



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

WILLIAM TEODORO DA SILVA

**Influência da morfologia e demografia urbana sobre o uso de energia
elétrica em sistemas de saneamento: Um estudo na Região Metropolitana
do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo**

Guaratinguetá - SP

2016

WILLIAM TEODORO DA SILVA

Influência da morfologia e demografia urbana sobre o uso de energia elétrica em sistemas de saneamento: Um estudo na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo.

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Energia.

Orientador (a): Prof. Dr. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova

Co-orientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri

Guaratinguetá - SP

2016

Silva, William Teodoro da

Influência da morfologia e demografia urbana sobre o uso de energia elétrica em sistemas de saneamento : um estudo na região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo / William Teodoro da Silva – Guaratinguetá, 2016.

224 f : il.

Bibliografia: f. 119-121

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova

Coorientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri

1. Desenvolvimento energético. 2. Planejamento urbano 3. Abastecimento de água 4. Sustentabilidade. I. Título

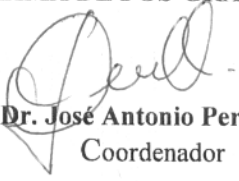
CDU 620.9(043)

WILLIAM TEODORO DA SILVA

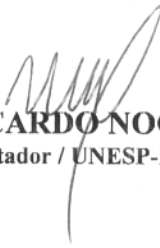
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: ENERGIA

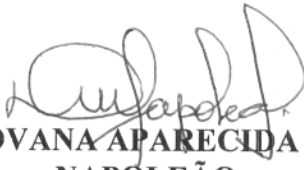
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MATEUS RICARDO NOGUEIRA VILANOVA
Orientador / UNESP-ICT


Prof. Dr. ARMINDA EUGÊNIA MARQUES CAMPOS
UNESP/FEG


Profa. Dra. DIOVANA APARECIDA DOS SANTOS
NAPOLEÃO
EEL/USP

DADOS CURRICULARES

WILLIAM TEODORO DA SILVA

NASCIMENTO	17.07.1981 – VALENÇA / RJ
FILIAÇÃO	Paulino da Silva Emília de Fátima da Silva
1999/2003	Curso de Graduação Arquitetura e Urbanismo – Centro Universitário Geraldo de Biasi.
2009/2010	Curso de Pós-Graduação Gestão Sustentável do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Especialização na Associação Educacional Dom Bosco.
2014/2016	Curso de Pós-Graduação Engenharia Mecânica, Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico à minha esposa Renata e aos meus filhos Felipe e Matheus pela compreensão de que este gosto de vitória e conquista chegaria, mesmo após toda luta e dificuldade que enfrentamos como família e assim sempre será.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu Deus, pois todos os passos caminhados até agora nesta extensa jornada forma em consequência da fé,

a minha Família, Renata, Felipe e Matheus pela compreensão pelos momentos em que tive ausente, mas digo que o legado fica como semente que germina o conhecimento e desejo que a árvore do saber possa dar frutos que alimentem a todos nós,

a meus pais Paulino e Emília que além de me ensinarem o que é um verdadeiro lar ainda me deram a educação que muitos não conseguem ter,

a minha sogra D. Lúcia Avelar que mesmo com toda a dificuldade que a vida lhe reservou nesta fase sempre esteve disposta a servir e ajudar,

a meu orientador prof. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova, pela disposição em ensinar e pela sua preocupação e exigências para apresentação de um trabalho de alto nível,

a meu co-orientador prof. José Antônio Perrella Balestieri, por me ensinar a compreender a metodologia científica, pela paciência em corrigir com detalhes e pelas lições de vida que guardarei como um discípulo preza pelos ensinamentos do mestre,

a Associação Educacional Dom Bosco na figura da diretoria, que incentivaram e proporcionaram meu deslocamento para as atividades se decorreram pelo curso,

a Academia Militar das Agulhas Negras na figura de meus superiores, que abriram mão da minha obrigação pelo cumprimento do expediente e pelas horas ocupadas para desenvolvimento das atividades,

a todos os professores das diversas disciplinas que cursei, pois sem dúvida foram essenciais para a abertura para novas ideias e desenvolvimento, em especial agradeço aos professores Luis Rogério Hein e Pedro Magalhães Sobrinho, que me abriram as portas para o programa de pós-graduação,

a todos que de alguma forma, mesmo a menor que seja, colaboraram com este trabalho.

“Se a reta é o caminho mais curto entre dois pontos, a curva
é o que faz o concreto buscar o infinito”

Oscar Niemeyer

RESUMO

O crescimento urbano descontrolado gera uma série de problemas como a favelização, a ocupação de áreas irregulares e a quebra do planejamento socioeconômico do município. Além disso, sempre que surge uma comunidade ou uma zona industrial sem planejamento, o poder público deve levar toda infraestrutura urbana para o local. Sendo o saneamento e o fornecimento de energia aspectos fundamentais para a sustentabilidade de cidades, identifica-se a necessidade de se entender as relações entre desenvolvimento e planejamento urbano e o uso de energia elétrica. Nesse sentido, o presente trabalho propõe-se a estudar as relações entre morfologia urbana e demografia e uso de energia elétrica no setor de saneamento, mais especificamente, para o abastecimento de água e esgotamento sanitário. Para a análise da influência da morfologia e demografia urbana sobre o uso de energia elétrica em sistemas de saneamento através de um estudo na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo foram identificados 10 indicadores, dentre eles 3 morfométricos (Relação de Forma, Relação de Compacidade e Relação de Alongamento), 3 demográficos (Densidade de População Urbana, Densidade de Emprego nos Centros Urbanos e Índice de Distribuição de Domicílios) e 4 energéticos (Consumo Total de Energia Elétrica nos Sistemas de Água, Consumo Total de Energia Elétrica nos Sistemas de Esgoto, Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário). Através da correlação de cada indicador morfométrico e demográfico com os índices de consumo de energia elétrica (água e esgoto), foi possível identificar até que ponto essa influência pode ser confirmada.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água. Esgotamento sanitário. Planejamento urbano. Planejamento energético. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The uncontrolled urban growth raises a series of problems such as slum, irregular areas, occupation and the breakdown of social and economic planning. In addition, whenever a community or an industrial area without planning, the Government should take all urban infrastructure for the site. Being the sanitation and the power supply fundamental aspects for sustainability, identifies the need to understand the relationships between urban development and planning and the use of electric energy. In this sense, the present work is proposed to study the relations between morphology and urban demographics and usage of electrical energy in the sanitation sector, more specifically, to the water supply and sanitation. For the analysis of the influence of morphology and urban demographics about the use of electricity in sanitation systems through a study on the metropolitan region of the Paraíba Valley and Northern coast of São Paulo 10 indicators were identified, including morphometric 3 (Shape, Compactness and stretching), 3 (demographic density of urban population , Density of employment in Urban Centers and Density index of households) and energy 4 (Total consumption of Electric Energy in water Systems, Total Electric Power Consumption in sewer Systems, electric power Consumption index in water supply systems and electric energy consumption index in sewage supply systems). Through the correlation of morphometric and demographic indicator each with the indexes of electric power consumption (water and sewer), it was possible to identify the extent to which this influence can be confirmed.

KEYWORDS: Water supply. Sanitary sewage. Urban planning. Energy planning. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais estradas e entroncamentos	26
Figura 2 - Consumo diário de energia no sistema de transporte por pessoa.	31
Figura 3 - Classes tipológicas mais representativas da forma urbana de Maceió	37
Figura 4 - Assentamentos residenciais urbanos e estradas da Região da Grande Dublin	38
Figura 5 - Relação entre a densidade de população e quatro formas residenciais.....	40
Figura 6 - Mapa esquemático das métricas espaciais	44
Figura 7 - Interpretação de limite de crescimento urbano na da cidade de Pequim.	47
Figura 8 - Ilustração do indicador Relação de Forma	53
Figura 9 - Ilustração do indicador Relação de Compacidade	54
Figura 10 - Ilustração Indicador Relação de Alongamento	54
Figura 11 – Imagem de Satélite do município de Lorena referente a 2014.....	64
Figura 12 - Mancha Urbana do município de Lorena interpretada através de imagem de satélite	64
Figura 13 – Mancha Urbana do município de Lorena com uso de ferramentas do software ...	65
Figura 14 - Aspecto da Ferramenta Diagrama em Caixa	72
Figura 15 - Diagramas de dispersão e os valores correspondentes de correlação.....	73
Figura 16 - Sistema de captação e distribuição de Tremembé, Taubaté e Caçapava.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diagrama de Dispersão dos indicadores RF e ICA	78
Gráfico 2 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICA	80
Gráfico 3 - Correlação entre RA e IC.....	81
Gráfico 4 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICA	82
Gráfico 5 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICA	83
Gráfico 6 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICA	84
Gráfico 7 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RF e ICE	85
Gráfico 8 - Correlação entre RF e ICE do Grupo das 11 cidades.	86
Gráfico 9 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICE.....	87
Gráfico 10 - Correlação entre RA e ICE do Grupo das 11 cidades.....	88
Gráfico 11 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICE	88
Gráfico 12 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICE do Grupo das 11 cidades....	89
Gráfico 13 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICE.....	90
Gráfico 14 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICE do Grupo das 11 cidades. .	91
Gráfico 15 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICE.....	91
Gráfico 16 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICE do Grupo das 11 cidades. .	92
Gráfico 17 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICE.....	93
Gráfico 18 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICE do Grupo das 11 cidades. .	94
Gráfico 19 – Diagrama em Caixa aplicado no ICA.....	95
Gráfico 20 – Diagrama em Caixa aplicado no ICA sem dados discrepantes.	96
Gráfico 21 - Diagrama em Caixa aplicado no ICE.....	96
Gráfico 22 - Diagrama em Caixa aplicado no RF	97
Gráfico 23 - Diagrama em Caixa aplicado no RC.....	98
Gráfico 24 - Diagrama em Caixa aplicado no RC sem os dados discrepantes.....	99
Gráfico 25 - Diagrama em Caixa aplicado no RA.....	99
Gráfico 26 - Diagrama em Caixa aplicado no RA sem dado discrepante	100
Gráfico 27 - Diagrama em Caixa aplicado no DPU	101
Gráfico 28 - Diagrama em Caixa aplicado no DPU sem dado discrepante.....	102
Gráfico 29 - Diagrama em Caixa aplicado no DEC	102
Gráfico 30 - Diagrama em Caixa aplicado no IDD	103
Gráfico 31 - Diagrama em Caixa aplicado no IDD sem dado discrepante.....	104

Gráfico 32 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RF e ICA sem dado discrepante	107
Gráfico 33 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICA sem dado discrepante.....	108
Gráfico 34 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICA sem dado discrepante	109
Gráfico 35 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICA sem dado discrepante	110
Gráfico 36 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICA sem dado discrepante	111
Gráfico 37 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICA sem dado discrepante	112
Gráfico 38 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICE sem dado discrepante	113
Gráfico 39 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICE sem dado discrepante.....	114
Gráfico 40 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICE sem dado discrepante	115
Gráfico 41 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICE sem dado discrepante	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores morfométricos mais usuais pelo poder público.....	34
Tabela 2 - Outros Indicadores utilizados	35
Tabela 3 - Métricas espaciais.....	42
Tabela 4 - Indicadores morfométricos utilizados	52
Tabela 5 - Indicadores demográficos utilizados	55
Tabela 6 - Indicadores energéticos utilizados.....	57
Tabela 7 – Indicadores de consumo energético fornecidos pelo SNIS das cidades da RMVPLN para o ano de 2014.....	59
Tabela 8– Indicadores tarifários energéticos fornecidos pelo SNIS das cidades da RMVPLN para o ano de 2014.....	61
Tabela 9- Dados demográficos (Censo de 2010 – Estimativa de 2014).....	66
Tabela 10 -Quantidade de Empregos formais	67
Tabela 11 – Tabela de resultado do cálculo dos indicadores	75
Tabela 12 - Matriz de Correlação dos Resultados	76
Tabela 13 - Matriz de Correlação dos Resultados.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
RMVPLN	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
GEE	Gases de Efeito Estufa
AU	Área Urbana
IFMPA	Índice de Forma Média Ponderada
AFMPNC	Área Fractal Média Ponderada de Nova Composição Urbana
IC	Índice de Compacidade
RF	Relação de Forma
RC	Relação de Compacidade
RA	Relação de Alongamento
DPU	Densidade de População Urbana
PEAU	População Estimada na Área Urbana
RVU	Índice de porosidade ou Relação de Vazios Urbanos
ICP	Índice de Complexidade do Perímetro
CD	Contínua e Densa
MD	Média e Densa
UD	Urbana Descontínua
DE	Descontínua e Esparsa
PIB	Produto Interno Bruto
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DEC	Densidade de Emprego de Centros Urbanos
IDD	Índice de Distribuição de Domicílios
CEA	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água
CEE	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos
ICA	Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água
ICE	Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
IMP	Informação dos Municípios Paulistas
SIG	Sistema de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivos Específicos	18
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	18
 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 HISTÓRICO DO PLANEJAMENTO URBANO E A URBANIZAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE	20
2.1.1 História do planejamento urbano no Brasil	20
2.1.2 Início do planejamento urbano no Brasil.....	23
2.1.3 A urbanização na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo ..	25
2.2 INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA URBANA E DEMOGRAFIA SOBRE A SUSTENTABILIDADE DE CIDADES.....	28
2.2.1 Definições sobre morfologia urbana.....	28
2.2.2 Efeito da morfologia urbana sobre o uso de energia elétrica e sustentabilidade	28
2.2.3 Principais indicadores identificados	43
2.2.3.1 Complexidade.....	43
2.2.3.2 Centralidade	43
2.2.3.3 Compacidade.....	43
2.2.3.4 Porosidade.....	43
2.2.3.5 Densidade	44
2.2.3.6 Relação de Forma.....	45
2.2.3.7 Relação de Compacidade	45
2.2.3.8 Relação de Alongamento	45
2.2.2.9 Densidade de População Urbana	46
2.2.3.10 Índice de Compacidade	48
2.2.2.11 Índice de porosidade ou Relação de Vazios Urbanos	48
2.2.3.12 Índice de Complexidade do Perímetro (ICP) ou Fractal	48
 3 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	50

3.2 BASES DE DADOS UTILIZADAS	50
3.2.1 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento	51
3.2.2 Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A	51
3.2.3 Servidor Cidades IBGE	51
3.2.4 Imagens de satélite Google Earth Pro.	51
3.3 INDICADORES MORFOMÉTRICOS CONSIDERADOS	52
3.3.1 Indicador Relação de Forma.....	53
3.3.2 Indicador Relação de Compacidade	53
3.3.3 Indicador Relação de Alongamento	54
3.4 INDICADORES DEMOGRÁFICOS CONSIDERADOS.....	54
3.4.1 Indicador de Densidade de População Urbana	55
3.4.2 Densidade de Emprego de Centros urbanos	56
3.4.3 Índice de Distribuição de Domicílios na AU	56
3.5 INDICADORES ENERGÉTICOS UTILIZADOS	57
3.5.1 Consumo total de Energia elétrica nos sistemas de Esgoto.....	58
3.5.3 Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água.....	58
3.5.4 Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário	58
3.6 MÉTODOS DE ANÁLISE DE FORMA E OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS	59
3.6.1 Dados do SNIS	59
3.6.2 Dados do Google Earth Pro.....	62
3.6.3 Dados do IBGE	65
3.6.4 Dados do SEADE	67
3.6.5 Aplicação dos dados.....	69
3.7 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS INDICADORES	69
3.7.1 Amplitude Total	69
3.7.2 Variância	69
3.7.3 Desvio Padrão	70
3.7.4 Coeficiente de Variação	70
3.7.5 Intervalo Interquartilico	71
3.7.6 Diagrama em Caixas.....	71
3.7.7 Matriz de Correlação e o coeficiente r de Pearson	72
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75

4.2 ANÁLISE DA TABELA DE RESULTADOS.....	76
4.2.1 Matriz de Correlação	76
4.2.2 Análise do ICA em relação aos indicadores morfométricos e demográficos.....	78
4.2.3 Análise de ICE em relação aos indicadores morfométricos e demográficos	85
4.2.4 Eliminação de dados discrepantes pela análise do Gráfico de Caixa	94
4.2.5 Matriz de Correlação sem os dados discrepantes	104
4.2.6 Análise do ICA em relação aos indicadores morfométricos e demográficos sem os dados discrepantes.....	106
4.2.7 Análise do ICE em relação aos indicadores morfométricos e demográficos sem os dados discrepantes.....	112
 5 CONCLUSÕES	117
REFERÊNCIAS.....	119
APÊNDICE.....	122

1 INTRODUÇÃO

Água e energia são recursos fundamentais à existência humana e, regularmente sujeitos a pressões econômicas, tecnológicas, demográficas e sociais (VILANOVA; BALESTIERI, 2014).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL; SNSA/MCIDADES, 2014) a despesa com energia elétrica das empresas de saneamento representou, em 2012, 13,1% das despesas de exploração dos serviços, atingindo um montante de R\$ 3.375,6 milhões nos sistemas participantes do SNIS, sendo que a maior parte dessa energia é consumida por sistemas de bombeamento. Esse significativo consumo de eletricidade pode ser consideravelmente reduzido com a implantação de tecnologia e planejamento adequados, conforme descritas, por exemplo, por Vilanova e Balestieri (2014).

À medida em que aumenta a densidade populacional, habitacional ou o índice de construção, os custos de investimentos em infraestrutura diminuem de forma não linear, sendo que as comunidades de alta densidade populacional têm um custo de investimento em infraestruturas 36 % a 51 % inferior ao das comunidades de média densidade e 59 % a 76 % inferior aos de baixa densidade (FIGUEIREDO, 2009).

O crescimento urbano descontrolado gera uma série de problemas como a favelização, a ocupação de áreas irregulares e a quebra do planejamento socioeconômico do município. Além disso, sempre que surge uma comunidade ou uma zona industrial sem planejamento, o poder público deve levar toda infraestrutura urbana para o local.

Sendo o saneamento e o fornecimento de energia aspectos fundamentais para a sustentabilidade de cidades, identifica-se a necessidade de se entender as relações entre desenvolvimento e planejamento urbano e o uso de energia elétrica. Nesse sentido, o presente trabalho propõe-se a estudar as relações entre morfologia urbana e demografia e uso de energia elétrica no setor de saneamento, mais especificamente, para o abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A hipótese investigada é a de que existam relações bem definidas entre a forma e a demografia urbana em relação ao uso da eletricidade para o provimento de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas cidades da Região de Guaratinguetá – SP, integrantes da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN). A análise dessa hipótese é relevante, pois pode subsidiar o planejamento urbano (por exemplo, a elaboração de planos diretores), visando a redução do consumo de energia elétrica nas cidades.

Análises de natureza semelhante à da presente proposta, aplicadas ao setor de saneamento, foram realizadas por Filion (2008) e Farmani e Butler (2013) que avaliaram a influência da forma de redes de distribuição de água sobre o uso de energia elétrica e o desempenho de sistemas de abastecimento, respectivamente. Outros trabalhos, como Lee e Lee (2014) e Liu e Sweeney (2012), avaliaram a influência da forma urbana sobre outros setores usuários de energia e outras questões ligadas à sustentabilidade, como o uso residencial de energia e a emissão de gases de efeito estufa.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a existência de relações entre o uso da energia elétrica em sistemas de saneamento (abastecimento de água e esgotamento sanitário), a forma (morfologia) e a demografia de cidades, visando fornecer subsídios para o planejamento urbano sustentável tendo como objeto para o estudo de caso a Região Metropolitana Vale do Paraíba e Litoral Norte.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão da literatura para identificar o estado da arte sobre o tema proposto, bem como as metodologias e técnicas utilizadas com esse propósito;
- Utilizar os principais indicadores morfométricos e demográficos na análise das cidades;
- Desenvolver um estudo de caso, tendo como área de análise as cidades da RMVPLN, visando correlacionar a forma e demografia urbana com o uso de energia elétrica no saneamento. Essa correlação levará em conta os indicadores morfométricos e demográficos identificados com indicadores energéticos dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário municipais, obtidos principalmente na base de dados do SNIS (BRASIL; SNSA/MCIDADES, 2014).

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto do trabalho, em sua primeira seção, se iniciou com uma introdução sobre o tema e a defesa da sua relevância como investigação científica. Posteriormente, a segunda seção se estrutura de forma que se apresente os resultados da pesquisa sobre o estado da arte do tema,

com foco na identificação dos principais indicadores que terão a possibilidade de ser utilizados, também no item de revisão bibliográfica, foi realizada uma busca pela história relativa ao desenvolvimento urbano da região estudada, com a finalidade de se obter uma melhor compreensão sobre os diversos aspectos que possam influenciar as conclusões sobre o tema. Identificados os principais autores da análise do tema e seus principais Materiais e Métodos observados na revisão, a terceira seção visa mostrar mais claramente o que se pretende apresentar nesse trabalho com as principais técnicas científicas detalhadas demonstrando também as principais bases de dados, softwares e aplicativos que forneceram subsídios para identificação das variáveis necessárias para os cálculos da metodologia aplicada. Na quarta seção, os resultados dos cálculos pela metodologia proposta são apresentados em forma de tabelas e gráficos que possibilitarão a ampla discussão que por fim no item cinco facilitarão às conclusões sobre a influência da morfologia e demografia urbana sobre o uso de energia elétrica em sistemas de saneamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO PLANEJAMENTO URBANO E A URBANIZAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE

Buscar a origem dos problemas relativos ao planejamento das cidades brasileiras nos dias atuais é uma tarefa que remete a uma leitura da História. Tentar fazer uma análise buscando preceitos históricos sempre ajuda a orientar a uma compreensão de fatos que em primeiro momento não estão claras. Situações nas quais se observa problemas de desorganização e falta de planejamento, podem ter a origem histórica e os erros podem se acumular ao longo dos anos. Além disso, o país passou por um processo de colonização, industrialização tardia, desenvolvimento lento e ainda um processo de consolidação democrática. Sendo assim desejável que a busca por um planejamento urbano como foco discutido nacionalmente seja incentivada para tentar propor um modelo de cidade brasileira com execução de planejamento acertado, demonstrando assim a configuração da transformação do país como nação desenvolvida.

2.1.1 História do planejamento urbano no Brasil

O Brasil é um país relativamente jovem, com o início de seu desenvolvimento a partir da época das Grandes Descobertas, onde as Américas foram conhecidas como o Novo Mundo. Os habitantes originários da terra não tinham uma ideia de urbanização consolidada. Os índios que aqui viviam simplesmente se organizavam em pequenas aldeias, as quais não possuíam características urbanas. Viviam basicamente da agricultura de subsistência, da caça e da pesca. Com a chegada dos descobridores em 1500, ideais já desenvolvidos nos países da Europa poderiam então chegar ao continente descoberto (ABREU, 2010). Inicia-se primeiramente um processo de exploração e ocupação do território pelos portugueses e, em 1532, com a fundação da vila de São Vicente, nota-se a primeira inserção da ideia de organização urbana no Brasil.

A obra de Schürmann (1999) conta boa parte desse desenvolvimento urbano de uma forma mais elucidativa num contexto geral do urbanismo do Brasil como um todo, tentando encontrar os enlaces dos ideais do planejamento das vilas e cidades ao longo dos primeiros séculos até a chegada da Família Real, mesmo com toda a dificuldade que se apresentava ainda na época do colonialismo português. Em paralelo com o que acontecia também com a América Latina comparando o que acontecia também com as colônias espanholas. Pela sua leitura

percebe-se que os primeiros modelos de cidade no Brasil eram predominantemente litorâneos devido as características dos exploradores de serem empreendedores no mercado das grandes navegações. Segundo Andrade e DS Maia (2011), algumas cidades brasileiras surgiram por ordem direta do reino português, enquanto que outras surgiram de forma espontânea ou através de planejamentos dos governos locais. Entre 1534 e 1549, a metrópole portuguesa iniciou divisão do Brasil em 15 capitanias hereditárias, época na qual foram fundadas várias vilas dentre elas Igarassu em 1536, Recife e Olinda em 1537 na capitania de Pernambuco, Vila Velha em 1530, Porto Seguro, Santa Cruz e Santo Amaro em 1535 e São Jorge de Ilhéus em 1536. No Espírito Santo foi construída a Vila de Nossa Senhora da Vitória em 1551. Na capitania de São Vicente em 1532 foi construída Vila de São Vicente e Santos em 1545 e São Paulo de Piratininga 1554, atual São Paulo, sendo a única vila fundada no interior.

Em 1549, o fundador Tomé de Sousa faz de Salvador a primeira cidade brasileira (MARIA; CARVALHO, 2008). Logo em seguida, em 1565, foi fundada por Estácio de Sá a segunda cidade brasileira, São Sebastião do Rio de Janeiro (BELCHIOR, 2008).

Durante os primeiros três séculos do período colonial brasileiro utilizava-se a estratégia inicial de desenvolvimento para defesa do território conquistado devido as diversas incursões de países tentando a tomada das terras. Por isso tão somente algumas feitorias foram desenvolvidas em áreas litorâneas da costa brasileira. Não se teve a preocupação da coroa portuguesa em desenvolver uma estratégia de ocupação através de urbanização. De acordo com Andrade e DS Maia (2011) não havia nenhum plano de urbanização que servisse de base para todos os povoados, o que havia eram as Ordenações do Reino e comparando as cidades latino-americanas dos países de colonização portuguesa e espanhola, observa-se a diferenciação dos modos de fazer cidade. Na primeira, as cidades apresentavam obediência ao relevo e desobediência a um plano preestabelecido e na segunda as cidades eram planejadas.

O período posterior, após a fundação da primeira cidade, foi marcado por intensas atividades urbanizadoras e a cidade de Salvador foi construída para ser a sede do primeiro governo geral ao norte do antigo povoado de Vila Velha (MARIA; MONTEIRO, 2004), que tinha como características urbanísticas, um traçado irregular, que em nada se remetia ao traçado regular proposto em Salvador. A capital da Bahia se desenvolveu com um traçado da quadrícula com duas praças do palácio dos jesuítas, atual Terreiro de Jesus.

Com a destituição da França Antártica pelos portugueses, surgiu então a cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro em 1565, com crescimento urbano ordenado através de traçado de quadrícula através de ruas largas e paralelas com dez quarteirões quadrados (SCHÜRMANN, 1999).

No século XVII surgem duas cidades importantes: São Luís (1612), conquistada pelos franceses (MARTINIÈRE, 2011), e Nossa Senhora de Belém (1616), referência na foz do Rio Amazonas (MEDRANO, 2009). Em terras dominadas por franceses, holandeses e ingleses surge a fortaleza de Camaú, onde se desenvolveria a vila planejada de São José do Macapá (1751), hoje Amapá (BASTOS, 2012).

Segundo Schürmann (1999), o século XVII caracterizou-se por uma urbanização lenta e primária e o crescimento demográfico foi modesto. Salvador tinha aproximadamente quatro cinco mil e quinhentos habitantes, seguida por Recife com três mil habitantes. Rio de Janeiro e Olinda tinham dois mil habitantes cada. Um caso diferente é a cidade de Felipéia, hoje João Pessoa, que pela intervenção dos holandeses apresentou um traçado regular com vilas representadas na cartografia, alguns fortes em planta quadrada, e no interior dos fortes uma ou duas ruas e uma fileira de casas. A partir de 1690, depois de ter saído da guerra com os holandeses e de ter se tornado independente da Espanha, Portugal começa a se dedicar mais intensamente ao Brasil e suas vilas e cidades (CARRARA, 2014). Administrativamente busca reestruturação do controle econômico do território e da população, então com assentamentos urbanos planejados e regularização dos assentamentos espontâneos.

Por causa de disputas com os espanhóis, as cidades brasileiras principalmente fronteiriças sofreriam modificações rigorosas em seu traçado urbanístico e arquitetônico. Foram aplicadas regras de alinhamento e traçado ordenado para vilas e cidades, sendo a praça concebida pioneiramente junto a igreja, pelourinho, casa de câmara, cadeia e várias outras repartições públicas. Os lotes individuais para residências privadas deveriam ser alinhados e obedecer ao mesmo feitiço externo.

Os arraiais de mineração eram um exemplo de desordem e irregularidade nas regiões montanhosas e nem todos foram atingidos pela remodelagem, por conta da topografia local, como exemplo Ouro Preto. Mariana, com topografia mais plana, foi reestruturada com as diretrizes da reforma pombalina.

Vila Bela da Santíssima Trindade, fundada em 1752 na fronteira com território espanhol, foi onde adoção das regras pombalinas teve maior fidelidade. Por razões geopolíticas, houve uma preocupação com a escolha do local que deveria ser as margens do rio Guaporé com o objetivo de vigiar as missões (ALMEIDA, 2009). A praça foi demarcada em local mais elevado por precaução contra inundações e os quarteirões eram ordenados em forma retangular onde eram construídas as principais edificações de frente para a praça.

No início do século XIX, com a chegada da coroa portuguesa em 1808, houve um desenvolvimento urbano mais acelerado no Brasil, sendo um marco histórico para época,

devido à chegada de estrutura consistente para recepção da corte. Dom João decretou liberação das atividades industriais e abertura dos portos ao livre comércio, criou a Biblioteca Nacional, o Banco do Brasil e diversas academias. Foi fundado nessa época também, o jornal A Gazeta do Rio de Janeiro. O Rio de Janeiro foi a cidade que mais obteve alterações pela exigência da família real portuguesa, já que havia um esforço anterior, mesmo até sem verbas, para tornar a cidade menos insalubre, pois a cidade tinha casas simples e baixas com ruas estreitas e a maioria sem calçamento (OLIVEN, 2001). Foram necessárias obras de saneamento, abastecimento e defesa, destruição de morros, aterramento de brejos, abertura de vias largas e proibição de construção de casas baixas em qualquer lugar, para solucionar problemas de saúde pública.

Com a independência do Brasil, em 1822, surge então a rede urbana brasileira, embasada por fatos políticos sociais, tais como: a lei áurea de 1888, a proclamação da república em 1889 e o início da industrialização do país (OLIVEN, 2001). A população das cidades cada vez mais aumentava, em consequência do início do processo de migração do campo rumo as áreas urbanas, pela busca de oportunidade de emprego (CUNHA, 2005) e um movimento também de imigração dos europeus no final do século XIX início do século XX (PRIORI et al., 2012).

2.1.2 Início do planejamento urbano no Brasil

Nas últimas décadas do século XIX surge o ideal de planejar as cidades da nova república e mesmo ainda que não denominado formalmente como "planejamento urbano" as cidades queriam se desprender estereótipo de colônia e o processo de industrialização que tomava o mundo, fez com que se acelerasse o êxodo rural e a modernização do Brasil.

Segundo Villaça (1999), há três períodos da história do planejamento urbano no Brasil, sendo que o primeiro se inicia ao final do século XIX, por volta de 1875 e vai até 1930. O segundo vai de 1930 até por volta de 1992 quando iniciado o terceiro período que vai até o fim do século XX.

O primeiro período foi conhecido como planos de "melhoramentos e embelezamentos" (QUINTO JUNIOR, 2003), no qual a nova classe dominante usa o planejamento como nova ideologia tentando se desfazer dos conceitos de soluções adaptadas, as quais caracterizavam a época da colonização. É neste período surgem as grandes avenidas, praças e monumentos. As reformas urbanas entre 1903 e 1906 no Rio de Janeiro são o marco do higienismo e saneamento, que em primeira fase trazia médicos sanitaristas e em segunda fase, trazia os engenheiros e técnicos que buscavam soluções para o saneamento circulação na cidade e também com padrão construtivo. Porém, tal intervenção não foi benéfica para a população de baixa renda do centro

da cidade, que por conta da supervalorização dos imóveis mais bem localizados acabou tendo que abandonar suas propriedades e ocupar os morros ao redor. Esse período traz um prenúncio de processo de favelização atingindo seu auge ao final da Guerra de Canudos.

