 0,000000 |
| | 82.429,000000 | | | |

DMU23 (eficiência:0,996472)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| RT | 0,237178 | 0,236341 | 0,000000 | 0,236341 |
| TVM | 60,334168 | 60,121322 | 0,000000 | 60,121322 |
| EMPREGO | 30.706,000000 | | 30.706,000000 | 15.927,719837 |
| | 46.633,719837 | | | |

DMU24 (eficiência:0,883329)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| RT | 0,375597 | 0,331776 | 0,000000 | 0,331776 |
| TVM | 62,621774 | 55,315647 | 0,000000 | 55,315647 |
| EMPREGO | 37.299,000000 | | 37.299,000000 | 0,000000 |
| | 37.299,000000 | | | |

Benchmarks

| DMU | DMU5 | DMU9 | DMU12 | DMU13 | DMU15 | DMU18 |
|------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU1 | 0,09169964 0,00000000 | 0,15766569 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,75063467 | 0,00000000 |
| DMU2 | 0,36635689 0,25259240 | 0,38105070 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU3 | 0,11761146 0,88238854 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU4 | 0,17082642 0,00000000 | 0,01215796 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,81701562 | 0,00000000 |
| DMU5 | 1,00000000 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU6 | 0,00000000 0,32657870 | 0,67342130 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU7 | 0,00000000 0,18938024 | 0,81061976 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| DMU8 | 0,00647156 0,00000000 | 0,88827471 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,10525372 | 0,00000000 |
| DMU9 | 0,00000000 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |

| | | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU10 | 0,20735808 | 0,57567763 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,21696429 | | | | |
| DMU11 | 0,00000000 | 0,30842907 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,69157093 | | | | |
| DMU12 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU13 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU14 | 0,25011416 | 0,72088297 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,02900287 | | | | |
| DMU15 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU16 | 0,08436268 | 0,55030438 | 0,00000000 | 0,36533294 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU17 | 0,05106434 | 0,52585348 | 0,00000000 | 0,42308218 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU18 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 1,00000000 | | | | |
| DMU19 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU20 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,65612008 | 0,00000000 | 0,34387992 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU21 | 0,16374758 | 0,39569146 | 0,00000000 | 0,44056095 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |

| | | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU22 | 0,05891962 | 0,42159798 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,51948240 | | | | |
| DMU23 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,93963196 | 0,06036804 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |
| DMU24 | 0,07342563 | 0,51716175 | 0,00000000 | 0,40941263 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | | | | |

**APÊNDICE II: RESULTADOS PARA O
INDICADOR VSA, GERADOS PELO
*SOFTWARE SIAD***

Dados originais do arquivo: DEA3_rev_.txt

Resultados utilizando o modelo BCC, orientação input

Eficiências

| DMU | Padrão | Invertida | Composta | Composta* |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|
| DMU1 | 0,879043 | 0,723541 | 0,577751 | 0,862905 |
| DMU2 | 0,732926 | 1,000000 | 0,366463 | 0,547334 |
| DMU3 | 0,882292 | 0,925100 | 0,478596 | 0,714811 |
| DMU4 | 0,740227 | 0,893952 | 0,423137 | 0,631980 |
| DMU5 | 1,000000 | 0,857559 | 0,571221 | 0,853151 |
| DMU6 | 0,847968 | 0,869211 | 0,489379 | 0,730916 |
| DMU7 | 0,795671 | 1,000000 | 0,397836 | 0,594191 |
| DMU8 | 0,952650 | 0,798747 | 0,576951 | 0,861710 |
| DMU9 | 1,000000 | 0,688029 | 0,655985 | 0,979753 |
| DMU10 | 0,828875 | 1,000000 | 0,414437 | 0,618986 |
| DMU11 | 0,813337 | 1,000000 | 0,406668 | 0,607383 |
| DMU12 | 1,000000 | 0,660916 | 0,669542 | 1,000000 |

| | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| DMU13 | 1,000000 | 0,689885 | 0,655057 | 0,978367 |
| DMU14 | 0,927940 | 0,736220 | 0,595860 | 0,889952 |
| DMU15 | 1,000000 | 0,902461 | 0,548770 | 0,819619 |
| DMU16 | 0,942259 | 0,706759 | 0,617750 | 0,922646 |
| DMU17 | 0,969635 | 0,900709 | 0,534463 | 0,798252 |
| DMU18 | 1,000000 | 0,969083 | 0,515458 | 0,769867 |
| DMU19 | 0,896473 | 1,000000 | 0,448236 | 0,669467 |
| DMU20 | 0,629644 | 1,000000 | 0,314822 | 0,470205 |
| DMU21 | 1,000000 | 0,800487 | 0,599757 | 0,895771 |
| DMU22 | 0,912244 | 0,776810 | 0,567717 | 0,847918 |
| DMU23 | 1,000000 | 1,000000 | 0,500000 | 0,746779 |
| DMU24 | 0,874193 | 0,745358 | 0,564417 | 0,842991 |

