



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PPGE  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO – MESP

LÚCIA PATRÍCIO DE SOUZA ARAÚJO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRESTAÇÃO DOS  
SERVIÇOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS  
NOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS**

João Pessoa  
2017

LÚCIA PATRÍCIO DE SOUZA ARAÚJO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRESTAÇÃO DOS  
SERVIÇOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS  
NOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia do Setor Público da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Orientador: Profº. Dr. Adriano Nascimento da Paixão.

João Pessoa  
2017

A663a

Araújo, Lúcia Patrício de Souza .

Análise da eficiência técnica da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos / Lúcia Patrício de Souza Araújo. - João Pessoa, 2017.

82 f. : il. -

Orientador: Adriano Nascimento da Paixão.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/ PPESP

1. Resíduos sólidos. 2. Coleta de resíduos - Eficiência.  
I. Título.

UFPB/BC

CDU: 628.312.1(043)

LÚCIA PATRÍCIO DE SOUZA ARAÚJO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRESTAÇÃO DOS  
SERVIÇOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS  
NOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia do Setor Público da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Dissertação aprovada em 09/03/2017.

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Adriano Nascimento da Paixão (UFPB)

Orientador



---

Prof. Dr. Paulo Amilton Maia Leite Filho (UFPB)

Examinador Interno

---

Profa. Dra. Márcia Cristina Silva Paixão (UFPB)

Examinador Externo

João Pessoa, PB - Brasil

Março de 2017

A meus pais e irmãos, meu esposo  
e minha filha Laura Patrício.  
Ao meu maravilhoso Deus.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por ter me acompanhado em mais essa caminhada, por ter me levantado em muitos momentos e me segurado, por ter me dado a oportunidade de realizar mais esse sonho. Louvo e agradeço pela Tua presença constante em minha vida!

Aos meus pais (Amô e mainha) e meus irmãos (Pedro e Lucas), que me deram coragem para prosseguir e alcançar este objetivo. Sem vocês, nada disso estaria acontecendo. Vocês são minha rocha!

À minha pequena Laura, que é minha linda vida. Meu tesouro que tanto sofreu com minhas ausências, abraçando as minhas pernas e chorando quando eu saía para trabalhar e assistir às aulas. Mamãe fez tudo pensando em você, meu amor!

Ao meu esposo Rômulo, pela compreensão e incentivo, procurando enfrentar minhas ausências também cuidando da nossa pequena. Foi tudo por amor à nossa família!

Aos meus queridos sogros, Prof. Nonato e D. Cida, pela compreensão e todo apoio dedicado.

Ao Professor Adriano Paixão, orientador deste trabalho, que mesmo a distância, procurou me orientar de forma atenciosa. Obrigada pelas ideias e por essencialmente ter acreditado na minha capacidade!

Aos outros membros da Banca de Defesa pela disponibilidade e sugestões valiosas, Prof. Dr. Paulo Amilton e Profa. Dra. Márcia Paixão. Vocês me proporcionaram discussões e recomendações que farão parte do meu crescimento pessoal, profissional e na pesquisa.

Aos professores e professoras da Pós-Graduação em Economia do Setor Público da UFPB.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação, pelo convívio das idéias, pela força e amizade. Em especial, aos amigos engenheiros que trabalhei na DICOP do TCE-PB e que também convivi durante o mestrado, por ter tornado mais leve o período de aulas.

A todos os amigos e familiares que, mesmo distantes, torceram por mim.

À sociedade paraibana e ao governo brasileiro que, através do Tribunal de Contas do Estado da Paraíba, proporcionaram-me este estudo.

## RESUMO

Dentre as diversas áreas de atuação da gestão pública, o setor de resíduos sólidos tem sido um grande desafio para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras, tendo em vista envolver questões sanitárias, financeiras, econômicas e sociais. Com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, que trouxe importantes aspectos como ecoeficiência, preços competitivos e execução satisfatória de bens e serviços às necessidades humanas, o Poder Público tem na gestão integrada de resíduos sólidos um dos seus maiores conflitos. No estado da Paraíba, a repercussão da política ainda não tem gerado efeitos na sua esfera e nos respectivos municípios, demonstrando, assim, uma falta de prioridade nessa área de atuação da gestão pública. A presente dissertação tem como objetivo medir e analisar os índices de eficiência dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos, referente ao ano de 2014, utilizando a metodologia não paramétrica Análise Envoltória de Dados - DEA, com base nos modelos DEA-C e DEA-V. Para tanto, foi realizada uma fundamentação teórica com base no Conjunto de Possibilidades de Produção e fronteira de eficiência, bem como foram utilizadas como referencial literário pesquisas acadêmicas voltadas para avaliações de setores de serviços que envolveram recursos públicos. Para aplicação da metodologia, os dados utilizados da amostra paraibana foram retirados do portal SNIS e envolveram variáveis relacionadas a três insumos e um produto. Na etapa final, são apresentados os escores de eficiência oriundos da aplicação dos dois modelos, os quais foram analisados segundo técnica de agrupamento. Conclui-se que os municípios com maiores índices de eficiência no modelo DEA-C apresentam certa harmonia em seus valores no DEA-V; contudo, de uma forma geral, a mesma correlação não é observada entre os escores dos municípios que não possuem altos índices na versão DEA-C.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Urbanos. Eficiência. Análise Envoltória de Dados.

## **ABSTRACT**

Among the various areas of public management, the solid waste sector has been a major challenge for the sustainable development of Brazilian cities, with a view to involving sanitary, financial, economic and social issues. With the advent of the National Solid Waste Policy, Law 12305/2010, which has brought important aspects such as eco-efficiency, competitive prices and satisfactory execution of goods and services to human needs, the Public Power has one of its greatest conflicts in the integrated management of solid waste. In the state of Paraíba, the repercussion of the policy has not yet generated effects in its sphere and in the respective municipalities, thus demonstrating a lack of priority in this area of performance of public management. The objective of this dissertation is to measure and analyze the efficiency indices of urban solid waste collection services in the municipalities of Paraíba, for the year 2014, Using the non-parametric methodology Data Envelopment Analysis - DEA, based on the DEA-C and DEA-V models. For that, a theoretical basis was made based on the Set of Production Possibilities and efficiency frontier, as well as using as literary reference academic research aimed at evaluations of service sectors that involved public resources. For application of the methodology, the data used from the Paraíba sample were taken from the portal SNIS and involved variables related to three inputs and one product. In the final step, the efficiency scores from the application of the two models are presented, which were analyzed according to the grouping technique. It is concluded that the municipalities with highest rates of efficiency in DEA-C model contain a certain harmony in their values in DEA-V; however, in general, the same correlation is not observed among the scores of municipalities that do not have high rates in DEA-C version.

**Keywords:** Urban Solid Waste. Efficiency. Data Envelopment Analysis.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

- ABRELPE – Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CPP – Conjunto de Possibilidades de Produção
- DEA – Análise Envoltória de Dados
- DMU – *Decision Making Unit*
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- PGIRS - Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
- RDO – Resíduos Domiciliares
- RPU – Resíduos Públicos
- SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- TCE-PB – Tribunal de Contas do Estado da Paraíba

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Dados gerais das unidades territoriais utilizadas na proposta de regionalização	19
<b>Tabela 2</b>	Sumário estatístico das variáveis	41
<b>Tabela 3</b>	Confronto de dados socioeconômicos entre estados nordestinos	43
<b>Tabela 4</b>	Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: despesa <i>per capita</i> com manejo de RSU (IN006) no ano de 2014	43
<b>Tabela 5</b>	Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: taxa de motoristas e coletadores por habitante urbano (IN019) no ano de 2014	44
<b>Tabela 6</b>	Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: custo unitário da coleta (IN023) no ano de 2014	45
<b>Tabela 7</b>	Municípios paraibanos que sobem a média e a mediana da variável custo unitário da coleta	45
<b>Tabela 8</b>	Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: massa RDO+RPU coletada <i>per capita</i> em relação à população urbana (IN021) no ano de 2014	46
<b>Tabela 9</b>	Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-C	47
<b>Tabela 10</b>	Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-V	49
<b>Tabela 11</b>	Nomenclatura das DMU's para efeito de entrada dos dados no <i>software</i> com as respectivas eficiências clássicas	51

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Medidas de eficiência	24
<b>Gráfico 2</b>	Confronto entre DEA (método não paramétrico) e regressão (abordagem paramétrica)	25
<b>Gráfico 3</b>	Fronteiras de eficiência nos modelos DEA-C e DEA-V	31
<b>Gráfico 4</b>	Baixa discriminação das DMUs no modelo DEA- V ou BCC: falsa eficiência	33
<b>Gráfico 5</b>	Fronteira clássica e invertida no modelo DEA- V	34
<b>Gráfico 6</b>	Dendrograma dos municípios paraibanos analisados segundo o modelo DEA-C	52
<b>Gráfico 7</b>	Dendrograma dos municípios paraibanos analisados segundo o modelo DEA-V	53

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES.....	15
2.2 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: NOVO MARCO LEGAL NO BRASIL .....	16
2.3 PANORAMA PARAIBANO COM A INTRODUÇÃO DA PNRS .....	18
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTUDOS EMPÍRICOS .....</b>	<b>21</b>
3.1 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA.....	21
3.1.1 Tecnologia .....	21
3.1.2 Fronteira de Eficiência.....	23
3.1.3 Métodos Não Paramétricos .....	25
3.2 ESTUDOS EMPÍRICOS NA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA TÉCNICA .....	27
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>30</b>
4.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA).....	30
4.1.1 Modelo DEA com Retornos Constantes de Escala (DEA-C).....	34
4.1.2 Modelo DEA com Retornos Variáveis de Escala (DEA-V) .....	37
4.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	37
4.3 FONTE DE DADOS .....	38
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
5.1 ANÁLISE DESCRIPTIVA DAS ESTATÍSTICAS .....	41
5.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DE EFICIÊNCIA .....	46
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE F .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE G .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE H .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade atual de se avaliar a gestão de recursos públicos, com vistas à promoção da melhoria da governança<sup>1</sup> pública, vem sendo um tema constantemente abordado em meio acadêmico, em organismos de controle e nas demais instituições públicas em todas as esferas de governo. É relevante destacar que o dinheiro público não só deve ser simplesmente gasto em prol da sociedade, mas deve ser muito bem empregado, com o propósito de que tal despesa seja realizada não apenas quanto ao aspecto da eficácia, mas também quanto ao da eficiência, ou seja, os objetivos e metas devem ser alcançados com o mínimo de recurso possível<sup>2</sup>. Para tanto, o gestor necessita ter consciência do seu papel, de pôr em prática as funções administrativas de planejar, organizar, dirigir e controlar, realizando o processo produtivo com eficiência e eficácia. Caso atendidas, o resultado dessas ações tende a refletir o bom uso do dinheiro público.

Dentre as diversas áreas de atuação da gestão pública (saúde, finanças, educação, etc.) que têm demandado um controle mais efetivo por parte do próprio governo, tem-se o setor de saneamento, que envolve os serviços de limpeza urbana. A ausência dessa atividade nas cidades, em condições que assegurem o bem-estar das populações, tem gerado uma desordem no quadro do meio ambiente urbano, fazendo da gestão dos resíduos sólidos um dos maiores desafios impostos ao poder público.

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal e definido pela Lei nº 11.445/2007, que se refere às diretrizes nacionais para o saneamento básico, tendo como um dos princípios fundamentais abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente. A falta de saneamento básico traz impactos diretos nas condições de saúde da população, principalmente, através da propagação de doenças.

A Constituição Federal estabelece em seu art. 225 que compete ao poder público a obrigação e a responsabilidade sobre os Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, na medida que a

---

<sup>1</sup> De acordo com GISSELQUIST (2012, p. 5), “o termo é amplamente utilizado em relação a uma variedade de contextos e abordagens específicas: por exemplo, governança corporativa, governança participativa, governança global, governança de tecnologia da informação (TI), governança ambiental, governança local, governança de ONGs e governança sustentável”.

<sup>2</sup> Para Chiavenato (1994, p. 70), “eficácia é uma medida normativa do alcance dos resultados, enquanto eficiência é uma medida normativa da utilização dos recursos nesse processo”.

ele se impõe o dever de defender e preservar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações, garantindo o direito de todos em ter uma qualidade sadia de vida. Já a Lei nº 12305/2010, que faz referência à Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, é mais precisa no seu destaque quanto à responsabilidade. Em seu art. 10, a norma explicita que a tarefa da gestão integrada dos resíduos sólidos é atribuída aos municípios e ao Distrito Federal.

Assim, a gestão integrada dos resíduos sólidos se constitui em um dos grandes desafios para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras. A importância de se avaliar essa gestão se dá em diversos aspectos: sanitário, por influenciar diretamente na saúde da população; paisagístico, por envolver as questões estéticas e de bem-estar da cidade; financeiro, por se tratar de serviços que envolvem contratos públicos onerosos; e econômico-social, por englobar ação referente à coleta seletiva, envolvendo um contingente de pessoas que buscam na separação e comercialização de materiais recicláveis uma alternativa para o sustento de suas famílias.

Ressalte-se que a PNRS já destaca essa preocupação, consoante o disposto no inciso V do Art. 6º, que remete ao termo ecoeficiência atrelado a preços competitivos, no que diz respeito a bens e serviços qualificados, que satisfaça as necessidades humanas e traga qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais.

Desse modo, a análise aqui discutida é a eficiência da prestação dos serviços de limpeza urbana no tocante à coleta de RSU. Tais serviços têm-se apresentado em contratos públicos cada vez mais onerosos, representando um grande peso dentro do orçamento da prefeitura. Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Tesouro Nacional, 5% do orçamento municipal é destinado em gastos com limpeza urbana. Contudo, apesar dessa grande relevância nas finanças, a limpeza urbana é avaliada pela sociedade somente em casos de gestão inadequada, ou seja, em momentos de mudanças políticas, segundo o Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana para os municípios brasileiros (SELUR, 2016). Assim, torna-se essencial a preocupação abordada neste trabalho, tendo em vista a população não compreender a magnitude de tal serviço frente aos cofres públicos.

Outro aspecto pertinente ao tema refere-se ao que salienta o Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil, que evidencia a comparação entre a quantidade de RSU gerada (78.583.405 t/ano) e a coletada (71.260.045 t/ano) em 2014, mostrando que o país contou com um percentual de cobertura de coleta de 90,6% (ABRELPE, 2014), levando à constatação de que

pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país neste ano e, consequentemente, tiveram destino impróprio. Especificamente quanto ao cenário paraibano, essa relação apresentou uma porcentagem de 85,30% no mesmo ano, mostrando, assim, que 14,70% de resíduos sólidos gerados não foram coletados (ABRELPE, 2014).

Nesse contexto, tem-se o seguinte problema: em que medida o desempenho da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos em municípios paraibanos tem se mostrado eficiente? Para tanto, faz-se necessário o alcance dos seguintes objetivos:

- Objetivo Geral:
  - Avaliar a eficiência técnica da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos em municípios paraibanos, com base na metodologia Análise Envoltória de Dados – DEA, referente ao ano de 2014.
- Objetivos Específicos:
  - Averiguar os dados disponibilizados pelas prefeituras paraibanas com relação a indicadores que envolvam serviços de limpeza urbana.
  - Construir um banco de dados com os indicadores referentes a serviços de limpeza urbana, selecionando a amostra de municípios.
  - Associar os indicadores existentes com variáveis que correspondam a insumos e produtos em serviços de coleta de resíduos sólidos nas unidades municipais.
  - Aferir o nível de coerência dos dados relacionados às variáveis de insumos e produtos da amostra paraibana.
  - Calcular a fronteira de eficiência a partir da metodologia DEA, expondo os resultados em forma de escores, relacionando as unidades produtoras envolvidas.
  - Analisar e interpretar os escores de eficiência, identificando quais são as semelhanças e diferenças entre os municípios.

Assim, a análise do desempenho de produtividade resultará em um *ranking* de municípios paraibanos com índices de eficiência em serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, confrontando, de um modo geral, maiores quantidades coletadas de lixo frente a menores recursos envolvidos com a coleta.

O presente estudo enriquecerá a literatura existente, por envolver a metodologia DEA na prestação de serviços de coleta resíduos sólidos urbanos, bem como servirá de apoio para ações futuras de fiscalização com vistas a avaliar gestões de limpeza urbana em municípios do estado da Paraíba.

O trabalho está dividido em cinco partes. No capítulo posterior à introdução, é realizada uma revisão do setor de resíduos sólidos no Brasil, onde se procura apresentar as definições de resíduos sólidos urbanos e mostrar o enquadramento da Política Nacional de Resíduos Sólidos no arcabouço regulatório brasileiro do tema aqui porposto.

No terceiro capítulo, há uma mostra da fundamentação teórica relacionada à análise de eficiência, abordando o Conjunto de Possibilidades de Produção, a fronteira de eficiência, bem como uma breve explanação da metodologia não-paramétrica. Encontra-se ainda nesse tópico uma listagem de trabalhos que utilizaram a eficiência produtiva como parâmetro para a avaliação de serviços de interesse do poder público e da população.