Com as mudanças econômicas da revolução de 1930, surge um subperíodo conhecido como do “urbanismo e do plano diretor”, onde é quebrado o paradigma da cidade bela por uma busca de uma cidade verdadeiramente eficiente, que vive um capitalismo e produção, com uma classe operária mais atuante. Surge a necessidade de reprodução do capital imobiliário na cidade. Nesta década são criados planos nas duas maiores cidades do Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo, com foco em infraestrutura e transporte e nessa época expressões como caos urbano, crescimento descontrolado e necessidade de planejamento são agora usadas para justificativa dos problemas urbanos.

Entre 1965 e 1961, subperíodo chamado de “Planejamento Integrado e Superplanos” (OLIVEIRA, 2011), que se caracterizavam pelas ideias de globalidade, sofisticação técnica e interdisciplinaridade do planejamento. Os municípios eram induzidos a elaborar planos diretores e muitas das vezes contratavam escritórios privados que nem sempre conheciam a realidade da cidade como um todo.

Nos anos de 1971 e 1992, chamado de subperíodo de Plano sem Mapa, observam-se planos de pouca relevância técnica, feitos pelos próprios técnicos municipais, com poucos recursos, sem diagnósticos técnicos, sem estudos e levantamentos, caracterizando-se como regressão às épocas passadas. Neste período houve um efeito de proliferação de favelas nos grandes centros, construção em áreas de risco ou com problemas ambientais. Destaca-se também o fenômeno da especulação imobiliária, que afasta cada vez mais os novos bairros das zonas mais estruturadas e esvaziando o centro das cidades, este outro fenômeno conhecido como “vazios urbanos”.

Entre 1992 a 2001, terceiro período, várias cidades tentaram pôr em prática os princípios estabelecidos por uma nova ordem urbanística apontadas na constituição de 1988. Procurou-se sair dos planos tecnocráticos para os planos políticos. A cidade real das pessoas reais foi discutida com essa discussão entre técnica e política. Foi uma época de preparo, para um novo ambiente que chegou com o quarto período.

O quarto período que pode ser acrescentado seria do ano de 2001 até os dias atuais com a aprovação do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), lei que define claramente a função social da propriedade e amplia a compreensão dos artigos que tratam do tema urbano na Constituição de 1988. A implementação do Estatuto da Metrópole (BRASIL, 2015) reforça a ideia de que é necessário se pensar especificamente no desenvolvimento das grandes áreas urbanas.

2.1.3 A urbanização na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo

A Região do Vale do Paraíba Paulista, no século XVII, já era referida em relatos de que se tornara ponto de encontro dos exploradores e tropas circulantes dos tempos de mineração que se deslocavam para as regiões litorâneas dentre elas o Litoral Norte Paulista. Posteriormente, no século XIX com o ciclo do café, algum desses locais da circunvizinhança transformaram-se em arraiais, aldeias, povoados ou vilas e com processo de urbanização se consolidando, não se caracterizando como um processo evolutivo contínuo, obtém-se a formação das primeiras cidades, dentre elas Jacaré, Caçapava, Taubaté, Guaratinguetá e Cachoeira Paulista.

Onde hoje se localiza cidade de Lorena havia uma rota importante de circulação desenvolvida no entroncamento entre o caminho novo que ligava o Rio de Janeiro a Minas Gerais, Estrada Geral (CARRARA, 2007) criando assim uma transversal com Lorena no centro desse cruzamento. Outros caminhos importantes são aqueles relatados entre Guaratinguetá, Taubaté a Ubatuba e São José dos Campos a Caraguatatuba. Essas rotas que seguiam em destino ao litoral davam opção de ligação de Campinas pelo Caminho Geral dos Goiases (ROSSETTO, 2006) para capital Rio de Janeiro por via marítima. A Figura 1 ilustra as principais estradas e entroncamentos da época do ouro.

Existiam rotas comerciais por onde circulavam viajantes e mercadorias de minas para o vale. Clandestinos seguiam para Pindamonhangaba, Taubaté, Tremembé e São José dos Campos, os quais fizeram com que outras localidades pudessem se desenvolver urbanisticamente por intermédio da circulação e paradas estratégicas em meio às rotas.

A vida econômica da região era tradicionalmente rural e abastecedora de outras regiões e também fornecedora de trabalhadores para mineração. A região perdeu essa sua característica para o Rio de Janeiro, devido à abertura do Caminho Novo (BARBARÁ et al. , 2007), mas a urbanização começa a se desenvolver, apesar do desequilíbrio da economia até a expansão do ciclo do café, quando ocorre uma eclosão da vida urbana regional do vale, na qual a ferrovia exerce um papel importante no desenvolvimento. Em 1886 a urbanização perde o ritmo pela decadência do ciclo do café a região deixa de ser a principal força econômica da província de São Paulo dos tempos no Império. Ao final do século XIX e início do século XX há uma partida para o desenvolvimento urbano linear com o aumento dos estabelecimentos industriais, que se multiplicam às margens do rio Paraíba da rodovia e da ferrovia de São Paulo em direção ao Rio de Janeiro.

A industrialização, juntamente com o crescimento demográfico reflete na urbanização moderna das décadas de 1950 a 1970 (STAMM, 2012) com ideologias políticas planejamento do estado cria-se a ideia de um espaço único regional e redimensiona estrutura funcional e morfológica das cidades. Em 1951 com a construção da Rodovia Presidente Dutra, que atravessa RMVPLN, ligando Rio de Janeiro a São Paulo, permitiu a incorporação de novas áreas às diversas malhas urbanas, favorecendo a instalação de indústrias (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2009) e proporcionando o desenvolvimento que traz a afirmação do Brasil como potência econômica mundial.

Não só como interconexão geográfica das cidades, pode-se dizer relação macroeconômica plugada pelas linhas dos sistemas de comunicação e informação mensurada no campo imaterial e facilitada no aspecto físico pelos meios de transporte abrangentes. Também, pode se dizer que ambientalmente falando, trata-se de uma única região ligada pelo ecossistema da Mata Atlântica que distribui toda sua fonte de vida pelas, fauna e flora e pelas corredeiras das águas do Rio Paraíba do Sul, água esta que no atual momento tem sua importância sendo discutida amplamente devido esta interdependência dos diversos municípios da megalópole brasileira, em tempos de mudanças climáticas e falta de chuvas que fazem a movimentação para um planejamento integrado e sistemático.

Já na atualidade há uma visão mais globalizada do que seria a RMVPLN. Segundo

Lencioni (2014), a Região do Vale do Paraíba Paulista está inserida numa mega região que de certa forma é uma megalópole, desde que se atualize essa terminologia e alguns elementos de seu conteúdo clássico, sendo agora vista como uma megalópole contemporânea.

2.2 INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA URBANA E DEMOGRAFIA SOBRE A SUSTENTABILIDADE DE CIDADES

Nos itens a seguir estão descritas as principais informações verificadas na revisão da literatura sobre a influência da morfologia urbana e demografia sobre a sustentabilidade de cidades, com destaque para os indicadores mais relevantes.

2.2.1 Definições sobre morfologia urbana

Diversos estudos demonstram que a forma (morfologia) urbana é um fator que influencia o consumo de energia. De acordo com Andrade e Maia (2011), quando se fala em morfologia urbana, pensa-se em desenho urbano, o formato das edificações, a planos diretores dos municípios e toda a legislação em termos de planejamento urbano. Segundo Marins e Roméro (2012) morfologia urbana é frequentemente referida como estrutura ou malha urbana, se valendo da mistura de diversos elementos formadores das áreas ocupadas, livres, com vegetação ou pavimentação, com volumetrias, materiais e cores diversas. Se o plano diretor é um instrumento importante para a gestão urbana, logo a compreensão da morfologia urbana pode colaborar para a determinação das variáveis socioambientais das cidades, que enfatizam a sustentabilidade urbana (REZENDE; ULTRAMARI, 2007).

2.2.2 Efeito da morfologia urbana sobre o uso de energia elétrica e sustentabilidade

Ao se compreender o conceito de morfologia urbana, evidencia-se a maneira com que a cidade vai tomando a sua forma de ocupação dentro de uma área urbana. A forma urbana se torna fator importante no consumo de energia, e a morfologia urbana não é vista apenas como indicador da extensão do plano territorial da cidade desenhado em mapas topográficos, mas também a altimetria, como um fator que leva em consideração o gabarito dos municípios, delimitando suas cotas de altura e o estudo da volumetria, em casos mais específicos, por vezes pode ser fundamental.

Os efeitos de uma cidade alongada podem fazer com que, por exemplo, haja um maior

consumo de energia com transporte e, conseqüentemente, pode haver um maior lançamento de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (LEE; LEE, 2014), porém dependerá do modal e do combustível adotado no sistema de transporte. Outra implicação dentro do ambiente urbano pode ser que cidades que possuam muitas residências unifamiliares construídas em lotes individuais (não condominiais) tendem a consumir muito mais energia em seus sistemas de condicionamento de ar do que os edifícios multifamiliares ou prédios com salas comerciais (LIU; SWEENEY, 2012).

Lee e Lee (2014) estimaram as emissões no trânsito e no sistema de aquecimento de ar. Sua análise foi desenvolvida através de pesquisas domiciliares que incluíam o censo populacional, a estrutura do zoneamento urbano e também por um cálculo simples de densidade de população (habitantes por quilometro quadrado).

Para medir níveis de emissão de CO₂ de uma Área Urbana (AU) e sua forma espacial Lee e Lee (2014) utilizaram-se três tipos de indicadores que influenciam sobre as emissões de GEE do setor doméstico: densidade populacional que é o número de habitantes por quilometro quadrado, a centralidade que é concentração de atividades urbanas em uma determinada área da cidade e policentralidade que é a distribuição de vários centros comerciais ou de intensa atividade urbana dentro das cidades. A utilização da densidade da população ponderada em vez de uma medida de densidade de população convencional é defendida, pois se explica que o cálculo convencional de população simplesmente divide a área urbanizada pela área total enquanto a análise da densidade de população ponderada é uma medida alternativa que capta com mais eficiência a densidade da população da região e da rotina dos moradores típicos da área urbana analisada.

Nos resultados desta análise, Lee e Lee (2014) afirmaram que o indicador de densidade populacional explica apenas 18% da variação das emissões médias de dióxido de carbono no nível agregado. Conclui-se que a análise relativa às medidas de forma urbana foca a estrutura espacial de nível de macro da área urbanizada, excluindo outras dimensões, tais como uso do solo misto e as conexões do sistema viário.

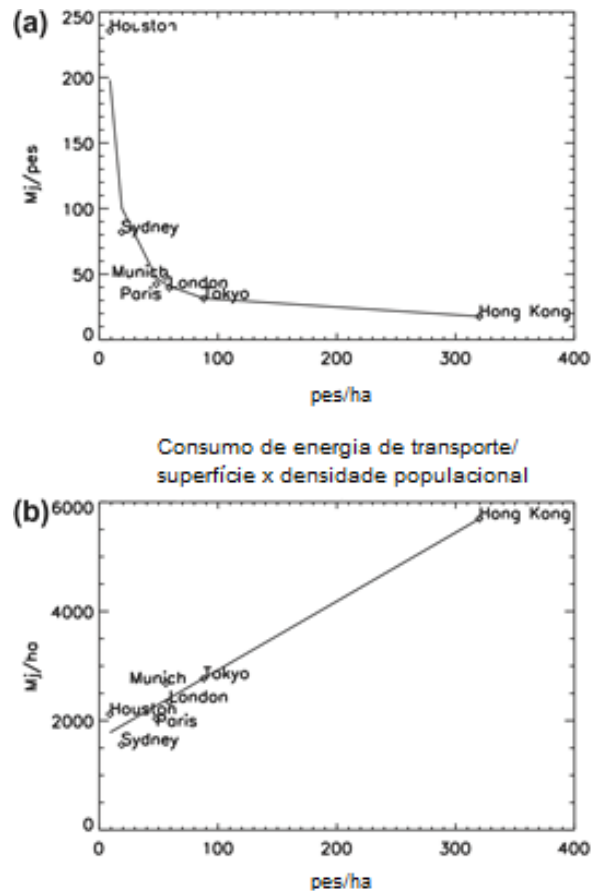
Tais dados demonstraram que a adoção de uma forma urbana mais compacta pode reduzir significativamente o consumo de energia e emissões de CO₂ das unidades habitacionais e o uso adequado do solo urbano e desenvolvimento de sistema de transporte para se construir cidades mais compactas podem mitigar emissões de GEE e estabilizar o clima. Na busca por desenvolvimentos mais sustentáveis, a concentração de população em áreas centrais é uma estratégia para preenchimento e desenvolvimento e podem gerar benefícios de crescimento inteligente, invertendo o efeito de um prejudicial desenvolvimento esparramado nas áreas

urbanas.

Uma outra análise interessante que demonstrou uso de indicadores morfológicos para cálculo de consumo de energia, foi a verificação por Martilli (2014) que revela a evolução de intensidade e tempo dos fluxos de massa e energia, trocadas pelo próprio ar, fortemente afetadas pela estrutura urbana. Para esta análise simulada considera-se um terreno de topografia plana, com uma área urbana em forma de quadrado localizada ao centro. As características comuns das 22 cidades simuladas são: número total de habitantes: 10 milhões com dimensões que as classificam como megacidades; taxa de ocupação por área de piso: 1 pessoa cada 40m²; largura dos edifícios: 20m.

As emissões da GEE são espacialmente uniformes, mas as variáveis são o tempo e a densidade da população. A variação de tempo é representar um padrão típico de emissão pelo impacto da estrutura de cidade sobre a qualidade do ar com baixas emissões durante a noite e emissões mais elevadas durante o dia. Tal perfil temporal é multiplicado por um fator que representa a densidade de população. O consumo de energia per capita para transporte multiplicado pela densidade da população dá o consumo de energia por área de superfície, que pode ser proporcional à emissão por unidade de área de trânsito. A partir de dados das sete cidades, abrangendo toda a gama de densidades populacionais observadas em áreas urbanas, foi ilustrado na Figura 2 o consumo diário de energia no sistema de transporte por pessoa.

Figura 2 - Consumo diário de energia no sistema de transporte por pessoa.
(a) por unidade de superfície (b) vs. Densidade populacional de sete grandes cidades.



Fonte: Martilli (2014)

Ressalta-se que cada cidade tem suas especificidades, as quais definem parâmetros para identificação de seu microclima. Há uma compreensão de morfologia urbana não só pelos aspectos pertinentes a medição da área urbana da cidade e o desenho que lhe é atribuída, mas também pela importância de se analisar a cidade com seus diversos elementos. A densidade populacional e a compactação espacial são por vezes citadas como indicadores morfológicos de grande relevância.

Observa-se que Martilli (2014) leva em conta as alturas das construções, e acaba correlacionando a densidade populacional com as proporções volumétricas das edificações, inserindo também parâmetros que colocam níveis de vegetação como fator de peso para essa metodologia morfométrica que influencia no consumo de energia, emissões de GEE, conforto térmico das edificações e condição climática regional. Apesar de terem sido observadas algumas indicações sobre a verticalidade das edificações não houve nenhum ponto de vista observado sobre tipos de cálculos de energia levando em consideração aspectos da morfologia

urbana relacionados também com o relevo natural ou topografia do terreno da cidade, mas ficou muito claro que a densidade da cidade e a verticalidade de suas edificações somadas a frações ideais de vegetação podem proporcionar eficiência energética.

A abordagem feita no trabalho de Larson e Yezer (2015) apresenta uma análise diferente das outras verificações da literatura consultada, trazendo do ponto vista econômico e trata as expansões da cidade como um fenômeno imobiliário que impactam diretamente no consumo de energia. Foi utilizado um modelo de cidade simulada e na duplicação do tamanho desta área urbana com a inserção de variáveis que levam em conta o agregado familiar e nível de escolaridade, o consumo de energia das habitações aumentou em relação ao que se observa em cidades reais, sem a preocupação da observação das variáveis aplicadas na simulação. Parâmetros de análise morfométrica, já vistos em outras produções também foi encontrado nos estudos de Echenique et al. (2012). Compactação tem sido colocada em evidência nos debates que tratam sobre a cidade sustentável na literatura, mas faltam provas ambientais, econômicas e sociais para que a cidade compacta mostre que construirá esse modelo sustentável.

O parâmetro de dispersão exige mais a implementação de uma ampla rede rodoviária do que distritos com maiores densidades. Porém redes mais extensas podem ter um custo de instalação menor. Um assentamento planejado tende a aumentar a oferta pelo solo urbano com objetivos econômicos e sociais sem causar os impactos ambientais do desenvolvimento dispersado.

Echenique et al. (2012) afirma que o governo britânico tem considerado uma nova forma de cidade para promover a sustentabilidade e que este modelo de Eco-cidades tem o objetivo de zerar a emissão de carbono através de utilização de tecnologias verdes por influência de cidades da Europa, como por exemplo, Vauban na Alemanha.

Se o tamanho de crescimento é devido à mudança de salário, o aumento do consumo de energia em relação ao tamanho da cidade vai ser proporcional, mas se o crescimento é impulsionado por diferenças amenas, o uso de energia per capita cai modestamente. Larson e Yezer (2015) têm um ponto de vista que se assemelha a Martilli (2014), quando diz que um aumento de densidade utilizando a adoção de um cinturão verde pode alcançar reduções no consumo de energia per capita e pode melhorar os níveis de bem-estar da cidade. A redução dos limites de altura das edificações ou dos limites de densidade aumentam o consumo de energia *per capita* e acabam de forma equivocada diminuindo o bem-estar da população.

Um limite de altura não causa grandes efeitos em cidades menores, mas as consequências para cidades maiores são significativas. A imposição de um limite de gabarito de altura das edificações em uma grande cidade gera um aumento no consumo de energia. Uma limitação de

área ou de gabarito de altura das edificações faz a cidade aumentar seu raio e consequentemente como já visto em outras abordagens a dispersão e alongamento causam um maior consumo de energia de habitação, eleva os valores de mercado imobiliário e aumenta o tempo de negociações, só se revertendo se o trabalhador tiver vantagens econômicas e sociais.

A abordagem de Martins Lemos et al. (2013) defende que para que se possa ter uma melhor qualidade ambiental dos espaços construídos dentro da cidade por toda problemática vivenciada, interpretada como o caos urbano, deve-se então adotar estudos que subsidiem instrumentos de intervenção e controle do solo urbano, baseados no desenvolvimento de indicadores de desempenho e parâmetros morfométricos.

Esses tipos de trabalhos que aplicam métricas espaciais associadas a modelos numéricos podem ser utilizadas em estudos sobre o impacto da morfologia urbana no clima local. Tais parâmetros foram empregados na análise da geometria urbana da cidade de Maceió no Estado de Alagoas, com a realização de mapeamento de áreas morfologicamente homogêneas, que nada mais é que um método simplificado de análise e mapeamento morfológico do tecido urbano integra contexto climático a planejamento urbano, auxiliando também cálculos de demanda energética das edificações.

As Tabelas 1 é a descrição de Martins Lemos et al. (2013) dos principais indicadores morfométricos utilizados pelo poder público.

Tabela 1 – Indicadores morfométricos mais usuais pelo poder público

DEFINIÇÃO DO INDICADOR	EQUAÇÃO/ CÁLCULO	OG	SUBÚRBIO	CENTRO HISTÓRICO	CENTRO VERTICAL
Altura média ou Verticalidade Sendo h_{edf_i} = altura do edifício i; S_{sol_i} = Área construída no solo do Edifício; $S_{sol_{tot}}$ = Área total construída no solo da malha.	$H_{med} = \frac{\sum_i (h_{edf_i} \times S_{sol_i})}{S_{sol_{tot}}}$	-	5,5	15,3	35,8
Área Útil Total Construída A partir da altura foi deduzido o número de pavimentos (igual ao valor arredondado da altura dividida por 3). Multiplica-se no número de pavimentos pela superfície no solo. Sendo h_{edf_i} = altura do edifício i; S_{sol_i} = Área construída no do edifício i	$S_{tot} = \sum_i \left(\frac{h_{edf_i}}{3} \cdot S_{sol_i} \right)$	-	2,0x10 ⁵	2,0x10 ⁶	4,0x10 ⁶
Coefficiente de Aproveitamento Definido como área útil total construída dividida pela área construída no solo. Sendo S_{tot_i} a área útil total construída do edifício i; S_{sol_i} = área construída no solo do edifício i.	$CA = \frac{S_{tot_i}}{S_{sol_i}}$	1,0 - 10,0 (/)	1,0	5,0	12,0
Densidade Construída Soma das áreas uteis construídas, dividido pela área total da malha. Sendo S_{tot_i} a área útil total construída do edifício i; S = área total na malha.	$DS_{N\ const} = \frac{\sum_i S_{tot_i}}{S}$	0,5 - 5,0 (/)	0,5	3,0	5,0
Taxa de Ocupação do Solo Soma das áreas construídas no solo, dividido pela área total da malha. Sendo S_{sol_i} = área construída no solo do edifício i; S = área total na malha.	$TO = \frac{\sum_i S_{sol_i}}{S}$	0,1 - 0,8 (/)	0,15	0,65	0,53

Fonte: Martins Lemos et al. (2013)

A Tabela 2 é a descrição dos outros indicadores morfométricos que podem ser usados para cálculos que levam em conta a forma da cidade.

Tabela 2 - Outros Indicadores utilizados

DEFINIÇÃO DO INDICADOR	EQUAÇÃO/ CÁLCULO	OG	SUBÚRBIO	CENTRO HISTÓRICO	CENTRO VERTICAL
Compacidade Consiste na relação entre a área de envoltória exterior dos edifícios na malha e a soma dos volumes destes elevada à 2/3 potência. Sendo $S_{env\ ext}$ = Área da envoltória exterior; V_{edf_i} = Volume do edifício i .	$Comp_{edf} = \frac{S_{env\ ext}}{(V_{edf_i})^{2/3}}$	1,0 - 8,0 (/)	0,4	0,32	0,74
Contiguidade A contiguidade de um edifício é calculada como a área das paredes geminadas sobre a área total da envoltória. Sendo $S_{env\ tot}$ = Área total da envoltória do edifício; $S_{env\ ext}$ = Área da envoltória exterior.	$Cont_i = \frac{S_{env\ tot} - S_{env\ ext}}{S_{env\ tot}}$	0,0 - 1,0 (/)	0,02	0,29	0,003
Rugosidade Absoluta Consiste na razão da soma das alturas ponderadas pela sua superfície total do tecido urbano considerado (construído e não construído). Onde S_i é área construída do edifício, H é a sua altura e S_j é a área no elemento não construído j .	$R_g = \frac{\sum_{const} S_i \cdot H_i}{\sum_{const} S_i + \sum_{vazio} S_j}$	0,0 - 35,0 (m)	0,8	7,1	14,3
Porosidade É a relação dos volumes uteis abertos ao conjunto de volumes do tecido urbano considerado. Sendo P_i é a profundidade do espaço aberto i ; r_{hi}^2 é o raio hidráulico equivalente do espaço aberto i ; V_j é o volume médio do volume construído j ; e V_i é o volume médio da camada limite urbana acima do espaço aberto i . Onde r_h = raio hidráulico equivalente, cujo raio é o poro circular criando a mesma descarga para uma velocidade idêntica e dado para uma seção retangular. E sendo h a altura da camada limite urbana para a rua (altura média dos espaços construídos e não construídos adjacentes) e l é a largura média da rua.	$P_o = \frac{\sum_{esp\ abertos} \pi \times r_{hi}^2 \times P_i}{\sum_{esp\ abertos} V_{j_i} + \sum_{const} V_j}$ $r_h = \frac{l \times h}{l + h}$	0,0 - 1,0 (/)	0,33	0,08	0,49
Prospecto Médio Relação da altura média ponderada pela largura da rua. Sendo H_{med} = Altura média ponderada dos edifícios na malha; l = largura da rua.	$P_M = H_{med} \cdot f \cdot l$	0,1 - 3,0 (/)	0,55	3,9	3,2

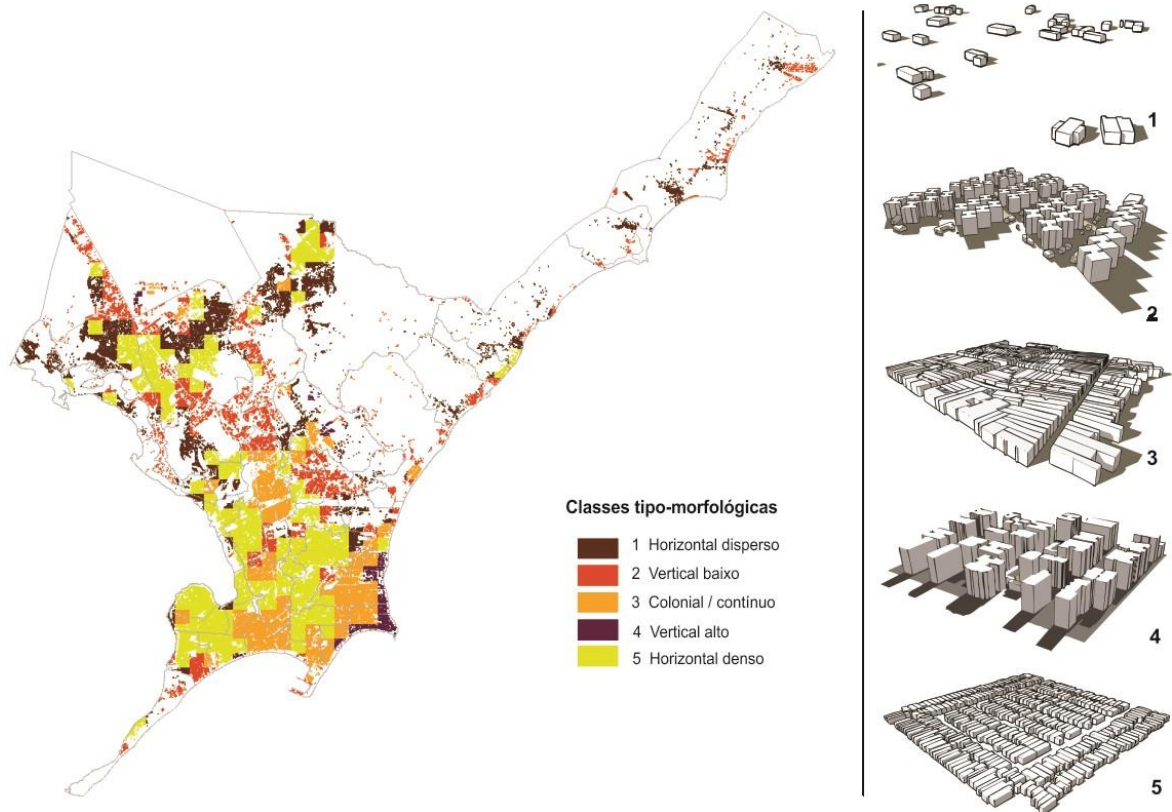
Fonte: Martins Lemos et al. (2013)

Para se caracterizar melhor a forma da cidade de Maceió, com ênfase no seu desempenho ambiental, foi estabelecida por Martins Lemos et al. (2013) a observação de um conjunto de indicadores, sendo alguns já amplamente discutidos em outras produções científicas tais como, densidade, compacidade, rugosidade e porosidade.

As características descritas na abordagem que trata do tecido urbano de Maceió demonstram uma compacidade relevante. As diferenças no consumo de energia, podem estar interligadas com as diferenças significativas identificadas entre bairros de maior e menor compacidade. Explicado pelo processo de verticalização da orla marítima da cidade, as áreas se apresentam mais densas, verticalizadas e rugosas. Os índices mais significativos de rugosidade encontram-se nas áreas mais adensadas e compactas, nos conjuntos da orla marítima ou no centro da cidade. As menos expressivas podem ser identificadas nos tecidos horizontais da periferia da cidade. A porosidade e a rugosidade demonstram o efeito da forma da forma urbana no incremento ou na redução da velocidade média do vento e isso , por exemplo, pode ajudar a tanto para cálculo de energia quanto para a mensuração dos níveis de bem-estar propostos no trabalho de Larson e Yezer (2015).

A classificação morfológica da cidade é útil para a melhor interpretação dos aspectos pertinentes ao planejamento urbano e as condicionantes de desenvolvimento sustentável. Na tentativa de identificação dos parâmetros relativos à sua forma espacial, foram criadas por Martins Lemos et al. (2013) cinco classes de áreas urbanas, sendo: Classe 1: horizontal disperso; Classe 2: vertical baixo; Classe 3: colonial/contínuo; Classe 4: vertical alto e Classe 5: horizontal denso, que podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3 - Classes tipológicas mais representativas da forma urbana de Maceió



Fonte: Martins Lemos et al. (2013)

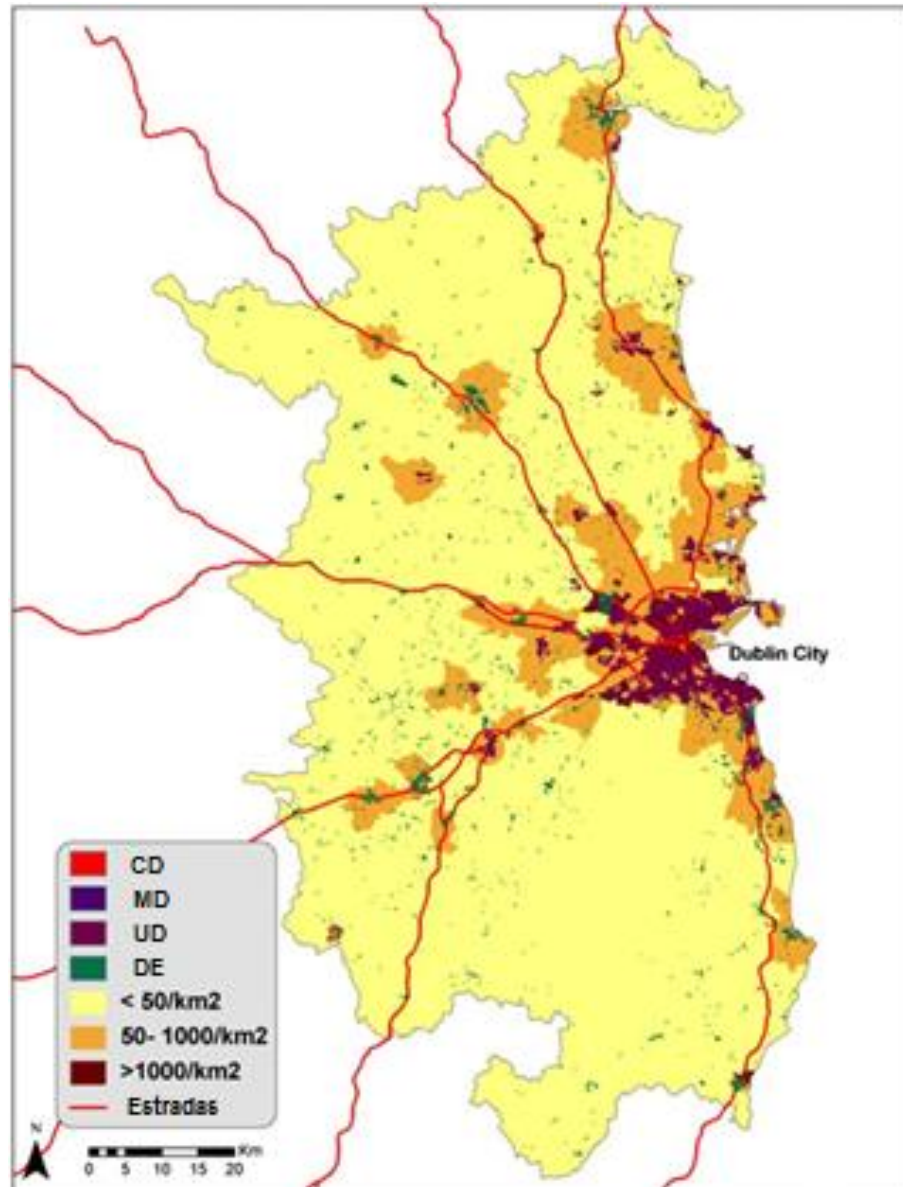
O que Martins Lemos et al. (2013) esclarece com a classificação morfológica é uma possibilidade de qualificação e quantificação do impacto da forma urbana no consumo de energia, mapeando áreas morfológicamente homogêneas, utilizando indicadores ambientais a partir de uma classificação estatística de forma e densidade das áreas edificadas no espaço da cidade, prevendo o desempenho energético da forma urbana. Assim a disponibilidade de banco de dados existente é fundamental. O banco de dados tratado com ferramentas de georreferenciamento produz parâmetros que podem ser úteis ao desenvolvimento da cidade através de um planejamento urbano sustentável.