*Eficiência normalizada

Pesos das Variáveis

| DMU | Peso TI | Peso TVM | Peso TP | u0 |
|------|------------|------------|------------|------------|
| DMU1 | 0,00000476 | 0,01226088 | 0,00000149 | 0,68132745 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| DMU2 | 0,00000000 | 0,01337430 | 0,00000030 | 0,67506310 |
| DMU3 | 0,00000000 | 0,01627641 | 0,00000036 | 0,82154596 |
| DMU4 | 0,00000385 | 0,00991057 | 0,00000120 | 0,55072256 |
| DMU5 | 0,00000890 | 0,00257895 | 0,00000309 | 0,00000000 |
| DMU6 | 0,00000000 | 0,01598364 | 0,00000035 | 0,80676850 |
| DMU7 | 0,00000000 | 0,01514213 | 0,00000000 | 0,79567105 |
| DMU8 | 0,00000617 | 0,01484581 | 0,00000174 | 0,84547455 |
| DMU9 | 0,00000621 | 0,01466316 | 0,00000178 | 0,83412606 |
| DMU10 | 0,00000000 | 0,01492036 | 0,00000033 | 0,75309999 |
| DMU11 | 0,00000000 | 0,01500444 | 0,00000033 | 0,75734398 |
| DMU12 | 0,00002709 | 0,00017562 | 0,00000643 | 0,00000000 |
| DMU13 | 0,00001670 | 0,01237757 | 0,00000390 | 0,74881261 |
| DMU14 | 0,00000000 | 0,01737085 | 0,00000039 | 0,87678762 |
| DMU15 | 0,00008448 | 0,00000000 | 0,00001934 | 0,00000000 |
| DMU16 | 0,00000602 | 0,01421922 | 0,00000172 | 0,80887231 |
| DMU17 | 0,00000791 | 0,01499086 | 0,00000000 | 0,96963544 |
| DMU18 | 0,00000667 | 0,01605038 | 0,00000188 | 0,91407522 |
| DMU19 | 0,00000722 | 0,01388715 | 0,00000000 | 0,89647278 |
| DMU20 | 0,00002868 | 0,00143767 | 0,00000672 | 0,08963278 |

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| DMU21 | 0,00000661 | 0,01590477 | 0,00000187 | 0,90578306 |
| DMU22 | 0,00000084 | 0,01677179 | 0,00000000 | 0,91224359 |
| DMU23 | 0,00012140 | 0,00000000 | 0,00002576 | 0,10553759 |
| DMU24 | 0,00000475 | 0,01222826 | 0,00000148 | 0,67951461 |

Alvos

DMU1 (eficiência:0,879043)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo | |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| TI | 42.611,039250 | | 37.456,953208 | 0,000000 | 37.456,953208 |
| TVM | 65,002958 | 57,140422 | 0,000000 | 57,140422 | |
| TP | 132.948,762800 | | 132.948,762800 | 0,000000 | 132.948,762800 |

DMU2 (eficiência:0,732926)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|-------|--------|-------|------|
|----------|-------|--------|-------|------|

| | | | | |
|-----|----------------|----------------|----------|----------------|
| TI | 101.148,525300 | 74.134,433786 | | 11.253,025181 |
| | 62.881,408605 | | | |
| TVM | 74,770267 | 54,801110 | 0,000000 | 54,801110 |
| TP | 195.110,524500 | 195.110,524500 | 0,000000 | 195.110,524500 |

DMU3 (eficiência:0,882292)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| TI | 90.558,319630 | | 79.898,863903 | 23.854,327973 |
| | 56.044,535930 | | | |
| TVM | 61,438618 | 54,206790 | 0,000000 | 54,206790 |
| TP | 168.308,468800 | 168.308,468800 | 0,000000 | 168.308,468800 |

DMU4 (eficiência:0,740227)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| TI | 56.805,553440 | | 42.048,976848 | 0,000000 |
| | | | | 42.048,976848 |
| TVM | 78,829596 | 58,351757 | 0,000000 | 58,351757 |
| TP | 157.646,340400 | 157.646,340400 | 0,000000 | 157.646,340400 |