A quarta parte elenca as ferramentas metodológicas utilizadas para efeito do objetivo geral deste trabalho: diagnóstico comparativo (referente aos dados coletados), DEA e *cluster*. Dessa forma, apresenta a metodologia DEA na averiguação da eficiência produtiva, expondo aspectos originários da ferramenta. Em relação ao *cluster*, mostra um resumo do método, que é utilizado no sentido de agrupar os municípios com escores de eficiência similares. O capítulo ainda indica a fonte dos dados utilizados na aplicação da metodologia DEA.

O quinto capítulo exibe uma análise descritiva das estatísticas das variáveis utilizadas. Desenvolve o resultado da metodologia aplicada através de *software*, fazendo-se, complementarmente, uma inferência dos escores de eficiência obtidos a partir do método Cluster.

O último capítulo é composto de considerações conclusivas resultantes da realização dos objetivos aqui discriminados, evidenciando o potencial de uso deste trabalho para a auditoria de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos e a utilização da metodologia DEA como importante ferramenta nos trabalhos de fiscalização de uma forma geral.

## 2 SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS

### 2.1 DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES

O serviço de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, de acordo com o art. 7º da Lei nº 11.445/2007 (Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico), compreende as seguintes atividades: a coleta, transbordo e transporte de resíduo; a triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos; a varrição, capina e poda de árvores em vias públicas; e outras ações pertinentes à limpeza urbana. Todas estas etapas devem ser realizadas conforme padrões sanitários e ambientais, sem provocar danos ao ambiente ou problemas à população, ao menor custo financeiro e social possíveis.

A Lei nº 12.305/2010, entende por resíduos sólidos:

Art. 3º [...] XVI – resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010).

A citada lei ainda difere resíduo sólido de rejeito, sendo este definido como:

Art. 3º [...] XV – rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. (BRASIL, Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010).

E classifica, conforme art. 13, quanto à origem, no que concerne ao tema deste trabalho:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nos itens “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nos itens “b” e “e”, bem como os

resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e resíduos de serviços de transportes;

- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos no item “c”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10.004:2004

– Resíduos sólidos: classificação, define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível. (NBR 10.004, 2004, p.1).

## 2.2 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: NOVO MARCO LEGAL NO BRASIL

A preocupação brasileira com setor de resíduos sólidos iniciou-se na Lei nº 2.312 de 1954 (políticas públicas de saúde). Tratava-se de normas gerais sobre defesa e proteção da saúde e estabelecia que a coleta, o transporte e o destino final do lixo deveriam ser processados em condições convenientes à saúde e ao bem estar público. A lei foi revogada pela Lei nº 8.080 de 1990, que dispõe sobre os serviços de saúde no país.

Contudo, a preocupação continuou, tendo em vista que a ausência de gerenciamento dos resíduos sólidos tem-se verificado de forma intensa nos tempos atuais, trazendo consequências graves ao meio ambiente: poluição do ar, poluição visual, poluição do solo, poluição dos cursos de água (rios, riachos, lençóis freáticos etc.). Esses fatores provocam impactos diretos à população, já que a mesma depende da qualidade e do equilíbrio dos recursos naturais para sobreviver<sup>3</sup>.

Assim, a Lei Federal nº 12.305 foi sancionada em agosto de 2010 e instituiu Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo prazo até o ano de 2014 para a extinção dos lixões. A norma traz o termo Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos para aqueles resíduos que comprovadamente não forem mais passíveis de alguma forma de

---

<sup>3</sup> É válido destacar que o consumo exacerbado da própria população vem aprofundando a crise ambiental, por ser estimulado muitas vezes pela obsolescência programada dos produtos por parte do setor produtivo, que tem como estratégia a busca incessante do lucro (SOARES, 2014, p.29).

tratamento. Para tanto, a lei apresenta o art. 9º, mencionando que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Esta norma, para o setor de resíduos sólidos, em conjunto com a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), a Lei Federal de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), a Política de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257/2001) e a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), faz parte de uma estrutura regulatória necessária para nortear ações de gestão relacionadas ao meio ambiente, no que tange à proteção dos recursos naturais, bem como no tocante à minimização dos impactos oriundos dos resíduos sólidos. Ressalte-se ainda a inclusão da Lei Federal de Consórcio (Lei nº 11.107/2005), que entra nesse arcabouço regulatório como uma ferramenta de gestão para minimizar os dilemas da gestão ambiental, por ser, muitas vezes, o caminho mais adequado para a disposição do lixo produzido por um grupo de municípios, considerando os aspectos da sustentabilidade econômico-financeira.

Além de salientar em seu conteúdo o desenvolvimento sustentável, de acordo com o exposto entre os seus princípios (art. 6º, IV, Lei nº 12.305/2010), também específica instrumentos que devem ser articulados entre os gestores públicos dos entes federados e os segmentos sociais envolvidos em todo o processo do descarte até a destinação final dos resíduos. Desse modo, destacam-se como instrumentos: os planos de resíduos sólidos; a coleta seletiva, ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; a educação ambiental; os acordos setoriais.

Os planos de resíduos sólidos trazidos pela PNRS são os seguintes: plano nacional de resíduos sólidos; planos estaduais de resíduos sólidos; planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; planos intermunicipais de resíduos sólidos; planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos; e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

### 2.3 PANORAMA PARAIBANO COM A INTRODUÇÃO DA PNRS

A elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PGIRS é condição necessária para o Distrito Federal e os municípios terem acesso aos recursos da União, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos. Seu conteúdo mínimo encontra-se no art. 19 da Lei nº 12.305/2010. Para municípios com população total inferior a vinte mil habitantes, o PGIRS terá conteúdo simplificado, conforme estabelecido pelo Decreto 7.404/2010 que regulamenta a referida lei.

No âmbito dos municípios paraibanos, de acordo com levantamento do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR, que expõe pesquisa do Ministério do Meio Ambiente - MMA realizada em 2015 com as Unidades da Federação, apenas 49 municípios paraibanos de um total de 223 possuem o PGIRS nos termos estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Tal fato demonstra que as questões de resíduos sólidos ainda não são prioridades para a gestão dos municípios do estado da Paraíba.

Na esfera estadual, baseado nos instrumentos da PNRS, o governo elaborou o Plano de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do estado da Paraíba – PGIRS/PB, propondo para o Estado e os Municípios intervenções do setor de resíduos sólidos, visando subsidiar o planejamento e a definição das melhores soluções integradas e consorciadas.

O PGIRS/PB menciona que o objetivo da regionalização reflete-se na configuração que resulte na maximização da eficiência e eficácia dos agrupamentos dos municípios que apresentem potencial para a gestão compartilhada dos seus resíduos sólidos, segundo modelos apropriados para o contexto regional. Destaca que os modelos básicos para agrupamentos municipais no sentido da regionalização da gestão de RSU foram configurados para as 14 (quatorze) Regiões Geoadministrativa, sendo que, dentro das perspectivas de sugestões de soluções tecnológicas, a serem implantadas nos municípios, fez-se necessária a realização de um levantamento de dados acerca do contingente populacional, bem como a estimativa da produção total diária de resíduos sólidos em cada município ou do arranjo territorial proposto, considerando um espaço temporal de 20 (vinte) anos (2030), conforme demonstração na Tabela 1.

**Tabela 1** - Dados gerais das unidades territoriais utilizadas na proposta de regionalização

<i>Regiões Geoadministrativas</i>	<i>Quantidade de Municípios</i>	<i>Município Sede</i>	<i>Projeção População Urbana 2030 (hab.)</i>	<i>Projeção Produção RSU p/ 2030 (kg/dia)</i>
João Pessoa	14	João Pessoa	1.079.731	1.241.691
Guarabira	24	Guarabira	64.358	45.051
Campina Grande	39	Campina Grande	456.398	410.758
Cuité	12	Cuité	20.045	13.029
Monteiro	18	Monteiro	38.726	23.172
Patos	22	Patos	122.310	97.848
Itaporanga	18	Itaporanga	28.220	18.343
Catolé do Rocha	10	Catolé do Rocha	33.771	21.951
Cajazeiras	15	Cajazeiras	67.130	46.991
Sousa	08	Sousa	72.987	51.091
Princesa Isabel	07	Princesa Isabel	29.458	19.148
Itabaiana	15	Itabaiana	27.184	17.670
Pombal	09	Pombal	32.440	21.086
Mamanguape	12	Mamanguape	50.800	33.020
<b>Total</b>	<b>223</b>	<b>Total</b>	<b>2.123.558</b>	<b>2.060.848</b>

Fonte: Adaptado do Plano de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado da PB.

É relevante ser ressaltado que o plano de regionalização ainda não foi validado em forma de lei. A ausência da formalidade legal dá menos força ao plano frente aos gestores municipais, no sentido de tomar como parâmetro a solução ali descrita.

Outro instrumento que apresenta a preocupação com o setor de resíduo sólidos no estado da Paraíba é o Plano Estadual de Educação - PEE (Lei nº 10.488/2015), que veio após a edição da Lei nº 12.305/2010 e do Plano Nacional de Educação - PNE (Lei nº 13.005/2014). O PEE apresenta a META 18, que destaca a educação ambiental, contemplando a área de resíduos sólidos na Estratégia 18.1.

De uma forma geral, no estado da Paraíba, normas foram implementadas no corpo legislativo baseadas nos princípios da Lei nº 12.305/2010, com o intuito de tentar diminuir os problemas oriundos de má gestão dos resíduos sólidos. Conforme Maia *et al.* (2015), que aborda os reflexos da PNRS nos dispositivos legais paraibanos, a legislação ambiental avançou da seguinte forma:

- criação da Lei Estadual nº 9.293/2010, que Institui o Programa de Beneficiamento de Associações e Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis da Paraíba, com a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da Administração Pública Estadual, direta e indireta,

na fonte geradora, e a sua destinação aos catadores de materiais recicláveis organizados em cooperativas e associações;

- criação da Lei Estadual nº 9.574/2011, que obriga as empresas permissionárias e/ou concessionárias do transporte intermunicipal a instalar recipientes coletores de lixo no interior dos coletivos, acompanhados de mensagens educativas para conscientização sobre a preservação ambiental, além de oferecer outras providências;
- criação da Lei Estadual nº 9.635/2011, que torna obrigatória a utilização de depósitos de lixo pelos vendedores ambulantes de gêneros alimentícios de qualquer natureza para acondicionar os resíduos decorrentes da sua atividade;
- criação da Lei Estadual nº 9.505/2011, que dispõe sobre o uso de sacolas plásticas biodegradáveis para acondicionamento de produtos e mercadorias utilizadas nos estabelecimentos comerciais em todo o território da Paraíba;
- criação da Lei Estadual nº 9.766/2012, a qual torna obrigatória a separação dos resíduos recicláveis do orgânico nas escolas públicas do estado da Paraíba;
- criação da Lei Estadual nº 10.187/2013, a qual determina que as empresas produtoras, distribuidoras de garrafas pet, ou plástico em geral estabelecidas no estado da Paraíba ficam obrigadas a criar e manter programas de reciclagem, reutilização ou reaproveitamento desses produtos, dando-lhes destinação final adequada a fim de evitar danos ao meio ambiente.

Desse modo, de acordo com Maia et al. (2015), a legislação ambiental teve um certo avanço, contudo, não o suficiente para amenizar os problemas causados pela falta de gestão dos resíduos sólidos. A repercussão da 12.305/10 ainda não tem gerado efeitos concretos no estado da Paraíba e nos seus municípios. Quanto aos prazos previstos na PNRS para a elaboração dos planos estaduais e para a extinção dos lixões, os autores discriminam a falta de prioridade nas questões ambientais pelo poder público, bem como a falta de aparato técnico especializado que externe soluções viáveis para cada localidade. Acrescentam que tal ocorrência é em virtude da falta de sensibilização prévia da comunidade, do Poder Público e do setor privado.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTUDOS EMPÍRICOS

#### 3.1 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

##### 3.1.1 Tecnologia

Na atividade produtiva de uma empresa, existe a transformação de insumos (trabalho, matéria-prima e capital) em produtos (XAVIER, 2015).

Cada empresa utiliza uma combinação de insumos e certa tecnologia para produzir os seus produtos. Nesse sentido, Varian (2006) explana que o conjunto de todas as combinações de insumos e produtos que são viáveis, utilizando tecnologias diferentes, é chamado de Conjunto de Possibilidades de Produção – CPP.

Os CPPs podem assumir diferentes formas. Para que represente uma tecnologia produtiva, um plano de produção deve satisfazer algumas propriedades de natureza econômica. Tem-se adiante algumas das propriedades que são comumente adotadas, segundo Batista (2009).

Inicialmente, tem-se a monotonicidade, que a literatura aponta como uma propriedade igualmente conhecida como livre descarte (*free disposal*). Se houver aumento da quantidade de pelo menos um dos recursos, deve-se produzir ao menos o que era produzido antes. Quantidades adicionais de insumos ou produtos podem ser descartadas sem custo. Considere um sistema de produção T, que utiliza M itens para produzir S produtos, que pode ser representado de acordo com a equação 3.1, onde x possa produzir y.

$$T = \{(x, y) \in R_+^{M+S} \} \quad (3.1)$$

Segue o livre descarte de insumos e produtos representado nas equações 3.2 e 3.3.

$$\begin{array}{ll} \text{Insumos:} & \text{Se } (x, y) \in T \text{ e } x' \leq x \text{ então } (x', y) \in T \\ & \text{Produtos: } \text{Se } (x, y) \in T \text{ e } y' \leq y \text{ então } (x, y') \in T \end{array} \quad (3.2) \quad (3.3)$$

Outra propriedade relacionada à tecnologia da produção é a convexidade. Existindo duas maneiras de produzir y unidades de produto, a média ponderada das duas formas deve

produzir, ao menos,  $y$  unidades do produto. Conforme elucida Varian (2006), havendo distintas técnicas de produção para que se alcance determinado número de produtos, é possível o uso das combinações das técnicas para que se tenha o mesmo resultado.

A convexidade pode ter a representação de acordo com a equação 3.4.

$$Se(x, y) \in T \text{ e } (x', y') \in T \text{ então } (\lambda(x', y) + (1-\lambda)(x', y')) \in T \quad \forall \lambda \in [0,1] \quad (3.4)$$

O retorno de escala de produção, de acordo com o CPP a ser delineado, também é apontado como propriedade. Conforme descrição de Coelli, Rao e Battese (1998), a partir de uma determinada função de produção, a produtividade (relação entre produtos e insumos) pode variar de acordo com a escala de produção e, portanto, uma unidade produtiva pode ser tecnicamente eficiente, mas a produtividade pode ainda aumentar, se explorada a economia de escala.

Em outros termos, segundo Pindyck e Rubinfeld (2010), os retornos são de acordo com a escala de produção que podem ser constantes, crescentes ou decrescentes, os quais seguem:

- Retornos crescentes de escala: quando acréscimos nos insumos resultam em aumentos mais do que proporcionais nos produtos. Como exemplo, isso pode ocorrer quando funcionários se especializam em suas tarefas e se tornam mais produtivos.
- Retornos constantes de escala: quando acréscimos nos insumos resultam em aumentos proporcionais nos produtos. Havendo retornos constantes, o tamanho da empresa não influencia a produtividade de seus insumos. Por exemplo, uma grande agência de viagens pode oferecer o mesmo serviço que uma pequena.
- Retornos decrescentes de escala: quando acréscimos nos insumos resultam em aumentos menos do que proporcionais nos produtos. Dificuldades para organizar e gerenciar uma operação em grande escala pode levar a uma produtividade menor.

Assim, uma tecnologia que possua retorno de escala constante pode ser representada, por exemplo, como na equação 3.5.

$$Se(x, y) \in T \text{ então } (\lambda_x, \lambda_y) \in T \quad \forall \lambda \geq 0 \quad (3.5)$$

Tem-se ainda a propriedade comumente chamada de *no free lunch*, que apresenta a concepção de que não se pode produzir algo a partir de nada. Varian (1992) destaca que a produção é irreversível, ou seja, não se pode produzir um vetor de saída de rede e depois utilizar esse mesmo vetor para ser obtida nova entrada. Desse modo, a produção só irá existir caso se tenha novos insumos.

### **3.1.2 Fronteira de Eficiência**

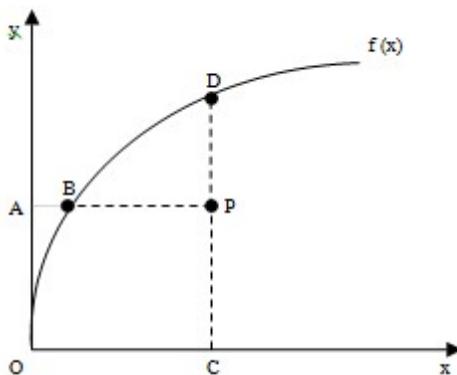
Lovell (1992) define a eficiência de uma unidade produtiva como sendo a razão entre os valores alcançados e os valores ótimos entre insumos ou produtos. Por conseguinte, pode ser entendido como a razão entre o produto real e o produto esperado ou a razão entre o insumo esperado e o insumo real.