A produção de Liu; Sweeney (2012) demonstra que no caso da Região da Grande Dublin na Irlanda, o adensamento urbano residencial está propício aos eixos de estrada principais, pois facilita o deslocamento de transporte da população. Esse adensamento pode ser dividido em quatro classes principais e para tal é apresentado um mapa que ilustra essas classes numa análise macro da região e seus eixos principais.

A relação entre o padrão de assentamento residencial e a densidade do agregado familiar em 2006 é exibida na Figura 4. Esta área é coberta por quatro classes de assentamentos residenciais urbanos e das estradas principais da Região da Grande Dublin. Isso pode ser visto

claramente que as formas urbanas densas contínuas residenciais são correspondentes para áreas com alta densidade do agregado familiar, enquanto descontínuas esparsas formas urbanas estão refletindo as áreas com baixa densidade do agregado familiar.

Figura 4 - Assentamentos residenciais urbanos e estradas da Região da Grande Dublin



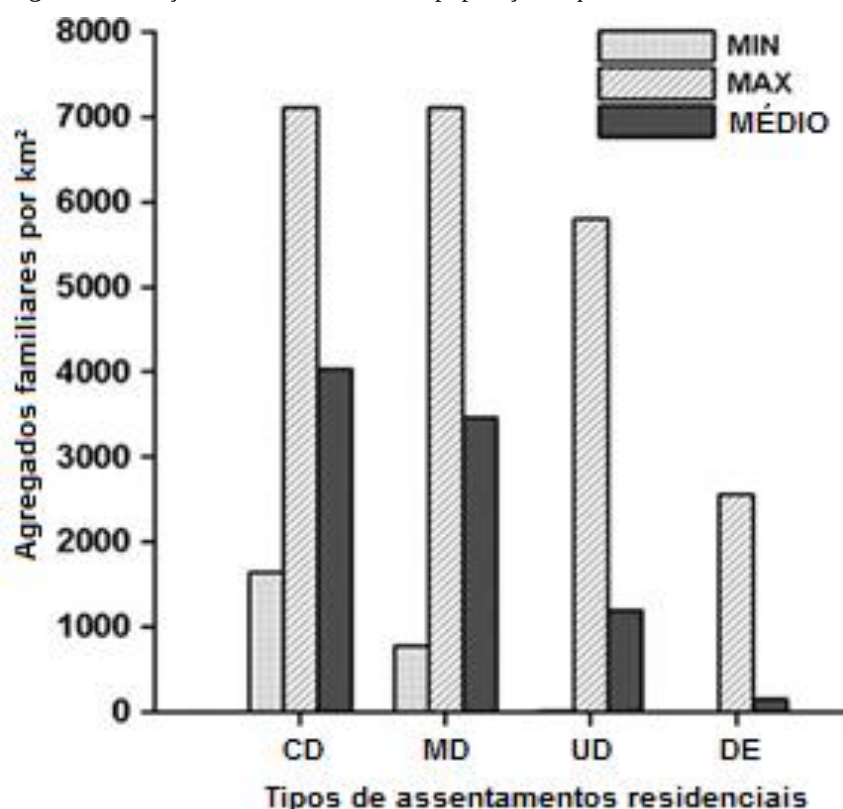
Fonte: Liu; Sweeney (2012)

Segundo Liu; Sweeney (2012), a Linha curva vermelha apresenta estradas principais; Cor vermelha mostra uma forma urbana Contínua e Densa (CD); Azul significa a forma urbana contínua Média e Densa (MD); a cor marrom demonstra a Forma urbana descontínua (UD) e verde a forma urbana descontínua e esparsa (DE). Cor amarelo indica a densidade do agregado familiar (domicílio).

Os centros de maior assentamento residencial ocorrem ao longo das estradas principais, devido aos transportes que estão mais acessíveis para os viajantes. Os povoados das zonas residenciais mais densas tendem a estar concentrados na Região Metropolitana da Grande Dublin. Apenas algumas áreas residenciais mais densas e outras formas urbanas de média densidade são observadas no centro da cidade de Dublin com o agregado familiar superior a 7000 famílias/km². Por outro lado, as densidades menores que 20 famílias/km² encontram-se nas zonas rurais. A distribuição geográfica dos padrões de assentamento é fortemente influenciada pelo sistema de rede de transporte. As áreas de assentamento urbano residenciais são geralmente restritas em torno de principais cidades ou cidades do viajante de bilhete mensal onde os residentes convenientemente acessam o sistema de transportes públicos para seus deslocamentos rotineiros. Além disso, grandes áreas urbanas são também encontradas perto de áreas costeiras do Leste com alta densidade do agregado familiar. Por outro lado, zonas rurais mais remotas demonstram-se como áreas urbanas esparsas e descontínuas com baixa densidade do agregado familiar, apresentando em média 153 famílias/km².

A relação entre a densidade de população e quatro formas residenciais é ilustrada na Figura 5. Os resultados estatísticos indicam que as áreas urbanas densas residenciais têm uma densidade média do agregado de 4036 famílias/km², enquanto a densidade média do agregado familiar de área residencial de esparsa descontínua é apenas 153 famílias/km². A densidade mínima do agregado familiar para formas urbanas esparsas descontínuas é apenas 1 agregado familiar/Km², o que é muito menor em comparação com as formas urbanas densas contínuas ou médias. Encontram-se algumas áreas muito densas de 7104 domicílios/km² para residenciais densos e médios densos urbanos formulários contínuos dentro Centro de cidade de Dublin.

Figura 5 - Relação entre a densidade de população e quatro formas residenciais



Fonte: Liu; Sweeney (2012)

Essa análise é muito pertinente para a comparação com cidades brasileiras porque mostra a formação e o espalhamento do adensamento da área urbana no terreno que se assemelha com a forma que também é vista nas cidades da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN). Esse estudo remete ao traçado das vias principais desta região, que pela análise histórica verifica-se a importância histórica da Estrada Real (BARBARÁ et al. , 2007), para as cidades do RMVPLN que tiveram seu desenvolvimento em consequência do comércio, entroncamento com diversas estradas ou até mesmo em consequência da formação topográfica de seu terreno natural.

Um dos autores mais citados em diversos trabalhos dessa área, Huang et al. (2007), no seu trabalho posteriormente seguido por Liu et al. (2012) e Silva et al. (2014) usou dados de sensoriamento remoto e SIG (Sistema de Informação Geográfica) para permitir uma análise comparativa da forma urbana em nível global e sistemático entre diversas cidades do mundo de países em desenvolvimento e de países do mundo desenvolvido. Os indicadores utilizados confirmaram efeitos contemporâneos profundos, os níveis de desenvolvimento e os legados históricos ligados a eles.

As métricas espaciais empregadas por Huang et al. (2007) são compostas por indicadores

quantitativos, representando as características físicas do que seve na cidade. São cinco dimensões da forma urbana, ou seja, compacidade, centralidade, complexidade, porosidade e densidade conforme apresentado na tabela 3 sendo que há dois modelos de métricas para os indicadores de complexidade e de compacidade.

Tabela 3 - Métricas espaciais

INDICADORES	SIGLA	EQUAÇÃO	DESCRIÇÃO
Índice de Forma Média Ponderada de Área	IFMPA	$IFMPA = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i / 4\sqrt{s_i}}{N} \times \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{i=n} S_i}$	Sendo S_i e p_i a área e o perímetro da nova composição urbana i e N é o índice o número total de novas composições urbanas.
Área Fractal Média Ponderada de Nova Composição Urbana	AFMPNC	$AFMPNC = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} 2 \ln 0.25p_i / \ln s_i}{N} \times \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{i=n} S_i}$	Sendo S_i e p_i a área e o perímetro da nova composição urbana i e N é o índice o número total de novas composições urbanas.
Centralidade	Centralidade	$Centralidade = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} D_i / N-1}{R} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} d_i / N-1}{\sqrt{S/\pi}}$	Sendo D_i a distância do centróide da nova composição urbana i centróide da maior nova composição urbana, N é o número total de novas composições urbanas, R é o raio de um círculo com área de S e S é a área de sumarização de todas as novas composições urbanas.
Índice de Compacidade	IC	$IC = \frac{\sum_i P_i / p_i}{N^2} = \frac{\sum_i 2\pi\sqrt{S_i/\pi/p_i}}{N^2}$	S_i e p_i são a área e o perímetro da nova composição urbana i , P_i é o perímetro de um círculo com a área de S_i e N é o número total de novas composições urbanas.
Índice de Compacidade do Maior Composição Urbana	ICMNC	$ICMNC = \frac{2\pi\sqrt{s/\pi}}{p}$	Sendo S e p a área e o perímetro da maior nova composição urbana.
Porosidade	Porosidade	$Porosidade = \frac{S'}{S} \times 100\%$	Sendo S a área de Resumo de todos os "vazios" dentro da área urbana extraído, s é a área de resumo de todas as novas composições urbanas.
Densidade	Densidade	$Densidade = \frac{T}{S}$	Sendo T a população total da cidade, S é área de sumarização de todas as novas composições urbanas.

Fonte: Modificado de Huang et al. (2007)

2.2.3 Principais indicadores identificados

Observa-se a seguir descrição dos indicadores morfométricos do trabalho de Huang et al. (2007) e de indicadores de outros autores que contribuíram para a decisão e escolha da metodologia aplicada nesta análise científica.

2.2.3.1 Complexidade

Mede a irregularidade da forma da nova composição de área urbana. Há duas métricas de complexidade empregadas sendo a primeira o Índice de Forma Média Ponderada (IFMPA) que representa a irregularidade da forma das novas composições urbanas, sendo assim, quanto maior esse valor, mais irregulares são as formas. E a segunda métrica é a Área Fractal Média Ponderada de Nova Composição Urbana (AFMPNC) que descreve principalmente o limite agressivo urbano. Esta dimensão fractal se aproxima um para formas com perímetros simples e duas abordagens quando as formas são mais complexas. A Figura 6a ilustra o esquema do indicador complexidade.

2.2.3.2 Centralidade

Centralidade mede a forma geral da cidade, ou seja, se é circular ou alongado. Quanto mais alongada é a forma geral da cidade, maior é o índice de centralidade e vice-versa. A Figura 6b ilustra o esquema do indicador centralidade.

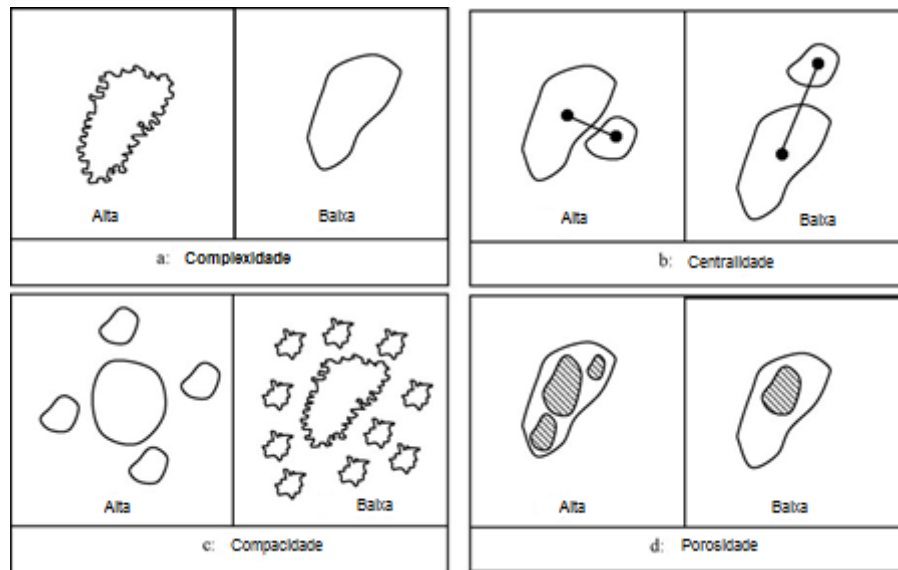
2.2.3.3 Compacidade

O Índice de Compacidade (IC) mede não só a forma de patch individual, mas também a fragmentação da paisagem urbana em geral. Quanto mais regular for a forma da área urbana menor é o número de novas composições de áreas, consequentemente maior é o valor de IC. A Figura 6c ilustra o esquema do indicador compacidade.

2.2.3.4 Porosidade

Porosidade mede a proporção de espaço aberto em relação à área urbana total. São as áreas de vegetação e corpos d'água, que apareceram em branco não classificadas nas imagens, acrescidas do restante de área chamada de "vazios" no espaço urbano. O indicador de porosidade mede a área total desses "vazios" em relação a toda a área urbanizada calculada. A Figura 6d ilustra o esquema do indicador porosidade.

Figura 6 - Mapa esquemático das métricas espaciais



Fonte: Modificado de Huang et al. (2007)

2.2.3.5 Densidade

O indicador densidade foi calculado por Huang et al. (2007) comparando a população da aglomeração urbana para a área urbana extraída.

Algumas métricas espaciais tais como IFMPA e AFMPNC foram obtidas pela ferramenta de análise de paisagem de domínio público, Patch Analyst. Outros, como CI, CILP, centralidade e porosidade, foram obtidos através de aplicações do ArcGIS.

A análise das métricas fez comparações entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Análise de cluster foi executada através do software SPSS 12.0, o qual gerou os padrões de características da forma urbana para avaliação de sua incidência por região. A análise de cluster empregou uma combinação hierárquica com métodos de *cluster* K-Means para maximizar o poder dos resultados. Primeiramente, a análise de *cluster* hierárquica foi usada para obter o número bruto de classificações e logo em seguida, análise de *cluster* K-Means, que utilizou o número de grupos extraído da análise hierárquica, foi executada para refinar a classificação.

Os resultados traduziram que apesar das diferenças entre as cidades de Nova Zelândia e Estados Unidos ou australianas, os clusters sugerem que estes podem ser atribuídos a um grupo. Cidades europeias, especialmente nas áreas oeste e norte do continente, tem mais semelhança com cidades dos EUA e Austrália. Embora cidades chinesas e indianas compartilhem semelhanças com cidades asiáticas, a maioria permanece suficientemente distinta para cair em tipos diferentes de cluster. Cidades latino-americanas se assemelham a cidades asiáticas,

especialmente as cidades chinesas. Nesta perspectiva comparativa, aplicando uma forma mais compacta e aumentando a densidade apresenta-se uma solução para os problemas do desenvolvimento de cidades do mundo. Identificam-se sintomas do desenvolvimento inadequado possibilitando o controle dos problemas ambientais urbanos.

Liu et al. (2012) tratam desse planejamento urbano mais incisivo como uma estratégia para o incremento de políticas sustentáveis de desenvolvimento e a forma das cidades podem retratar essa ideia de que se levarem em conta os parâmetros da dimensão e da distribuição da população e das edificações no espaço urbano o encontro com a sustentabilidade pode ser mais fácil. Para tal, sua metodologia se desenvolveu através da coleta de dados relacionados à forma urbana de quatro municípios centrais e das 26 capitais provinciais da China. Posteriormente utilizando esses dados na aplicação de quatro indicadores que representam a forma urbana: relação de forma, relação de compacidade, relação de alongamento e densidade de população urbana.

2.2.3.6 Relação de Forma

O indicador Relação de Forma (RF), que é descrita conforme a equação (1).

$$RF = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Sendo que A é a área urbana (km²) e L² o comprimento (km) do eixo longitudinal (maior eixo) da área elevado ao quadrado.

2.2.3.7 Relação de Compacidade

O indicador Relação de Compacidade (RC), que é descrita conforme a equação (2), é a medição das características de forma, de uma região usando o círculo circunscrito mínimo como padrão.

$$RC = \frac{A}{A'} \quad (2)$$

Sendo que A é a área urbana total (km²), e A' é a circunferência menor da área (km²). Quanto maior a relação, maior é a compacidade da região.

2.2.3.8 Relação de Alongamento

O indicador Relação de Alongamento (RA), que é descrita conforme a equação (3), é a determinação de extensão de uma região. Consiste na interpretação dos dois maiores eixos

perpendiculares dentro da AU.

$$RA = \frac{L}{L'} \quad (3)$$

Sendo L o comprimento do eixo longo de uma região (km), e L' é o comprimento do eixo curto de uma região (km). Quanto mais prolongada a forma urbana maior é a proporção.

2.2.2.9 Densidade de População Urbana

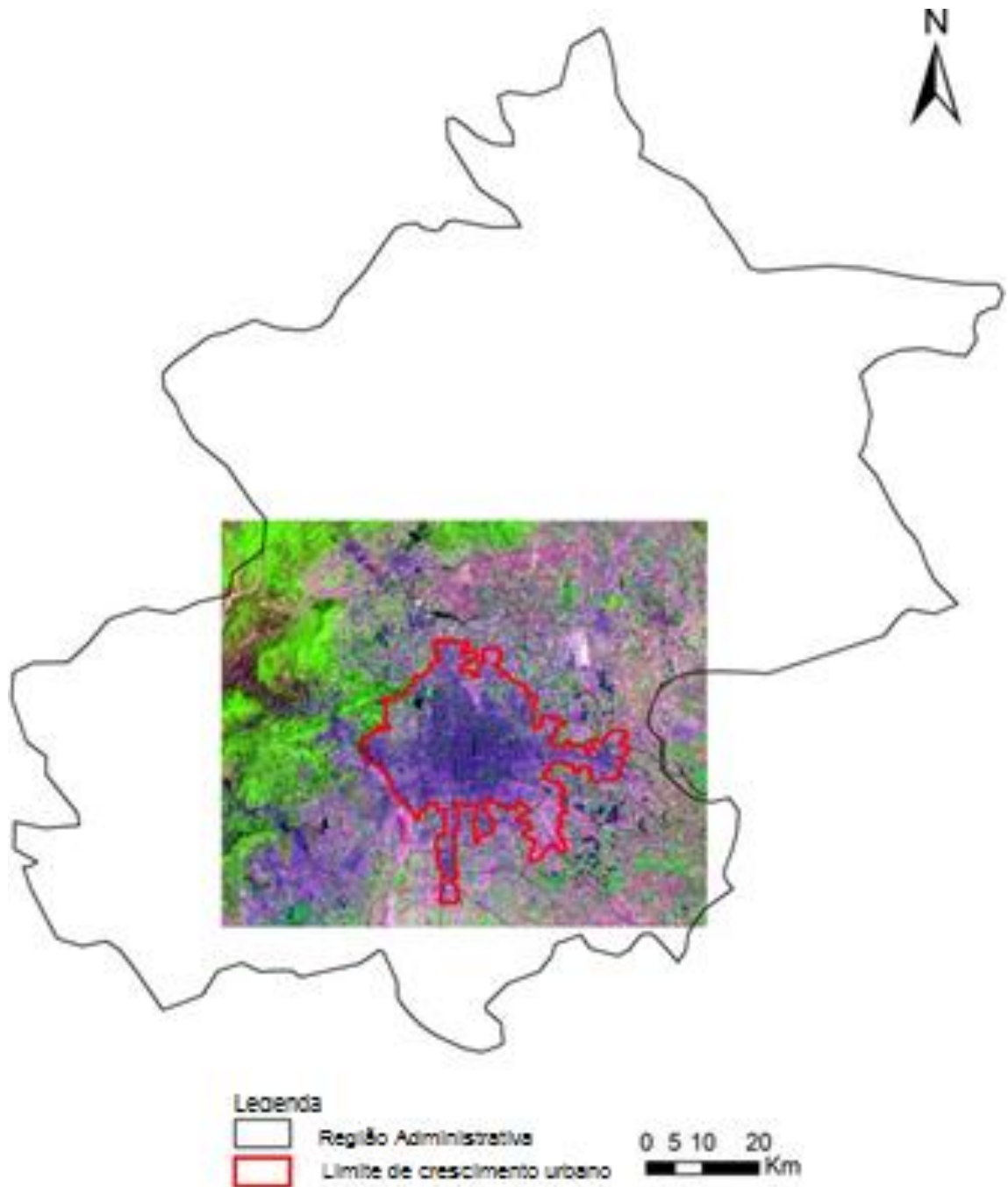
O indicador Densidade de População Urbana (DPU) é descrito conforme a equação (4).

$$DPU = \frac{P}{A^*} \quad (4)$$

Sendo P a população estimada em número de habitantes na área edificada e A^* a área correspondente (km²). A única maneira de calcular a DPU é através da análise dos dados existentes e utilizando estimativa, sempre que necessário.

Como ilustrado na Figura 7, a área urbana A, se encontra no limite do solo urbano, identificado com a utilização de imagens Landsat e mapas temáticos relacionados. Foram então utilizadas 30 imagens Landsat no período de 2006 a 2007 para interpretar áreas de solo urbano, com o uso dos softwares ERDAS IMAGING 9.1 e ArcGIS9.3 para processamento de dados. Mapas de zoneamento do município ajudaram a interpretar o limite do solo urbano. Assim como no trabalho de Huang et al. (2007), imagens que combinam bandas em RGB foram utilizadas para diferenciar a área urbana da área não urbana.

Figura 7 - Interpretação de limite de crescimento urbano na da cidade de Pequim.



Fonte: Liu et al. (2012)

A Relação de Alongamento foi consistentemente maior do que a proporção de formulário e a relação de compactidade. Um aumento na compactação, pode desempenhar papéis na promoção urbana de ecoeficiência e eficácia dos recursos. Já proporção de alongamento e Relação de Compactidade demonstram fortes correlações negativas com a ecoeficiência urbana. Então uma das conclusões que pode se chegar com a pesquisa de Liu et al. (2012), é que um consumo de energia menor pode ser alcançado através de vizinhanças mais compactas.

Novamente um estudo apresenta métricas espaciais como um conceito que enfatiza distância e formas geométricas. O trabalho de Silva et al. (2014) criou diferentes cenários de exposição de edificações ao ruído na área urbana da Península de Macau na China e permitiu a previsão ainda em fase de concepção de projetos quais fachadas, teriam maior exposição aos níveis de ruído. Com isso foi possível minimizar antecipadamente os efeitos do ruído nas fachadas, usando o ajuste do layout e configuração da forma de construção. Indicadores de métricas espaciais foram aplicadas aos modelos selecionados.

2.2.3.10 Índice de Compacidade

O Índice de Compacidade (IC) mede não só a forma da nova composição urbana, mas considera a fragmentação da paisagem urbana global. O índice de compacidade (IC) é calculado com base na equação (5).

$$IC = \frac{\sum_i P_i / p_i}{N} = \frac{\sum_i 2\pi \sqrt{S_i / \pi / p_i}}{N} \quad (5)$$

Sendo que S_i é a área da nova composição urbana (m^2), p_i o perímetro da nova composição urbana (m), P_i é o perímetro do círculo com um S_i de área (m) e N o número total de novas composições urbanas. Área urbana tem valores de IC mais elevados para formas urbanas mais regulares e mais compactas.

2.2.2.11 Índice de porosidade ou Relação de Vazios Urbanos

Índice de porosidade ou Relação de Vazios Urbanos (RVU) é o indicador que mede a proporção de espaço aberto, em comparação com a área urbana total de permeabilidade. O Índice de Porosidade ou relação de espaço aberto foi retirado de trabalho de Huang et al. (2007), e é calculado a partir da equação (6).

$$RVU = \frac{S'}{\sum_i S_i} \times 100\% \quad (6)$$

Sendo S' é a soma da área de todos os espaços abertos dentro de área urbana estudada (m^2) e S_i a área de da nova composição urbana (m^2). A área urbana em sua forma com maiores espaços abertos tem níveis mais altos de RVU.

2.2.3.12 Índice de Complexidade do Perímetro (ICP) ou Fractal

O Índice de Complexidade do Perímetro (ICP) ou Fractal é definido pela dimensão

fractal de perímetro. Este índice descreve a complexidade do perímetro da área urbana através da relação entre o perímetro e a área. Há dois tipos de índices de complexidade como já visto no trabalho de Huang et al. (2007), mas no caso de Silva et al. (2014) foi adotado a dimensão fractal média de manchas urbanas ponderada pela área. O valor da dimensão fractal se estabelece entre 1 e 2. Valores mais baixos são obtidos quando a nova composição de área urbana tem uma forma mais simples. Se o perímetro é mais complexo e irregular, a dimensão fractal será maior. O cálculo se desenvolve conforme a equação (7).

$$\text{Fractal} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} 2 \ln 0,25 p_i / \ln S_i}{N} \times \frac{\sum_{i=1}^{i=n} S_i}{\sum_{i=1}^{i=n} S_i} \quad (7)$$

Sendo que S_i é a área de remendo (m^2), p_i o perímetro da nova composição urbana (m) e N o número total de novas composições urbanas.

Considerando o índice de compacidade, uma mudança do IC mais baixo para um valor mais alto induz a um aumento de nível de ruído. Além disso, pelos resultados do fractal, uma mudança de mais alta para o fractal mais baixa produz um aumento dos níveis de ruído.

Percebe-se na literatura consultada para esta análise a grande preocupação da comunidade científica com relação aos efeitos que um mau planejamento traz para o desenvolvimento das cidades e as implicações que fazem com que a cidade tome uma forma, e essa forma seja tratada de maneira que as questões que envolvam preceitos de sustentabilidade possam ser colocadas em evidência.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. A RMVPLN encontra-se entre os dois maiores centros produtores e consumidores do Brasil, merecendo destaque pela presença de empresas de ponta dos setores automobilístico, aeroespacial, petrolífero e farmacêutico, polos científicos e tecnológicos, e também pelo crescimento da atividade turística (SÃO PAULO, 2012). Além de concentrar 27,7% do produto interno bruto (PIB) nacional, a RMVPLN apresenta indicadores demográficos significativos, como taxa de crescimento (2000/2010) de 1,30% a.a., taxa de urbanização superior a 90%, e diversos municípios com densidades demográficas superiores a 150 habitantes/km², atingindo valores de até 573 habitantes/km².

Tudo isso não mostra o quão complexa é esta região em se tratando de geração e consumo de energia e também no abastecimento de água dos municípios, que é prejudicado devido a intensa atividade industrial a qual causa poluição, tanto às margens do Rio Paraíba do Sul, quanto à Rodovia Presidente Dutra que é a principal conexão entre as cidades da RMVPLN. Essa conexão entre as cidades em vários pontos é conhecida como conurbação criando um corredor único, uma única região, uma megalópole.

Essa região está inserida em uma área que recentemente sofreu com uma crise no abastecimento de água devido à ausência de chuvas suficientes para abastecer os reservatórios e para suprir o consumo. Toda essa problemática levou as autoridades a discutir com mais veemência a necessidade de se planejar o uso dos recursos hídricos e uma das primeiras soluções apresentadas, foi o acordo de dar prioridade ao abastecimento pelo uso das águas captadas no Rio Paraíba do Sul, que é o rio de maior importância da região, sendo que as hidrelétricas nele situadas podem ter suas atividades suspensas por conta dessa necessidade (ANA, 2015).

3.2 BASES DE DADOS UTILIZADAS

As principais bases de dados a serem utilizadas no trabalho são descritas a seguir.

3.2.1 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é a base de dados referente aos serviços públicos de Água e Esgotos dos municípios brasileiros e sobre os serviços de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Os dados são publicados nos respectivos Diagnósticos dos serviços que apresentam uma análise dos dados do respectivo ano de referência, segundo cada tipo de serviço, além de mapas e tabelas contendo todas as informações dadas pelos prestadores de serviços naquele ano de referência. A aplicação Série Histórica, que permite consultar as informações e indicadores do SNIS, seja referente a Água e Esgotos, seja a Resíduos Sólidos pela internet.

3.2.2 Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A

O Portal EMPLASAGEO da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA) disponibiliza dados Geoespaciais das diversas regiões metropolitanas oficiais do Estado de São Paulo através de conexão pela internet. Os dados disponíveis constituem *Web Map Service* permitindo visualização em tela pelo usuário ou *download*, possibilitando o uso no programa Google Earth.

3.2.3 Servidor Cidades IBGE

O Cidades é uma ferramenta para se obter informações de dados censitários sobre os municípios do Brasil com a disponibilidade de gráficos, tabelas, históricos e mapas que ajudam a traçar os perfis das cidades brasileiras.

Através de ferramentas de filtros o usuário pode escolher digitando o nome ou simplesmente clicando na representação da cidade no mapa interativo disponibilizado na tela para obter os dados censitários relativos à sua pesquisa. Há informações disponíveis do Censo Demográfico de 2010 e dados estimativos oficiais apresentados pelo IBGE.

3.2.4 Imagens de satélite Google Earth Pro.

As imagens de satélites do software Google Earth Pro são disponibilizadas através do acesso pelo próprio programa que detém uma serie de ferramentas que serão detalhadas nesse

trabalho, as quais possibilitam a obtenção das variáveis necessárias para os cálculos dos indicadores morfométricos. A versão mais completa do software também possibilita a aquisição das imagens históricas com diversas datas que facilitam quando se trata de análise retrógrada ou evolutiva das cidades.

3.3 INDICADORES MORFOMÉTRICOS CONSIDERADOS

A partir da revisão da literatura, foram identificados os principais indicadores utilizados na caracterização morfométrica de cidades. A seleção dos indicadores utilizados no presente estudo ocorreu em função desta revisão, e também da disponibilidade de dados para seu cálculo, nas bases de dados consideradas. A Tabela 4 apresenta os principais indicadores morfométricos utilizados.

Tabela 4 - Indicadores morfométricos utilizados

Indicador (Sigla)	Equação / Referência	Variáveis	Base de dados
Relação de Forma (RF)	$RF = \frac{A}{L^2}$ Huang et al. (2007 e Liu et al. (2012 e Silva et al. (2014)	A = Área urbana (Km ²) L = Comprimento eixo Km	Google Earth
Relação de Compacidade (RC)	$RC = \frac{A}{A'}$ Huang et al. (2007 e Liu et al. (2012 e Silva et al. (2014)	A = Área urbana (Km ²) A' = circunferência menor da área (Km)	Google Earth
Relação de Alongamento (RA)	$RA = \frac{L}{L'}$ Huang et al. (2007); Liu et al. (2012) e Silva et al. (2014)	L = comprimento do eixo longo (Km) L' = comprimento do eixo curto (Km)	Google Earth

Fonte: Autoria Própria

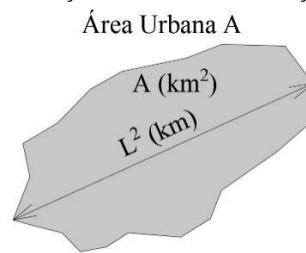
A seguir, os indicadores morfométricos utilizados são descritos em detalhes.

3.3.1 Indicador Relação de Forma

A Relação de Forma (RF) indica o uso do solo urbano. A variável A utilizada na equação da relação de forma remete aos limites da área urbanizada e é calculada sem excluir uso do solo pouco desenvolvido ou espaço aberto dentro da área urbana interpretada. A Figura 8 ilustra a interpretação das variáveis do indicador Relação de Forma.