DMU5 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|-------------------------|
| TI | 95.653,471550 | | 95.653,471550 | 0,000000 95.653,471550 |
| TVM | 57,649939 | 57,649939 | 0,000000 | 57,649939 |
| TP | 323.584,272400 | | 323.584,272400 | 0,000000 323.584,272400 |

DMU6 (eficiência:0,847968)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|----------------------------|
| TI | 59.283,918940 | | 50.270,887992 | 7.507,517689 42.763,370304 |
| TVM | 62,563981 | 53,052277 | 0,000000 | 53,052277 |
| TP | 116.243,356900 | | 116.243,356900 | 0,000000 116.243,356900 |

DMU7 (eficiência:0,795671)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|----------------------------|
| TI | 55.363,224600 | | 44.050,914866 | 7.102,069846 36.948,845020 |
| TVM | 66,040895 | 52,546828 | 0,000000 | 52,546828 |

| | | | |
|----|---------------|---------------|---------------|
| TP | 81.595,979690 | 81.595,979690 | 11.853,149800 |
| | 93.449,129490 | | |

DMU8 (eficiência:0,952650)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|---------------|----------|---------------|
| TI | 25.052,694880 | 23.866,445995 | 0,000000 | 23.866,445995 |
| TVM | 56,941161 | 54,244988 | 0,000000 | 54,244988 |
| TP | 61.546,809820 | 61.546,809820 | 0,000000 | 61.546,809820 |

DMU9 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|---------------|----------|---------------|
| TI | 36.948,845020 | 36.948,845020 | 0,000000 | 36.948,845020 |
| TVM | 52,546828 | 52,546828 | 0,000000 | 52,546828 |
| TP | 93.449,129490 | 93.449,129490 | 0,000000 | 93.449,129490 |

DMU10 (eficiência:0,828875)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo | |
|----------|---------------------------------|-----------|----------------|---------------|----------------|
| TI | 111.821,425000 71.533,767747 | | 92.685,928702 | 21.152,160956 | |
| TVM | 67,022506 | 55,553247 | 0,000000 | 55,553247 | |
| TP | 229.029,689400 | | 229.029,689400 | 0,000000 | 229.029,689400 |

DMU11 (eficiência:0,813337)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo | |
|----------|--------------------------------|-----------|----------------|---------------|----------------|
| TI | 97.886,313840 56.040,122098 | | 79.614,552880 | 23.574,430782 | |
| TVM | 66,646927 | 54,206406 | 0,000000 | 54,206406 | |
| TP | 168.291,165600 | | 168.291,165600 | 0,000000 | 168.291,165600 |

DMU12 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo | |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| TI | 36.524,014950 | | 36.524,014950 | 0,000000 | 36.524,014950 |
| TVM | 60,232263 | 60,232263 | 0,000000 | 60,232263 | |
| TP | 155.450,742500 | | 155.450,742500 | 0,000000 | 155.450,742500 |

DMU13 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|------------------------|
| TI | 16.604,120880 | | 16.604,120880 | 0,000000 16.604,120880 |
| TVM | 58,394521 | 58,394521 | 0,000000 | 58,394521 |
| TP | 64.380,151060 | | 64.380,151060 | 0,000000 64.380,151060 |

DMU14 (eficiência:0,927940)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|----------------|-----------|----------------|----------------------------|
| TI | 52.916,190720 | | 49.103,043853 | 2.116,779429 46.986,264424 |
| TVM | 57,567702 | 53,419367 | 0,000000 | 53,419367 |
| TP | 132.798,037500 | | 132.798,037500 | 0,000000 132.798,037500 |

DMU15 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|--------|---------------|------------------------|
| TI | 11.836,606030 | | 11.836,606030 | 0,000000 11.836,606030 |

| | | | | |
|-----|---------------|---------------|----------|---------------|
| TVM | 67,824047 | 67,824047 | 0,000000 | 67,824047 |
| TP | 51.696,762260 | 51.696,762260 | 0,000000 | 51.696,762260 |

DMU16 (eficiência:0,942259)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|---------------|----------|---------------|
| TI | 27.735,951180 | 26.134,461290 | 0,000000 | 26.134,461290 |
| TVM | 58,578566 | 55,196206 | 0,000000 | 55,196206 |
| TP | 77.493,036240 | 77.493,036240 | 0,000000 | 77.493,036240 |

DMU17 (eficiência:0,969635)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| TI | 15.631,904310 | 15.157,248461 | 0,000000 | 15.157,248461 |
| TVM | 58,456544 | 56,681537 | 0,000000 | 56,681537 |
| TP | 44.509,493230 | 44.509,493230 | 4.027,530025 | 48.537,023255 |