A avaliação da eficiência das unidades produtivas pode ser realizada através do grau de proximidade dessas fronteiras em que elas estejam operando. Sendo as fronteiras determinadas, o distanciamento entre os planos de produção observados e a fronteira pode servir como medida da eficiência (ou ineficiência) das empresas (GASPARINI, 2003).

Gasparini (2003) considera em suas explanações uma firma que usa apenas um fator de produção  $x$  para obter um único produto  $y$ , conforme ilustração do Gráfico 1. A curva  $f(x)$  representa uma função de produção, ou seja, a quantidade máxima de produto ( $y$ ) que uma unidade perfeitamente eficiente poderia obter a partir da utilização dos insumos ( $x$ ). Essa curva, portanto, representa a fronteira tecnológica ou eficiente.

O Gráfico 1 ainda mostra o ponto P, que simboliza o plano de produção que a firma está efetivamente utilizando. Esse ponto indica que a firma está empregando OC unidades do insumo  $x$  para produzir OA unidades do produto  $y$ . Como se observa, a firma é ineficiente, pois está operando abaixo da fronteira. Já o ponto B sinaliza um plano de produção tecnicamente viável, capaz de obter a mesma quantidade de produto utilizando menos insumos. Por sua vez, o ponto D indica uma situação também tecnicamente viável, onde é possível obter mais produtos com a mesma utilização de insumos.

**Gráfico 1 - Medidas de eficiência**



Fonte: Gasparini (2003).

Nesse contexto, na avaliação da eficiência de uma firma, é possível se ter duas direções, a partir da orientação do modelo para produtos ou para insumos. Apura-se a fração de insumos que a firma estaria desperdiçando, ou seja, avalia-se o quanto de insumos poderia ser poupado sem alterar a produção. Assim, a finalidade é conseguir produtos com o menor comprometimento de recursos. “Uma firma seria dita ineficiente, então, se fosse tecnicamente possível diminuir algum fator de produção sem aumentar outros e sem reduzir os bens produzidos”, conforme salienta Gasparini (2003, p. 24). Dessa forma, de acordo com o Gráfico 1, a eficiência da firma poderia ser medida pela razão  $AB/AP$ . Essa seria uma medida de eficiência voltada para insumos.

De uma outra forma, o centro da análise poderia estar delineado para a proporção em que a geração do produto poderia ser aumentada sem alterar a utilização de insumos. Nessa perspectiva, a medida de eficiência estaria voltada para o produto. Na orientação para produtos, procura-se alcançar a maior quantidade possível de bens e serviços com base em uma dada utilização de recursos. “Uma firma seria dita ineficiente, então, se fosse tecnicamente possível aumentar algum produto sem aumentar os insumos utilizados e sem diminuir qualquer outro produto”, segundo Gasparini (2003, p. 24). Uma medida de eficiência poderia ser, conforme o Gráfico 1, definida a partir da razão  $CP/CD$ .

Os principais métodos utilizados na definição das fronteiras de produção, conforme Lima (2006), são os seguintes:

I. Paramétricos

- a. Funções Médias
- b. Fronteiras Determinísticas

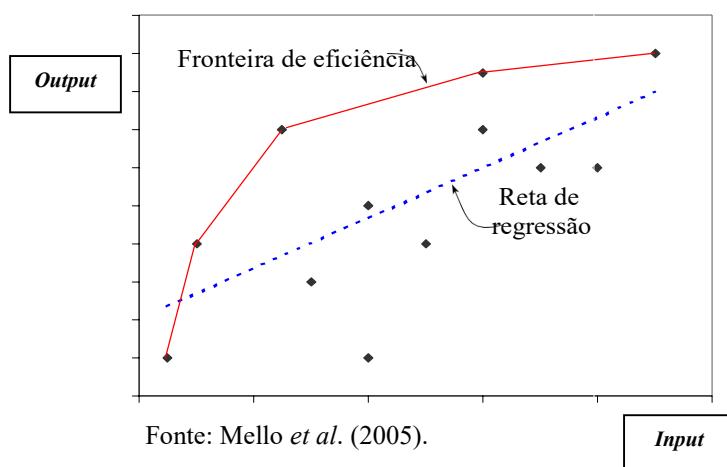
c. Fronteiras Estocásticas (métodos econométricos)

II. Não-paramétricos (programação matemática)

- a. Fronteiras DEA-C: retornos constantes de escala
- b. Fronteiras DEA-N: retornos não-crescentes de escala
- c. Fronteiras DEA-V: retornos variáveis de escala
- d. Fronteiras FDH: retornos variáveis de escala e não-convexidade

O presente estudo toma como base a abordagem não-paramétrica (especificamente as versões DEA-C e DEA-V), a qual é explanada no tópico adiante. A opção por métodos não paramétricos se dá em função deles estarem mais diretamente voltados para a estimativa de fronteiras, conforme se pode observar no Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Confronto entre DEA (método não paramétrico) e regressão (abordagem paramétrica)**



Fonte: Mello *et al.* (2005).

### 3.1.3 Métodos Não Paramétricos

Na abordagem não-paramétrica, a determinação da fronteira não está relacionada à definição *a priori* de uma função, mas sim levando em consideração as propriedades que o conjunto de produção deve satisfazer. Usualmente, a estimativa é alcançada por meio de técnicas de programação linear (LIMA, 2006).

O trabalho pioneiro que abordou a utilização dos métodos não-paramétricos, com o propósito de estimar as fronteiras de produção, foi do autor Farrell (1957), com o uso de técnicas de programação linear. Posteriormente, a partir dos trabalhos de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), os métodos não-paramétricos passaram a ser tratados de *Data*

*Envelopment Analysis* (DEA), em função da característica de “envelopar” os dados, ao invés de tentar ajustar um plano de regressão.

Conforme Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), modelos de programação linear são uma classe especial de modelos de otimização com restrições. Para que um determinado sistema possa ser representado por meio de um modelo PL, todas as relações entre variáveis são expressas com funções lineares e todos os modelos de PL possuem a seguinte forma algébrica:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximize (ou Minimize):} \quad c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\
 & \quad a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right. b_1 \\
 & \text{Sujeito a:}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

*Sujeito a:*

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_n$$

Assim, o modelo de Programação Linear reduz um sistema real a um conjunto de equações ou inequações onde pretendemos otimizar uma função objetivo.

Ainda segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), o modelo PL é uma ferramenta computacional de modelagem para tomadas de decisão associadas à alocação de recursos que transcendem todos os aspectos de gerenciamento de gerações de serviços. Refere-se ao planejamento que utiliza modelos matemáticos que se apresentam em expressões lineares. A modelagem seleciona as características da realidade mais importantes para o problema de interesse. Dessa forma, de acordo com Macedo e Bengio (2003), a Programação Matemática é fortemente direcionada ao apoio da tomada de decisão no gerenciamento de sistemas de grande porte, principalmente no tratamento de variáveis quantificadas.

Como se observa, a metodologia DEA possibilita a construção de uma fronteira de segmentos lineares, onde se localizam as unidades produtivas eficientes.

### 3.2 ESTUDOS EMPÍRICOS NA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA TÉCNICA

O trabalho em epígrafe trata de uma avaliação baseada no DEA, direcionada para os municípios do estado da Paraíba, especificamente relacionada à eficiência dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos. Nesses moldes, verifica-se que os trabalhos acadêmicos são inexistentes. Contudo, a literatura nacional apresenta uma quantidade razoável de pesquisas envolvendo fronteiras de produção e eficiência produtiva em setores de serviços que envolvem recursos públicos.

Tem-se, como contribuição, a análise de Carmo (2003), que norteia a pesquisa aqui proposta. A autora discorre sobre a avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a citada metodologia, que, de forma similar ao que se pretende no presente estudo, traz o resultado da eficiência dessas empresas em forma de escores, focando sobre a necessidade de se elevar a qualidade de vida dos brasileiros por parte do governo, com base na Política Nacional de Saneamento Básico, o que resulta em um exame de como está sendo a produtividade dessas empresas frente aos custos impostos pelo setor. O estudo abrangeu uma amostra de 26 companhias estaduais de saneamento básico, dos quais foram apresentados os escores de eficiência obtidos nos modelos DEA, que foram analisados segundo os critérios de localização, retornos de escalas e indicadores técnicos. Concluiu-se que tais unidades produtivas apresentaram bons resultados em dois modelos DEA.

Ainda como referencial literário, encontra-se o trabalho de Scaratti, Michelon e Scaratti (2013), que avalia a eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando o método Análise Envoltória de Dados. A pesquisa analisa 53 municípios, constantes da amostra do SNIS, como prestadores de serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, conforme definições da Lei nº 11.445/2007, trazendo uma classificação de eficiência da prestação desses serviços. Utilizando 33 indicadores de desempenho cujos resultados foram transformados em medidas adimensionais de intervalo [0, 1], de forma conclusiva, o trabalho mostrou que, da amostra total, nove serviços de abastecimento de água potável e três de esgotamento sanitário obtiveram avaliação com índice igual a 1 e classificação eficiente, sendo os demais apresentados com uma avaliação inferior, ou seja, menor que 1 e classificação ineficiente. Em

uma avaliação agregada da gestão do saneamento básico (abastecimento de água potável e esgotamento sanitário), percebeu-se que somente um município obteve classificação eficiente.

Outro norte para a averiguação em tela, tem-se o diagnóstico de Araújo *et al.* (2010), que aborda a avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no combate às endemias nos municípios do estado do Tocantins, associando a falta ou precariedade desses serviços às endemias de veiculação hídrica. O estudo envolve a Metodologia da Análise Envoltória de Dados com o fim de avaliar a eficiência dos municípios no combate dessas endemias, apontando para uma realidade que está relacionada à precariedade dos serviços de saneamento básico. Partindo da hipótese de que o número de casos dessas doenças estava relacionado de forma negativa com as condições verificadas na área de saneamento básico, os resultados obtidos apontaram para uma realidade caracterizada pela precariedade dos serviços de saneamento básico.

É relevante ser destacado que a análise de desempenho de produtividade também é aplicada para o caso do setor de energia elétrica. Como exemplo, tem-se a experiência de Vidal e Távora Júnior (2003), que fizeram uso da ferramenta DEA para retornos constantes e variáveis de escala, envolvendo modelo simples, com dois insumos e dois produtos. Os pesquisadores dividiram a amostra de empresas distribuidoras do serviço em segmentos, tendo em vista a limitação da metodologia, que apenas aceita unidades produtivas com características homogêneas. Para tanto, apresentaram DMU's não só atuando como distribuidoras, dividindo a amostra de 41 unidades em 15 do segmentos de distribuição e 26 do segmento geração-distribuição, desconsiderando o segmento geração-transmissão-distribuição, por não ter tido acesso à totalidade de dados relacionados. De forma conclusiva, ressaltaram que as empresas do grupo distribuição apresentaram bons resultados nos dois tipos de retorno de escala e que o grupo geração-distribuição apresentou um número significativo de empresas abaixo da fronteira eficiente de produção. Frisaram ainda que, nos dois segmentos, a ineficiência técnica foi mais expressiva que a de escala.

Ainda no setor elétrico, posteriormente à pesquisa de Vidal e Távora Júnior (2003), Pires (2008) mediu e analisou os índices de eficiência relacionados às empresas distribuidoras de energia elétrica do país, no período de 2001 a 2005, utilizando a Análise Envoltória de Dados para retornos constantes e variáveis de escala, também a partir de um modelo simples, com dois insumos e dois produtos. O trabalho apresentou, de forma similar à Carmo (2003), bons resultados de eficiência obtidos nos dois modelos, os quais foram analisados segundo os

critérios de controle acionário, localização, porte e tipo de atividade. Os resultados das empresas, de um modo geral, apresentaram bons nos dois modelos DEA.

Colaborando também com a avaliação de desempenho do setor energético, manuseando o DEA, tem-se a tese de Xavier (2015), que aborda a análise de eficiência técnica das concessionárias de distribuição de energia elétrica utilizando DEA (Data Envelopment Analysis) e Redes Unificadas. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). O trabalho propõe uma forma alternativa de aplicação da metodologia, fazendo uso das Redes Unificadas (RU) no segmento de distribuição para regionalizar a área de concessão e em seguida analisar a eficiência separadamente.

Em um segmento mais divergente, porém utilizando a mesma metodologia, Bayma (2011) investiga a eficiência de pecuária leiteira no estado do Acre. As 39 propriedades que serviram de amostra recebem tecnologias preconizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMPRAPA através do Projeto de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira do estado do Acre. Nessa conjuntura, o autor conclui pelo predomínio de um grupo de produtores ineficientes, ressaltando que tal cenário deve ser melhorado com o avanço do projeto.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o objetivo de analisar a eficiência técnica da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos, serão utilizadas as metodologias DEA e *cluster*. A primeira proporciona os escores de eficiência a partir da construção de uma fronteira tecnológica de produção, sendo recomendável, consequentemente, executar o segundo método para que se tenha o agrupamento de municípios com os respectivos escores de eficiência semelhantes, com o intuito de se verificar as semelhanças e diferenças entre as unidades.

Ainda como forma metodológica, preliminarmente à aplicação das ferramentas DEA e *cluster*, será realizado neste trabalho um diagnóstico comparativo entre estados, incluindo a Paraíba, com o objetivo de aferir o nível de coerência das estatísticas dos dados da amostra (municípios paraibanos).

As ferramentas DEA e *cluster*, assim como a fonte dos dados utilizados nesta pesquisa, serão abordadas neste capítulo, conforme explanação adiante.

### 4.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

No modelo DEA, seguindo a literatura referencial para este estudo, as firmas são consideradas unidades autônomas ou produtivas, ou seja, tomam decisões de forma individual e, neste sentido, passam a ser denominadas de *Decision Making Unit – DMU*, isto é, Unidades Tomadoras de Decisão. As unidades realizam as mesmas tarefas e se distinguem pelas quantidades dos inputs que consomem e do output que resulta desse consumo.

Analisa-se individualmente cada unidade produtiva<sup>4</sup>, medindo sua eficiência em relação a todo o conjunto que está sendo avaliado.

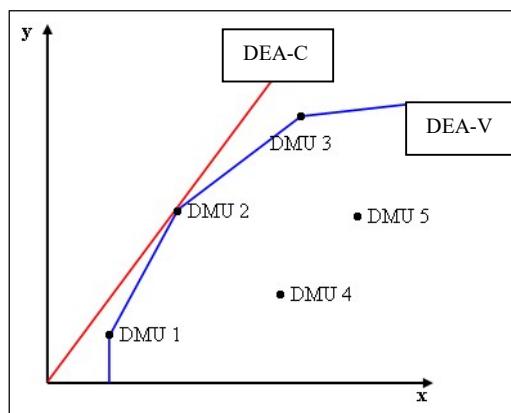
Em síntese, considerando a explanação de Carmo (2003), a metodologia é composta de três etapas:

---

<sup>4</sup>No caso deste estudo, as unidades produtivas (DMU's) são os municípios.

- Seleção das DMUs. As unidades produtivas (empresas) devem ter os mesmos inputs e output, possuindo, ao mesmo tempo, certo grau de diferenciamento para que se possa avaliar as características peculiares referentes a cada uma delas. O número de unidades na análise deve ser suficientemente grande. Deve-se tomar cuidado com a determinação do tempo de avaliação das DMUs, pois períodos muito grandes podem ocultar fatos importantes.
- Determinação dos *inputs* e *output*. Na determinação dos inputs e output, só os mais importantes são levados em conta, sem que nenhum destes tenha prioridade sobre o outro. As variáveis que apresentam grande correlação com outras poderão ser excluídas, pois sua contribuição não tem grande influência.
- Aplicação do Modelo e Análise dos Resultados. Neste estágio, define-se o tipo de modelo de otimização utilizado. Aqui é definido, para a construção da fronteira, de acordo com o ilustrado no Gráfico 3, o tipo de retorno de escala (DEA-C, com retorno constante de escala; ou DEA-V, com retorno variável de escala) e o tipo de abordagem (orientada a inputs ou output).

**Gráfico 3 - Fronteiras de eficiência nos modelos DEA-C e DEA-V**



Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (2010).

Segundo as elucidações de Lins & Calôba (2006), tal metodologia apresenta aspectos que representariam vantagens sobre outros métodos de análise de eficiência:

- a) Não é necessário transformar os insumos em unidades monetárias;
- b) Os índices de eficiência são construídos a partir de dados reais;
- c) Considera a possibilidade de que os benchmarks representem outliers para as demais unidades produtivas;

- d) Identifica as unidades produtivas eficientes, mede e localiza as unidades produtivas ineficientes a partir de uma função de produção linear por partes;
- e) Determina a eficiência relativa das unidades produtivas, contemplando cada uma destas unidades relativamente a todas as outras que compõem o grupo estudado;
- f) Fornece os benchmarkss para as unidades produtivas ineficientes;
- g) A fronteira de eficiência obtida representa um conjunto de unidades produtivas Pareto-Eficientes;
- h) Não necessita da determinação de uma forma funcional para a fronteira de eficiência.