O Google Earth Pro será utilizado para interpretar as áreas de solo urbano. Com a interpretação visual de imagens de satélite e mapas temáticos auxiliares captadas do Google Earth Pro, com o auxílio de mapas de fronteira administrativa fornecidas pelo IBGE em formato .kml, verifica-se o limite do solo urbano. A equação (1) será utilizada para o cálculo do Indicador Relação de Forma.

Figura 8 - Ilustração do indicador Relação de Forma



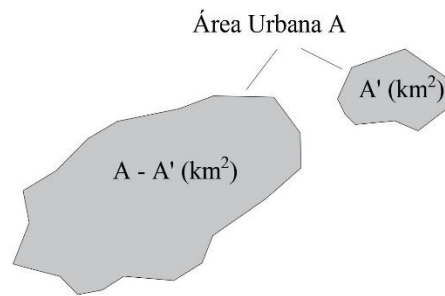
Fonte: Autoria Própria

3.3.2 Indicador Relação de Compacidade

A Relação de Compacidade (RC) é a medição das características de forma, de uma região usando um círculo circunscrito mínimo como padrão. Quanto maior a relação é, maior e a compacidade da região. Assim como no indicador RF a variável A utilizada na equação da relação de forma remete a área urbana, definida dentro do limite do solo urbano. A Figura 9 ilustra a interpretação das variáveis do indicador Relação de Compacidade.

A interpretação de imagens de satélite ou do software Google Earth Pro, mapas municipais e ou do IBGE, auxiliam na verificação da proporção da compacidade da área urbana. A equação (2) será utilizada para o cálculo do Indicador Relação de Compacidade.

Figura 9 - Ilustração do indicador Relação de Compacidade



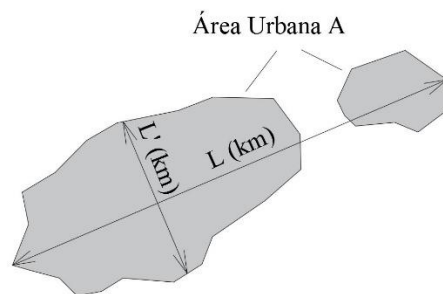
Fonte: Autoria Própria

3.3.3 Indicador Relação de Alongamento

A Relação de Alongamento (RA) é a determinação de extensão da área urbana. A Figura 10 ilustra a interpretação das variáveis do indicador Relação de Alongamento.

Como o desenvolvimento das cidades quase não é uniforme, determinados cálculos que levam em conta corredores, eixos ou raios de urbanização de regiões necessitam da utilização de variáveis que indiquem o sentido ou a extensão desse desenvolvimento geralmente partindo das áreas centrais urbanas que podem ser interpretadas através de Imagens de satélite do Google Earth. Com a interpretação visual de imagens de satélite verifica-se a proporção do alongamento da região urbana. A equação (3) será utilizada para o cálculo do Indicador Relação de Compacidade.

Figura 10 - Ilustração Indicador Relação de Alongamento



Fonte: Autoria Própria

3.4 INDICADORES DEMOGRÁFICOS CONSIDERADOS

A partir da revisão da literatura, foram identificados os principais indicadores utilizados na caracterização demográfica de cidades. A seleção dos indicadores utilizados no presente

estudo ocorreu em função desta revisão, e também da disponibilidade de dados para seu cálculo, nas bases de dados consideradas. A Tabela 5 apresenta os principais indicadores demográficos utilizados.

Tabela 5 - Indicadores demográficos utilizados

Indicador (Sigla)	Equação / Referência	Variáveis	Base de dados
Densidade de População Urbana (DPU)	$DPU = \frac{H}{AU}$ Liu et al. (2012)	H = Número de habitantes na AU AU = Área Urbana (Habitantes/km ²)	Google Earth SNIS
Densidade de Emprego de Centros Urbanos (DEC)	$DEC = \frac{PT}{AU}$ Lee; Lee (2014)	PT = Número de Postos de Trabalho na AU AU = Área Urbana (Postos de trabalho/Km ²)	SEADE
Índice de Distribuição de Domicílios (IDD)	$IDD = \frac{D}{AU}$ Liu; Sweeney (2012)	D = Número de Domicílios na AU (Domicílio/km ²)	IBGE

Fonte: Autoria Própria

A seguir, os indicadores demográficos utilizados são descritos em detalhes.

3.4.1 Indicador de Densidade de População Urbana

Densidade de População Urbana (DPU) é um indicador que representa quantidade de pessoas residentes acumuladas em uma determinada região. Em análises comparativas regiões urbanas adensadas não sendo interpretadas de forma correta podem trazer certa confusão quando na apresentação de dados confrontantes com regiões urbanas esparsas. Por isso se faz necessário o indicador que traz clareza quanto ao acúmulo de pessoas na área de análise. As áreas urbanas podem ser interpretadas através de composição de imagens de satélite geoprocessadas com auxílio do software, com a interpretação visual de imagens de satélite ou através de aquisição pelo software Google Earth Pro e mapas do IBGE. A variável população é fornecida pelo banco de dados do IBGE. Para o cálculo do indicador de Densidade de População Urbana leva-se em conta a equação (8):

$$DPU = \frac{P}{A^*} \quad (8)$$

Sendo P a população estimada na área urbana e A* a área correspondente (km²).

3.4.2 Densidade de Emprego de Centros urbanos

O indicador de Densidade de emprego de Centro Urbano demonstra o peso das atividades de trabalho para cidades que possuem mais postos de trabalho no consumo de energia do sistema de saneamento. Pode demonstrar se uma cidade com alta densidade de trabalho pode estar tendo seu consumo de energia em sistema de saneamento aumentado em comparação com cidades menos densas em relação à quantidade de emprego. A equação 9 é utilizada para realização dos cálculos do indicador de Densidade de emprego de Centro Urbano.

$$DEC = \frac{PT}{A} \quad (9)$$

Sendo PT o número de postos de trabalho (emprego) na área AU e A a área urbana (km²).

3.4.3 Índice de Distribuição de Domicílios na AU

Para estudar o padrão de consumo de energia dentro de uma AU leva-se em conta também a densidade das habitações dentro das regiões de análise. Será verificado se o consumo de energia em sistema de saneamento é influenciado pelos fatores de densidade dos domicílios espalhados na AU. Um mapeamento será realizado com a demonstração do espalhamento dos domicílios dentro da AU, através de dados captados pelo IBGE e Mapas da cidade que apresentarão a quantidade de domicílios/Km² nas diversas regiões de relevância dentro da AU sendo interpretada a relação entre densidade de domicílios e consumo de energia em sistema de saneamento.

A equação 10 é utilizada para se encontrar o Índice de Distribuição de Domicílios.

$$IDD = \frac{D}{A} \quad (10)$$

Sendo D o Número de Domicílios na AU, e A a área urbana do município (km²).

3.5 INDICADORES ENERGÉTICOS UTILIZADOS

A partir da revisão da literatura, foram identificados os principais indicadores utilizados na caracterização energética de sistemas de abastecimento de água. A seleção dos indicadores utilizados no presente estudo ocorreu em função desta revisão, e também da disponibilidade de dados para seu cálculo, nas bases de dados consideradas. A Tabela 6 apresenta os principais indicadores energéticos utilizados.

Tabela 6 - Indicadores energéticos utilizados

Indicador (Sigla)	Equação / Referência	Variáveis	Base de dados
Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água (CEA)	-	Tabela de Valores 1000 kWh/ano	SNIS
Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos (CEE)	-	Tabela de Valores 1000 kWh/ano.	SNIS
Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água (ICA)	-	Tabela de Valores kWh/m ³	SNIS
Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário (ICE)	-	Tabela de Valores kWh/m ³	SNIS

Fonte: Autoria Própria

A seguir, os indicadores energéticos utilizados são descritos em detalhes.

3.5.1 Consumo total de Energia elétrica nos sistemas de Água

O consumo total de energia elétrica nos sistemas de água é um indicador fornecido pelo SNIS que dá uma ideia imediata do consumo municipal de energia. Mais especificamente é demonstrado o consumo total de energia em sistemas de saneamento no abastecimento de água.

Servirá de base para os demais indicadores considerados neste trabalho para efeito da análise comparativa a que se propõe. Valores kWh/ano serão apresentados em uma tabela com os dados adquiridos da base de dados do SNIS.

3.5.1 Consumo total de Energia elétrica nos sistemas de Esgoto

Assim como o indicador anterior, o consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgoto é um indicador fornecido pelo SNIS que dá uma ideia do consumo municipal de energia em saneamento, demonstrando especificamente o consumo total de energia em sistemas de esgoto. Essa base entrará como importante índice para a análise comparativa deste trabalho. Valores kWh/ano serão apresentados em uma tabela com os dados adquiridos da base de dados do SNIS.

3.5.3 Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água

O Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água traz a informação de consumo de energia pela quantidade de metro cúbico medida. Para avaliação do consumo de energia das diferentes cidades esse indicador pode demonstrar se há uma coerência no padrão de consumo kWh/m³ entre as áreas urbanas analisadas para o sistema de água das cidades. Esses valores são disponibilizados pelo banco de dados do SNIS.

3.5.4 Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário

Da mesma forma que o índice anterior, o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário traz a informação de consumo de energia pela quantidade de metro cúbico medida. Para avaliação do consumo de energia das diferentes cidades esse indicador pode demonstrar se há uma coerência no padrão de consumo kWh/m³ entre as áreas urbanas analisadas no que tange ao sistema de esgoto municipal. Os valores podem ser captados através do banco de dados do SNIS.

3.6 MÉTODOS DE ANÁLISE DE FORMA E OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS

3.6.1 Dados do SNIS

Para o alcance da metodologia adequada em primeiro momento foi identificada a área abrangente da RMVPLN e os municípios que a compõem. Posteriormente verificou-se a disposição dos principais indicadores energéticos necessários para análise e foram encontradas as informações do consumo de energia em sistemas de saneamento através de consulta ao banco de dados do SNIS. O acesso para se encontrar estes dados está disposto no item séries históricas aplicando os filtros região sudeste, estado de São Paulo e municípios os quais foram selecionados todos os que fazem parte da RMVPLN. Após a escolha filtra-se também os indicadores necessários para a análise e os indicadores relevantes, ES028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos (1.000 kWh/ano) AG028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água (1.000 kWh/ano), IN058_AE - Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água (kWh/m³) e o IN059_AE - Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário (kWh/m³). As informações pertinentes ao ano de 2014, último ano com informações consolidadas disponíveis, estão dentre as mais completas em comparação com as informações dos anos de 2010 em diante, por esse motivo o ano base para a análise o qual possui dos dados apresentados na tabela 7 foi o ano 2014. Consequentemente buscou-se também imagens históricas do Google EARTH referentes ao ano de 2014.

Tabela 7 – Indicadores de consumo energético fornecidos pelo SNIS das cidades da RMVPLN para o ano de 2014

Cidade	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água (1.000 kWh/ano)	Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água (kWh/m³)	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos (1.000 kWh/ano)	Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário (kWh/m³)
Aparecida	-	-	-	-
Arapeí	12,91	0,1	77,07	1,17
Areias	-	-	-	-
Bananal	695,44	1,28	62,47	0,18
Caçapava	9.092,66	1,05	1.058,66	0,28
Cachoeira Paulista	1.106,83	0,43	327,48	0,25
Campos do Jordão	4.547,70	0,92	3.166,95	1,52

Canas	272,05	0,91	33,16	0,22
Caraguatatuba	5.627,22	0,44	7.386,84	1,1
Cruzeiro	1.121,77	0,15	0	0
Cunha	-	-	-	-
Guaratinguetá	7.837,61	0,50	1.012,44	0,14
Igaratá	403,92	0,75	56,96	0,33
Ilhabela	1.115,58	0,30	485,35	0,50
Jacareí	17.372,63	0,66	3.566,69	0,29
Jambeiro	374,3	1,20	129,82	0,95
Lagoinha	227,64	1,05	67,96	0,52
Lavrinhas	107,46	0,23	47,94	0,27
Lorena	5.620,39	0,68	419,93	0,10
Monteiro Lobato	39,21	0,23	90,84	1,05
Natividade da Serra	432,00	0,23	30	0,37
Paraibuna	-	-	-	-
Pindamonhangaba	8.463,89	0,59	1.498,56	0,21
Piquete	59,34	0,03	0	0
Potim	-	-	-	-
Queluz	81,77	0,13	75,03	0,29
Redenção da Serra	202,38	1,35	69,37	0,95
Roseira	1.069,20	1,44	102,72	0,27
Santa Branca	1.500,00	1,00	10	0,02
Santo Antônio Do Pinhal	279,89	0,76	36,87	0,29
São Bento do Sapucaí	157,58	0,29	264,66	0,96
São José do Barreiro	2.760,00	4,09	0	0
São José dos Campos	49.674,95	0,78	8.805,64	0,21
São Luís do Paraitinga	359,51	0,67	404,16	1,50
São Sebastião	4.469,61	0,49	3.375,70	1,01
Silveiras	230,17	1,02	57,74	0,4
Taubaté	8.040,39	0,26	1.315,35	0,07
Tremembé	17.220,59	4,08	1.718,59	1,06
Ubatuba	2.925,17	0,27	3.103,81	1,23

Fonte: SNIS (BRASIL; SNSA/MCIDADES, 2016)

Tabela 8– Indicadores tarifários energéticos fornecidos pelo SNIS das cidades da RMVPLN para o ano de 2014

Cidade	IN004_AE - Tarifa média praticada (R\$/m³)	IN005_AE - Tarifa média de água (R\$/m³)	IN006_AE - Tarifa média de esgoto (R\$/m³)	IN060_AE - Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgotos (R\$/kWh)
Aparecida	1,28	0,98	2,08	-
Arapeí	1,83	2,04	1,57	0,43
Areias	-	-	-	-
Bananal	1,89	2,11	1,64	0,32
Caçapava	2,25	2,47	1,99	0,27
Cachoeira Paulista	2,15	2,44	1,81	0,3
Campos do Jordão	2,76	3,01	2,42	0,33
Canas	2,01	2,23	1,74	0,37
Caraguatatuba	2,61	2,58	2,63	0,23
Cruzeiro	1,19	1,5	0,82	0,3
Cunha	-	-	-	-
Guaratinguetá	1,52	1,68	1,34	0,24
Igaratá	2,16	2,3	1,86	0,31
Ilhabela	3,16	3,08	3,38	0,47
Jacareí	2,66	2,72	2,59	0,29
Jambeiro	2,64	3,08	1,88	0,34
Lagoinha	1,69	1,89	1,47	0,36
Lavrinhas	1,94	2,16	1,56	0,4
Lorena	2,03	2,25	1,81	0,25
Monteiro Lobato	2,06	2,23	1,83	0,32
Natividade da Serra	-	-	-	0,24
Paraibuna	1,72	2,27	1,14	-
Pindamonhangaba	2,16	2,43	1,86	0,26
Piquete	1,26	1,61	0,78	1,13
Potim	-	-	-	-
Queluz	2,15	2,31	1,9	0,49
Redenção da Serra	1,92	2,11	1,69	0,41
Roseira	1,79	2,05	1,53	0,29
Santa Branca	1,79	1,24		0,21
Santo Antônio do	2,28	2,44	2,01	0,31

Pinhal				
São Bento do Sapucaí	2,05	2,24	1,78	0,43
São José do Barreiro	-	-	-	-
São José dos Campos	2,2	2,4	1,99	0,26
São Luís do	1,93	2,12	1,72	0,38
Paraitinga				
São Sebastião	1,13	1,53	0,5	0,39
Silveiras	1,92	2,1	1,7	0,41
Taubaté	2,38	2,7	2,02	0,62
Tremembé	2,42	2,63	2,14	0,06
Ubatuba	2,51	2,47	2,61	0,31

Fonte: SNIS (BRASIL; SNSA/MCIDADES, 2016)

Nota-se que para os municípios de Aparecida, Areias, Cunha, Paraibuna e Potim, não apresentaram dados dos indicadores energéticos, em consequência esses municípios, serão desconsiderados para a análise.

3.6.2 Dados do Google Earth Pro

Ao se buscar informações sobre as manchas urbanas, ou limites áreas urbanas das cidades brasileiras há uma dificuldade de se encontrar banco de dados atualizados sobre este tema. O que se encontra é um arquivo *shape file* na base de dados do IBGE, datado de 2005 e o mais atualizado somente contempla cidades litorâneas brasileiras datado de 2010 também disponibilizado pela base de dados do IBGE. Devido à ausência de informações oficiais sobre este tema a pesquisa partiu para um campo mais prático visando gerar informações através de interpretações das imagens públicas do ano e 2014 disponíveis. Foram encontradas imagens LandSat 8 no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e houve uma tentativa de tratá-las, com o auxílio dos softwares e equipamentos do laboratório de Geotecnologia do ICT Unesp na cidade de São José dos Campos, porém os resultados das imagens *rasters* produzidas pelo ArcGIS 10.1 posteriormente a aplicação da composição RGB não foram satisfatórias para a interpretação das manchas urbanas dos municípios da RMVPLN, sendo difícil a delimitação necessária para a se ter uma precisão aceitável.

Por se tratar de um software gratuito, simples, de fácil utilização com imagens satélite com a composição de banda já pronta sem a necessidade de tratamento com muito mais precisão do que as disponíveis nos banco de dados públicos brasileiros, porém completo e constantemente atualizado na história mais recente do uso da terra no território nacional, chegou-se à conclusão de que as ferramentas do software Google Earth Pro são suficientes

para a análise científica a que se destina este trabalho e também cumprem com o objetivo de se propor medidas para desenvolvimento de um planejamento urbano mais eficaz aos órgãos municipais.

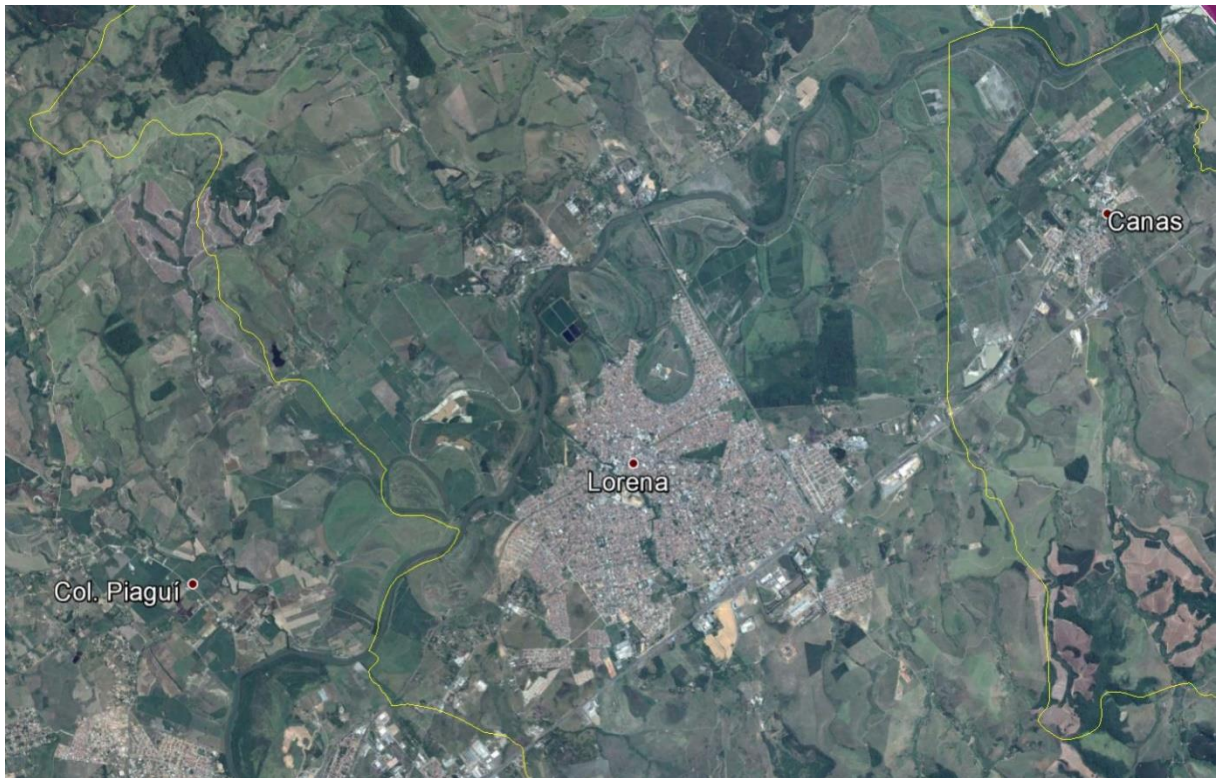
Foram levantadas as informações das manchas urbanas usando o software Google Earth Pro. As imagens fornecidas pelo Google Earth Pro são composições dos satélites de alta resolução Spot 6 e Spot 7 e Pléiades 1A e 1B, que compreendem o período de análise no ano de 2014, esses satélites, em conjunto, dão uma precisão de visualização WorldView-1, de objetos até 1,50 metros. Algumas imagens também dessa época foram fornecidas pelos satélites WorldView-1, GeoEye-1 e WorldView-2.

Será utilizada a ferramenta de desenho de polígono a qual demonstrará o resultado da interpretação das manchas urbanas dos municípios cujos critérios utilizados para interpretação são facilitados quando comparados ao trabalho disponibilizado pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA) através do arquivo de extensão .kml com as áreas urbanas dos municípios paulistas em escala 1:25.000 baseadas pelo ano de 2013. As imagens das áreas urbanas da EMPLASA podem ser sobrepostas ao mapa principal, mas adquirem somente efeito de visualização em forma de névoa, sem polígono ou dado mensurável, que possa fornecer variáveis. Quando agregada no arquivo principal do Google Earth a imagem da EMPLASA facilita a identificação das áreas urbanas, porém usando o Google Earth a imagem pode ser sobreposta pelo uso das outras ferramentas de desenho que fornecem variáveis para o cálculo. Feito o polígono, no Google Earth, após a interpretação da mancha urbana serão captadas as variáveis área para cálculo dos indicadores estabelecidos na metodologia.

Outra ferramenta utilizada será a régua de medição do Google Earth, pois essa ferramenta será importante para determinação do eixo longo e do eixo curto. Outra vantagem do uso do software Google Earth é a possibilidade da observação dos principais eixos de estradas que servem as áreas urbanas da RMVPLN através da habilitação da ferramenta estradas.

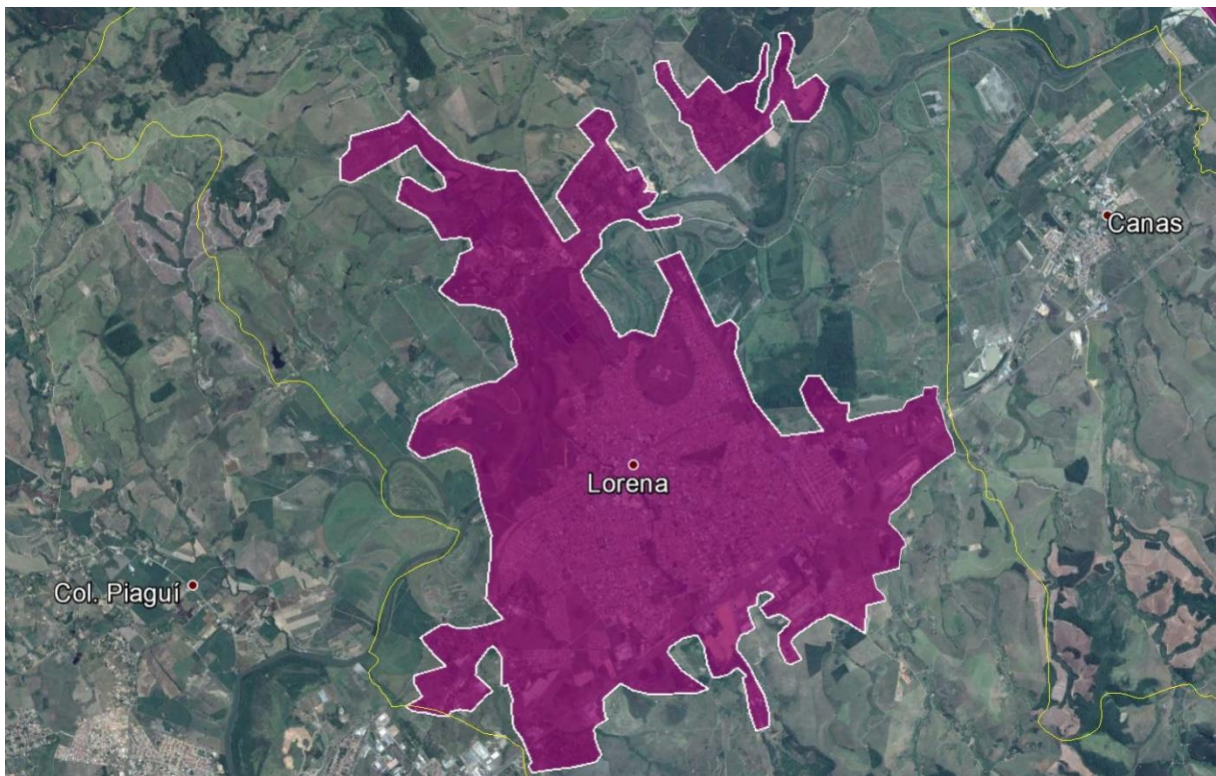
As Figuras 8, 9, 10 e 11 ilustram as fases e uso das ferramentas do software Google Earth Pro como fornecedor das variáveis necessárias para os cálculos da análise, usando como exemplo a área urbana do município de Lorena. As demais imagens estão disponíveis como apêndices.

Figura 11 – Imagem de Satélite do município de Lorena referente a 2014



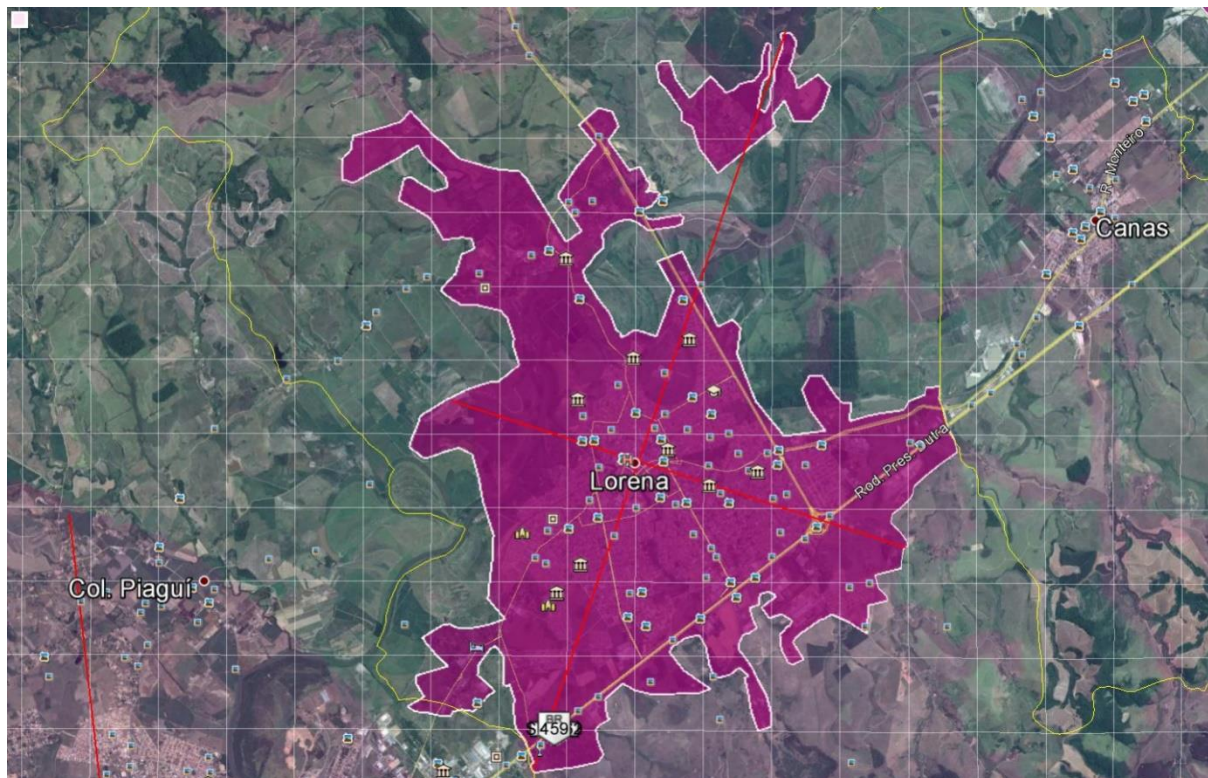
Fonte: Autoria Própria

Figura 12 - Mancha Urbana do município de Lorena interpretada através de imagem de satélite



Fonte: Autoria Própria

Figura 13 – Mancha Urbana do município de Lorena com uso de ferramentas do software



Fonte: Autoria Própria

3.6.3 Dados do IBGE

Posteriormente ao levantamento de dados da parte do software que possibilitou o aproveitamento das variáveis para a análise, a nova fase da metodologia busca realizar uma pesquisa com o alcance dos principais indicadores demográficos e energéticos disponibilizados pelos órgãos públicos federais e estaduais para a aplicação na investigação.

As informações referentes à população urbana foram baseadas no Censo de 2010 do IBGE, porém as estimativas para o ano de 2014, que também foram fornecidas pelo IBGE, são baseadas na metodologia de análises estatísticas que leva em consideração os totais populacionais dos municípios, levantados pelos Censos Demográficos 2000 e 2010, com fatores de ajuste linear, aplicado nestes anos em cada estado brasileiro.

Os resultados do Censo Demográfico 2010 e as informações mais recentes dos registros de nascimentos e óbitos serviram de base para o estabelecimento da tendência de crescimento de cada município no cálculo das estimativas municipais.

A pesquisa junto ao IBGE através do seu banco de dados disponibilizado por acesso à rede mundial de computadores, fornece indicadores para a análise. Pela ferramenta do portal Cidades do IBGE é possível encontrar os indicadores relevantes. Através de uma busca em caixa de pesquisa do sítio da internet com o nome do município foi possível ter acesso a informações atualizadas e histórica das cidades da RMVPLN chegando até os principais indicadores demográficos, tais como a População Estimada, População Urbana do Município, Estimativa Domicílios Particulares Permanentes Urbanos, todos eles com base no Censo de 2010 do IBGE, que através da metodologia adotada, foram gerados dados do ano de 2014, os quais determinam a quantidade de habitantes para essas variáveis que podem ser observadas na tabela 9.