DMU18 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|------------------------|
| TI | 21.623,365350 | | 21.623,365350 | 0,000000 21.623,365350 |
| TVM | 53,311966 | 53,311966 | 0,000000 | 53,311966 |
| TP | 45.640,238200 | | 45.640,238200 | 0,000000 45.640,238200 |

DMU19 (eficiência:0,896473)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|----------------------------|
| TI | 20.812,423670 | | 18.657,771204 | 0,000000 18.657,771204 |
| TVM | 61,188471 | 54,853798 | 0,000000 | 54,853798 |
| TP | 44.007,496260 | | 44.007,496260 | 4.263,833766 48.271,330026 |

DMU20 (eficiência:0,629644)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|------------------------|
| TI | 29.844,415110 | | 18.791,351935 | 0,000000 18.791,351935 |
| TVM | 100,199393 | 63,089930 | 0,000000 | 63,089930 |
| TP | 80.370,192690 | | 80.370,192690 | 0,000000 80.370,192690 |

DMU21 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|------------------------|
| TI | 16.142,505130 | | 16.142,505130 | 0,000000 16.142,505130 |
| TVM | 56,161502 | 56,161502 | 0,000000 | 56,161502 |
| TP | 50.502,888250 | | 50.502,888250 | 0,000000 50.502,888250 |

DMU22 (eficiência:0,912244)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|---------------|-----------|---------------|----------------------------|
| TI | 40.480,117590 | | 36.927,727904 | 0,000000 36.927,727904 |
| TVM | 57,602906 | 52,547882 | 0,000000 | 52,547882 |
| TP | 86.970,725850 | | 86.970,725850 | 6.412,527339 93.383,253189 |

DMU23 (eficiência:1,000000)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|--------------|--------------|----------|--------------|
| TI | 8.236,981494 | 8.236,981494 | 0,000000 | 8.236,981494 |
| TVM | 60,334168 | 60,334168 | 0,000000 | 60,334168 |

| | | | | |
|----|---------------|---------------|----------|---------------|
| TP | 34.729,138450 | 34.729,138450 | 0,000000 | 34.729,138450 |
|----|---------------|---------------|----------|---------------|

DMU24 (eficiência:0,874193)

| Variável | Atual | Radial | Folga | Alvo |
|----------|-------|--------|-------|------|
|----------|-------|--------|-------|------|

| | | | | |
|----|---------------|---------------|----------|---------------|
| TI | 49.299,145050 | 43.096,954007 | 0,000000 | 43.096,954007 |
|----|---------------|---------------|----------|---------------|

| | | | | |
|-----|-----------|-----------|----------|-----------|
| TVM | 62,621774 | 54,743499 | 0,000000 | 54,743499 |
|-----|-----------|-----------|----------|-----------|

| | | | | |
|----|----------------|----------------|----------|----------------|
| TP | 131.255,290400 | 131.255,290400 | 0,000000 | 131.255,290400 |
|----|----------------|----------------|----------|----------------|

Benchmarks

| DMU | DMU5 | DMU9 | DMU12 | DMU13 | DMU15 | DMU18 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | DMU21 | DMU23 | | | | |

| | | | | | | |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU1 | 0,01291867 | 0,39795804 | 0,58912329 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | | |

| | | | | | | |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU2 | 0,44174650 | 0,55825350 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | | |

| | | | | | | |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU3 | 0,32528426 | 0,67471574 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | | |

| | | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU4 | 0,09190227 | 0,21380500 | 0,69429274 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU5 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU6 | 0,09904714 | 0,90095286 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU7 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU8 | 0,00000000 | 0,29144905 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,30286357 | 0,40568738 | 0,00000000 | | |
| DMU9 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU10 | 0,58913453 | 0,41086547 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU11 | 0,32520907 | 0,67479093 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU12 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU13 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU14 | 0,17098174 | 0,82901826 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU15 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |

| | | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DMU16 | 0,00000000 | 0,38106341 | 0,10123987 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,51769672 | 0,00000000 | | |
| DMU17 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,87537111 | 0,12462889 | | |
| DMU18 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 1,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU19 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,45891812 | 0,54108188 | 0,00000000 | | |
| DMU20 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,32573237 | 0,00000000 | 0,37236329 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,30190434 | | |
| DMU21 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 1,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU22 | 0,00000000 | 0,99862209 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00137791 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |
| DMU23 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 1,00000000 | | |
| DMU24 | 0,10628724 | 0,67846463 | 0,21524813 | 0,00000000 | 0,00000000 |
| | 0,00000000 | 0,00000000 | 0,00000000 | | |