Pode-se afirmar que os modelos DEA indicam as melhores condições de operação para cada unidade produtiva particularmente, de modo a maximizar o seu índice de desempenho, empregando as mesmas condições às restantes unidades sob análise. As unidades produtivas são consideradas eficientes quando os seus índices de desempenho relativo encontrados são maiores ou iguais aos índices calculados para as demais unidades sob análise, considerando os preços obtidos pelo próprio modelo de programação linear.

Conforme já mencionado em capítulo anterior, existem duas formas básicas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente. A primeira é reduzindo os recursos, mantendo constantes os produtos (orientação a *inputs*); a segunda é fazendo o inverso (orientação a *outputs*). No presente trabalho, há uma tendência em usar-se a orientação a *inputs*, pois a coleta de resíduos sólidos urbanos é um serviço essencial para a população, tendo em vista estar inserido no sistema de saneamento básico, que é um direito assegurado pela Constituição Federal. Logo, a orientação a *inputs* se mostra a mais adequada, considerando que o poder público precisa fornecer um determinado nível de *output* utilizando uma menor quantidade de *input* (minimizando os recursos).

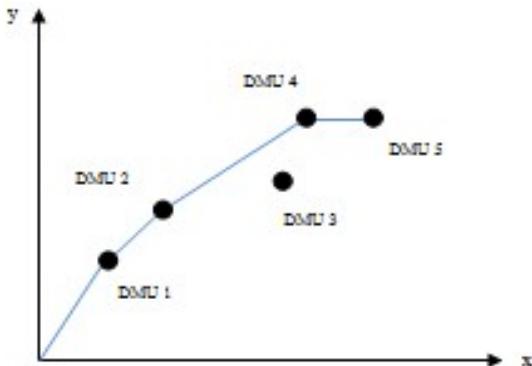
Considerando o DEA com orientação insumo, o alvo de uma DMU consiste no nível de insumo que deve ser reduzido, mantendo-se inalterados os níveis de geração dos produtos, para que a DMU seja considerada eficiente. Observa-se, portanto, que uma DMU eficiente apresentará eficiência padrão igual a 1 e uma DMU ineficiente apresentará menor que 1.

---

<sup>5</sup> O termo benchmark atribui-se às unidades produtivas eficientes que podem ser tomadas como padrão em determinado nível de desempenho visado, ou seja, como referência para as unidades produtivas ineficientes.

Contudo, considerando as elucidações de Araujo *et al.* (2010), é possível uma DMU apresentar uma falsa eficiência, causada quando algumas das variáveis utilizadas beneficiam alguma das unidades produtoras. Quando esse problema ocorre, tem-se o que se chama de baixa discriminação entre as DMUs analisadas, resultando na possibilidade de apresentação de uma falsa eficiência por parte de algumas unidades produtoras. Conforme apresentação no Gráfico 4, percebe-se que a DMU 5, mesmo pertencendo à fronteira de eficiência, não se afigura, de fato, a uma produção eficiente, haja vista que essa unidade tomadora de decisão pode permanecer com sua produção diminuindo o nível de utilização de insumos, caminhando em direção à DMU 4. Neste caso, diz-se que a DMU apresenta uma folga em sua utilização de insumos, equivalente a sua distância em relação à DMU 4. Assim, compreendendo o Gráfico 4 e de acordo com Mello *et al.* (2005), a baixa discriminação resulta de empates que ocorrem entre DMUs com 100% de eficiência.

**Gráfico 4 - Baixa discriminação das DMUs no modelo DEA- V: falsa eficiência**



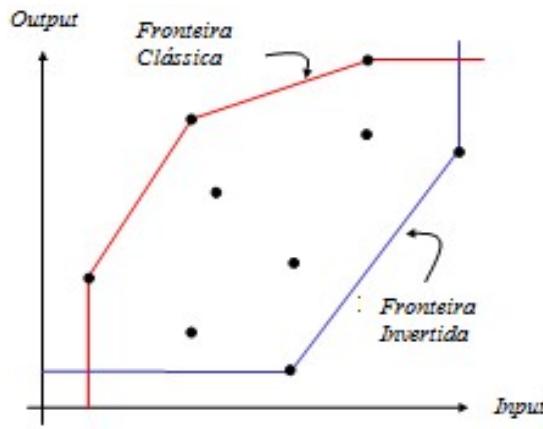
Fonte: Adaptado de Soares *et al.* (2010).

O problema da baixa discriminação pode ser resolvido a partir do uso do conceito de fronteira de eficiência inversa ou invertida. De acordo com as explanações de Mello *et al.*, (2005) e Leta *et al.*, (2005), a fronteira de eficiência inversa consiste em uma avaliação pessimista da eficiência das DMUs, sendo composta pelas DMUs mais ineficientes, ou seja, com as piores práticas gerenciais. Na prática, faz-se a inversão dos *inputs* para *outputs*. O Gráfico 5 mostra as duas fronteiras, a clássica e a invertida, para o caso DEA - V.

---

<sup>6</sup> Em um modelo DEA com orientação produto, a definição de folga é aplicada da mesma forma, considerando que uma DMU eficiente pode aumentar a sua produção mantendo constante o seu nível de utilização de insumos.

**Gráfico 5 - Fronteira clássica e invertida no modelo DEA- V**



Fonte: Mello *et al.* (2005).

Como forma de contornar o problema da baixa discriminação, Leta *et al.* (2005) se baseia no conceito da eficiência composta, que consiste na média aritmética da eficiência segundo as óticas clássica e invertida, otimista e pessimista, respectivamente, conforme equação (4.1). Tais eficiências são oriundas das fronteiras DEA construídas.

$$Ef_{composta} = (Ef_{otimista} - Ef_{pessimista} + 1) \frac{1}{2} \quad (4.1)$$

Como forma de definir um índice de eficiência normalizada, segundo Soares *et al.* (2010), tem-se a seguinte expressão:

$$Ef_{normalizada} = \frac{Ef_{composta}}{Ef_{máxima}} \quad (4.2)$$

A  $Ef_{máxima}$  refere-se ao valor calculado do maior índice de eficiência composta.

#### 4.1.1 Modelo DEA com Retornos Constantes de Escala (DEA-C)

Conforme explanação a seguir, essa versão do método DEA implica em fortes restrições no que diz respeito à forma do conjunto de produção. Essa metodologia supõe rendimentos constantes de escala.

Conforme explanação de Santos e Vieira (2004), considere a existência de  $k$  insumos e  $m$  produtos para cada  $n$  DMUs. Têm-se a construção de duas matrizes, conforme representação a seguir.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & & & \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kn} \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & & & \\ y_{k1} & y_{k2} & \dots & y_{kn} \end{pmatrix}$$

A matriz X de insumos, com dimensões ( $k \times n$ ), e a matriz Y de produtos, de dimensões ( $m \times n$ ), representam os dados de todas as n DMUs. Para as duas matrizes, é necessário que os coeficientes sejam não negativos e que cada linha e coluna tenham, pelo menos, um coeficiente positivo. Nesse contexto, para que se tenha uma medida de eficiência para cada DMU da amostra, são representados os vetores  $x_i$  e  $y_i$ , insumos e produtos, respectivamente. Assim, para a i-ésima DMU, tem-se o seguinte:

$$\text{Eficiência da DMU}_i = \frac{\mu' y_i}{\nu' x_i} = \frac{\mu_1 y_{1i} + \mu_2 y_{2i} + \dots + \mu_m y_{mi}}{\nu_1 x_{1i} + \nu_2 x_{2i} + \dots + \nu_k x_{ki}} \quad (4.3)$$

Onde  $\mu$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de pesos nos produtos e  $\nu$  um vetor ( $k \times 1$ ) de pesos nos insumos.

Seguindo a abordagem de Santos e Vieira (2004), é necessário que seja estabelecido o problema relacionado à permissão de cada DMU, para que ela possa adotar o conjunto de pesos mais favorável frente às outras unidades produtoras. Utilizando um problema de programação matemática, tem-se a seleção dos pesos ótimos de cada DMU.

Nesse norte, a eficiência da i-ésima DMU, de acordo com modelo adaptado de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), possui o seguinte aspecto:

$$MAX_{u,v} = \frac{\mu' y_i}{\nu' x_i} \quad (4.4)$$

Sujeito a:  $\frac{\mu' y_j}{\nu' x_j} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n,$

$$\mu, \nu \geq 0$$

Sendo a eficiência encontrada para a DMU igual a um, ela será eficiente em relação às demais unidades produtoras; caso contrário, será ineficiente, visto que existem DMUs que combinam os seus insumos e produtos de modo mais eficiente.

Contudo, é necessário transformar esse problema de programação fracionária (não-linear) em programação linear, ou seja, passar de infinitas soluções possíveis para um problema com uma única solução. Assim, a formulação linearizada para que seja maximizada a produção virtual, preservando os insumos virtuais, fica apresentada da seguinte forma:

$$MAX_{u,v} = (\mu' y_i) \quad (4.5)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \mu' y_j - v' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$v x_i = 1$$

$$\mu, v \geq 0$$

De acordo com Carmo (2003), o novo problema apresenta um elevado número de restrições, não sendo adequado aos efeitos computacionais. Contudo, o mesmo pode ser formulado baseado na propriedade da dualidade da programação linear, porém com menores quantidades de restrições. Assim, tem-se a forma dual utilizada para o modelo DEA – C, com orientação a *input*:

$$MÍN_{\theta,\lambda} \theta \quad (4.6)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad -y_i + Y\lambda \leq 0$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

Desse modo, o valor de  $\theta$  é o escore de eficiência, sendo ótimo se estiver entre 0 e 1. As unidades eficientes apresentam  $\theta = 1$ . Subtraindo-se da unidade o valor de  $\theta$ , temos a proporção na qual os *inputs* poderiam ser reduzidos, sem que se altere o nível de produção. O parâmetro  $\lambda$  é um vetor ( $n \times 1$ ). No caso de uma DMU eficiente, todos os valores de  $\lambda$  serão zero; contudo, “para uma DMU ineficiente, os valores de  $\lambda$  serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada” (SANTOS e VIEIRA, 2004, p. 131).

#### 4.1.2 Modelo DEA com Retornos Variáveis de Escala (DEA-V)

Considerando a continuação do modelo DEA, deve ser dado destaque ao modelo desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que considera o retorno variável de escala, denominado DEA-V. Introduzindo uma restrição de convexidade ao modelo DEA-C, conforme demonstração (4.6), tem-se a apresentação desenvolvida por Santos e Vieira (2004), conforme segue:

$$\begin{aligned}
 & \text{MÍN}_{\theta,\lambda} \quad \theta \\
 \text{Sujeito a:} \quad & -y_i + Y\lambda \leq 0 \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & N_1' \lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

Onde  $N_1$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de algarismos unitários.

Assim, o DEA-V diferencia-se do DEA-C por admitir uma restrição adicional de que a soma dos pesos seja igual à unidade, significando que não se pode expandir ou contrair de forma ilimitada as ações. Possibilita a distinção entre ineficiências técnica e de escala, calculando a eficiência técnica pura, a uma dada escala de operações, e identificando se estão presentes ganhos de escala crescentes ou decrescentes e constantes, para futura exploração.

Saliente-se que o índice de eficiência obtido por meio da metodologia DEA-C será menor ou igual ao gerado pelo modelo DEA-V, tendo em vista a fronteira de produção para o segundo modelo ser menos restritiva (CARMO, 2003).

## 4.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Com o fim de realizar uma avaliação dos dados gerados a partir da utilização do método DEA, adotou-se a análise de *Clusters* como ferramenta de agrupamento dos resultados, que se dá através de medidas e suas relações de proximidades (ou similaridade), separando tais grupos segundo suas distâncias (ou dissimilaridades). Este método agrupa objetos em grupos cada vez maiores segundo o aumento da dissimilaridade (distância) entre

eles, resultando em uma “árvore hierárquica” (semelhante a uma árvore genealógica) ou dendograma (forma de sumarizar um padrão de agrupamento).

Conforme Hruschka & Ebecken (2003), para definição de Clusterização, tem-se um conjunto de  $n$  objetos  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  onde cada  $X_i \in R^p$  é um vetor de  $p$  medidas reais que dimensionam as características do objeto, estes devem ser clusterizados em  $k$  clusters disjuntos  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ , de forma que tenhamos as seguintes condições respeitadas:

$$C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_k = X \quad (4.8)$$

$$C_i \neq \emptyset, \forall i, 1 \leq i \leq k \quad (4.9)$$

$$C_i \cap C_j = \emptyset, \forall i \neq j, 1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq k \quad (4.10)$$

Desse modo, nessas circunstâncias, um objeto não pode pertencer a mais de um cluster (grupos disjuntos) e cada cluster deve possuir ao menos um objeto.

Neste trabalho, a idéia básica da utilização da análise de *Cluster* consiste em colocar em um mesmo grupo municípios que sejam similares de acordo com os seus escores de eficiência.

#### 4.3 FONTE DE DADOS

Os dados correspondentes às variáveis consideradas neste trabalho são de origem do SNIS. O referido sistema coleta dados sobre a prestação de serviços de Água e Esgotos desde o ano de referência 1995 e sobre os serviços de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos desde o ano de referência 2002. Os dados de cada ano são publicados nos respectivos Diagnósticos dos serviços. No programa via web, SNIS – Série Histórica, é possível consultar informações e indicadores relacionados a dois componentes: "Água e Esgotos" (SNIS-AE) e "Resíduos Sólidos Urbanos" (SNIS-RS). O componente "Resíduos Sólidos" apresenta dados das prefeituras e órgãos municipais que responderam ao SNIS nos anos de referência.

Ainda conforme o sítio, a metodologia do SNIS considera uma tipologia de prestadores de serviços apoiada em três características básicas:

- ✓ a abrangência da sua atuação (diferenciando os prestadores pela quantidade e complexidade dos sistemas de provimento dos serviços, tanto os sistemas físicos como os político/institucionais e os espaciais/geográficos);

- ✓ a natureza jurídico-administrativa (diferenciando os prestadores do ponto de vista da formalidade legal e administrativa a que estão submetidos em todas as dimensões da sua atuação); e
- ✓ os tipos de serviços de saneamento que são oferecidos aos usuários (água, água e esgotos, esgotos, resíduos sólidos urbanos).

Saliente-se que o Ministério das Cidades, por meio do SNIS-RS, durante o ano de 2016, realizou um chamamento para a coleta de dados, estes a serem disponibilizados pelos prestadores de serviços e órgãos gestores dos municípios, no que tange ao ano de referência 2015. É valido destacar que o governo federal só veio finalizar a divulgação dos dados, através do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014, durante a fase de conclusão da presente dissertação (janeiro de 2017). Dessa forma, o estudo em epígrafe utiliza informações concernentes ao ano de referência 2014, tendo em vista tais informes estarem consolidados no sistema desde meados de 2015, quando foram iniciados os estudos do presente trabalho com a base de dados.

O portal expõe, no tocante ao ano de 2014, dados relacionados a 160 municípios paraibanos dos 223 existentes na ordem jurídica. Dos 160 apresentados, nem todos as unidades administrativas preencheram os campos que estão relacionados a indicadores que serão tomados para efeito de *input* e *output* neste trabalho. Assim, a proposta consiste no levantamento de dados referentes a prefeituras que tenham disponibilizado no sistema as informações de interesse do presente estudo, os quais se apresentaram em um total de 41 unidades, ficando, dessa forma, definida a amostra de municípios paraibanos utilizada neste trabalho.

Vale ressaltar que a seleção adequada e precisa de insumos e produtos tem uma fundamental importância, já que ela define a base sobre a qual o estudo da eficiência será realizado. As variáveis escolhidas, das existentes no portal, para efeito de aplicabilidade da metodologia DEA, são descritas a seguir.

✓ INPUTS:

- IN006 - Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab);
- IN019 - Taxa de empregados (coletadores + motoristas) na coleta (RDO + RPU) em relação à população urbana (empreg/1000 hab);
- IN023 - Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU) (R\$/t).

✓ OUTPUT:

- IN021 - Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana (Kg/hab/dia).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DESCRIPTIVA E DIAGNÓSTICO COMPARATIVO DAS ESTATÍSTICAS

O estudo sobre a eficiência técnica da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos foi realizado sobre uma amostra composta de 41 unidades. Conforme já mencionado, os dados são relacionados ao exercício de 2014. As estatísticas descritivas das variáveis estão expressas na tabela a seguir.

**Tabela 2 - Sumário estatístico das variáveis**

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação	Mínimo	Máximo
IN006 - Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab)	102,85	95,13	63,19	0,61	12,16	339,50
IN019 - Taxa de empregados (coletadores + motoristas) na coleta (RDO + RPU) em relação à população urbana (empreg/1000 hab)	1,70	1,34	1,21	0,71	0,25	4,83
IN023 - Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU) (R\$/t)	153,71	138,64	102,18	0,66	20,44	439,24
IN021 - Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana (Kg/hab/dia)	0,91	0,77	0,52	0,57	0,11	2,29

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS – Série Histórica.

Da análise dos dados da Tabela 2, o fato dos valores das medianas serem inferiores aos valores das médias indica a existência de assimetria na distribuição dos dados. Ou seja, sendo a *média > mediana*, tais séries apresentam mais dados menores que a média, ensejando uma assimetria positiva.