Tabela 9- Dados demográficos (Censo de 2010 – Estimativa de 2014)

Cidade	População 2010	Domicílios particulares permanentes urbanos (2010)	População estimada 2014	Estimativa domicílios particulares permanentes urbanos (2014)	População urbana do município (2014)
Aparecida	35.007	10.140	36.184	10.481	35.658
Arapeí	2.493	609	2.532	619	1.904
Areias	3.696	726	3.849	756	2.581
Bananal	10.223	2.641	10.728	2.771	8.560
Caçapava	84.752	21.344	90.426	22.773	77.372
Cachoeira Paulista	30.091	7.418	32.046	7.900	26.168
Campos do Jordão	47.789	14.233	50.541	15.053	50.226
Canas	4.385	1.127	4.788	1.231	4.444
Caraguatatuba	100.840	30.683	111.524	33.934	106.916
Cruzeiro	77.039	22.527	80.749	23.612	78.691
Cunha	21.866	3.942	22.167	3.996	12.334
Guaratinguetá	112.072	32.577	118.378	34.410	112.769
Igaratá	8.831	2.229	9.301	2.348	7.378
Ilhabela	28.196	8.961	31.599	10.043	31.382
Jacareí	211.214	63.315	224.826	67.395	221.721
Jambeiro	5.349	792	5.981	886	2.864
Lagoinha	4.841	1.083	4.960	1.110	3.215
Lavrinhas	6.590	1.709	7.002	1.816	6.427
Lorena	82.537	24.408	86.764	25.658	84.279
Monteiro Lobato	4.120	554	4.424	595	1.909
Natividade da Serra	6.678	1.011	6.803	1.030	2.840

Paraibuna	17.388	1.628	18.083	1.693	5.452
Pindamonhangaba	146.995	41.421	158.864	44.766	153.150
Piquete	14.107	4.133	14.199	4.160	13.298
Potim	19.397	4.092	21.984	4.638	16.671
Queluz	11.309	2.553	12.419	2.804	10.185
Redenção da Serra	3.873	704	3.941	716	2.252
Roseira	9.599	2.703	10.257	2.888	9.741
Santa Branca	13.763	3.695	14.465	3.883	12.759
Santo Antônio do Pinhal	6.486	1.193	6.750	1.242	4.012
São Bento do Sapucai	10.468	1.640	10.848	1.700	5.223
São José do Barreiro	4.077	938	4.188	964	2.947
São José dos Campos	629.921	185.635	681.036	200.698	667.181
São Luís do Paraitinga	10.397	2.035	10.726	2.099	6.376
São Sebastião Silveiras	73.942	23.333	81.718	25.787	80.797
Taubaté	5.792	848	6.121	896	3.043
Tremembé	278.686	81.963	299.423	88.062	292.963
Ubatuba	40.984	9.904	44.399	10.729	40.014
	78.801	24.493	85.399	26.544	83.346

Fonte: IBGE (BRASIL, 2016)

3.6.4 Dados do SEADE

Outro dado demográfico importante para a análise diz respeito a quantidade de postos de trabalhos da área urbana. A densidade do emprego é um indicador que será calculado através dos dados apresentados na tabela 10. Esses dados foram obtidos através de consulta de informações no portal da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) pela ferramenta de pesquisa Informação dos Municípios Paulistas (IMP), a qual permite por filtros o acesso a informação relevante para os cálculos necessários propostos neste trabalho.

Tabela 10 -Quantidade de Empregos formais

Cidade	Empregos Formais
Aparecida	11.145
Arapeí	396

Areias	512
Bananal	2.024
Caçapava	22.628
Cachoeira Paulista	5.692
Campos do Jordão	12.819
Canas	1.539
Caraguatatuba	22.538
Cruzeiro	18.198
Cunha	1.993
Guaratinguetá	31.415
Igaratá	1.522
Ilhabela	7.308
Jacareí	48.473
Jambeiro	3.825
Lagoinha	724
Lavrinhas	805
Lorena	17.740
Monteiro Lobato	1.048
Natividade da Serra	753
Paraibuna	2.728
Pindamonhangaba	34.048
Piquete	1.338
Potim	1.402
Queluz	1.750
Redenção da Serra	586
Roseira	1.981
Santa Branca	2.350
Santo Antônio Do	1.134
Pinhal	
São Bento do Sapucaí	1.356
São José do Barreiro	512
São José dos Campos	209.777
São Luís do Paraitinga	1.696
São Sebastião	19.873
Silveiras	747
Taubaté	84.964
Tremembé	4.679
Ubatuba	17.104

Fonte: SEADE (BRASIL, 2016)

3.6.5 Aplicação dos dados

Depois de aplicadas as ferramentas do Google Earth têm-se todas as variáveis necessárias para os cálculos morfométricos. Junta-se às informações dos principais indicadores demográficos e energéticos e assim aplica-se as variáveis nas equações e os cálculos geram coeficientes que podem ser observados na tabela 9 a qual também apresenta os demais indicadores demográficos e energéticos.

3.7 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS INDICADORES

O conceito de dispersão ou variabilidade (GUIMARÃES, 2008) , é um método estatístico que identifica maior ou menor diversificação dos valores de uma variável em torno de um valor de tendência central tomado como ponto de comparação com a finalidade de se qualificar os dados da análise.

As principais medidas de dispersão a serem utilizadas nesta análise serão a Amplitude Total, a Variância, o Desvio Padrão, o Coeficiente de Variação, o Intervalo Interquartilico e o Diagrama em Caixas.

3.7.1 Amplitude Total

Corresponde à diferença entre o maior e o menor valor de um conjunto de dados. A amplitude tem a desvantagem de levar em consideração apenas os dois valores extremos, desprezando todos os outros. É uma medida absoluta (carrega consigo a unidade da variável).

$$AT = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}} \quad (11)$$

Sendo $X_{\text{máx}}$ o maior valor (medida absoluta) do conjunto de dados e $X_{\text{mín}}$ o menor valor (medida absoluta).

3.7.2 Variância

A Variância é uma média aritmética de medida absoluta, utilizada na inferência estatística e em combinações de amostras e calculada a partir dos quadrados dos desvios entre os valores dos elementos da série e sua própria média. Para se calcular a variância primeiramente executa-se o cálculo da Média. Há diferenças nos cálculos de Variância Amostral e de Variância Populacional. A equação 12 é utilizada para execução de cálculos de Variância Amostral e a

equação 13 é utilizada para execução de cálculos de Variância Populacional.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (12)$$

Sendo s^2 a variância de amostra. No caso de uma AMOSTRA, o denominador da equação de s^2 é o total de elementos na amostra menos 1 (n-1)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad (13)$$

Sendo σ^2 a variância populacional. Quando se trata de uma população, o denominador da equação de σ^2 representa a quantidade total de elementos na população (N).

3.7.3 Desvio Padrão

O desvio Padrão é a raiz quadrada positiva da Variância. Há diferenças nos cálculos de Desvio Padrão Amostral e de Desvio Padrão Populacional. O Desvio Padrão é expresso na mesma unidade de medida da Variável em estudo, sendo assim se enquadra como medida absoluta. A equação 14 é utilizada para execução de cálculos de Desvio Padrão

$$s = \sqrt{s^2} \quad (14)$$

A equação 15 é utilizada para execução de cálculos de Desvio Padrão Populacional.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (15)$$

O Desvio Padrão é definido como a raiz quadrada da Variância. Tem a característica de auxiliar na interpretação da Variância devida à sua unidade de medida ser expressa pela unidade da variável elevada ao quadrado.

3.7.4 Coeficiente de Variação

O Coeficiente de Variação é a razão entre o Desvio Padrão e a Média Aritmética, e é geralmente expresso em porcentagem cujo cálculo resulta da comparação entre o Desvio Padrão e a Média Aritmética. Trata-se de um número sem unidade de medida, sendo assim uma medida relativa. A equação 16 é utilizada para execução de cálculos de Coeficiente de Variação Amostral e a equação 17 é utilizada para execução de cálculos de Coeficiente de Variação Populacional.

$$CV_a = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \quad (16)$$

$$CV_p = \frac{\sigma}{\bar{\mu}} \times 100 \quad (17)$$

O Coeficiente de Variação permite a comparação de variabilidade de diferentes conjuntos de dados.

3.7.5 Intervalo Interquartilício

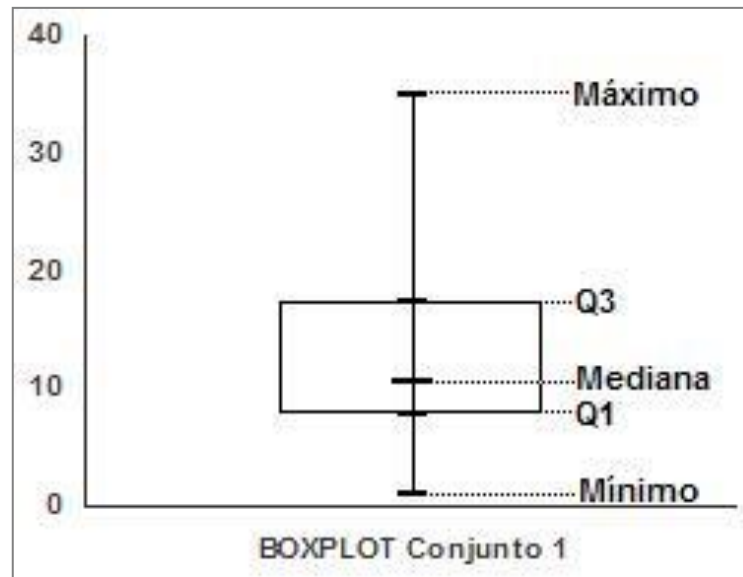
O Intervalo Interquartilício corresponde à diferença entre o 3º quartil ($Q3 = 75\%$) e o 1º quartil ($Q1 = 25\%$). É análogo à Amplitude Total ou Range, que contém a variação de 100% dos dados, enquanto o IIQ contém a variação dos 50% elementos centrais. O primeiro quartil ($Q1$), a Mediana (Md ou $Q2$) e o Terceiro Quartil ($Q3$) medem a distribuição da metade central dos dados, em torno da mediana. A medida não é afetada pelos dados extremos e discrepantes.

Quando necessário esta medida de dispersão auxilia na determinação de *outliers*, ou dados discrepantes, de uma amostra. Considera-se um dado como discrepante, quando seu valor se afasta mais de 1,5 a 3 vezes o valor do IIQ, abaixo de $Q1$ ou acima de $Q3$.

3.7.6 Diagrama em Caixas

O Diagrama em Caixa ou *BoxPlot* é a ferramenta gráfica que representa cinco medidas estatísticas num único conjunto de resultados. As medidas $Q1$, Mediana e $Q3$ mostram a forma da distribuição de 50% dos valores ao redor da mediana, porém a adição dos valores Mínimo e Máximo a estas três medidas permite obter um conjunto mais completo de informações sobre a forma da distribuição, tais como informações sobre a posição central, dispersão e assimetria da respectiva distribuição de frequências dos dados. A Figura 11 ilustra abaixo o uso da ferramenta Diagrama em caixa.

Figura 14 - Aspecto da Ferramenta Diagrama em Caixa



Fonte: Autoria Própria

3.7.7 Matriz de Correlação e o coeficiente r de Pearson

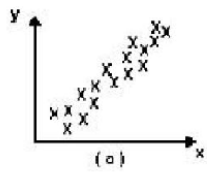
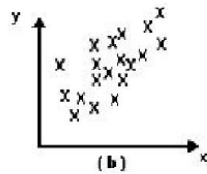
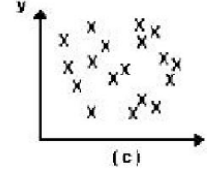
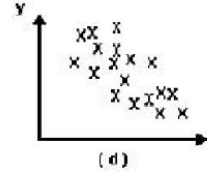
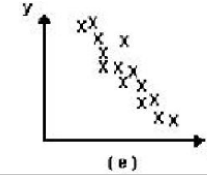
De acordo com a obra de Stevenson (1981), um estudo de correlação tem o objetivo de determinar a força do relacionamento entre duas observações emparelhadas, ou até que ponto os valores de uma variável estão relacionados com os de outra variável. Os resultados da análise de correlação geram o coeficiente de correlação que é o valor que quantifica o grau de correlação.

O grau de relacionamento entre duas variáveis com dados contínuos é sintetizado pelo coeficiente de correlação r de Pearson, considerando hipóteses de que tanto x quanto y são variáveis aleatórias contínuas e a distribuição dos valores dos pares x, y é normal.

O sinal (+ ou -) e a magnitude são propriedades observadas para se caracterizar a natureza de uma relação entre duas variáveis.

O sinal corresponde ao coeficiente angular de uma reta imaginária que se ajusta aos dados de um diagrama de dispersão. A magnitude indica a proximidade dos pontos individuais da reta r, de uma forma que valores de r próximos de -1,00 ou + 1,00 indicam valores mais próximos ou mesmo sobre a reta, entretanto valores aproximados a 0 sugerem uma maior dispersão. A Figura 15 ilustra as formas de interpretação dos diagramas de dispersão e os valores correspondentes de correlação.

Figura 15 - Diagramas de dispersão e os valores correspondentes de correlação.

Valor de r	Descrição do relacionamento linear	Diagrama de Dispersão
+1,00	Relacionamento positivo, perfeito	
Cerca de +0,70	Relacionamento positivo, moderado	
0,00	Ausência de relacionamento	
Cerca de -0,70	Relacionamento negativo, moderado	
-1,00	Relacionamento negativo, perfeito	

Fonte: Adaptado de Stevenson (1981)

Para duas variáveis quaisquer sendo testadas, x e y, calcula-se o coeficiente de Pearson r conforme a equação (18).

$$r = \frac{\sum (x - x^0) \cdot (y - y^0)}{(n-1) \cdot S_x \cdot S_y} \quad (18)$$

Sendo x^0 a média do conjunto de dados da primeira variável, S_x desvio padrão conjunto de dados da primeira variável, y^0 média do conjunto de dados da segunda variável, S_y desvio padrão conjunto de dados da segunda variável.

Para se analisar simultaneamente a associação entre variáveis, é obter a matriz de correlação através dos coeficientes de Pearson (LIRA, 2004) o que consiste na concepção de uma matriz em forma de tabela ou gráfico que se origina de dados do estudo. A matriz de correlação ilustra de forma compacta os valores correspondentes de correlação bidimensional, que podem variar entre -1,00 e 1,00, sobre as diversas variáveis a serem analisadas. Há um

ganho, com o uso de matriz de correlação no que tange a interpretação das potenciais correlações de forma global dentro da mesma ferramenta de visualização e uma das principais aplicações da matriz de correlação está na análise da estrutura de variância-covariância de um vetor aleatório x .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação da metodologia, com a opção dos principais indicadores, foi possível perceber os resultados obtidos pelos cálculos executados através da amostra da análise. A Tabela 1 apresenta o resultado dos cálculos que foram organizados com uma coluna demonstrando as áreas urbanas das cidades, as três primeiras colunas demonstrando os resultados dos indicadores morfométricos, as três colunas centrais demonstram os resultados dos indicadores demográficos e as últimas quatro colunas demonstram os resultados dos indicadores energéticos.

Tabela 11 – Tabela de resultado do cálculo dos indicadores

Cidade	Indicadores Morfométricos			Indicadores Demográficos			Indicadores Energéticos			
	RF	RC	RA	DPU	DEC	IDD	CEA	CEE	ICA	ICE
	km ² /km ²	km ² /km ²	km/km	Hab./km ²	Emprego /km ²	Domicili o/km ²	1000 kWh/ano	1000 kWh/ano	kWh/ m ³	kWh/ m ³
Arapeí	0,15	27,53	6,65	1515,92	315,29	492,83	12,91	77,07	0,10	1,17
Bananal	0,34	6,37	1,42	1509,70	356,97	488,71	695,44	62,47	1,28	0,18
Caçapava	0,28	11,86	1,79	756,10	221,13	222,54	9092,66	1058,66	1,05	0,28
Cachoeira Paulista	0,14	17,04	1,97	1347,48	293,10	406,80	1106,83	327,48	0,43	0,25
Campos do Jordão	0,24	5,08	4,05	931,84	237,83	279,28	4547,70	3166,95	0,92	1,52
Canas	0,10	13,00	4,26	1314,79	455,33	364,20	272,05	33,16	0,91	0,22
Caraguatatuba	0,10	26,40	6,97	1349,95	284,57	428,46	5627,22	7386,84	0,44	1,10
Cruzeiro	0,21	7,87	3,15	3225,04	745,82	967,70	1121,77	0,00	0,15	0,00
Guaratinguetá	0,35	105,13	1,52	1340,89	373,54	409,16	7837,61	1012,44	0,50	0,14
Igaratá	0,18	13,14	3,51	236,93	48,88	75,40	403,92	56,96	0,75	0,33
Ilhabela	0,05	42,02	24,21	1265,91	294,80	405,12	1115,58	485,35	0,30	0,50
Jacaré	0,37	4,77	1,71	1906,46	416,79	579,49	17372,63	3566,69	0,66	0,29
Jambeiro	0,11	5,35	6,10	134,52	179,66	41,62	374,30	129,82	1,20	0,95
Lagoinha	0,10	2,52	5,09	1071,67	241,33	370,00	227,64	67,96	1,05	0,52
Lavrinhas	0,11	12,32	8,43	869,69	108,93	245,74	107,46	47,94	0,23	0,27
Lorena	0,31	20,90	1,63	2016,24	424,40	613,83	5620,39	419,93	0,68	0,10
Monteiro Lobato	0,03	2,73	10,20	822,84	451,72	256,47	39,21	90,84	0,23	1,05
Natividade da Serra	0,22	9,37	1,31	1122,53	297,63	407,11	432,00	30,00	0,23	0,37
Pindamonhangaba	0,22	4,03	5,19	2194,13	487,79	641,35	8463,89	1498,56	0,59	0,21
Piquete	0,08	9,64	5,57	1568,16	157,78	490,57	59,34	0,00	0,03	0,00
Queluz	0,11	42,50	2,83	2396,47	411,76	659,76	81,77	75,03	0,13	0,29
Redenção da Serra	0,19	5,14	2,69	498,23	129,65	158,41	202,38	69,37	1,35	0,95
Roseira	0,18	6,43	2,48	2229,06	453,32	660,87	1069,20	102,72	1,44	0,27
Santa Branca	0,07	3,28	2,75	948,62	174,72	288,70	1500,00	10,00	1,00	0,02
Santo Antônio do Pinhal	0,28	8,38	1,43	435,14	122,99	134,71	279,89	36,87	0,76	0,29
São Bento do Sapucaí	0,10	15,14	1,89	348,43	90,46	113,41	157,58	264,66	0,29	0,96
São José do Barreiro	0,04	3,22	6,62	1103,75	191,76	361,05	2760,00	0,00	4,09	0,00
São José dos Campos	0,37	30,00	1,25	2021,76	635,69	608,18	49674,95	8805,64	0,78	0,21
São Luís do Paraitinga	0,20	6,07	2,11	929,45	247,23	305,98	359,51	404,16	0,67	1,50
São Sebastião	0,03	51,82	4,13	1199,30	294,98	382,77	4469,61	3375,70	0,49	1,01
Silveiras	0,22	3,13	2,62	517,52	127,04	152,38	230,17	57,74	1,02	0,40

Taubaté	0,21	8,08	1,85	1887,65	547,45	567,41	8040,39	1315,35	0,26	0,07
Tremembé	0,10	32,84	3,45	1740,50	203,52	466,68	17220,59	1718,59	4,08	1,06
Ubatuba	0,07	65,48	2,71	1157,10	237,46	368,51	2925,17	3103,81	0,27	1,23

Fonte: Autoria Própria.

4.2 ANÁLISE DA TABELA DE RESULTADOS

4.2.1 Matriz de Correlação

A matriz de correlação é essencial para auxílio na interpretação da influência da morfologia e demografia urbana sobre o consumo de energia em sistema de saneamento. A Tabela 12 apresenta a matriz de correlação dos resultados dos indicadores da amostra.

Tabela 12 - Matriz de Correlação dos Resultados

	RF	RC	RA	DPU	DEC	IDD	CEA	CEE	ICA	ICE
RF	1,00									
RC	0,02	1,00								
RA	-0,51	0,07	1,00							
DPU	0,22	0,14	-0,09	1,00						
DEC	0,32	0,09	-0,07	0,83	1,00					
IDD	0,23	0,13	-0,08	0,99	0,83	1,00				
CEA	0,47	0,18	-0,20	0,32	0,41	0,30	1,00			
CEE	0,23	0,27	-0,08	0,20	0,29	0,20	0,76	1,00		
ICA	-0,10	-0,15	-0,07	-0,08	-0,22	-0,11	0,16	-0,05	1,00	
ICE	-0,28	0,10	0,13	-0,37	-0,29	-0,37	-0,11	0,23	0,00	1,00

Fonte: Autoria Própria

Analizando a matriz de correlação percebe-se que há um relacionamento negativo (-0,10) bem próximo a 0 entre a relação de forma e o ICA, isso quer dizer que quase há ausência de correlação entre esses dois indicadores. Quando a relação de forma é analisada em relação a ICE é possível notar que apesar de ser um pouco maior que ICA, também há um relacionamento negativo (-0,28) o que novamente pode ser caracterizado como ausência de correlação entre esses indicadores. Na análise do indicador relação de compacidade com o ICA percebe-se que também há um relacionamento negativo (-0,15) bem próximo a 0 que caracteriza algo bem próximo de uma ausência de correlação entre esses dois indicadores.

Observando a matriz de correlação pela análise do indicador de relação de compacidade e do ICA nota-se um relacionamento negativo (-0,15) que induz a uma compreensão de ausência de correlação quase que bem definida. Porém quando se analisa esse mesmo indicador

de relação de compacidade com o ICE observa-se que há um relacionamento positivo (0,10), mas se mantém a compreensão de ausência de correlação.

O relacionamento observado na matriz de correlação entre o indicador de relação de alongamento e o ICA é negativo (-0,07) e estando muito próximo a zero demonstra a compreensão de ausência de correlação entre esses dois indicadores. O relacionamento positivo (0,13) do mesmo indicador de alongamento com o ICE denota também a compreensão de ausência de correlação entre esses dois indicadores.

A análise pela matriz de correlação entre o indicador de densidade de população urbana e ICA demonstra uma ausência de correlação entre esses indicadores devido ao relacionamento negativo (-0,08), o qual muito próximo a zero induz a essa interpretação. Porém, quando feita a análise do indicador relação de alongamento com o ICE, observa-se uma tendência de relacionamento negativo próximo a moderado (-0,37), pelo fator de correlação entre esses dois indicadores estar se aproximando mais do fator delimitador classificatório 0,70.

Ao se observar a matriz de correlação pela análise do indicador de densidade de emprego de centros urbanos e do ICA nota-se um relacionamento negativo (-0,22) que traz uma compreensão de ausência de correlação um pouco menos definida que em outras análises que se aproximaram muito de 0. E seguindo a mesma interpretação a análise desse mesmo indicador de DEC com o ICE, observa-se que também há um relacionamento negativo (0,10) um pouco menos definido que em outras análises que compreende ausência de correlação entre esses dois indicadores.

O relacionamento observado na matriz de correlação entre o índice de distribuição de domicílios e o ICA é negativo (-0,11) e estando muito próximo a zero demonstra a compreensão de ausência de correlação entre esses dois indicadores. Porém, quando feita a análise do índice de distribuição de domicílios relação de alongamento com o ICE, observa-se uma tendência de relacionamento negativo próximo a moderado (-0,37), pelo fator de correlação entre esses dois indicadores estar se aproximando mais do fator delimitador classificatório 0,70.

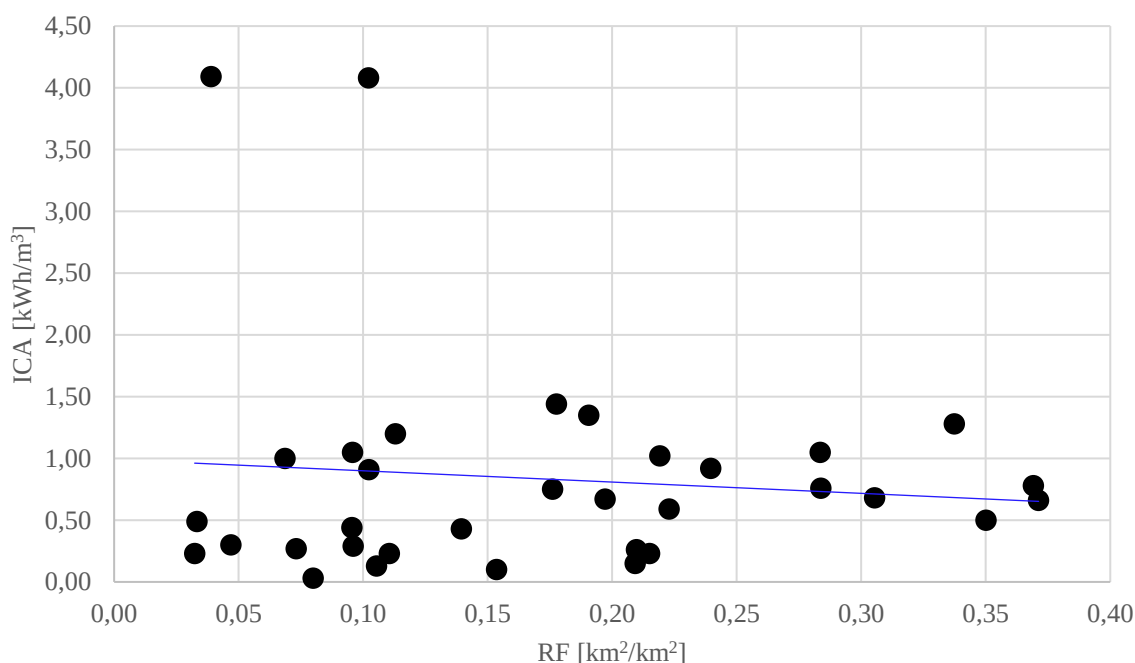
Foram elaborados e demonstrados a seguir diversos gráficos que têm a finalidade de ilustrar esses comportamentos entre cada indicador morfológico e demográfico e os indicadores de consumo de energia tanto de água quanto de esgoto.

4.2.2 Análise do ICA em relação aos indicadores morfométricos e demográficos

As análises que seguem entre os seis primeiros gráficos verificam o comportamento entre o Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água e os demais indicadores morfométricos e demográficos. No geral o ICA variou entre 0,03 e 4,09 kWh/m³ com média de 0,83 kWh/m³.

O Gráfico 1 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre o indicador de relação de forma e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água.

Gráfico 1 – Diagrama de Dispersão dos indicadores RF e ICA



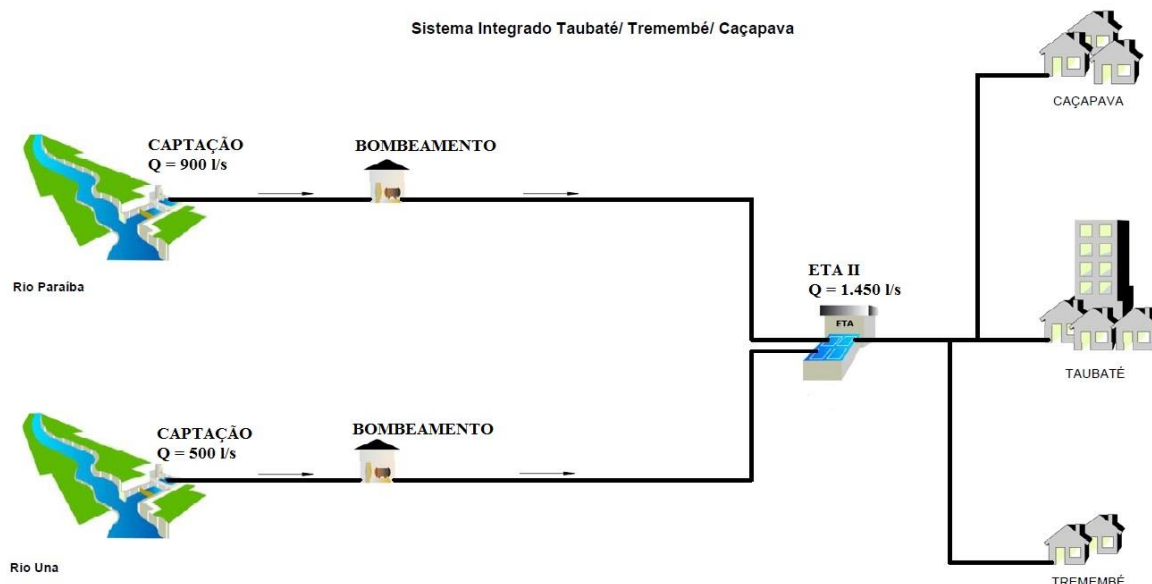
Fonte: Autoria Própria.

Os dados observados demonstram que há uma baixa correlação entre os indicadores, pois por mais que o indicador de relação de forma vai crescendo a perspectiva é de que se mantenha resultados de dados abaixo de 1,5kWh/m³ relacionado ao Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água. Há uma tendência de curva descendente do ICA em relação ao RF. Observa-se que somente duas cidades (Tremembé e São José do Barreiro) apresentaram um Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água discrepante chegando a 4,09 kWh/m³.

O elevado ICA do município de Tremembé pode ser explicado pela utilização do mesmo

sistema de captação, adução e tratamento de Taubaté e Caçapava (ANA, 2016) , que é abastecido a partir de dois mananciais superficiais, os rios Paraíba do Sul e Una (PREFEITURA MUNICIPAL DE TREMEMBÉ, 2013).

Figura 16 - Sistema de captação e distribuição de Tremembé, Taubaté e Caçapava.

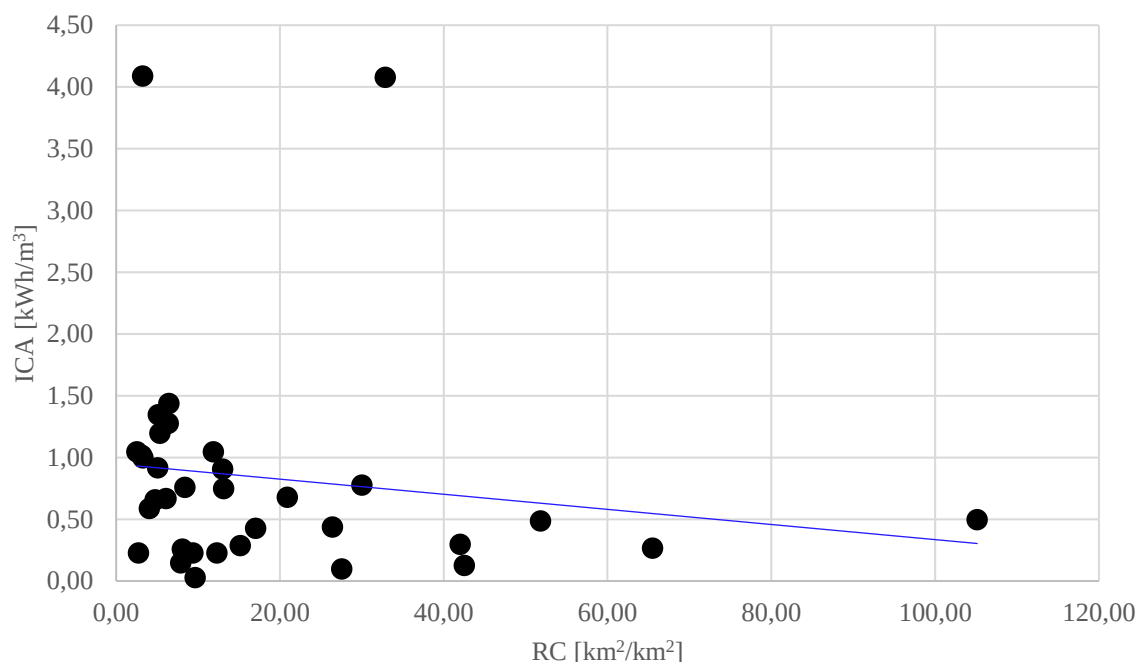


Fonte: Modificado de ANA (2016)

Segundo dados da Prefeitura Municipal de São José do Barreiro (2013), o sistema de abastecimento de São José do Barreiro não conta com hidrômetros, não o que induz a uma falta de controle sobre o consumo ou descargas de rede. Não há controle também pelas perdas físicas do sistema. Além das adutoras, os ramais de rede não possuem identificação da localização e destinação exata. O volume distribuído por habitante é muito elevado, e estimado em 727 l/dia. Durante o verão a demanda é alta e a distribuição é insuficiente e durante o inverno a pressão elevada danifica tubulações e para o alcance da eficiência, o sistema de abastecimento de água requer manutenção em todos os seus componentes, desde a captação até a distribuição, inclusive na ETA e reservatórios.