Partindo-se para a análise do grau de dispersão, observa-se a baixa representatividade dessas médias, tendo em vista o elevado valor da variabilidade dos dados de cada série, que

apresenta um percentual acima de 0,50, o que nos dá uma certa insegurança quanto à representatividade dos dados da amostra em tela. É sabido que tais municípios não disponibilizam suas informações como são de fato por fatores como, por exemplo, falta de pessoal capacitado para tal fim e/ou ausência intencional de transparência dos serviços executados e pagos pela Administração Pública. Contudo, tais dados, ainda que muito discrepantes, podem representar, em sua maioria, a realidade. Existem municípios que possuem custos muito diferentes, tendo em vista os diversos aspectos que o serviço de limpeza urbana pode englobar em sua estrutura. Há municípios que licitam grandes valores para a execução do serviço (caminhões, mão de obra em grande quantidade etc.), já outros têm em seus custos carros de mão e charretes para realizar a limpeza urbana local. Ou seja, cada município possui sua realidade regional (tamanho, estrutura técnica-financeira e características físicas e climáticas), o que influencia na escolha do tipo de sistema de limpeza urbana a ser executado pelo gestor municipal<sup>7</sup>.

Com o fim de verificar coerência nas estatísticas dos dados das cidades paraibanas contidas na amostra, optou-se por escolher dados municipais de mais dois estados da região nordeste que apresentassem alguns aspectos sócioeconômicos semelhantes ao da Paraíba, baseados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE<sup>8</sup>. Tal comparação é importante para se ter uma perspectiva dos dados coletados paraibanos através de um panorama regional amostral, baseado em estados que possuem realidades não muito distantes da situação paraibana.

O critério de escolha foi o Rendimento nominal mensal domiciliar per capita da população residente 2015, que apresentou Sergipe e Rio Grande do Norte como os Estados mais próximos da Paraíba nesse aspecto, conforme Tabela 3. Observa-se que a densidade demográfica de tais Estados também apresentaram uma certa proximidade entre si, mostrando que tais entes federativos possuem relativamente realidades semelhantes, tanto em termos financeiros quanto demograficamente. Tais características, de alguma forma<sup>9</sup>, são relevantes quando se é realizado um diagnóstico comparativo envolvendo a área temática de resíduos sólidos.

---

<sup>7</sup> Nos debates promovidos pelo Senado, através da Comissão de Meio Ambiente, Fiscalização e Controle, foi identificado que “faltam às prefeituras, especialmente as de pequenos municípios, qualificação e dinheiro para executar as ações necessárias para civilizar o tratamento de lixo” (RESÍDUOS SÓLIDOS..., 2014, p.3).

<sup>8</sup> Consulta realizada em Estados@.

<sup>9</sup> Silva, Barbieri e Monte-Mór (2012) demonstram em hipótese de trabalho que os “diferenciais demográficos e socioeconômicos se expressam em um padrão diferenciado de geração de resíduos per capita e também de composição do resíduo gerado, por via de uma relação entre espaço urbano, consumo, renda e estrutura etária”.

**Tabela 3 - Confronto de dados socioeconômicos entre estados nordestinos**

Estado Nordestino	Rendimento nominal mensal domiciliar per capita da população residente 2015 (R\$)		Densidade Demográfica 2010 (hab/km <sup>2</sup> )	
	VALOR	Ranking	VALOR	Ranking
PE	822	1º	89,62	3º
RN	818	2º	59,99	5º
SE	782	3º	94,36	2º
PB	776	4º	66,7	4º
BA	736	5º	24,82	7º
PI	729	6º	12,4	9º
CE	680	7º	56,76	6º
AL	598	8º	112,33	1º
MA	509	9º	19,81	8º

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IBGE – @Estados.

Dando sequência à estrita análise dos dados coletados, no tocante à primeira variável de insumo, Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab), considerando a Tabela 4, o comportamento estatístico dos dados é relativamente equivalente entre os estados. Percebe-se que os valores extremos (máximo e mínimo) estão muito semelhantes entre as unidades federativas, apresentando inclusive a Paraíba uma dispersão menos heterogênea em seus dados.

**Tabela 4 - Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: despesa *per capita* com manejo de RSU (IN006) no ano de 2014**

ESTADO	Quantidade de Municípios que o Estado possui:	Quantidade dos municípios que disponibilizaram essa informação:	Percentual de dados utilizados para este indicador sobre o total de municípios do Estado:			Desvio Padrão	CV	Mínimo	Máximo
				Média	Mediana				
R. Grande do Norte	167,00	38,00	0,23	100,91	72,31	87,22	0,86	12,36	399,99
Paraíba	223,00	41,00	0,18	102,85	95,13	63,19	0,61	12,16	339,50
Sergipe	75,00	17,00	0,23	123,49	86,21	103,44	0,84	15,36	349,51

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS – Série Histórica e do IBGE.

Quanto à Taxa de motoristas e coletadores por habitante urbano (Empreg/1000 hab, os dados estatísticos do Rio Grande do Norte, de uma forma geral, apresentaram uma certa discrepância dos outros dois estados. Conforme se visualiza na Tabela 5, tal observação pode

ser atribuída ao fato do estado potiguar apresentar um maior número de municípios (86 dados) que representa a sua amostra, acrescentando, assim, mais realidades daquela região. Alinhada a essa percepção, a Paraíba apresenta coerência em suas estatísticas quando confrontadas com as relacionadas a Sergipe, podendo ser justificada essa ocorrência com o fato dos dois estados envolverem em suas amostras quantidades aproximadas. É de grande valia destacar que o estado paraibano não apresenta o pior resultado de dispersão com a sua série de dados. Ainda também é válido ressaltar que o percentual de amostra do estado em análise é bem menor (no caso, 18%) em relação a Rio Grande do Norte e Sergipe (51% e 64%, respectivamente), podendo ser concluído que o sumário estatístico das três unidades federativas apresentaria maior homogeneidade caso a Paraíba tivesse em sua amostra uma maior quantidade de municípios.

**Tabela 5 - Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: taxa de motoristas e coletadores por habitante urbano (IN019) no ano de 2014**

ESTADO	Quantidade de Municípios que o Estado possui:	Quantidade dos municípios que disponibilizaram essa informação:	Percentual de dados utilizados para este indicador sobre o total de municípios do Estado:						
				Média	Mediana	Desvio Padrão	CV	Mínimo	Máximo
R. Grande do Norte	167,00	86,00	0,51	1,98	1,48	1,71	0,87	0,10	9,85
Paraíba	223,00	41,00	0,18	1,70	1,34	1,21	0,71	0,25	4,83
Sergipe	75,00	48,00	0,64	1,17	1,17	0,80	0,69	0,12	3,91

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS – Série Histórica e do IBGE.

No que concerne ao Custo unitário da coleta (R\$/t), não obstante a média da Paraíba ser a menor, percebe-se que a mediana representa o maior valor dentre os três estados, de acordo com o exposto na Tabela 6. Considerando que a mediana é mais robusta que a média, pois não é tão sensível às observações que são muito maiores ou muito menores do que as restantes, podemos aceitá-la como referência e reconhecer que a Paraíba, no geral, apresenta realmente custos municipais de coleta de lixo mais altos que os municípios potiguares e sergipanos. Contudo, vale salientar que quatro municípios paraibanos, listados Tabela 7, aumentam a mediana e demasiadamente a média; sem os mesmos, o valor Máximo da série paraibana reduziria de R\$ 439,24/t para R\$ 256,92/t. É curioso destacar que o município de São Francisco, que aponta o maior custo, possui menos de 5.000 habitantes. Alguns motivos

podem estar vinculados a esse fato: ausência de pessoal técnico capacitado que insira dados corretos em um sistema ou que entenda de composição de custos de determinado serviço, existindo ainda a possibilidade do ente municipal estar praticando preços superfaturados. Não obstante tais observações, a amostra da Paraíba mostra uma menor heterogeneidade entre os dados de sua série, quando comparado com os outros estados, conforme o coeficiente de variação exposto na Tabela 6.

**Tabela 6** - Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: custo unitário da coleta (IN023) no ano de 2014

ESTADO	Quantidade de Municípios que o Estado possui:	Quantidade dos municípios que disponibilizaram essa informação:	Percentual de dados utilizados para este indicador sobre o total de municípios do Estado:						
				Média	Mediana	Desvio Padrão	CV	Mínimo	Máximo
R. Grande do Norte	167,00	35,00	0,21	177,42	96,59	129,19	0,73	15,33	433,70
Paraíba	223,00	41,00	0,18	153,71	138,64	102,18	0,66	20,44	439,24
Sergipe	75,00	18,00	0,24	171,09	109,66	142,30	0,83	33,33	430,74

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS – Série Histórica e do IBGE.

**Tabela 7** - Municípios paraibanos que sobem a média e a mediana da variável custo unitário da coleta

Município	R\$/t
Araruna	343,05
Princesa Isabel	353,07
São Bento	360,00
São Francisco	439,24

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS – Série Histórica.

Sobre a Massa RDO+RPU coletada per capita em relação à população urbana (Kg/hab/dia), comprehende-se da Tabela 8 que a Paraíba detém as menores medidas de posição; contudo, a amplitude<sup>10</sup> de sua série não espelha valor discrepante da realidade do Rio Grande do Norte e Sergipe. Ainda é importante ser frisado que a menor variabilidade de dados foi a pertencente ao estado paraibano.

<sup>10</sup> Diferença obtida entre os valores Máximo e Mínimo.

Saliente-se que a ABRELPE (2014) expõe a Quantidade de RSU Coletado *per capita* (kg/hab/dia) na Região Nordeste e na Paraíba, em 0,771 e 0,758, respectivamente, ou seja, valores semelhantes ao da mediana da série da Paraíba, exposta na Tabela 8 com o índice de 0,77. A associação também faz referência à coleta nacional, apresentando o montante de 351,49 Kg/hab/ano, que quando dividido por 365 dias, resulta em 0,963 kg/hab/dia, valor este muito parecido com a média paraibana da amostra da série retirada do SNIS – Série Histórica (2014), que apresenta 0,91, conforme tabela logo adiante.

**Tabela 8** - Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe: massa RDO+RPU coletada per capita em relação à população urbana (IN021) no ano de 2014

ESTADO	Quantidade de Municípios que o Estado possui:	Quantidade dos municípios que disponibilizaram essa informação:	Percentual de dados utilizados para este indicador sobre o total de municípios do Estado:			Desvio Padrão	CV	Mínimo	Máximo
				Média	Mediana				
R. Grande do Norte	167,00	91,00	0,54	1,34	1,22	1,05	0,78	0,10	4,00
Paraíba	223,00	41,00	0,18	0,91	0,77	0,52	0,57	0,11	2,29
Sergipe	75,00	48,00	0,64	1,17	1,17	0,80	0,69	0,12	3,91

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS – Série Histórica e do IBGE.

## 5.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DE EFICIÊNCIA

Foram aplicados os modelos DEA-C e o DEA-V, utilizando-se para os cálculos o uso do software SIAD na versão 3.0 (MEZA et al.,2005).

Os resultados completos, encontrados nas Tabelas 9 e 10, incluem a eficiência padrão (clássica), a eficiência normalizada e as folgas das variáveis envolvidas. Os municípios foram ordenados a partir da eficiência clássica, seguida da eficiência normalizada. Verifica-se que, em relação ao modelo DEA-C, apenas dois municípios se apresentaram eficientes; no que diz respeito ao DEA-V, nove foram considerados eficientes. Como já era previsto, o número de unidades eficientes foi menor no DEA-C, em virtude deste ser um modelo que apresenta hipóteses mais restritivas que o modelo DEA-V.

Como se pode observar, os municípios de Itapororoca e Salgado de São Félix se mostraram eficientes nos dois modelos. Chama a atenção Itapororoca, que foi o único

município a apresentar a eficiência normalizada igual a 1. Todos os demais municípios apresentaram valores de eficiência normalizada inferiores a 1.

Percebeu-se que os municípios com os piores escores de eficiência no DEA-C melhoraram suas classificações ordenadas no DEA-V. Com exceção de São Francisco, que de 39º caiu para 41º no DEA-V, indicando ser uma referência de município ineficiente, por ter apresentado, dessa forma, resultado negativo nos dois modelos DEA. O município, para se tornar eficiente, precisa diminuir e aumentar valores relacionados a insumos e produto, respectivamente, conforme as folgas expostas nas Tabelas 9 e 10. No caso de São Francisco, de acordo com o modelo DEA-C, a intervenção seria na diminuição do custo unitário da coleta em R\$ 15,12/t, conforme Tabela 9; já no modelo DEA-V, seria na redução do mesmo insumo em R\$ 33,51, de acordo com a Tabela 10.

**Tabela 9 - Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-C (continua)**

DMU	Eficiência clássica	Eficiência normalizada	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Produto 1
			Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab)	Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para diminuir
Itapororoca	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Salgado de São Félix	1,000000	0,990214	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Uiraúna	0,999676	0,998945	4,473358	0,000000	12,406940	0,000000
Cabedelo	0,971371	0,927058	79,706745	0,000000	76,160495	0,000000
Fagundes	0,933029	0,950197	19,847141	0,266695	0,000000	0,000000
Campina Grande	0,812995	0,841208	35,004278	0,000000	106,913054	0,000000
Patos	0,791878	0,859651	31,378934	0,000000	62,277411	0,000000
Sapé	0,677113	0,817685	19,450598	0,000000	49,396191	0,000000
Pirpirituba	0,579008	0,757978	28,695844	0,000000	5,846864	0,000000
Riachão do Poço	0,440595	0,683222	0,000000	0,000000	17,843630	0,000000
Bom Jesus	0,337750	0,545285	21,844469	1,026866	0,000000	0,000000
Aroeiras	0,336335	0,620545	2,384747	0,000000	17,465248	0,000000
Paulista	0,315717	0,557190	18,607401	0,379586	0,000000	0,000000
Água Branca	0,302539	0,598587	0,000000	0,000000	2,053163	0,000000
Pedras de Fogo	0,286424	0,574813	11,181884	0,000000	5,688932	0,000000
Esperança	0,243962	0,553645	0,533433	0,000000	5,327483	0,000000
São Sebastião de L. de Roça	0,180265	0,491131	1,451445	0,000000	9,136972	0,000000
São Bento	0,172589	0,283001	5,111218	0,000000	55,936904	0,000000
Condado	0,168982	0,454893	0,000000	0,000000	13,936366	0,000000
Pedra Branca	0,144171	0,448460	0,475846	0,000000	18,945762	0,000000
Cajazeirinhas	0,130610	0,423562	2,628143	0,000000	1,979314	0,000000
Camalaú	0,130010	0,405331	5,416360	0,000000	20,158577	0,000000

**Tabela 9 - Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-C (conclusão)**

DMU	Eficiência clássica	Eficiência normalizada	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Produto 1
			Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab)	Taxa de empreg. na coleta (empreg/1000hab)	Custo unitário médio da coleta (R\$/t)	Massa coletada per capita (Kg/hab/dia)
			Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para aumentar
Cachoeira dos Índios	0,126539	0,414133	0,000000	0,000000	2,839607	0,000000
Riacho de Santo Antônio	0,120076	0,398006	0,000000	0,000000	3,285717	0,000000
Pedro Régis	0,109736	0,271249	6,932504	0,000000	22,318409	0,000000
Santa Teresinha	0,102651	0,204181	23,930682	0,000000	2,301985	0,000000
Mãe D Água	0,102469	0,326287	0,000000	0,033981	0,000000	0,000000
São Mamede	0,093594	0,295301	0,000000	0,038841	0,000000	0,000000
Pombal	0,092693	0,047240	0,000000	0,038194	9,524117	0,000000
Sobrado	0,085331	0,274003	0,000000	0,000000	11,329867	0,000000
Santa Cruz	0,081400	0,311626	0,000000	0,000000	7,206231	0,000000
Boqueirão	0,079188	0,106543	1,086701	0,000000	15,994721	0,000000
Santa Helena	0,072884	0,244767	2,864437	0,000000	6,083233	0,000000
Aguiar	0,068646	0,214721	0,000000	0,000000	3,479692	0,000000
Mogeiro	0,057725	0,185030	0,000000	0,000000	7,923734	0,000000
Lucena	0,056996	0,192676	0,000000	0,000000	4,184741	0,000000
Nova Palmeira	0,056875	0,185605	0,873374	0,000000	8,983169	0,000000
Areia	0,055144	0,097138	0,000000	0,000000	8,583902	0,000000
São Francisco	0,053908	0,158592	0,000000	0,000000	15,118528	0,000000
Princesa Isabel	0,053593	0,032602	0,000000	0,000000	14,101087	0,000000
Araruna	0,051757	0,026378	6,047407	0,000000	14,110988	0,000000

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do SIAD.

É válido ressaltar que, no que se refere ao DEA-C, conforme a Tabela 9, para os municípios ineficientes atingirem a eficiência, não é preciso aumentar a produção, mas sim reduzir algum tipo de insumo, conforme o caso. É de se observar o fato do município que não apresenta folga na despesa per capita com manejo e na taxa de empregados por habitante, e aponta algum excesso para ser diminuído no custo unitário da coleta, o caso do município de Riachão do Poço, por exemplo. Nessa situação, está havendo uma despesa com manejo de RSU elevada em relação à quantidade coletada. Poderia ser deduzido que a quantidade de habitantes está alta em relação ao lixo coletado, ou que este está subestimado em relação ao número de habitantes. Esse entendimento não espelha uma relação harmoniosa. Na verdade, este município deve apresentar sim uma população atendida condizente com o lixo coletado.

Sendo assim, o problema pode se encontrar em um custo unitário mal dimensionado, ou seja, oneroso. As unidades produtivas que apresentam essa realidade, merecem certa atenção.

Ainda em relação ao DEA-C, no tocante às unidades ineficientes, vale destacar o fato do Insumo 2 não justificar a existência de folgas para serem reduzidas em quase todas as unidade produtivas no Insumo 1, já que as duas se apresentam em relação ao número de habitantes. Se a taxa de empregados por habitante não se mostra em excesso na maior parte dos municípios, possivelmente a despesa per capita com manejo de RSU não deveria também ser elevada, tendo em vista os dois estarem relacionados a custos com empregados. No entanto, com exceção de Fagundes, Bom Jesus e Paulista, os municípios que não possuem folga na taxa de empregados por habitante, exibem excesso na despesa per capita com manejo de RSU e no custo unitário da coleta.

**Tabela 10 - Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-V (continua)**

DMU	Eficiência clássica	Eficiência normalizada	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Produto 1
			Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab)	Taxa de empreg. na coleta (empreg/1000hab)	Custo unitário médio da coleta (R\$/t)	Massa coletada per capita (Kg/hab/dia)
			Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para aumentar
Itapororoca	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,591975
Uiraúna	1,000000	0,999941	0,000000	0,000000	0,000000	0,925579
Salgado de São Félix	1,000000	0,980688	0,000000	0,000000	0,000000	0,857106
Fagundes	1,000000	0,966121	0,000000	0,000000	0,000000	1,483978
Patos	1,000000	0,942895	0,000000	0,000000	0,000000	0,965385
Campina Grande	1,000000	0,899878	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Cabedelo	1,000000	0,884109	0,000000	0,000000	0,000000	1,445071
Bom Jesus	1,000000	0,537428	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Pombal	1,000000	0,537428	0,000000	0,000000	0,000000	1,102767
Riachão do Poço	0,808774	0,869124	0,000000	0,000000	26,874101	0,499120
Pirpirituba	0,787065	0,811150	36,141644	0,000000	0,000000	0,871332
Sapé	0,778396	0,819218	0,000000	0,000000	10,673363	0,000000
Aroeiras	0,749585	0,829198	0,000000	0,000000	24,930674	0,060239
Esperança	0,748587	0,828224	0,000000	0,000000	5,849146	1,149371
Boqueirão	0,562155	0,369735	0,000000	0,000000	95,031217	0,000000
São Bento	0,515881	0,329231	0,000000	0,000000	134,432930	0,000000
Pedras de Fogo	0,509795	0,626908	16,251422	0,000000	0,000000	1,126197
Areia	0,479293	0,329642	0,000000	0,000000	67,635850	0,650523
Água Branca	0,456235	0,616242	0,000000	0,000000	0,000000	1,317987
São Sebastião de L. de Roça	0,391247	0,550788	0,000000	0,000000	8,312753	1,386695
Pedro Régis	0,387436	0,382839	0,000000	0,000000	28,699210	0,000000
Cachoeira dos Índios	0,383408	0,522241	0,000000	0,000000	0,327937	0,000000

**Tabela 10 - Relação das eficiências dos municípios paraibanos em ordem decrescente de Eficiência Clássica no modelo DEA-V (conclusão)**

DMU	Eficiência clássica	Eficiência normalizada	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3	Produto 1
			Despesa per capita com manejo de RSU (R\$/hab)	Taxa de empreg. na coleta (empreg/1000hab)	Custo unitário médio da coleta (R\$/t)	Massa coletada per capita (Kg/hab/dia)
			Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para diminuir	Folga para aumentar
Paulista	0,336286	0,368693	0,143319	0,139916	0,000000	0,392312
Santa Helena	0,316104	0,358700	0,000000	0,000000	0,000000	0,794988
Santa Cruz	0,311658	0,395647	0,000000	0,000000	18,439994	0,823922
Camalaú	0,311109	0,399981	0,000000	0,000000	19,837260	0,488326
Santa Teresinha	0,275082	0,147837	61,904846	0,000000	0,000000	0,000000
Princesa Isabel	0,271257	0,145781	0,000000	0,000000	69,424257	1,262992
Mogeiro	0,269825	0,261544	0,000000	0,000000	28,978419	0,699863
Nova Palmeira	0,261799	0,262244	0,000000	0,000000	29,245329	0,534828
Araruna	0,220232	0,118359	0,000000	0,000000	7,577917	0,000000
Pedra Branca	0,201728	0,262498	0,000000	0,000000	16,665998	1,242084
São Mamede	0,200095	0,165637	0,000000	0,000000	0,000000	1,194799
Sobrado	0,193697	0,167662	0,000000	0,000000	21,192228	1,175561
Condado	0,184564	0,201242	0,000000	0,000000	10,682472	0,953450
Riacho de Santo Antônio	0,180890	0,212759	0,000000	0,000000	0,000000	1,038768
Lucena	0,177851	0,156772	0,000000	0,000000	4,174043	0,844154
Cajazeirinhas	0,176208	0,189961	2,582887	0,000000	0,000000	0,930372
Mãe D Água	0,172807	0,109084	0,000000	0,000000	0,000000	0,075927
Aguiar	0,164439	0,091862	0,000000	0,000000	2,649048	0,879953
São Francisco	0,148339	0,079722	0,000000	0,000000	33,507043	0,000000

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados do SIAD.

O modelo DEA-V não apresentou a mesma realidade vista na Tabela 9. A Tabela 10 mostra que a maioria dos municípios não apresentou excesso nos Insumos 1 e 2 (a exceção se deu em apenas cinco e 1 unidade, respectivamente). No que tange ao Insumo 3, 54% dos municípios apontaram valores para serem reduzidos (contra os 83% expostos no DEA-C). Em relação ao output, mais de 75% das unidades apresentaram folgas para serem acrescidas no Produto 1. O que se pode perceber é que o modelo DEA-V apresenta resultados mais otimistas, ou seja, menos folgas para serem reduzidas nos recursos, bem como valores para maximizar a produção. Tal efeito se dá por conta deste modelo apresentar hipóteses menos restritivas que o DEA-C, conforme já mencionado.

Com base nas eficiências clássicas (modelos DEA-C e DEA-V), foi construído dendrograma para cada modelo, conforme Gráficos 7 e 8, com o objetivo de realizar uma análise de cluster sobre os municípios envolvidos. A técnica de agrupamento foi realizada a

partir do programa computacional Stata, versão 12. A Tabela 11 faz a associação de cada município com a nomenclatura utilizada no *software*.

**Tabela 11** - Nomenclatura das DMU's para efeito de entrada dos dados no software com as respectivas eficiências clássicas (continua)

DMU	Nomenclatura no <i>software</i>	efc	efv
Itapororoca	a	1,000000	1,000000
Salgado de São Félix	b	1,000000	1,000000
Uiraúna	c	0,999676	1,000000
Cabedelo	d	0,971371	1,000000
Fagundes	e	0,933029	1,000000
Campina Grande	f	0,812995	1,000000
Patos	g	0,791878	1,000000
Sapé	h	0,677113	0,778396
Pirpirituba	i	0,579008	0,787065
Riachão do Poço	j	0,440595	0,808774
Bom Jesus	k	0,337750	1,000000
Aroeiras	l	0,336335	0,749585
Paulista	m	0,315717	0,336286
Água Branca	n	0,302539	0,456235
Pedras de Fogo	o	0,286424	0,509795
Esperança	p	0,243962	0,748587
São Sebastião de Lagoa de Roça	q	0,180265	0,391247
São Bento	r	0,172589	0,515881
Condado	s	0,168982	0,184564
Pedra Branca	t	0,144171	0,201728
Cajazeirinhas	u	0,130610	0,176208
Camalaú	v	0,130010	0,311109
Cachoeira dos Índios	w	0,126539	0,383408
Riacho de Santo Antônio	x	0,120076	0,180890
Pedro Régis	y	0,109736	0,387436
Santa Teresinha	z	0,102651	0,275082
Mãe D Água	A	0,102469	0,172807
São Mamede	B	0,093594	0,200095
Pombal	C	0,092693	1,000000
Sobrado	D	0,085331	0,193697
Santa Cruz	E	0,081400	0,311658
Boqueirão	F	0,079188	0,562155
Santa Helena	G	0,072884	0,316104
Aguiar	H	0,068646	0,164439
Mogeiro	I	0,057725	0,269825
Lucena	J	0,056996	0,177851
Nova Palmeira	K	0,056875	0,261799
Areia	L	0,055144	0,479293

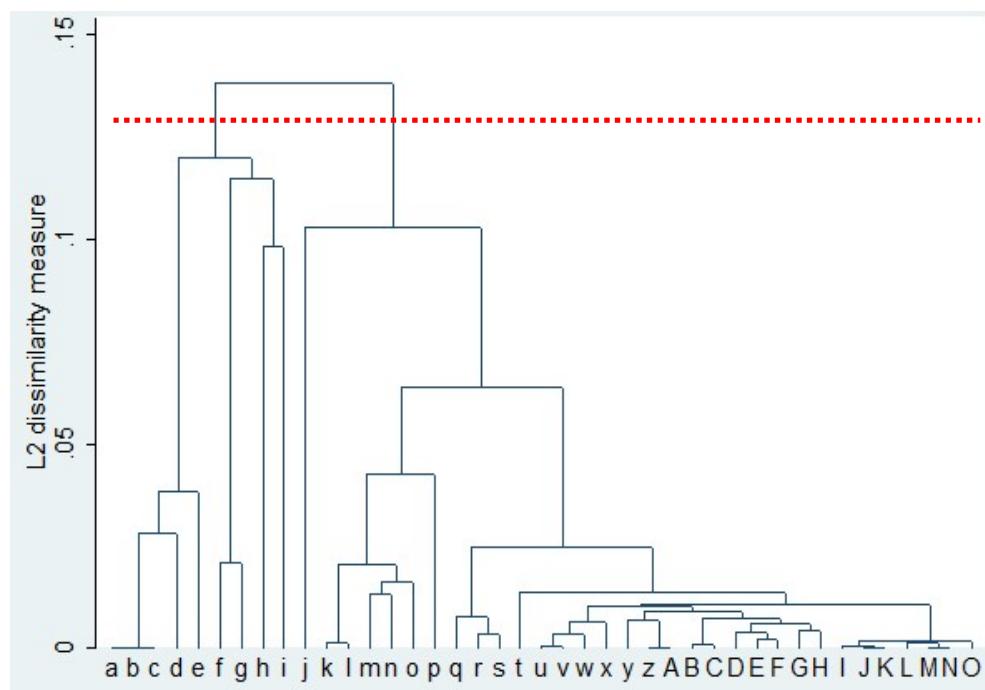
**Tabela 11** - Nomenclatura das DMU's para efeito de entrada dos dados no software com as respectivas eficiências clássicas (conclusão)

DMU	Nomenclatura no <i>software</i>	efc	efv
São Francisco	M	0,053908	0,148339
Princesa Isabel	N	0,053593	0,271257
Araruna	O	0,051757	0,220232

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o dendrograma baseado no modelo DEA-C, Gráfico 6, é possível visualizar a formação de dois grupos de municípios a uma linha imaginária traçada de forma horizontal. Observando de forma concomitante a Tabela 11, o primeiro grupo, que apresenta uma certa heterogeneidade (escores diferentes), é composto pelos dois municípios eficientes (*a* e *b*) e por aqueles que se aproximam à eficiência (*c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*), totalizando nove municípios. Já o segundo é formado pelas demais unidades produtivas, ou seja, o grupo que apresentou os piores índices de eficiência (*j*, *k*, *l*, *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, *u*, *v*, *w*, *x*, *y*, *z*, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, *J*, *K*, *L*, *M*, *N*, *O*). Nesse segundo grupo, observa-se ainda uma evidente subdivisão, que contempla os integrantes *u*, *v*, *w*, *x*, *y*, *z*, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, *J*, *K*, *L*, *M*, *N*, *O*. Estas unidades se revelam com medidas de dissimilaridade muito próximas entre si, apontando para uma aglomeração de municípios ineficientes com escores abaixo de 0,130.

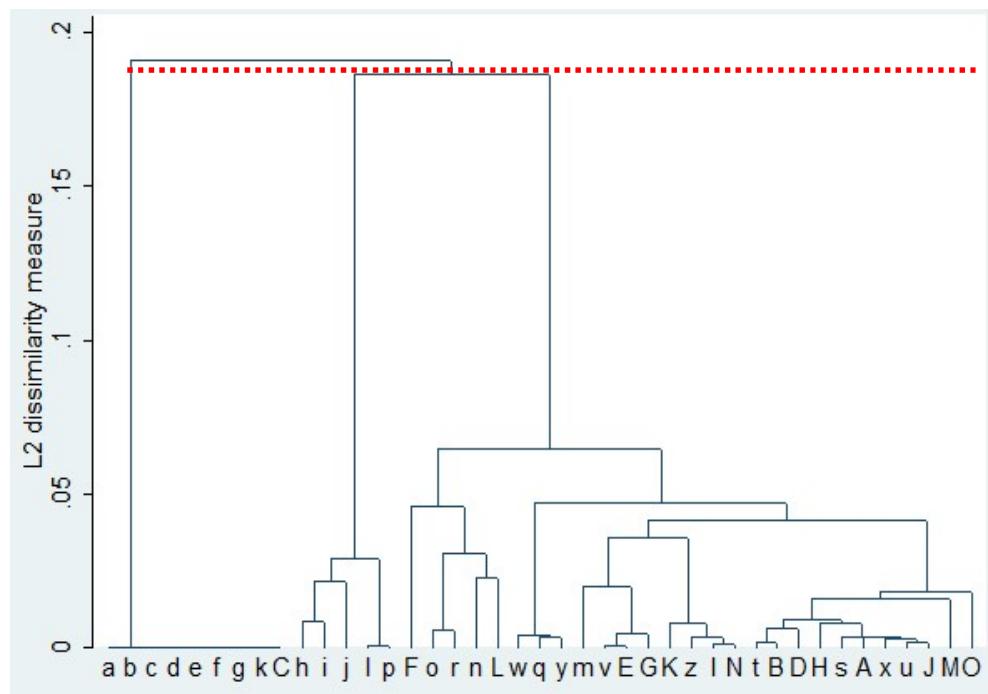
**Gráfico 6** - Dendrograma dos municípios paraibanos analisados segundo o modelo DEA-C



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados gerados pelo *software* Stata 12.

Já no modelo DEA-V, Gráfico 7, também percebe-se a formação notória de dois grupos, caracterizados por uma elevada medida de dissimilaridade. O primeiro definido apenas pelos municípios eficientes (*a, b, c, d, e, f, g, k, C*), mostrando homogeneidade entre os seus componentes; já o segundo expõe várias outras subdivisões, caracterizando-se por escores mais diferentes no agrupamento e formado pelos municípios ineficientes. Nesse segundo grupo, o Gráfico 7 ainda mostra uma visível fragmentação, determinada pela formação de dois conjuntos, estabelecidas por um nível alto de dissimilaridade entre si. A primeira união é construída pelos municípios *h, i, j, l* e *p*, que apesar de não eficientes, isolam-se pelo fato de apresentarem para escores bem mais altos que o restante das unidades ineficientes, que integram a segunda união. Enquanto as unidades *h, i, j, l* e *p* apresentam valores entre 0,808 a 0,748, as demais estão marcadas por índices abaixo de 0,563.

**Gráfico 7 - Dendrograma dos municípios paraibanos analisados segundo o modelo DEA-V**



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados gerados pelo *software Stata 12*.

Em uma análise sistemática sobre os dois modelos, percebeu-se que as unidades com maiores índices de eficiência no modelo DEA-C apresentaram uma certa harmonia em seus valores no DEA-V. Contudo, a maioria das unidades ineficientes no DEA-C (as que indicaram escores abaixo de 0,580) não apresentaram regularidade em seus escores no DEA-V. Tem-se, como exemplo, o município de Pombal, com índices de eficiência de 0,093 e 1,000, DEA-C e DEA-V, respectivamente, de acordo com a Tabela 11. Nesse caso, constatou-

se uma discrepância muito grande no resultado do município, que no modelo DEA-C se apresentou como uma unidade bastante ineficiente e no DEA-V como uma DMU eficiente. Bom Jesus, Aroeiras e Esperança também mostraram resultados muito distantes entre os dois modelos.