O Gráfico 2 representa o diagrama de dispersão com o comportamento entre o indicador de Relação de Compacidade e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

Gráfico 2 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICA

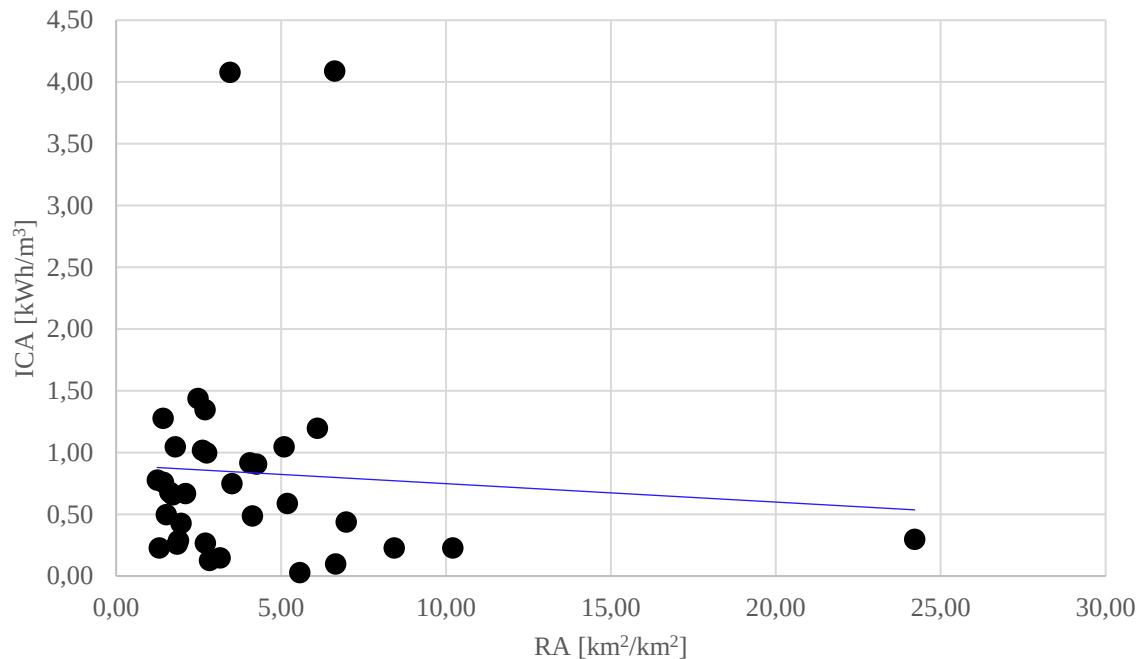


Fonte: Autoria Própria.

Observa-se uma alta concentração de dados de indicador de Relação de Compacidade abaixo de 50,00 km²/km², porém apenas três cidades (Guaratinguetá, São Sebastião e Ubatuba) superaram esse dado. Há uma tendência de curva descendente do ICA em relação ao RC. O Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água dessas cidades variou dentro da constante observada na relação que figurou abaixo dos 1,5 kWh/m³. A área urbana de São José do Barreiro que apresentou um desvio elevado no Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água (4,09) em sistema de água, também apresentou o indicador de RC entre os mais baixos da análise (3,22), abaixo da média estatística (18,49). A área urbana de Tremembé, a outra que apresentou um ICA elevado (4,08), obteve seu indicador de RC (32,84) um pouco acima da média estatística (18,49).

O Gráfico 3 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre a Relação de Alongamento e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

Gráfico 3 - Correlação entre RA e IC

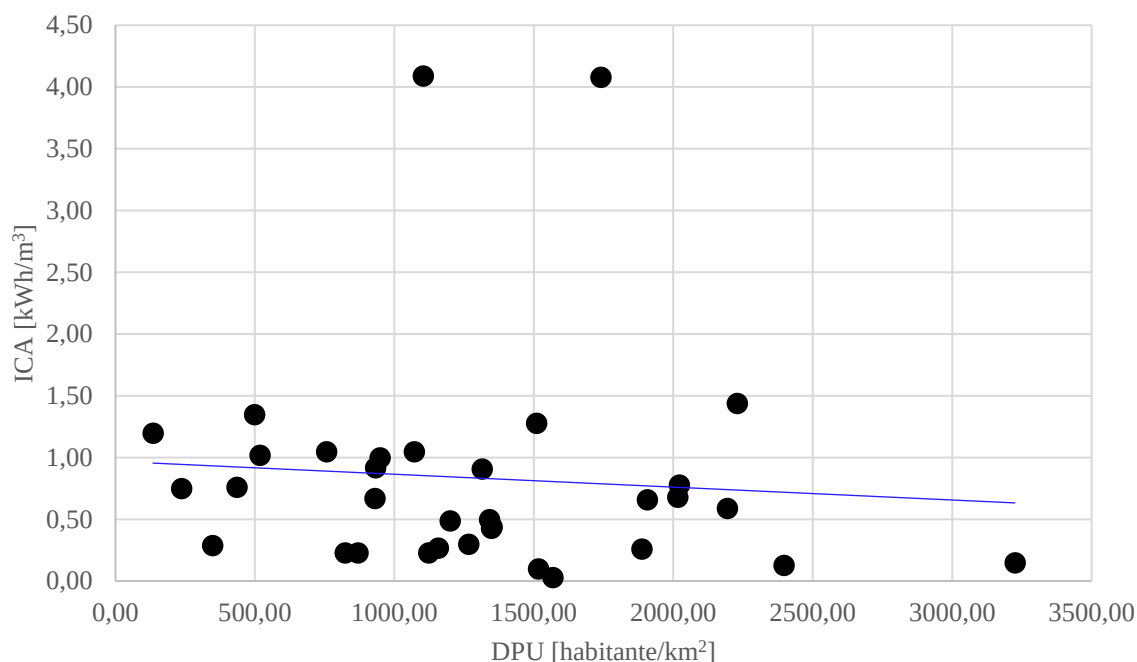


Fonte: Autoria Própria.

Observa-se uma alta concentração de dados do grupo de áreas urbanas (33 cidades), que obtiveram o resultado do índice de RA não ultrapassando o fator 10,20 km²/km², porém somente o resultado de uma área urbana (Ilhabela) apresentou uma discrepância (24,21). Há uma tendência de curva descendente do ICA em relação ao RA, influenciada por um dado discrepante. A área urbana de São José do Barreiro em que se observou um desvio elevado no Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água (4,09) em sistema de água, apresentou o indicador de relação de alongamento (6,62) acima, mas bem próximo, da média da análise (4,22). Já a área urbana de Tremembé, a outra que apresentou um Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água elevado (4,08), obteve seu indicador de RA (3,45) um pouco abaixo da média estatística (4,22).

O Gráfico 4 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre os indicadores Densidade de População Urbana e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

Gráfico 4 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICA



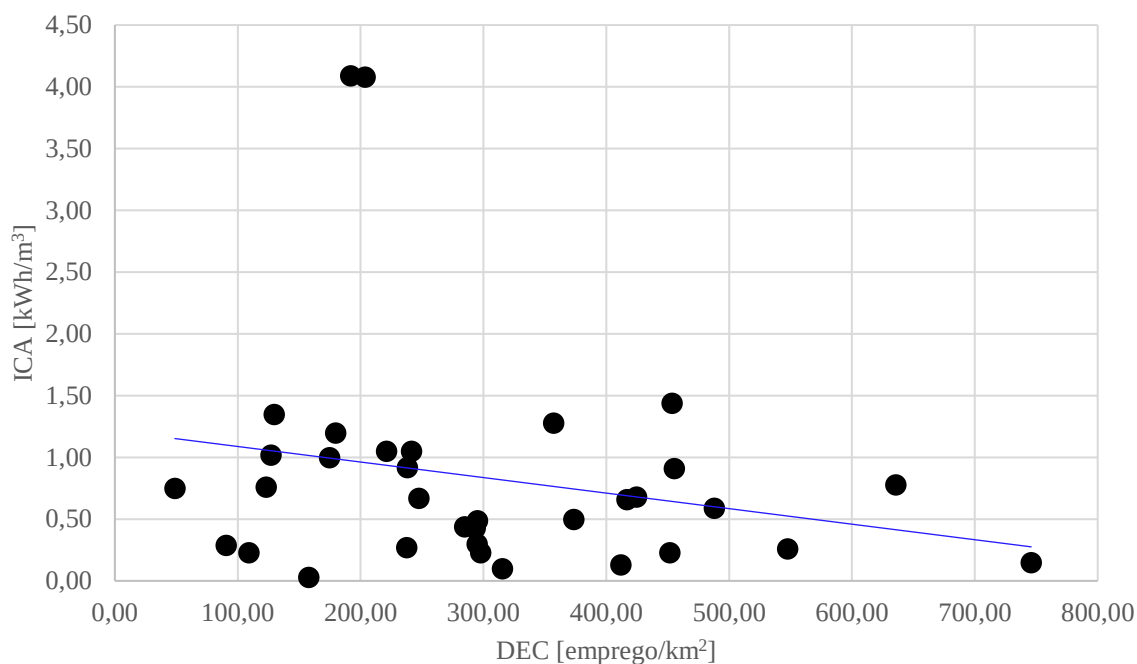
Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar o gráfico pode ser observada uma constante de dados dispersos entre si. Há uma tendência de curva descendente do ICA em relação ao DPU. O indicador Densidade da População Urbana apresentou uma média de 1291,58hab/km². O município de Jambeiro apresentou o menor DPU (134,52) e o município que apresentou o maior índice de DPU foi Cruzeiro (3225,04). No caso de Cruzeiro seu consumo de energia no sistema de abastecimento de água foi um dos mais baixos da análise (0,15) ficando bem abaixo da média (0,83). A área urbana de Jambeiro, que apresentou a menor DPU teve seu Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água entre os mais elevados sendo o segundo maior se forem desconsiderados os dados das cidades de São José do Barreiro e Tremembé, que apresentaram seus índices com grande discrepância na amostra. No caso de Roseira com o ICA (1,44) maior do que Jambeiro, apresentou a DPU entre as maiores da análise (2229,06). A cidade de Canas apresentou dado (1314,79) mais aproximado da média do índice DPU (1291,58) e seu ICA (0,91) ficou bem próximo à média (0,83) da análise.

A área urbana de São José do Barreiro em que se observou um desvio elevado em relação às outras cidades no Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água (4,09), apresentou seu índice de DPU (1103,75) um pouco abaixo da média da análise (1291,58). Já a área urbana de Tremembé, a outra que teve um ICA elevado (4,08), apresentou seu indicador de índice DPU (1740,50) acima da média estatística.

O Gráfico 5 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre os indicadores Densidade de Emprego de Centros Urbanos e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.

Gráfico 5 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICA



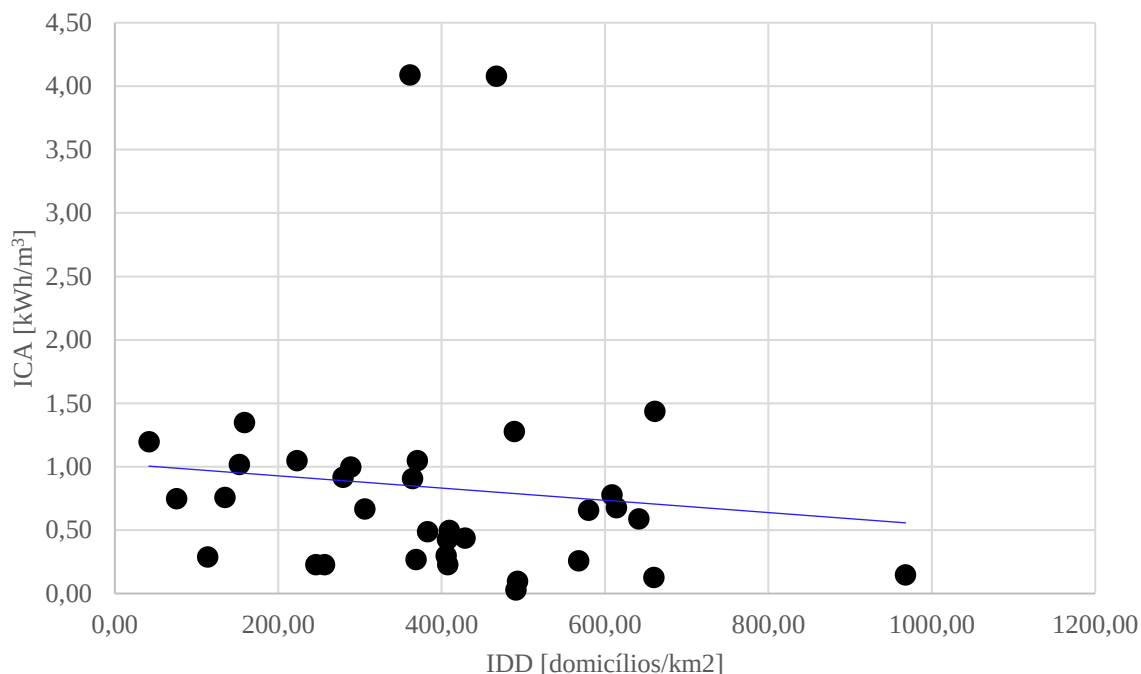
Fonte: Autoria Própria.

O indicador de Densidade da População Urbana apresentou uma média de 301,80 empregos/km². O município de Igaratá apresentou a menor DEC (48,88) e o município que apresentou a maior DEC foi Cruzeiro (745,82). Há uma tendência de curva descendente do ICA em relação ao DEC. No caso de Cruzeiro seu consumo de energia no sistema de abastecimento de água foi um dos mais baixos da análise (0,15) ficando abaixo da média (0,83). A área urbana de Igaratá, que apresentou a menor densidade de emprego teve o Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água (0,75) próximo da média. A cidade de Natividade da Serra apresentou dado (297,63) mais aproximado da média do índice densidade de emprego de centros Urbanos (301,80) e seu índice de consumo de energia em sistema de água (0,23) ficou bem abaixo da média (0,83) entre os mais baixos da análise.

A área urbana de São José do Barreiro em que se observou um desvio elevado em relação as outras cidades no ICA (4,09), apresentou seu índice DEC (191,76) abaixo da média da análise (301,80). Já a área urbana de Tremembé, a outra que teve um ICA elevado (4,08), apresentou seu indicador DEC (203,52) também abaixo da média estatística.

O Gráfico 6 ilustra o diagrama de dispersão entre o Índice de Distribuição de Domicílios urbanos e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água.

Gráfico 6 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICA



Fonte: Autoria Própria.

Observa-se uma tendência de curva descendente do ICA em relação ao IDD. Nota-se uma baixa correlação entre os indicadores. O IDD apresentou uma média de 394,56 domicílios/km². O município de Jambeiro apresentou a menor densidade de domicílios (41,62) e o município que apresentou a maior densidade de emprego foi Cruzeiro (967,70). No caso de Cruzeiro seu consumo de energia no sistema de abastecimento de água foi um dos mais baixos da análise (0,15) ficando bem abaixo da média (0,83). A área urbana de Jambeiro, que apresentou a menor densidade de emprego teve o Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água (1,20) entre os mais elevados sendo o segundo maior se forem desconsiderados os dados das cidades de São José do Barreiro e Tremembé que apresentaram seus índices bastante discrepantes dentro da análise. A cidade de Ilhabela apresentou dado (405,12) mais aproximado da média do índice densidade de emprego de centros Urbanos (394,56) e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água (0,30) ficou abaixo da média (0,83) da análise.

A área urbana de São José do Barreiro em que se observou um desvio elevado em relação as outras cidades no Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água (4,09), apresentou IDD (361,05) pouco a baixo, mas próximo da média da análise

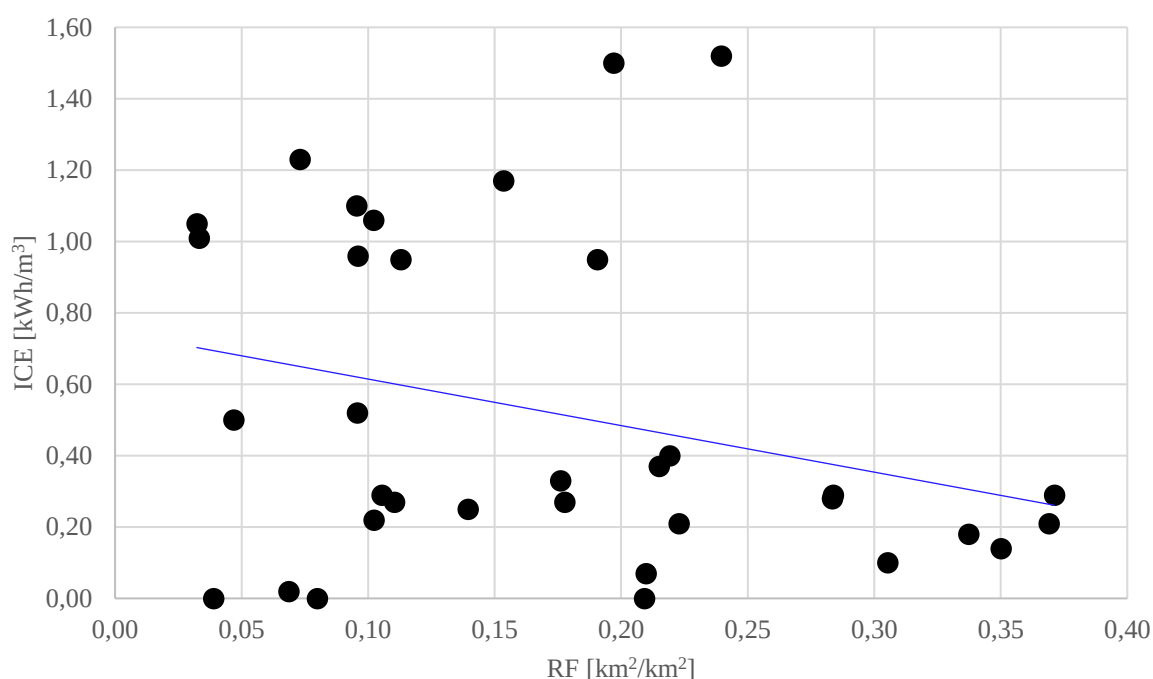
(394,56). Já a área urbana de Tremembé, a outra que teve um índice de consumo de energia elevado (4,08), apresentou IDD (466,68) um pouco acima, mas relativamente próximo da média estatística.

4.2.3 Análise de ICE em relação aos indicadores morfométricos e demográficos

As análises que seguem verificam a correlação entre o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário e os demais indicadores morfométricos e demográficos. No geral, o ICE variou entre 0,00 e 1,52 kWh/m³ com média de 0,52 kWh/m³.

O Gráfico 7 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre a Relação de Forma e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário. Há uma tendência de curva descendente do ICE em relação ao RF.

Gráfico 7 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RF e ICE

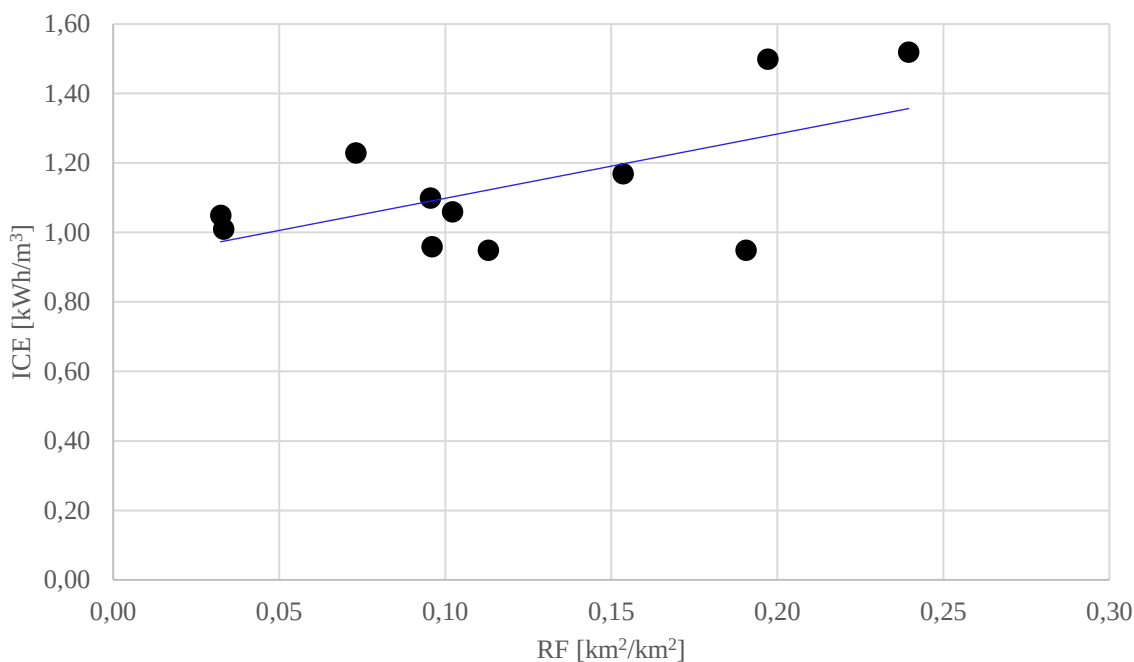


Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar o gráfico podem ser observadas duas vertentes de grupos. A primeira variação apresenta uma dispersão, porém uma constante de dados com indicador de relação de forma variando entre 0,03 (Monteiro Lobato) e 0,37 (São José dos Campos e Jacareí). Há uma tendência de curva descendente do ICE em relação ao RF. Nota-se uma certa correlação entre os indicadores, pois a curva toma uma direção acentuada com certo destaque principalmente em relação ao primeiro. O segundo grupo destacado pelo Gráfico 8 com onze cidades (Arapeí,

Campos do Jordão, Caraguatatuba, Jambuí, Monteiro Lobato, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luiz do Paraitinga, São Sebastião, Tremembé e Ubatuba) apresenta outro aspecto com curva ascendente, à medida que a relação de forma se elevam, os dados do ICE também dão aspecto de crescimento.

Gráfico 8 - Correlação entre RF e ICE do Grupo das 11 cidades.

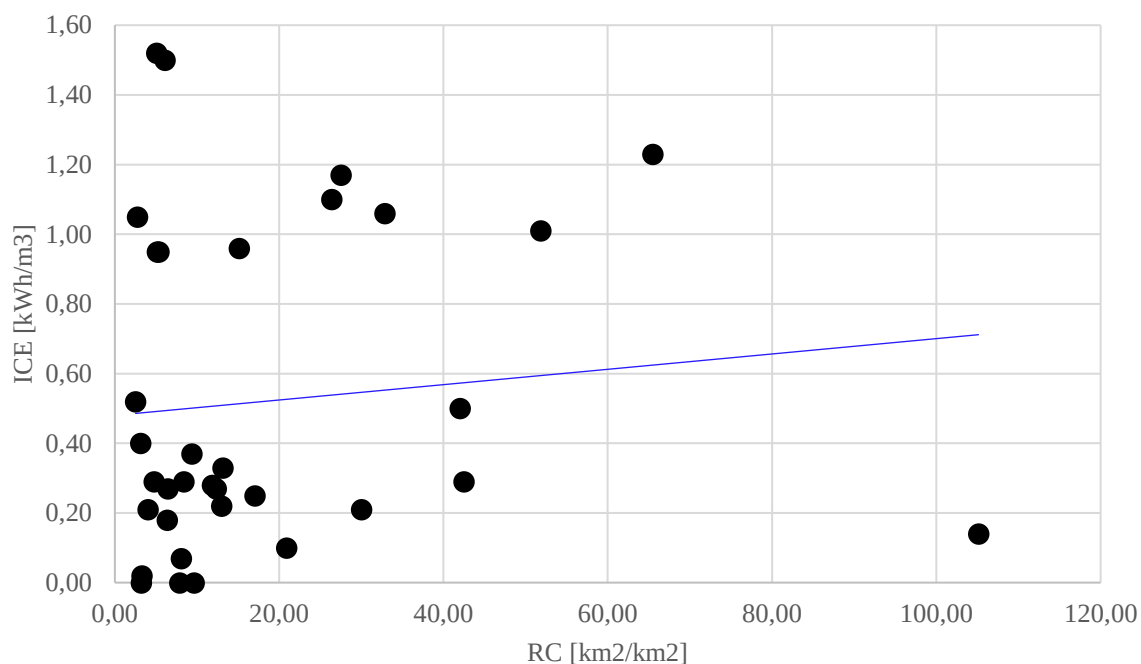


Fonte: Autoria Própria

O município de Monteiro Lobato apresentou o menor índice de Relação de Forma (0,03) e os municípios que apresentaram o maior índice de Relação de forma foram Jacareí e São José dos Campos (0,37). No caso de Jacareí e São José dos Campos o consumo de energia no sistema de esgoto (0,29 e 0,21 respectivamente) ficou bem abaixo da média da análise (0,52). A área urbana de Monteiro Lobato, que apresentou menor índice de relação de forma teve seu índice de consumo de energia (1,05) acima da média (0,52) e entre os mais elevados da análise. A cidade de Roseira apresentou dado (0,18) mais aproximado da média do ICE de todas as áreas urbanas (0,17) e seu índice de consumo de energia em sistema de esgoto (0,27) ficou abaixo da média (0,52) da análise.

O Gráfico 9 apresenta a o diagrama de dispersão com o comportamento entre a Relação de Compacidade e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário.

Gráfico 9 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICE

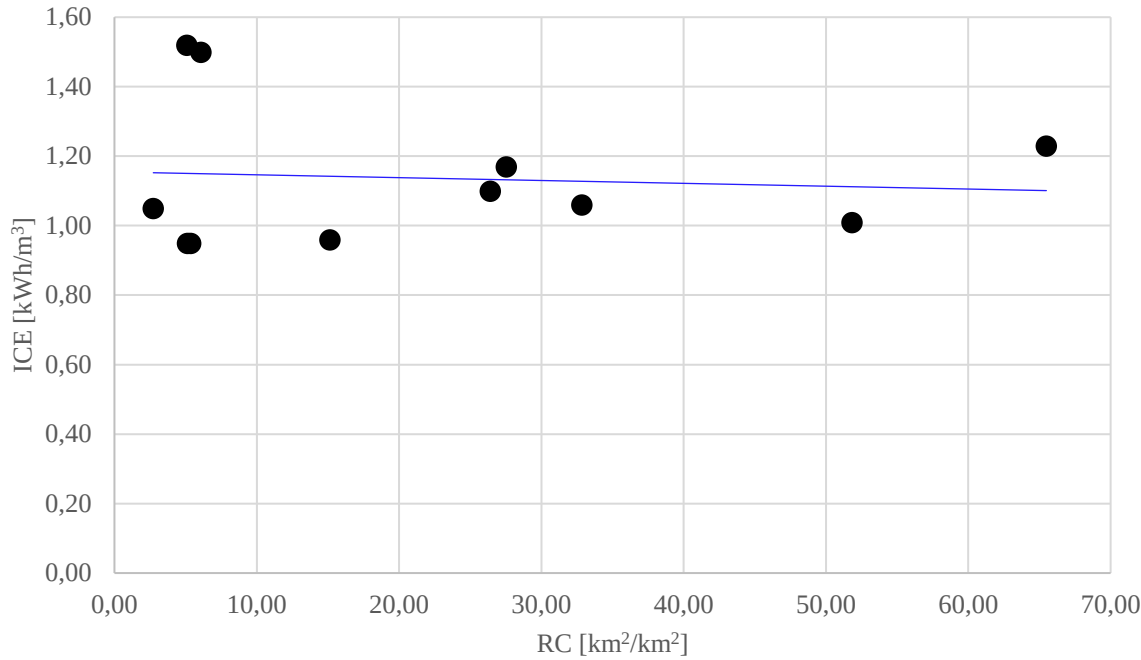


Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar o gráfico podem ser observadas duas vertentes de variação de grupos dentro da amostra. A primeira variação apresenta uma alta concentração de dados do indicador de relação de compacidade agrupados que variam entre 2,52 (Lagoinha) e 105,13 (Guaratinguetá). A área urbana de Guaratinguetá apresentou dado de relação de compacidade bem acima das demais. Há uma tendência de curva ascendente do ICE em relação ao RC. Nota-se uma baixa correlação entre os indicadores, pois a curva toma uma direção não muito acentuada e os dados estão dispersos entre si, observado principalmente em relação ao primeiro grupo. O segundo grupo com onze cidades (Arapeí, Campos do Jordão, Caraguatatuba, Jambeiro, Monteiro Lobato, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luiz do Paraitinga, São Sebastião, Tremembé e Ubatuba), destacado pelo Gráfico 10, que tem características comum de não fazerem parte do eixo de desenvolvimento urbano principal localizado às margens da Rodovia Presidente Dutra e de estarem localizadas em áreas de relevo muito acidentado. O gráfico apresentou uma curva levemente descendente, à medida que a relação de compacidade se torna crescente, os dados do ICE sutilmente diminuem.

O Gráfico 10 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre a Relação de Alongamento e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário.

Gráfico 10 - Correlação entre RA e ICE do Grupo das 11 cidades.

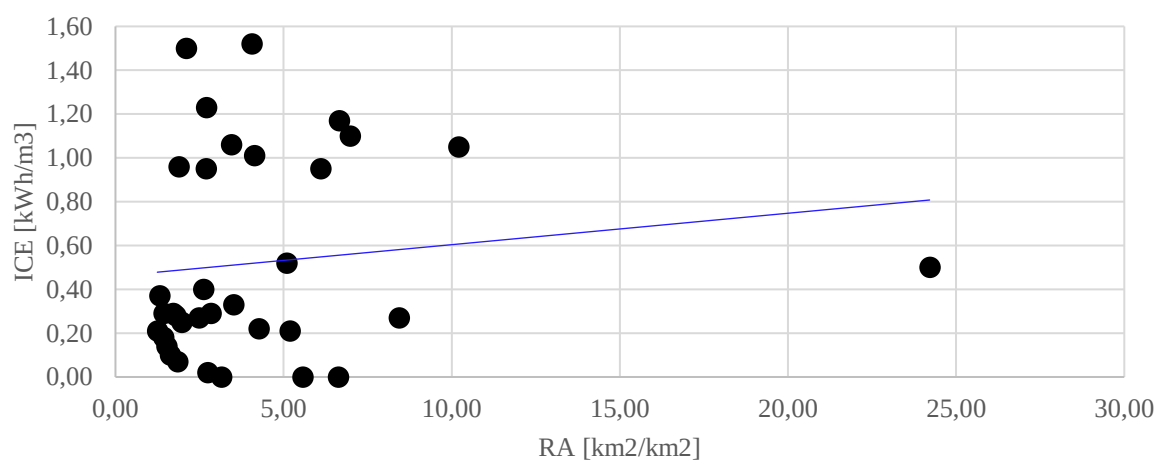


Fonte: Autoria Própria.

Este gráfico representa uma relação linear mais bem definida entre os indicadores, porém as cidades de Campos do Jordão e São Luiz do Paraitinga tiveram dado de índice de relação de compactidade muito baixo e dado de índice de consumo de energia em sistema de esgoto mais elevado, ficando um pouco mais destacadas das demais.

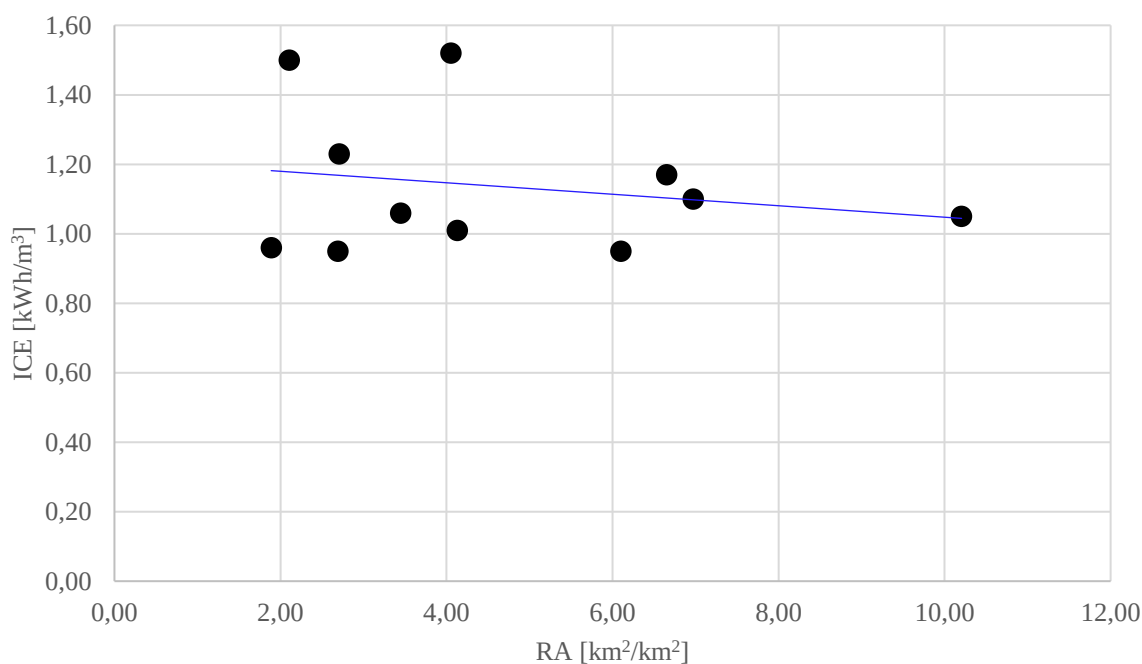
O Gráfico 11 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre a Relação de Alongamento e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário.

Gráfico 11 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICE



Ao analisar o gráfico podem ser observadas duas vertentes de variação de grupos, com características distintas. A primeira variação apresenta uma alta concentração de dados do indicador de relação de alongamento agrupados que variam na parte de baixo do gráfico sem entre $1,25 \text{ km}^2/\text{km}^2$ (São José dos Campos) e $8,43 \text{ km}^2/\text{km}^2$ (Lavrinhas) sem curva característica de correlação. Ainda neste grupo a área urbana de Ilhabela apresentou dado de relação de alongamento (24,21) acima das demais. Há uma tendência de curva ascendente do ICE em relação ao RA. Nota-se uma baixa correlação entre os indicadores, pois a curva toma uma direção não muito acentuada, com dados dispersos entre si, observado principalmente em relação ao primeiro grupo. O segundo grupo com onze cidades (Arapeí, Campos do Jordão, Caraguatatuba, Jambuí, Monteiro Lobato, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luiz do Paraitinga, São Sebastião, Tremembé e Ubatuba) apresentou concentração de dados na parte de cima do gráfico com os dados da relação de alongamento agrupados, variando entre $1,89 \text{ km}^2/\text{km}^2$ (São Bento do Sapucaí) e $10,20 \text{ km}^2/\text{km}^2$ (Monteiro Lobato), que pode ser notada no Gráfico 12.

Gráfico 12 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICE do Grupo das 11 cidades.



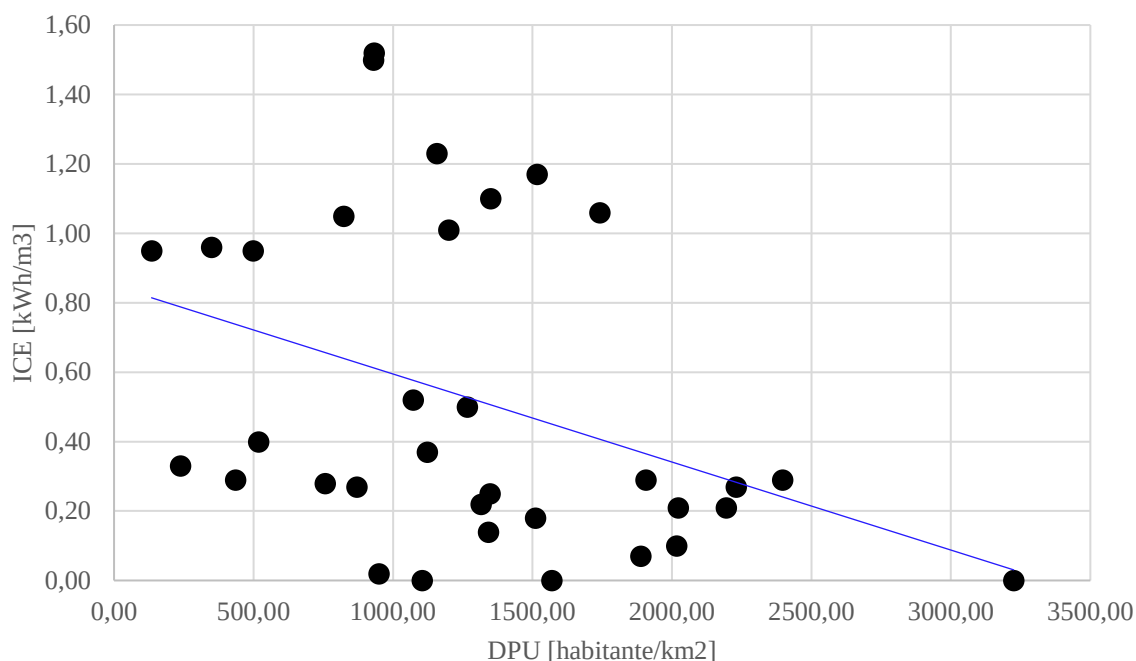
Fonte: Autoria Própria.

Há uma tendência de curva descendente do ICE em relação ao RA, nesse segundo grupo. Nota-se uma certa correlação, porém ainda baixa entre os indicadores, pois a curva toma uma direção, com dados mais coordenados entre si, sendo que a medida que ICE diminui aumentam-

se os dados de RA.

O Gráfico 13 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre o indicador de Densidade de População Urbana e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário.

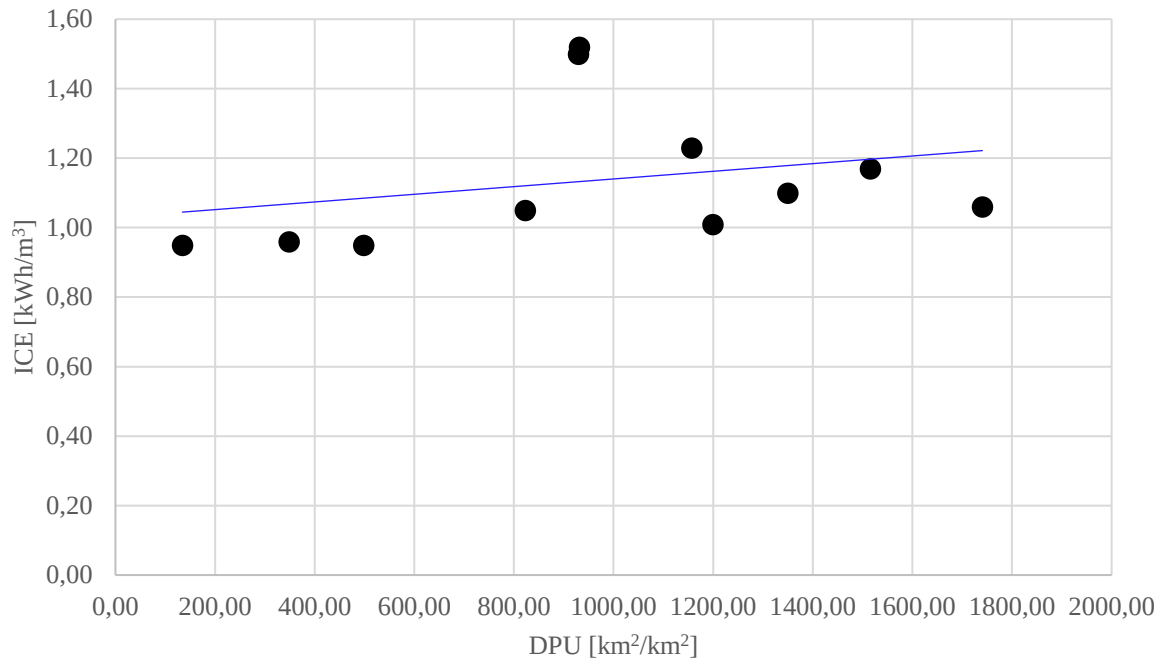
Gráfico 13 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICE



Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar o gráfico são observados dados muito dispersos, mas através de uma análise mais abrangente, nota-se duas vertentes de variação de grupos. A primeira variação apresenta uma dispersão de dados do indicador de Densidade de População Urbana na parte de baixo do gráfico com valores entre 263,93 habitantes/km² (Igaratá) e 3225,04 habitantes/km² (Cruzeiro) caracterizando uma baixa correlação. Há uma tendência de curva descendente do ICE em relação ao indicador DPU, sendo que a medida que ICE diminui aumentam-se os dados de DPU. O segundo grupo destacado no Gráfico 14 com onze cidades (Arapeí, Campos do Jordão, Caraguatatuba, Jambéiro, Monteiro Lobato, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luiz do Paraitinga, São Sebastião, Tremembé e Ubatuba) apresentou curva aceitável para se ter uma conclusão de que há correlação mais bem definida entre esses dois indicadores. Os dados desse grupo variaram entre 134,52 habitantes/km² (Jambéiro) e 1740,50 habitantes/km² (Tremembé).

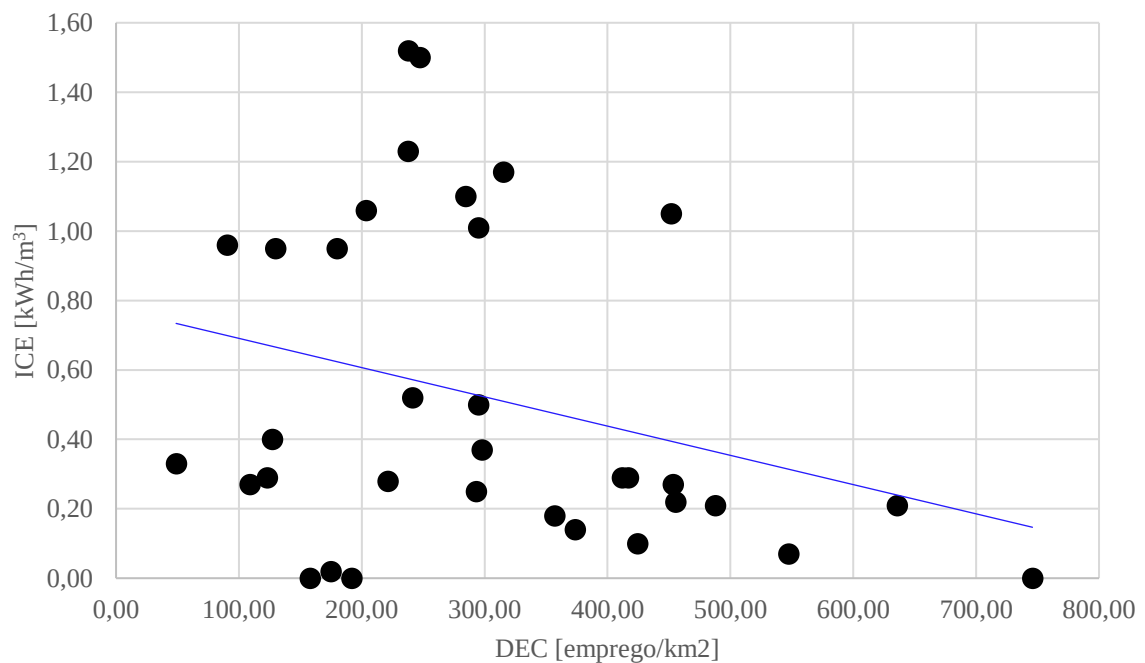
Gráfico 14 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICE do Grupo das 11 cidades.



Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 15 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre o indicador de Densidade de Emprego de Centros Urbanos e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário.

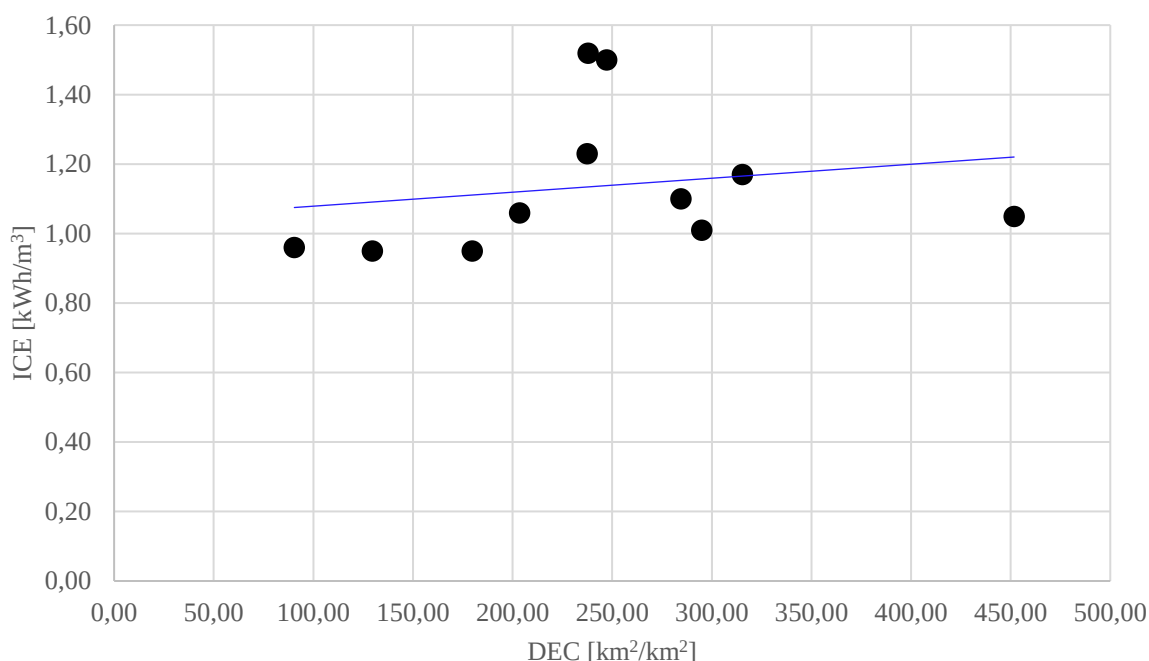
Gráfico 15 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICE



Fonte: Autoria Própria.

Através de uma análise mais abrangente, podem ser observadas duas vertentes de variação de grupos que acabam por não ajudar a se chegar a uma informação mais conclusiva. A primeira variação apresenta uma coordenação de dados do indicador de Densidade de Emprego de Centros Urbanos na parte de baixo do gráfico com valores entre 48,88 empregos/km² (Igaratá) e 745,82 empregos/km² (Cruzeiro) caracterizando certa correlação. Há uma tendência de curva descendente do ICE em relação ao indicador DEC, sendo que a medida que ICE diminui aumentam-se os dados de DEC. O segundo grupo, observado no Gráfico 16, com onze cidades (Arapeí, Campos do Jordão, Caraguatatuba, Jambuí, Monteiro Lobato, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luiz do Paraitinga, São Sebastião, Tremembé e Ubatuba) apresenta uma tendência levemente contrária, pois há uma curva aceitável para se ter uma conclusão de que há correlação entre esses dois indicadores, sendo que a medida que ICE aumenta aumentam-se os dados de DEC. Os dados desse grupo variaram entre 90,46 empregos/km² (São Bento do Sapucaí) e 451,72 empregos/km² (Monteiro Lobato).

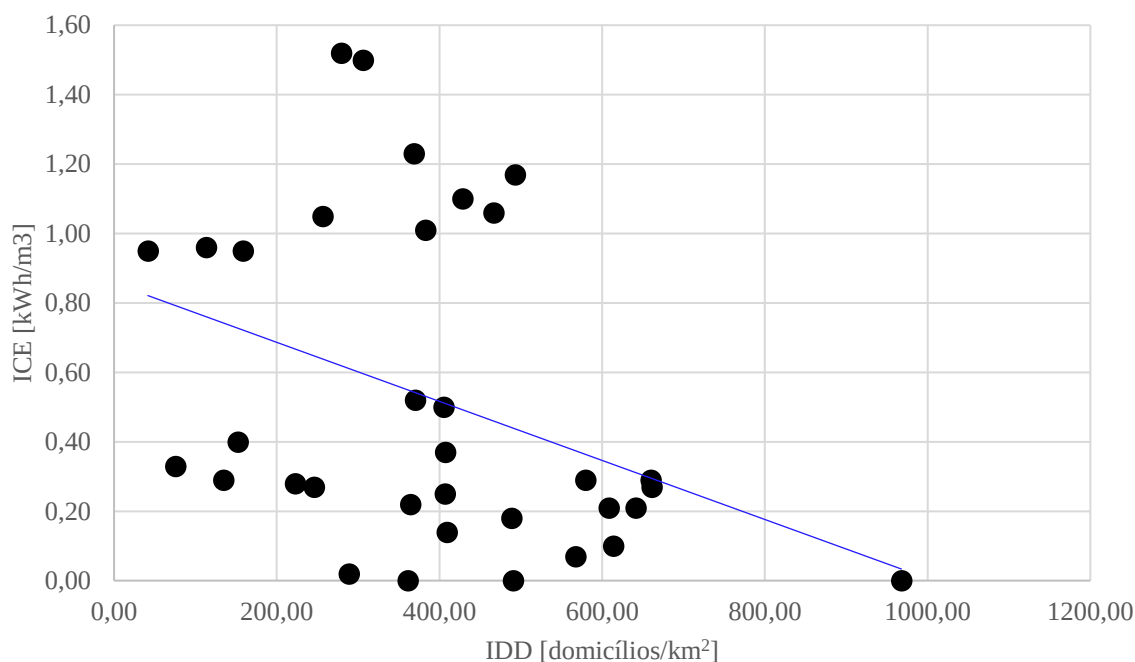
Gráfico 16 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICE do Grupo das 11 cidades.



Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 17 apresenta o diagrama de dispersão com o comportamento entre o Índice de Distribuição de Domicílios e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário.

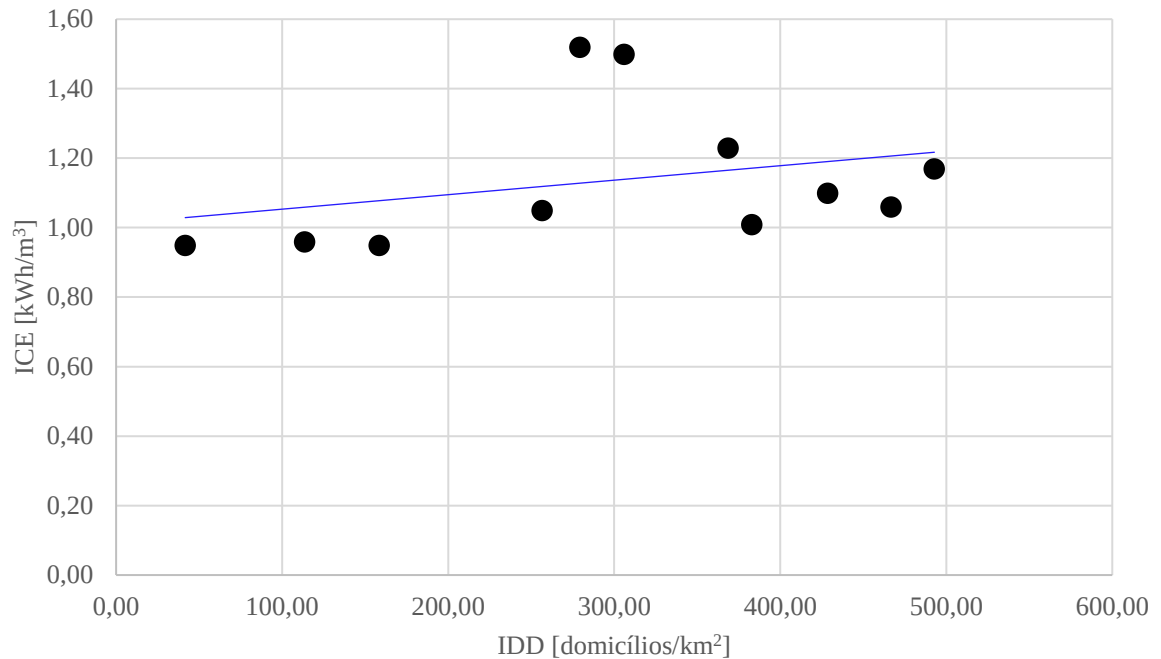
Gráfico 17 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICE



Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar o gráfico, podem ser observados os dados estão bastante dispersos entre si, mas através de uma análise mais abrangente, podem ser observadas duas vertentes de variação de grupos. A primeira variação apresenta uma dispersão de dados do Índice de Distribuição de Domicílios na parte de baixo do gráfico com valores entre 41,62 domicílios/km² (Jambeiro) e 967,70 domicílios/km² (Cruzeiro) caracterizando baixa correlação. Há uma tendência de curva descendente do ICE em relação ao IDD, sendo que a medida que ICE diminui aumentam-se os dados de IDD. O segundo grupo, observado no Gráfico 18, com onze cidades (Arapeí, Campos do Jordão, Caraguatatuba, Jambeiro, Monteiro Lobato, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luiz do Paraitinga, São Sebastião, Tremembé e Ubatuba) apresentou curva aceitável para se obter uma conclusão de que há uma relação mais linear entre os dois indicadores. Os dados de IDD desse grupo variaram entre 41,62 domicílios/km² (Jambeiro) e 492,83 domicílios/km² (Arapeí).

Gráfico 18 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICE do Grupo das 11 cidades.

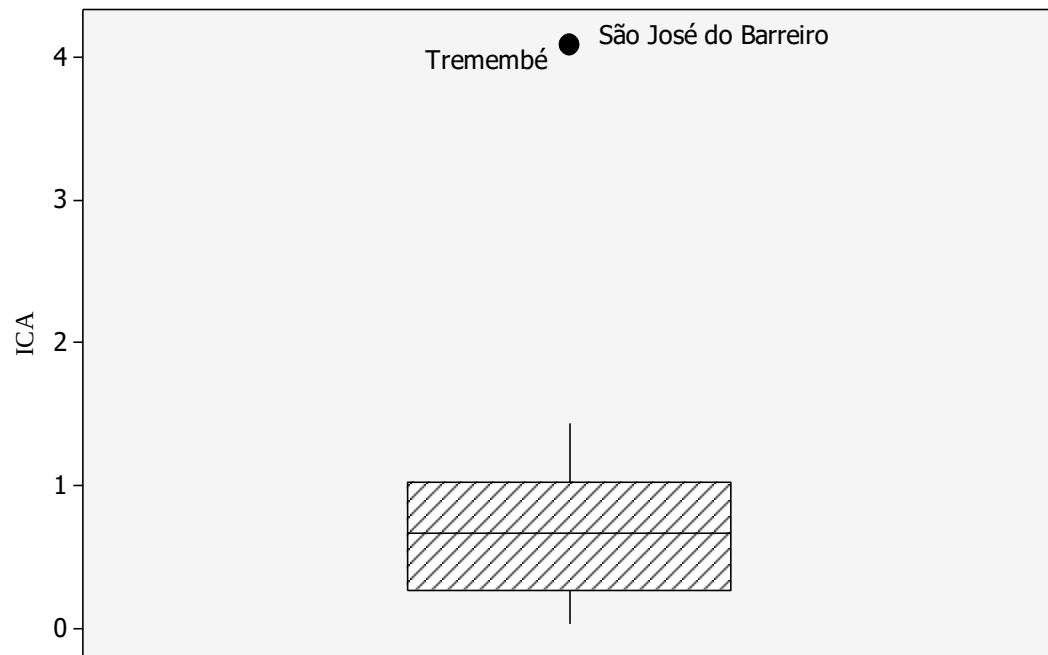


Fonte: Autoria Própria.

4.2.4 Eliminação de dados discrepantes pela análise do Gráfico de Caixa

Para se ter uma melhor interpretação dos dados foi utilizado o conceito de Diagrama em Caixa, com isso foi possível identificar os dados que apresentam uma discrepância que deva ser eliminada das análises por gráficos a fim de se ter uma interpretação mais condizente com o universo dos dados reais. O Gráfico 19 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do ICA.

Gráfico 19 – Diagrama em Caixa aplicado no ICA

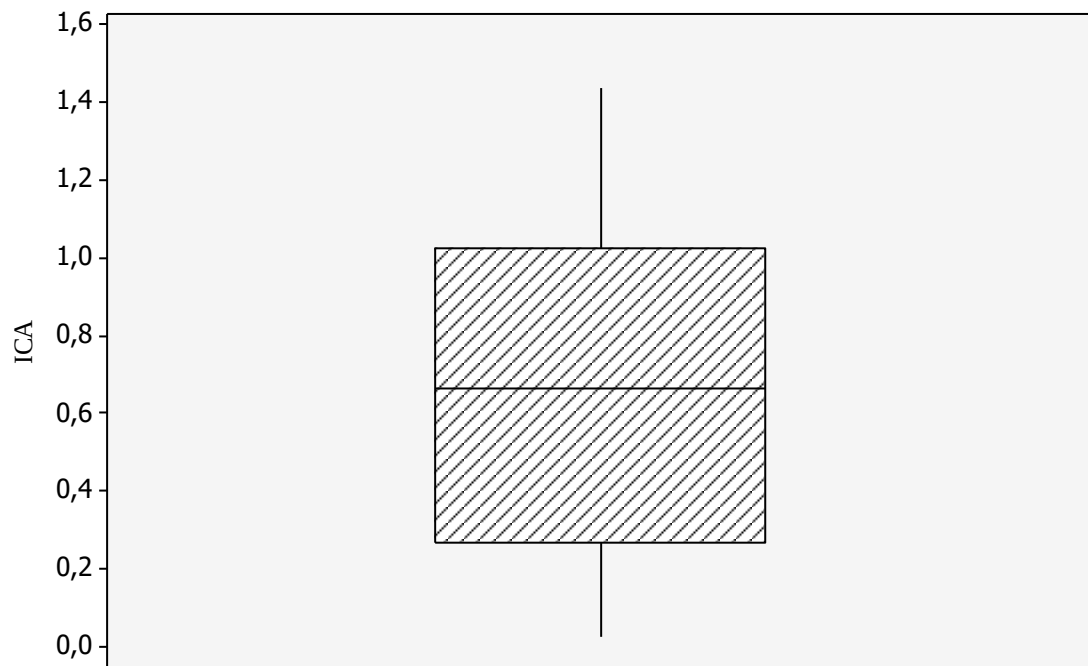


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico 19 foi possível identificar que os dados que representam os ICA. Para as áreas urbanas de São José do Barreiro e Tremembé aparecem como *outliers* acima do intervalo interquartílico caracterizando-se como dados discrepantes.

O Gráfico 20 apresenta o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do ICA eliminando os dados discrepantes.

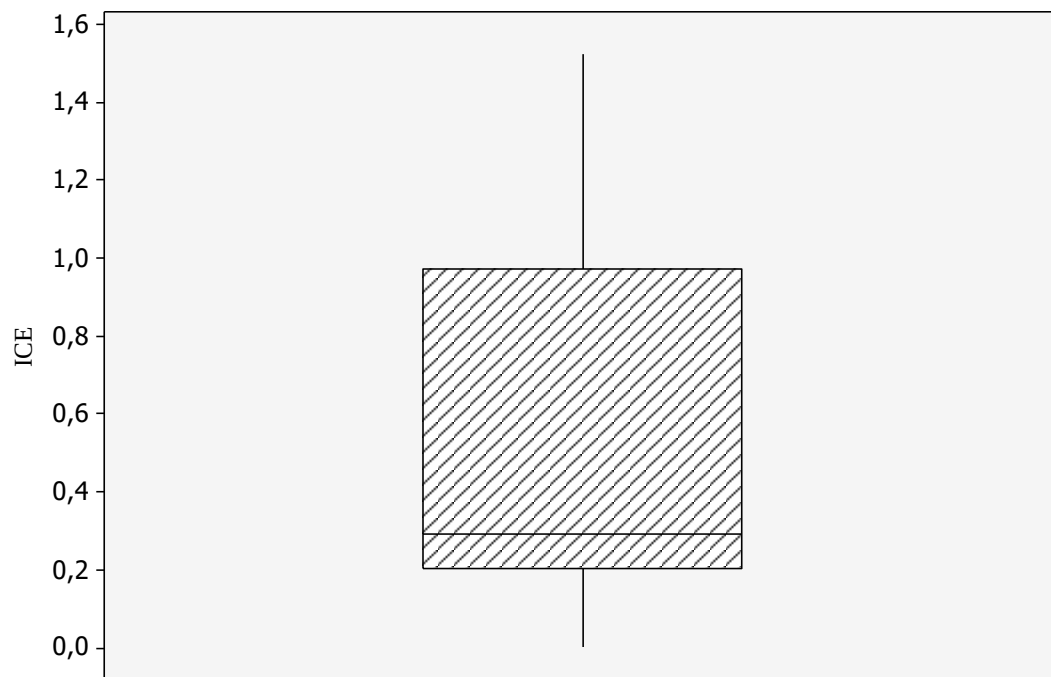
Gráfico 20 – Diagrama em Caixa aplicado no ICA sem dados discrepantes.



Fonte: Autoria Própria

O Gráfico 21 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado no ICE.

Gráfico 21 - Diagrama em Caixa aplicado no ICE

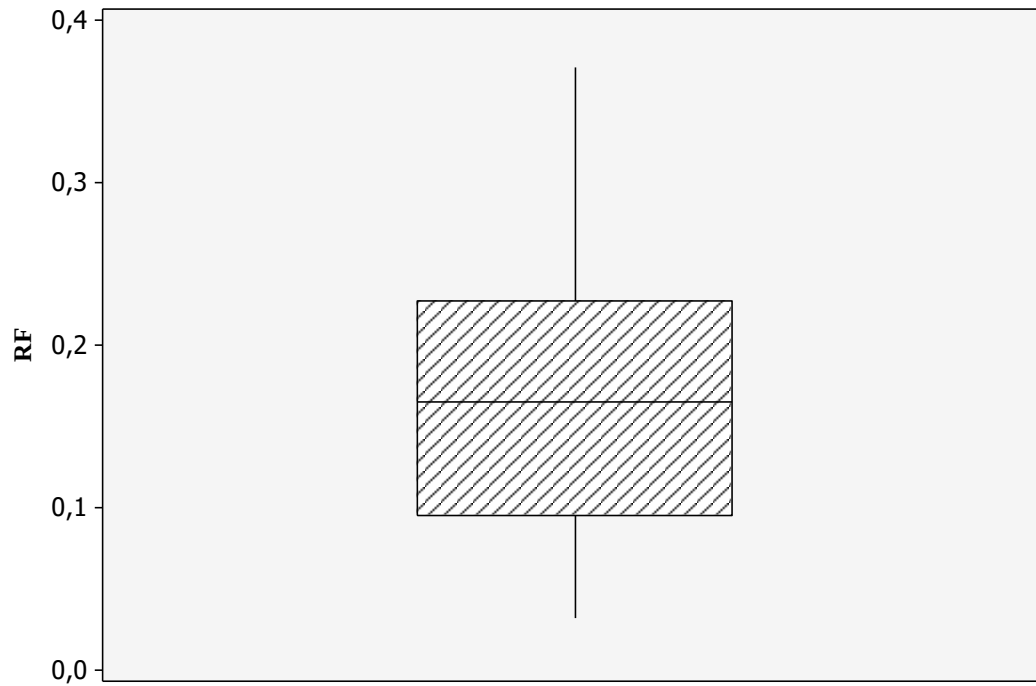


Fonte: Autoria Própria

No Gráfico 21, onde se verifica os dados de ICE não há dados discrepantes.

O Gráfico 22 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do indicador de Relação de Forma.