Percebeu-se ainda que, dentre as piores pontuações de eficiência, o município de São Francisco foi o único a apresentar regularidade em seus resultados. No modelo DEA-C, exibiu o terceiro pior índice de eficiência, já no DEA-V, indicou o pior escore dentre as unidades produtoras. Assim, comportando-se de forma similar nos dois modelos, por não ter se distanciado tanto na sua classificação e nos seus valores, São Francisco se confirmou como possivelmente o município paraibano (de acordo com a amostra) a apresentar a pior situação na prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, conforme os parâmetros estabelecidos nesta exposição.

Quanto à eficiência máxima, deve ser ressaltado os resultados relacionados à Itapororoca e Salgado de São Félix. Os dois municípios apresentaram-se eficientes nas duas versões do DEA, apontando índice 1,00 na eficiência clássica. Especialmente no que tange à Itapororoca, observou-se que a sua eficiência normalizada permaneceu nesse valor (também nos dois modelos aplicados), indicando, desse modo, ser o município com a melhor prática nos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, considerando os critérios elencados neste trabalho.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve o propósito de avaliar a eficiência dos serviços prestados em relação à coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos através da metodologia DEA. Tal objetivo é oriundo de uma necessidade de se avaliar a gestão de recursos públicos em um setor de grande importância nos dias atuais.

Apesar do DEA ser uma ferramenta geralmente utilizada para auxiliar gestores a decidir sobre processos produtivos, pode-se observar que o método também pode ser útil em ações de órgãos públicos de controle.

Nesta pesquisa, foi efetuada uma varredura nos trabalhos que envolviam a metodologia DEA, especialmente no que tange à análise da eficiência de atividades que envolvem recursos públicos, não tendo sido localizado alguma relacionada a serviços de limpeza urbana. Assim, este trabalho enriquecerá a literatura existente quanto à análise de eficiência técnica no setor de resíduos sólidos urbanos.

Para aplicação da metodologia, foram utilizados os métodos DEA-C e DEA-V, através do *software* SIAD. Os resultados foram analisados segundo técnica de agrupamento (análise cluster), ficando compreendido que os municípios que se mostraram eficientes e próximos a estes no modelo DEA-C, os índices de eficiência se apresentaram equivalentes no DEA-V. Contudo, essa relação de equilíbrio não foi verificada, de um modo geral, nas unidades produtoras ineficientes no DEA-C (as que indicaram escores abaixo de 0,580).

Chamou atenção o resultado do município de São Francisco. Considerando os piores índices de eficiência, a unidade foi a única da amostra paraibana a apresentar harmonia em seus escores, caracterizando-se como a pior situação encontrada na prestação dos serviços de coleta de RSU. Quanto à eficiência máxima, o destaque foi para Itapororoca, por também ter apresentado coerência nos seus resultados de eficiência, indicando ser o município com a melhor prática nos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, considerando os critérios elencados neste trabalho.

É válido salientar que os problemas de modelagem podem existir, como risco de omissões de variáveis relevantes e inclusão de variáveis não relevantes, bem como suposição incorreta de orientação e escala. Contudo, sugere-se, pelo exposto e com base na percepção do profissional do setor público que aqui escreve, que a metodologia DEA deva ser utilizada

como instrumento de indicador de eficiência em trabalhos de fiscalizações de uma forma geral, no âmbito do controle da gestão pública.

Especificamente para o Tribunal de Contas do Estado da Paraíba – TCE-PB, tendo em vista a análise envolver municípios paraibanos, a pesquisa será de grande valia para as ações da auditoria operacional de resíduos sólidos urbanos. O resultado aqui descrito será importante para a tomada de decisões nos níveis tático e operacional, no sentido de auxiliar na seleção da amostra de municípios que devam ser inspecionados *in loco*, considerando os parâmetros estabelecidos neste trabalho.

Como recomendação para futuros trabalhos, sugere-se a atualização contínua do presente estudo, observando referências mais recentes (dados de 2015 em diante), através da fonte SNIS ou por outra procedência fidedigna de dados, como questionários oriundos de auditorias a serem aplicados pelo TCE-PB aos municípios paraibanos. Também se propõe ainda um estudo de caso para os municípios de São Francisco e Itapororoca, associando variáveis explicativas aos resultados de escores encontrados (variáveis dependentes), com o fim de encontrar os fatores que influenciam nos índices de eficiência relacionados aos serviços de limpeza urbana.

Percebe-se que a contribuição deste estudo não se limitou à obtenção de uma lista de escores de eficiência com as respectivas análises, que estas poderão servir para as atividades de fiscalização e acompanhamento de serviços públicos, uma vez que proporcionou o aprendizado de um potencial método que pode ser muito útil em diversos aspectos das atividades econômicas. Compreendeu-se que a metodologia DEA é uma excelente ferramenta de *benchmarking* para as instituições, tanto públicas como privadas, no que concerne à comparação de práticas de gestão.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2014**. São Paulo: Abrelpe, 2015. Disponível em: <ABRELPE, 2. [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.
- ARAÚJO, A. F. V.; LIMA, J. C. M.; PAIXÃO, A. N.; PICANÇO, A. P. Avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no combate às endemias nos municípios do Estado do Tocantins. **Informe Gepec**, Toledo, v. 14, n.2, p. 166-181, jul./dez. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 - Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.
- AVKIRAN, N.K. Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, 35(1), p. 57-80, 2001.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, vol.13, p. 1078-1092, Sept. 1984.
- BATISTA, F. D. **Metodologia para o uso da análise por envoltória de dados no auxílio à decisão**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.
- BAYMA, M. M. A. **Análise da eficiência da pecuária leiteira no Estado do Acre**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília. Centro Gráfico do Senado Federal, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constitucionalcompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitucionalcompilado.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental. Diponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Dispõe sobre o Estatuto das Cidades. Diponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.

- \_\_\_\_\_. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre os Consórcios Públicos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Dispõe sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.

- \_\_\_\_\_. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2016.

- \_\_\_\_\_. **Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014.** Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2014/lei-13005-25-junho-2014-778970-publicacaooriginal-144468-pl.html>>. Acesso em: 23 jul. 2016.

CALHOUN, J. Data envelopment analysis of relative efficiencies of institutions of higher learning. **Association for the Study of Higher Education**, Portland, OR, 2003.

CARMO, C. M. **Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

CHARNES, A., COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHIAVENATO, I. **Recursos Humanos na Empresa:** pessoas, organizações e sistemas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

COELLI, T.; RAO, D.S. P.; BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis.** Massachussets: Kluwer Academic Publishers, 1998.

FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of The Statistical Society**, 120(3), p. 253-281, 1957.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **A Administração de Serviços.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

GASPARINI, C. E. **Provisão de serviços públicos no Brasil: uma análise de aspectos sociais, técnicos e institucionais.** 2003. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

GISSELQUIST, R. M. **Good Governance as a Concept, and Why This Matters for Development Policy.** Helsinki: UNU-WIDER, 2012. 38 p. (WIDER Working Paper, 2012/030). Disponível em: <<https://www.wider.unu.edu/publication/good-governance-concept-and-why-matters-development-policy>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

HRUSCHKA, E. R.; EBECKEN, N. F. F. A genetic algorithm for cluster analysis. **Intelligent Data Analysis**, v. 7, n. 1, p. 15-25, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Estados@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

LETA, F. R.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; MEZA, L. A. Métodos de Melhora de Ordenação em DEA aplicados à Avaliação Estática de Tornos Mecânicos. **Investigação Operacional**, Lisboa, vol. 25, nº 02, p. 229-242, 2005.

LIMA, C. M. **Avaliação de desempenho das unidades de distribuição de uma Diretoria Regional dos Correios utilizando a análise envoltória de dados (DEA)**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

LINS, M. P. E.; CALÔBA, G. M. **Programação linear com aplicações em teorias dos jogos e avaliação de desempenho**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

LOPES, A.L.M., LANZER, E.A. Data envelopment analysis - DEA and fuzzy sets to assess the performance of academic departments: a case study at Federal University of Santa Catarina - UFSC. **Pesquisa Operacional**, 22 (2), 217-230, 2002.

LOVELL, C. A. K. Fronteiras de produção e eficiência produtiva. In: FRIED, H.O; LOVELL, C. A. K.; SCHIMIDT, S. S. (Eds.) **A Medida da Eficiência Produtiva**: técnicas e aplicações. Nova Iorque: Oxford University Press, 1993.

MACEDO, M. A. S.; BENGIO, M. C. Avaliação de eficiência organizacional através de análise envoltória de dados. In: Anais do CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ESCOLAS DE ADMINISTRAÇÃO, 38, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: CLADEA, 2003.

MAIA, H. J. L.; FREITAS, J. P. ; ALENCAR, L. D.; CAVALCANTE, L. P. S.; BARBOSA, E. M. Legislação ambiental da Paraíba: contribuições à gestão integrada de resíduos sólidos. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 14-19, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15265/pdf>>. Acesso em: 28 Jul. 2016.

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37. , Gramado, 2005 **Anais...** Gramado: SBPO, 2005. p. 2521-2547. Disponível em: <[http://www.uff.br/decisao/sbpo2005\\_curso.pdf](http://www.uff.br/decisao/sbpo2005_curso.pdf)>. Acesso em: 24 jul. 2016.

MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, (3), p. 493-503, 2005.

**PARAÍBA. Lei nº 9.293, de 22 de dezembro de 2010.** Institui o Programa de Beneficiamento de Associações e Cooperativas dos Catadores de Materiais Recicláveis da Paraíba com a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública estadual direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicáveis, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 9.505, de 14 de novembro de 2011.** Dispõe sobre o uso de sacolas plásticas biodegradáveis para acondicionamento de produtos e mercadorias a serem utilizados nos estabelecimentos comerciais em todo o território paraibano. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 9.574, de 7 de dezembro de 2011.** Obriga as empresas permissionárias e/ou concessionárias do transporte intermunicipal a instalar recipientes coletores de lixo no interior dos coletivos, acompanhados de mensagens educativas para conscientização sobre a preservação ambiental e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 9.635, de 27 de dezembro de 2011.** Torna obrigatória a utilização de depósitos de lixo pelos vendedores ambulantes. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 9.766, de 8 de junho de 2012.** Dispõe sobre a obrigatoriedade de separação de lixo nas Escolas Públicas do Estado da Paraíba, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 10.187, de 25 de novembro de 2013.** Dispõe sobre a obrigatoriedade da criação e manutenção de programas de reciclagem pelas empresas produtoras, distribuidoras e envasadoras de garrafas PET, no âmbito do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

\_\_\_\_\_, **Lei nº 10.488, de 23 de junho de 2015.** Aprova o Plano Estadual de Educação - PEE e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/leis-estaduais>>. Acesso em: 14 set. 2016.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia.** 5. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

PIRES, M. A. A. **Análise da evolução da eficiência das empresas distribuidoras de energia elétrica no Brasil, após a reestruturação do setor, no período de 2001 a 2005.** 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

**RESÍDUOS SÓLIDOS** Lixões persistem. **Em Discussão!**, Brasília, ano 5, n. 22, p. 1-64, set. 2014. Disponível em: <[http://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos/@@images/arquivo\\_pdf/](http://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos/@@images/arquivo_pdf/)>. Acesso em 15 jan. 2017.

SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. (Eds.) **Métodos quantitativos em economia.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SCARATTI, D.; MICHELON, W.; SCARATTI, G. Evaluation of municipal service management efficiency of water supply and sanitation using Data Envelopment Analysis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 333-340, 2013.

SELUR. Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo. **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana para os municípios brasileiros (ISLU).** Diponível

em: <<http://www.selur.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/08/SELUR-ISLU-2016-ACESSIBILIZADO.pdf>>. Acesso em: 20 jul. de 2016.

SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L.. Demography of urban consumption: a study on the generation of solid waste in the city of Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 29, n. 2, p. 421-449, 2012.

SINIR. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo do Resíduos Sólidos Urbanos - 2014**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

SOARES, R. S. **Os novos paradigmas na política nacional de resíduos sólidos e os desafios do programa de coleta sustentável em João Pessoa**. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídicas) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

ZHU, J. **Quantitative models for performance evaluation and benchmarking**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2003.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. Tradução da 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VARIAN, H. R. **Microeconomic Analysis**. 3. ed. New York, 1992.

VIDAL, D. N. A.; TÁVORA JUNIOR, J. L. Avaliação da eficiência técnica das empresas de distribuição de energia elétrica brasileira utilizando a metodologia DEA. In: XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 35., Natal, 2003. **Anais...** Natal: SBPO, 2003. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2003/pdf/arq0080.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

XAVIER, S. S. **Análise de Eficiência Técnica das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica utilizando DEA (Data Envelopment Analysis) e Redes Unificadas**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.

## APÊNDICE A

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS PARAIBANOS

<b>Variáveis</b>	<b>IN006</b>	<b>IN019</b>	<b>IN023</b>	<b>IN021</b>
Água Branca	64,96	1,16	58,93	1,28
Aguiar	148,37	3,67	195,95	0,74
Araruna	207,26	1,53	343,05	0,30
Areia	54,97	1,19	205,13	0,21
Aroeiras	43,73	0,62	80,46	0,79
Bom Jesus	170,44	4,83	82,36	2,29
Boqueirão	61,00	0,80	238,80	0,24
Cabedelo	96,83	0,25	89,91	0,92
Cachoeira dos Índios	73,87	1,40	83,81	0,62
Cajazeirinhas	190,91	2,89	148,15	1,43
Camalaú	120,85	1,34	216,72	0,66
Campina Grande	57,83	0,25	143,01	0,77
Condado	122,77	3,43	212,75	1,58
Esperança	41,19	0,66	52,21	0,61
Fagundes	47,52	0,73	20,44	1,57
Itapororoca	30,73	0,52	23,93	1,97
Lucena	164,43	2,93	205,25	0,61
Mãe D Água	143,42	3,81	138,64	1,06
Mogeiro	103,75	2,01	224,58	0,40
Nova Palmeira	122,32	1,81	241,24	0,39
Patos	54,40	0,25	90,15	0,75
Paulista	137,99	2,54	61,56	1,60
Pedra Branca	150,45	2,49	246,00	1,36
Pedras de Fogo	94,59	0,94	63,12	1,02
Pedro Régis	115,77	0,89	244,34	0,37
Pirpirituba	86,20	0,62	38,63	1,36
Pombal	12,16	0,99	121,76	0,11
Princesa Isabel	69,05	2,58	353,07	0,32
Riachão do Poço	30,53	0,74	70,00	0,97
Riacho de Santo Antônio	152,83	3,07	158,78	1,24
Salgado de São Félix	15,78	0,75	24,67	1,54
Santa Cruz	95,13	1,65	163,64	0,50
Santa Helena	118,49	1,34	145,13	0,37
Santa Teresinha	339,50	1,80	105,26	0,70
São Bento	75,71	0,78	360,00	0,51
São Francisco	189,08	3,65	439,24	0,68
São Mamede	126,18	3,36	119,02	0,84
São Sebastião de Lagoa de Roça	80,74	1,23	107,29	0,84
Sapé	55,91	0,46	94,12	1,18
Sobrado	116,88	3,27	256,92	0,76
Uiraúna	32,25	0,47	34,04	1,78

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE B

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DO RIO G. DO NORTE (IN006)

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN006</b>
Acarí	
Açu	
Afonso Bezerra	22,85
Água Nova	30,57
Alexandria	
Almino Afonso	71,74
Alto do Rodrigues	267,27
Antônio Martins	
Apodi	40,02
Areia Branca	
Arês	
Augusto Severo	
Baía Formosa	52,56
Barcelona	110,62
Bodó	42,93
Bom Jesus	
Brejinho	
Caicó	57,09
Canguaretama	
Carnaúba dos Dantas	
Cerro Corá	
Coronel Ezequiel	85,69
Coronel João Pessoa	
Encanto	162,25
Espírito Santo	
Frutuoso Gomes	
Goiaininha	
Grossos	
Guamaré	
Ielmo Marinho	
Ipanguaçu	
Ipueira	
Jaçanã	
Janduís	
Jardim de Piranhas	
João Câmara	
João Dias	
José da Penha	17,34
Jucurutu	
Jundiá	157,25
Lagoa de Pedras	184,10
Lagoa de Velhos	

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN006</b>
Lagoa Nova	
Lajes	
Lucrécia	147,18
Macaíba	192,44
Macau	
Marcelino Vieira	12,36
Monte Alegre	
Mossoró	65,73
Natal	183,99
Nísia Floresta	213,72
Nova Cruz	
Olho-D ÁGUA do Borges	
Ouro Branco	60,34
Paraná	71,53
Paraú	
Parelhas	24,63
Parnamirim	33,85
Passa e Fica	32,85
Passagem	78,93
Pau dos Ferros	
Pedra Grande	399,99
Pilões	
Portalegre	
Porto do Mangue	
Rafael Fernandes	20,89
Riacho da Cruz	31,96
Riacho de Santana	35,38
Santa Cruz	79,33
Santana do Seridó	95,23
Santo Antônio	
São Bento do Trairí	
São Francisco do Oeste	
São Gonçalo do Amarante	73,09
São João do Sabugi	158,85
São José de Mipibu	
São Miguel do Gostoso	
São Paulo do Potengi	
São Rafael	67,15
Serra Negra do Norte	309,89
Serrinha	
Taboleiro Grande	
Tenente Ananias	
Umarizal	113,60
Upanema	
Várzea	18,05

**RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)** **IN006**

Venha-Ver

Vera Cruz

Viçosa

Vila Flor

<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b>	<b>38</b>
<b>Quantidade de Municípios que RN possui:</b>	<b>167</b>
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de RN:</b>	<b>23%</b>
<b>Média</b>	<b>100,91</b>
<b>Mediana</b>	<b>72,31</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>87,22</b>
<b>CV</b>	<b>0,86</b>
<b>Mínimo</b>	<b>12,36</b>
<b>Máximo</b>	<b>399,99</b>

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE C

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DE SERGIPE (IN006)

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN006</b>
Aracaju	153,35
Arauá	
Areia Branca	
Boquim	27,89
Brejo Grande	
Campo do Brito	
Capela	61,03
Carmópolis	
Divina Pastora	
Frei Paulo	79,31
Gararu	83,73
General Maynard	
Gracho Cardoso	
Ilha das Flores	
Indiaroba	
Itabaiana	
Itabaianinha	15,36
Itaporanga d Ajuda	
Japoatã	
Lagarto	
Laranjeiras	
Malhada dos Bois	349,51
Malhador	
Moita Bonita	
Monte Alegre de Sergipe	
Muribeca	
Nossa Senhora Aparecida	56,61
Nossa Senhora das Dores	76,61
Nossa Senhora de Lourdes	88,68
Nossa Senhora do Socorro	
Pedra Mole	
Pinhão	
Pirambu	300,94
Poço Redondo	168,90
Poço Verde	
Propriá	
Riachão do Dantas	23,92
Ribeirópolis	
Rosário do Catete	
Santa Luzia do Itanhy	
Santana do São Francisco	
Santo Amaro das Brotas	

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)</b>	<b>IN006</b>
São Cristóvão	116,56
São Miguel do Aleixo	121,80
Simão Dias	
Tobias Barreto	35,80
Tomar do Geru	281,36
Umbaúba	
<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b> <b>17</b>	
<b>Quantidade de Municípios que SE possui:</b> <b>75</b>	
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de SE:</b> <b>23%</b>	
<b>Média</b>	123,49
<b>Mediana</b>	86,21
<b>Desvio Padrão</b>	103,44
<b>CV</b>	0,84
<b>Mínimo</b>	15,36
<b>Máximo</b>	349,51

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE D

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DO RIO G. DO NORTE (IN019)

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN019</b>
Acari	1,09
Açu	0,36
Afonso Bezerra	1,68
Água Nova	1,47
Alexandria	1,06
Almino Afonso	2,56
Alto do Rodrigues	2,03
Antônio Martins	3,30
Apodi	0,66
Areia Branca	0,64
Arês	0,92
Augusto Severo	2,68
Baía Formosa	1,98
Barcelona	1,66
Bodó	2,19
Bom Jesus	1,11
Brejinho	2,51
Caicó	0,41
Canguaretama	1,65
Carnaúba dos Dantas	0,77
Coronel Ezequiel	1,28
Coronel João Pessoa	4,88
Encanto	2,21
Espírito Santo	4,68
Frutuoso Gomes	1,77
Goianinha	0,99
Grossos	
Guamaré	1,97
Ielmo Marinho	1,78
Ipanguaçu	1,03
Ipueira	3,99
Jaçanã	2,05
Janduís	0,99
Jardim de Piranhas	0,62
João Câmara	1,33
João Dias	4,15
José da Penha	0,82
Jucurutu	1,64
Jundiá	4,88
Lagoa de Pedras	7,15
Lagoa de Velhos	4,85
Lagoa Nova	4,90

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN019</b>
Lajes	1,16
Lucrécia	3,68
Macaíba	0,34
Macau	0,47
Marcelino Vieira	0,40
Monte Alegre	3,13
Mossoró	0,35
Natal	0,32
Nísia Floresta	2,52
Nova Cruz	0,20
Ouro Branco	1,19
Paraná	3,44
Paraú	1,48
Parelhas	0,89
Parnamirim	0,10
Passa e Fica	0,66
Passagem	4,77
Pau dos Ferros	0,51
Pedra Grande	2,62
Pilões	
Portalegre	1,96
Porto do Mangue	1,19
Rafael Fernandes	1,04
Riacho da Cruz	1,72
Riacho de Santana	1,70
Santa Cruz	0,79
Santana do Seridó	2,30
Santo Antônio	1,31
São Bento do Trairí	2,43
São Francisco do Oeste	1,27
São Gonçalo do Amarante	0,57
São João do Sabugi	1,00
São José de Mipibu	1,73
São Miguel do Gostoso	4,50
São Paulo do Potengi	0,65
São Rafael	1,58
Serra Negra do Norte	0,77
Serrinha	
Taboleiro Grande	9,85
Tenente Ananias	0,69
Umarizal	0,65
Upanema	0,16
Várzea	0,66
Venha-Ver	3,12
Vera Cruz	3,47

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)</b>	<b>IN019</b>
Viçosa	3,08
Vila Flor	1,34
<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b>	<b>86</b>
<b>Quantidade de Municípios que RN possui:</b>	<b>167</b>
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de RN:</b>	<b>51%</b>
<b>Média</b>	1,98
<b>Mediana</b>	1,48
<b>Desvio Padrão</b>	1,71
<b>CV</b>	0,87
<b>Mínimo</b>	0,10
<b>Máximo</b>	9,85

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE E

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DE SERGIPE (IN019)

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN019</b>
Aracaju	1,07
Arauá	0,90
Areia Branca	2,41
Boquim	1,90
Brejo Grande	1,86
Campo do Brito	3,23
Capela	2,57
Carmópolis	2,26
Divina Pastora	1,44
Frei Paulo	1,90
Gararu	2,41
General Maynard	0,24
Gracho Cardoso	0,78
Ilha das Flores	1,31
Indiaroba	1,60
Itabaiana	1,48
Itabaianinha	0,52
Itaporanga d Ajuda	1,31
Japoatã	0,23
Lagarto	1,04
Laranjeiras	0,92
Malhada dos Bois	1,17
Malhador	2,64
Moita Bonita	1,65
Monte Alegre de Sergipe	0,57
Muribeca	1,17
Nossa Senhora Aparecida	1,95
Nossa Senhora das Dores	0,61
Nossa Senhora de Lourdes	0,39
Nossa Senhora do Socorro	1,86
Pedra Mole	0,62
Pinhão	0,39
Pirambu	1,75
Poço Redondo	0,59
Poço Verde	1,32
Propriá	0,12
Riachão do Dantas	0,16
Ribeirópolis	0,42
Rosário do Catete	1,22
Santa Luzia do Itanhy	3,91
Santana do São Francisco	0,62
Santo Amaro das Brotas	0,35

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)</b>	<b>IN019</b>
São Cristóvão	0,77
São Miguel do Aleixo	1,49
Simão Dias	1,28
Tobias Barreto	1,96
Tomar do Geru	3,66
Umbaúba	0,29
<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b> 48	
<b>Quantidade de Municípios que SE possui:</b> 75	
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de SE:</b> 64%	
<b>Média</b>	1,17
<b>Mediana</b>	1,17
<b>Desvio Padrão</b>	0,80
<b>CV</b>	0,69
<b>Mínimo</b>	0,12
<b>Máximo</b>	3,91

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE F

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DO RIO G. DO NORTE (IN023)

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN023</b>
Acari	
Açu	
Afonso Bezerra	17,95
Água Nova	80,56
Alexandria	
Almino Afonso	284,23
Alto do Rodrigues	193,60
Antônio Martins	
Apodi	15,33
Areia Branca	
Arês	
Augusto Severo	
Baía Formosa	267,75
Barcelona	83,33
Bodó	240,05
Bom Jesus	
Brejinho	
Caicó	
Canguaretama	
Carnaúba dos Dantas	
Cerro Corá	
Coronel Ezequiel	226,19
Coronel João Pessoa	
Encanto	416,44
Espírito Santo	
Frutuoso Gomes	
Goiainha	
Grossos	
Guamaré	
Ielmo Marinho	
Ipanguaçu	
Ipueira	
Jaçanã	
Janduís	
Jardim de Piranhas	
João Câmara	
João Dias	
José da Penha	81,94
Jucurutu	
Jundiá	96,59
Lagoa de Pedras	397,83
Lagoa de Velhos	

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN023</b>
Lagoa Nova	
Lajes	
Lucrécia	250,00
Macaíba	139,57
Macau	
Marcelino Vieira	80,56
Monte Alegre	
Mossoró	89,71
Natal	94,86
Nísia Floresta	273,30
Nova Cruz	
Olho-D ÁGUA do Borges	
Ouro Branco	192,00
Paraná	80,56
Paraú	
Parelhas	87,28
Parnamirim	57,06
Passa e Fica	294,78
Passagem	381,88
Pau dos Ferros	
Pedra Grande	228,23
Pilões	
Portalegre	
Porto do Mangue	
Rafael Fernandes	77,78
Riacho da Cruz	15,76
Riacho de Santana	80,56
Santa Cruz	63,02
Santana do Seridó	
Santo Antônio	
São Bento do Trairí	
São Francisco do Oeste	
São Gonçalo do Amarante	67,25
São João do Sabugi	433,70
São José de Mipibu	
São Miguel do Gostoso	
São Paulo do Potengi	
São Rafael	
Serra Negra do Norte	391,90
Serrinha	
Taboleiro Grande	
Tenente Ananias	
Umarizal	235,29
Upanema	
Várzea	59,60

---

**RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)** IN023

Venha-Ver

Vera Cruz

Viçosa

Vila Flor

---

<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b>	<b>35</b>
<b>Quantidade de Municípios que RN possui:</b>	<b>167</b>
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de RN:</b>	<b>21%</b>
<b>Média</b>	<b>177,42</b>
<b>Mediana</b>	<b>96,59</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>129,19</b>
<b>CV</b>	<b>0,73</b>
<b>Mínimo</b>	<b>15,33</b>
<b>Máximo</b>	<b>433,70</b>

---

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE G

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DE SERGIPE (IN023)

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN023</b>
Aracaju	116,61
Arauá	
Areia Branca	
Boquim	10,38
Brejo Grande	
Campo do Brito	
Capela	14,93
Carmópolis	
Divina Pastora	
Frei Paulo	33,33
Gararu	39,14
General Maynard	
Gracho Cardoso	
Ilha das Flores	
Indiaroba	
Itabaiana	
Itabaianinha	46,19
Itaporanga d Ajuda	
Japoatã	
Lagarto	82,43
Laranjeiras	
Malhada dos Bois	66,00
Malhador	
Moita Bonita	
Monte Alegre de Sergipe	
Muribeca	
Nossa Senhora Aparecida	74,77
Nossa Senhora das Dores	109,66
Nossa Senhora de Lourdes	174,37
Nossa Senhora do Socorro	
Pedra Mole	
Pinhão	
Pirambu	416,76
Poço Redondo	430,74
Poço Verde	
Propriá	
Riachão do Dantas	333,33
Ribeirópolis	
Rosário do Catete	
Santa Luzia do Itanhy	
Santana do São Francisco	
Santo Amaro das Brotas	

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)</b>		<b>IN023</b>
São Cristóvão		241,18
São Miguel do Aleixo		176,21
Simão Dias		
Tobias Barreto		11,36
Tomar do Geru		120,44
Umbaúba		
<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b>		<b>18</b>
<b>Quantidade de Municípios que SE possui:</b>		<b>75</b>
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de SE:</b>		<b>24%</b>
<b>Média</b>		171,09
<b>Mediana</b>		109,66
<b>Desvio Padrão</b>		142,30
<b>CV</b>		0,83
<b>Mínimo</b>		33,33
<b>Máximo</b>		430,74

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE H

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DO RIO G. DO NORTE (IN021)

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN021</b>
Acari	0,43
Açu	1,17
Afonso Bezerra	1,59
Água Nova	0,97
Alexandria	1,39
Almino Afonso	0,78
Alto do Rodrigues	1,82
Antônio Martins	0,33
Apodi	1,80
Areia Branca	1,34
Arês	0,74
Augusto Severo	0,11
Baía Formosa	0,53
Barcelona	0,91
Bodó	0,34
Bom Jesus	1,15
Brejinho	0,22
Caicó	1,97
Canguaretama	0,91
Carnaúba dos Dantas	1,80
Cerro Corá	0,20
Coronel Ezequiel	0,29
Coronel João Pessoa	0,21
Encanto	0,44
Espírito Santo	1,60
Frutuoso Gomes	0,39
Goianinha	3,84
Grossos	3,91
Guamaré	1,40
Ielmo Marinho	1,40
Ipanguaçu	1,52
Ipueira	1,37
Jaçanã	3,74
Janduís	1,35
Jardim de Piranhas	1,21
João Câmara	2,88
João Dias	0,80
José da Penha	0,54
Jucurutu	1,79
Jundiá	1,73
Lagoa de Pedras	1,27
Lagoa de Velhos	3,91

RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)	IN021
Lagoa Nova	0,54
Lajes	2,78
Lucrécia	0,45
Macaíba	0,77
Macau	0,84
Marcelino Vieira	0,39
Monte Alegre	4,00
Mossoró	1,84
Natal	1,04
Nísia Floresta	1,52
Nova Cruz	3,21
Olho-D ÁGUA do Borges	1,00
Ouro Branco	0,28
Paraná	2,26
Paraú	1,55
Parelhas	0,59
Parnamirim	1,49
Passa e Fica	0,17
Passagem	0,57
Pau dos Ferros	2,81
Pedra Grande	3,95
Pilões	0,25
Portalegre	1,30
Porto do Mangue	1,94
Rafael Fernandes	0,68
Riacho da Cruz	2,71
Riacho de Santana	1,12
Santa Cruz	1,85
Santana do Seridó	0,22
Santo Antônio	1,22
São Bento do Trairí	0,92
São Francisco do Oeste	0,20
São Gonçalo do Amarante	1,54
São João do Sabugi	0,59
São José de Mipibu	2,53
São Miguel do Gostoso	0,97
São Paulo do Potengi	2,73
São Rafael	2,88
Serra Negra do Norte	1,25
Serrinha	0,10
Taboleiro Grande	1,35
Tenente Ananias	0,21
Umarizal	0,50
Upanema	1,32
Várzea	0,40

<b>RN - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)</b>	<b>IN021</b>
Venha-Ver	0,21
Vera Cruz	1,59
Viçosa	0,51
Vila Flor	1,48
<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b> <b>91</b>	
<b>Quantidade de Municípios que RN possui:</b> <b>167</b>	
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de RN:</b> <b>54%</b>	
<b>Média</b>	1,34
<b>Mediana</b>	1,22
<b>Desvio Padrão</b>	1,05
<b>CV</b>	0,78
<b>Mínimo</b>	0,10
<b>Máximo</b>	4,00

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).

## APÊNDICE I

### AMOSTRA DE MUNICÍPIOS DE SERGIPE (IN021)

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (continua)</b>	<b>IN021</b>
Aracaju	1,07
Arauá	0,90
Areia Branca	2,41
Boquim	1,90
Brejo Grande	1,86
Campo do Brito	3,23
Capela	2,57
Carmópolis	2,26
Divina Pastora	1,44
Frei Paulo	1,90
Gararu	2,41
General Maynard	0,24
Gracho Cardoso	0,78
Ilha das Flores	1,31
Indiaroba	1,60
Itabaiana	1,48
Itabaianinha	0,52
Itaporanga d Ajuda	1,31
Japoatã	0,23
Lagarto	1,04
Laranjeiras	0,92
Malhada dos Bois	1,17
Malhador	2,64
Moita Bonita	1,65
Monte Alegre de Sergipe	0,57
Muribeca	1,17
Nossa Senhora Aparecida	1,95
Nossa Senhora das Dores	0,61
Nossa Senhora de Lourdes	0,39
Nossa Senhora do Socorro	1,86
Pedra Mole	0,62
Pinhão	0,39
Pirambu	1,75
Poço Redondo	0,59
Poço Verde	1,32
Propriá	0,12
Riachão do Dantas	0,16
Ribeirópolis	0,42
Rosário do Catete	1,22
Santa Luzia do Itanhy	3,91
Santana do São Francisco	0,62
Santo Amaro das Brotas	0,35

<b>SE - MUNICÍPIOS QUE DISPONIBILIZARAM DADOS AO SNIS (conclusão)</b>	<b>IN021</b>
São Cristóvão	0,77
São Miguel do Aleixo	1,49
Simão Dias	1,28
Tobias Barreto	1,96
Tomar do Geru	3,66
Umbaúba	0,29
<b>Quantidade dos municípios que DISPONIBILIZARAM essa informação:</b>	<b>48</b>
<b>Quantidade de Municípios que SE possui:</b>	<b>75</b>
<b>Percentual de informantes deste indicador sobre o total de municípios do estado de SE:</b>	<b>64%</b>
<b>Média</b>	<b>1,17</b>
<b>Mediana</b>	<b>1,17</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,80</b>
<b>CV</b>	<b>0,69</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,12</b>
<b>Máximo</b>	<b>3,91</b>

Fonte: Elaboração própria a partir do SNIS-RS (2014).