Gráfico 22 - Diagrama em Caixa aplicado no RF

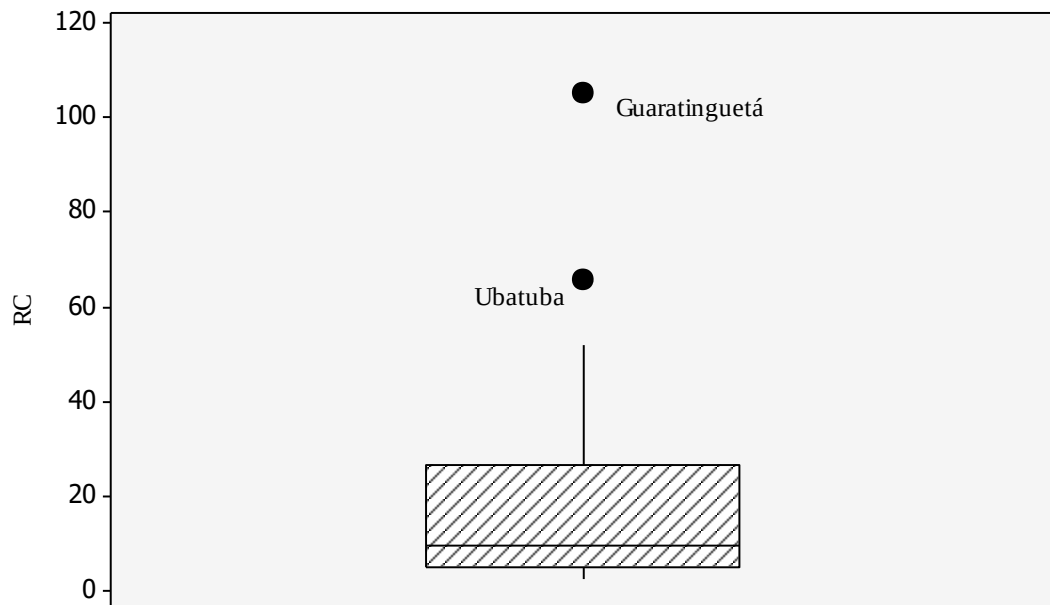


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico onde se analisam os dados do indicador de Relação de Forma não foi identificado nenhum dado discrepante.

O Gráfico 23 apresenta o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do RC.

Gráfico 23 - Diagrama em Caixa aplicado no RC

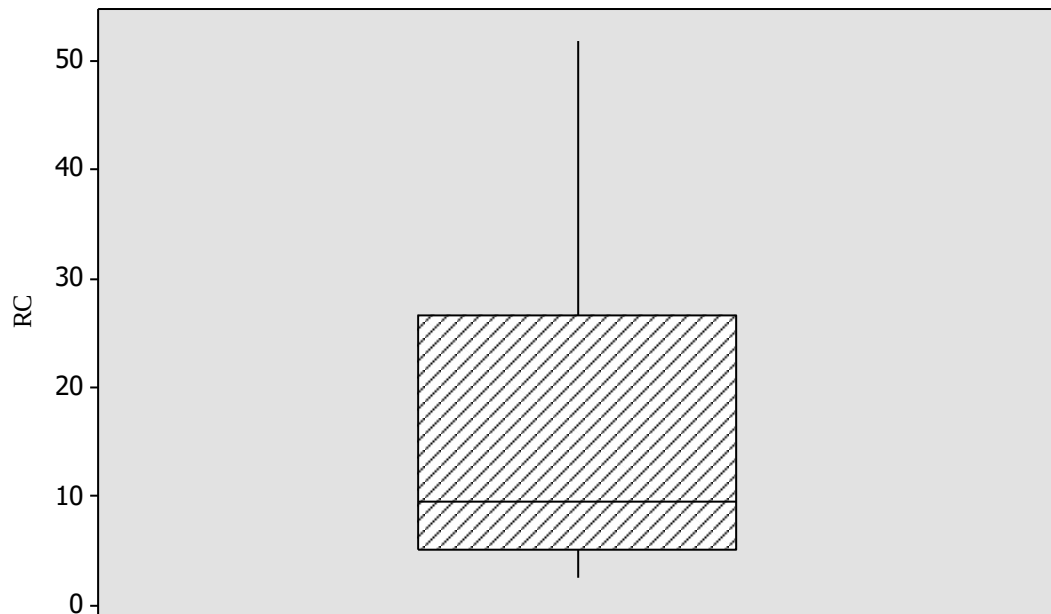


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico 23 foi possível identificar que os dados que representam RC para as áreas urbanas de Guaratinguetá e Ubatuba aparecem como outliers acima do intervalo interquartílico caracterizando-se como dados discrepantes.

O Gráfico 24 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do RC eliminando os dados discrepantes.

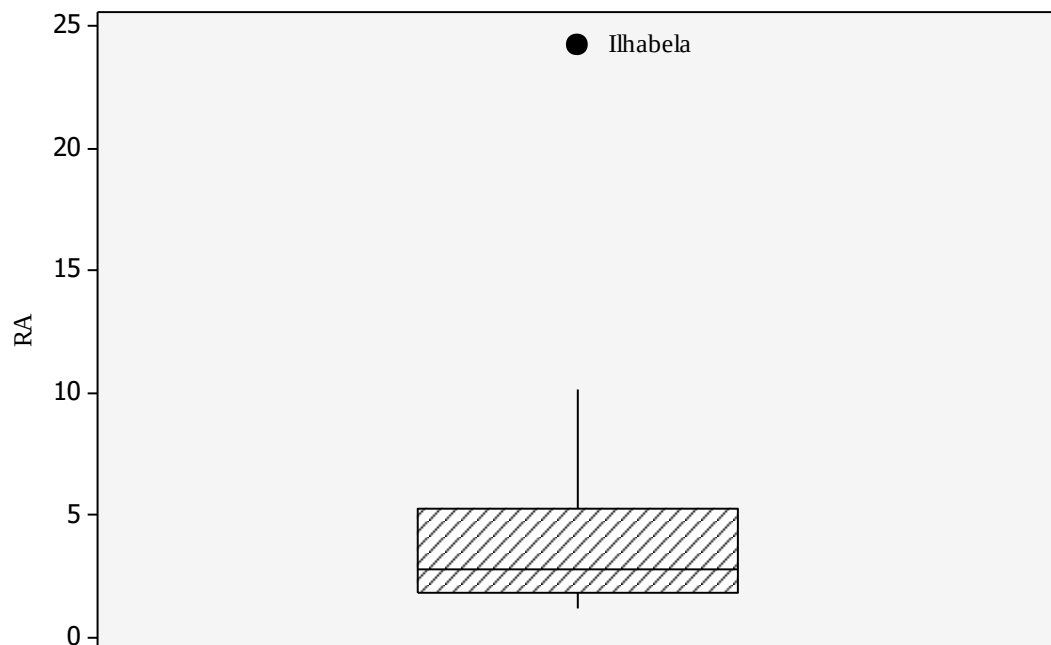
Gráfico 24 - Diagrama em Caixa aplicado no RC sem os dados discrepantes.



Fonte: Autoria Própria

O Gráfico 25 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado no RA.

Gráfico 25 - Diagrama em Caixa aplicado no RA

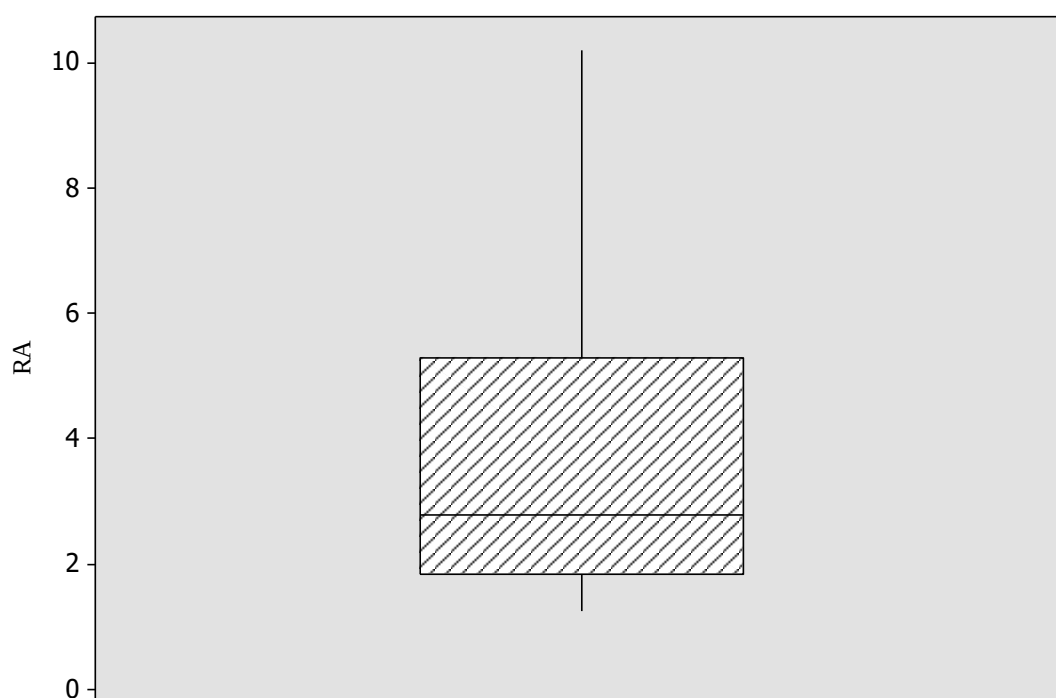


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico 25 foi possível identificar que o dado que representam RA para a área urbana de Ilhabela aparece como *outlier* acima do intervalo interquartílico caracterizando-se como dado discrepante.

O Gráfico 26 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado no RA eliminando o dado discrepante.

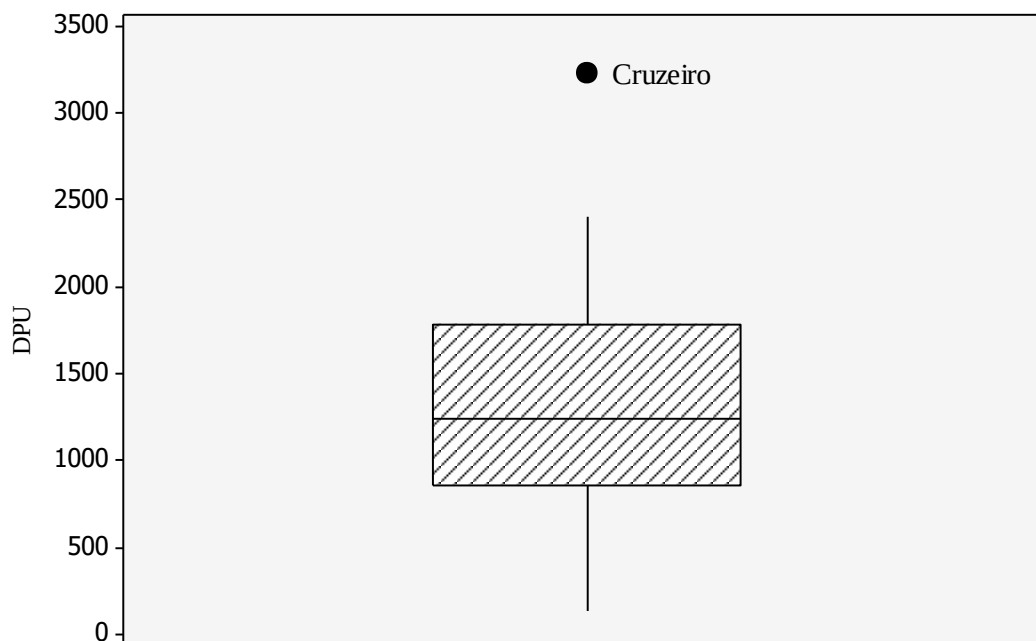
Gráfico 26 - Diagrama em Caixa aplicado no RA sem dado discrepante



Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 27 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do indicador de Densidade da População Urbana.

Gráfico 27 - Diagrama em Caixa aplicado no DPU

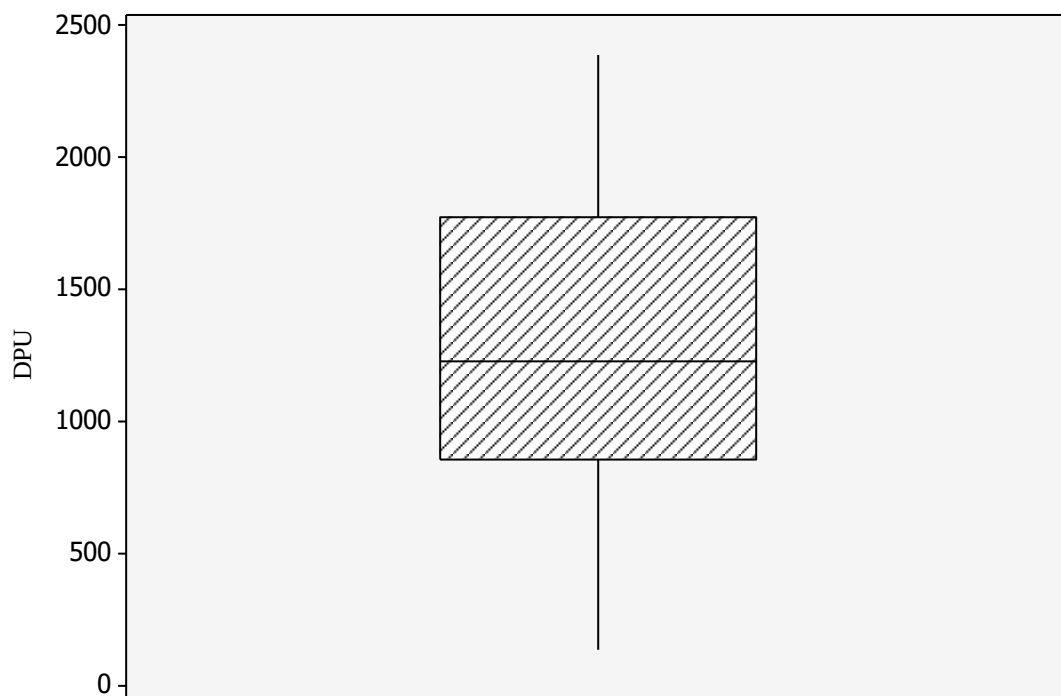


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico 27 foi possível identificar que o dado referente à área urbana de Cruzeiro, que representa o indicador DPU, aparece como *outlier* acima do intervalo interquartílico caracterizando-se com dado discrepante.

O Gráfico 28 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do indicador de Densidade da População Urbana sem apresentar dado discrepante.

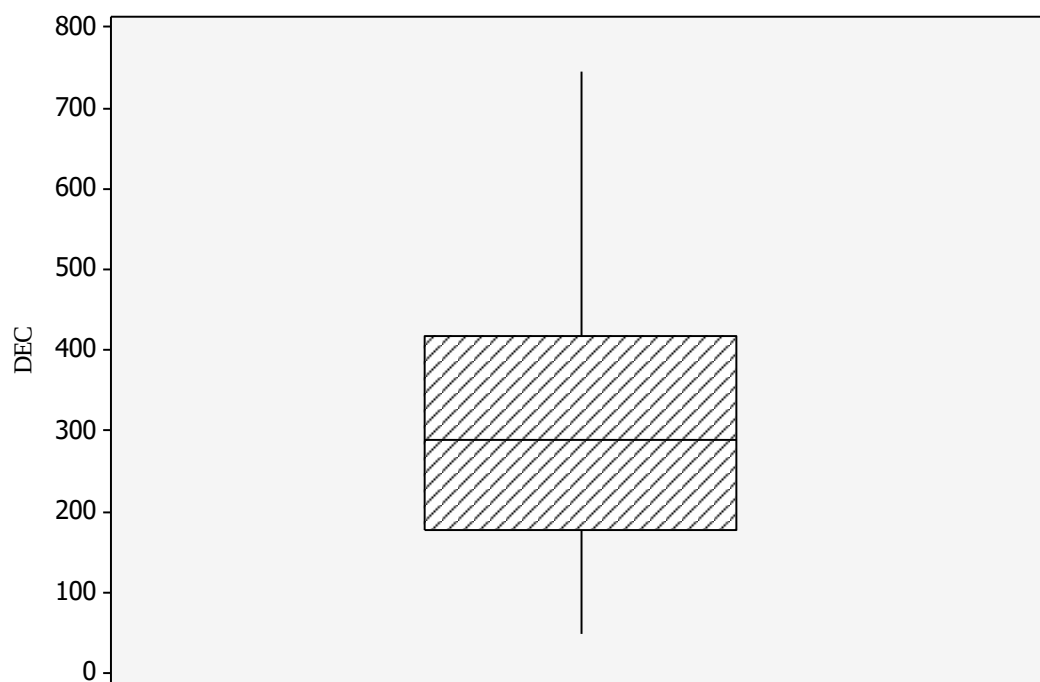
Gráfico 28 - Diagrama em Caixa aplicado no DPU sem dado discrepante.



Fonte: Autoria Própria

O Gráfico 29 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do indicador de Densidade de Emprego dos Centros urbanos.

Gráfico 29 - Diagrama em Caixa aplicado no DEC

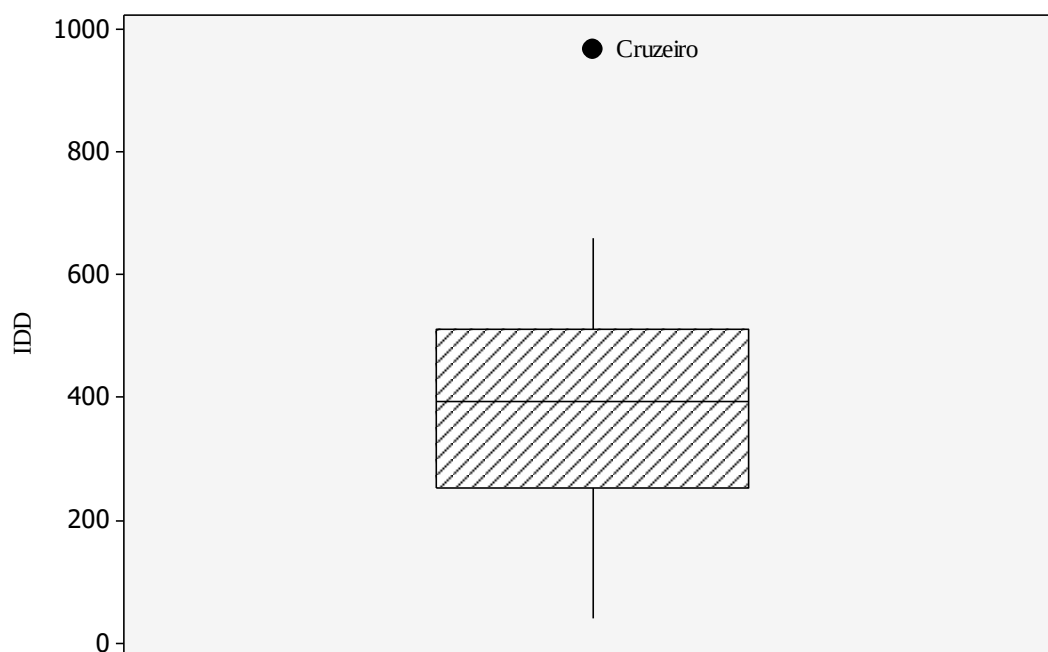


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico onde se analisa os dados do indicador de Densidade de Emprego dos Centros urbanos não foi identificado nenhum dado discrepante.

Gráfico 30 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do Índice de Distribuição de Domicílios.

Gráfico 30 - Diagrama em Caixa aplicado no IDD

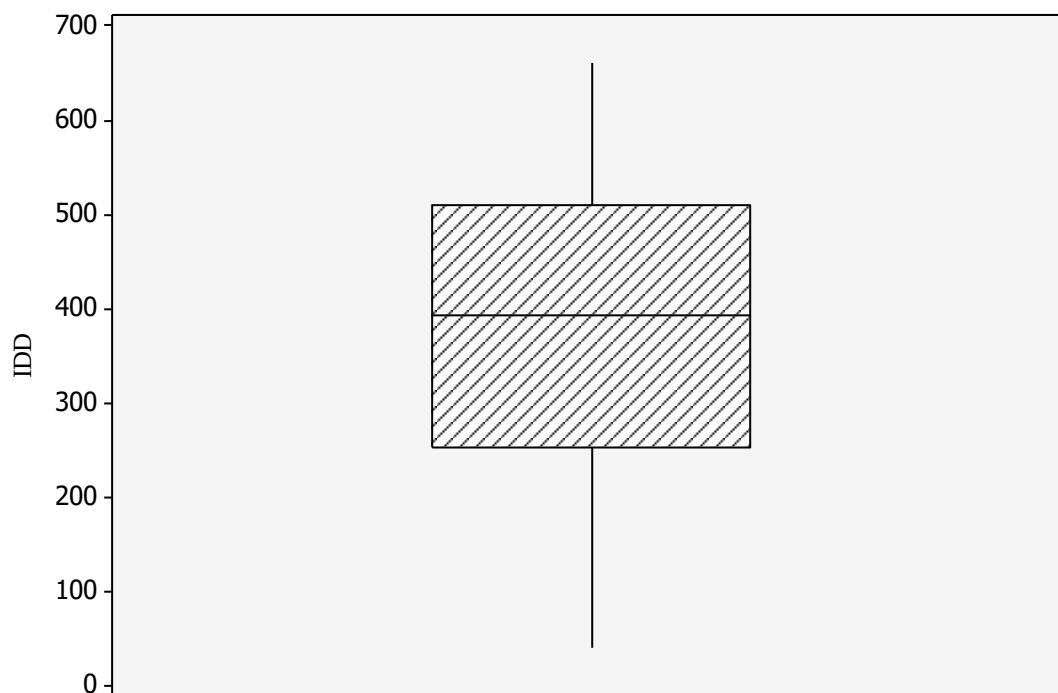


Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico 30 foi possível identificar que o dado referente à área urbana de Cruzeiro, que representa o indicador IDD, aparece como *outlier* acima do intervalo interquartílico caracterizando-se com dado discrepante.

Gráfico 31 ilustra o conceito de Gráfico de Caixa aplicado aos dados do Índice de Distribuição de Domicílios eliminando dado discrepante.

Gráfico 31 - Diagrama em Caixa aplicado no IDD sem dado discrepante



Fonte: Autoria Própria

Nota-se que no Gráfico 31 onde se analisa os dados do indicador de Densidade de Emprego dos Centros urbanos e no Gráfico onde se analisa os dados do Índice de Distribuição de Domicílios não foi identificado nenhum dado discrepante.

4.2.5 Matriz de Correlação sem os dados discrepantes

Sendo a matriz de correlação é essencial para auxílio na interpretação da influência da morfologia e demografia urbana sobre o consumo de energia em sistema de saneamento é necessário apresenta-la sem os dados discrepantes identificados. A tabela 13 representa a matriz de correlação dos resultados dos indicadores da amostra sem os dados discrepantes.

Tabela 13 - Matriz de Correlação dos Resultados

	RF	RC	RA	DPU	DEC	IDD	CEA	CEE	ICA	ICE
RF	1,00									
RC	-0,25	1,00								
RA	-0,62	-0,05	1,00							
DPU	0,22	0,33	-0,16	1,00						
DEC	0,32	0,11	-0,12	0,77	1,00					
IDD	0,22	0,31	-0,16	0,99	0,77	1,00				
CEA	0,47	0,25	-0,26	0,40	0,41	0,39	1,00			
CEE	0,23	0,36	-0,06	0,29	0,29	0,30	0,76	1,00		
ICA	0,31	-0,40	-0,27	-0,21	-0,17	-0,23	0,06	-0,04	1,00	
ICE	-0,28	0,18	0,26	-0,32	-0,29	-0,32	-0,11	0,23	-0,02	1,00

Fonte: Autoria Própria

Analisando a matriz de correlação sem os dados discrepantes percebe-se que há um relacionamento positivo (0,31) bem próximo a zero entre a relação de forma e o ICA. Isso quer dizer que quase há ausência de correlação entre esses dois indicadores. Quando a relação de forma é analisada em relação a ICE o relacionamento negativo (-0,28) é o mesmo da análise com os dados discrepantes mantendo-se a caracterização como ausência de correlação entre esses indicadores.

Na análise do indicador relação de compacidade com o ICA observa-se uma tendência de relacionamento negativo próximo a moderado (-0,40) pelo fator de correlação entre esses dois indicadores estar se aproximando mais do fator delimitador classificatório 0,70. Observando a matriz de correlação pela análise do indicador de relação de compacidade e do ICE nota-se um relacionamento negativo (-0,18) parecido com a análise anterior que leva em consideração todos os dados, o que induz a uma compreensão de ausência de correlação quase que bem definida.

O relacionamento observado na matriz de correlação entre o indicador de relação de alongamento e o ICA é negativo (-0,27) e apesar de ter um novo fator em comparação ao dado da Tabela 12 continua próximo a zero, o que demonstra a compreensão de ausência de correlação entre esses dois indicadores. O relacionamento positivo (0,26) do mesmo indicador de alongamento com o ICE mantém a compreensão de ausência de correlação entre esses dois indicadores conforme a Tabela 12.

A análise pela matriz de correlação entre o indicador de densidade de população urbana e ICA demonstra uma ausência de correlação entre esses indicadores devido ao relacionamento negativo (-0,21), o qual muito próximo a zero induz a essa interpretação. Porém, quando feita a análise do indicador relação de alongamento com o ICE, observa-se um relacionamento negativo (-0,32) diferente da análise anterior que leva em consideração todos os dados, pois esse fator mais próximo a zero, induz a uma compreensão de ausência de correlação quase que bem definida.

Ao se observar a matriz de correlação pela análise do indicador de densidade de emprego de centros urbanos e do ICA, sem os dados discrepantes, ambos apresentam interpretações semelhantes a Tabela 12. Nota-se um relacionamento negativo (-0,17) que traz uma compreensão de ausência de correlação. Sobre a análise desse mesmo indicador de DEC com o ICE, observa-se que também há um relacionamento negativo (0,29) que compreende ausência de correlação entre esses dois indicadores.

A matriz de correlação mostra que o relacionamento entre o índice de distribuição de domicílios e o ICA é negativo (-0,23) e estando muito próximo a zero demonstra a compreensão de ausência de correlação entre esses dois indicadores, assim como na Tabela 12. Porém, quando feita a análise do índice de distribuição de domicílios relação de alongamento com o ICE, observa-se uma tendência (-0,32), que indica ausência de correlação entre esses dois indicadores.

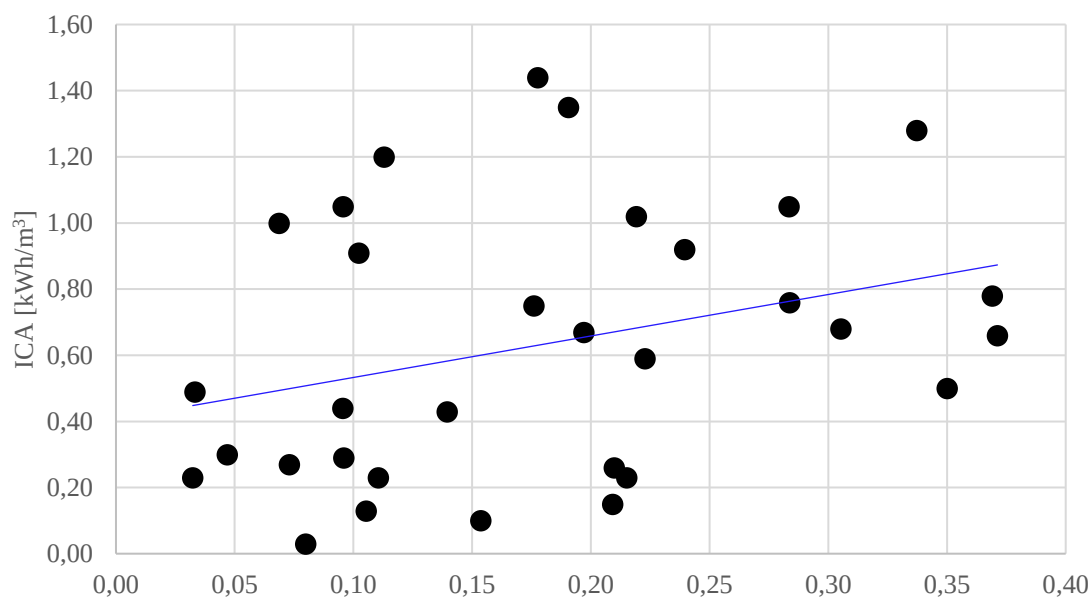
Novamente foram elaborados e demonstrados a seguir diversos gráficos que têm a finalidade de ilustrar esses comportamentos, sem os dados discrepantes entre cada indicador morfológico e demográfico e os indicadores de consumo de energia tanto de água quanto de esgoto.

4.2.6 Análise do ICA em relação aos indicadores morfométricos e demográficos sem os dados discrepantes

Para verificar se a retirada dos dados discrepantes modificou alguma tendência de curva mudando o panorama da correlação, foi realizada uma nova análise, porém somente dos gráficos afetados pela ausência dos *outliers* referentes ao ICA em relação aos indicadores morfométricos e demográficos.

O Gráfico 32 ilustra o diagrama de dispersão com o comportamento entre o indicador de relação de forma e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água sem dado discrepante.

Gráfico 32 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RF e ICA sem dado discrepante

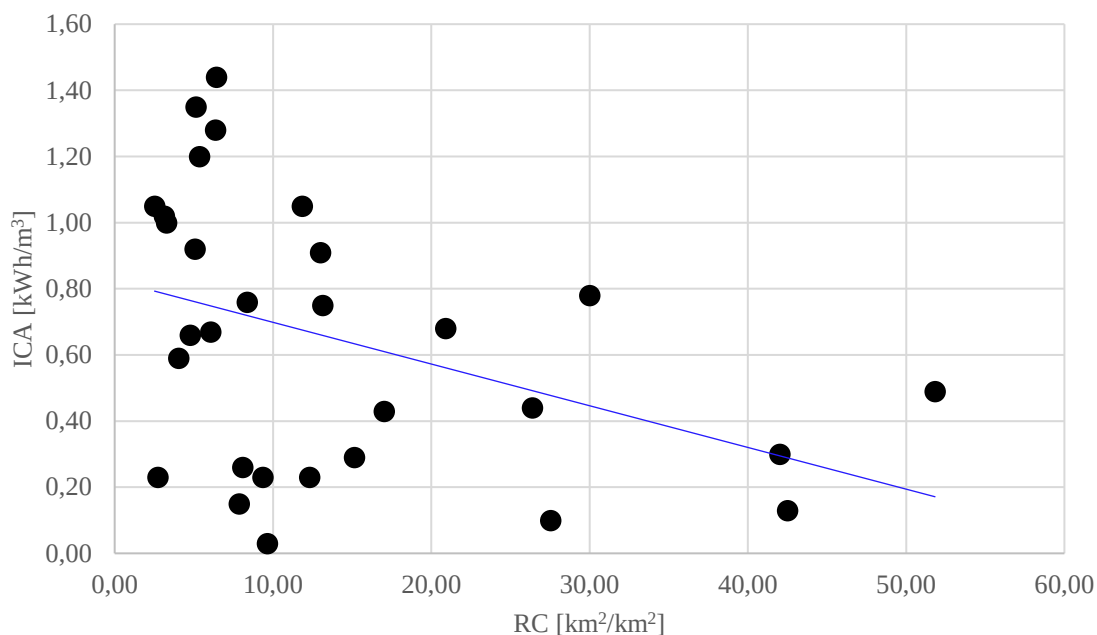


Fonte: Autoria Própria

Os dados demonstram que a medida que o indicador de relação de forma vai crescendo há uma perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água também aumente. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico a mudança a torna tendência de curva ascendente do ICA em relação ao RF.

O Gráfico 33 ilustra o diagrama de dispersão entre o indicador Relação de Compacidade e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água sem dado discrepante.

Gráfico 33 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICA sem dado discrepante

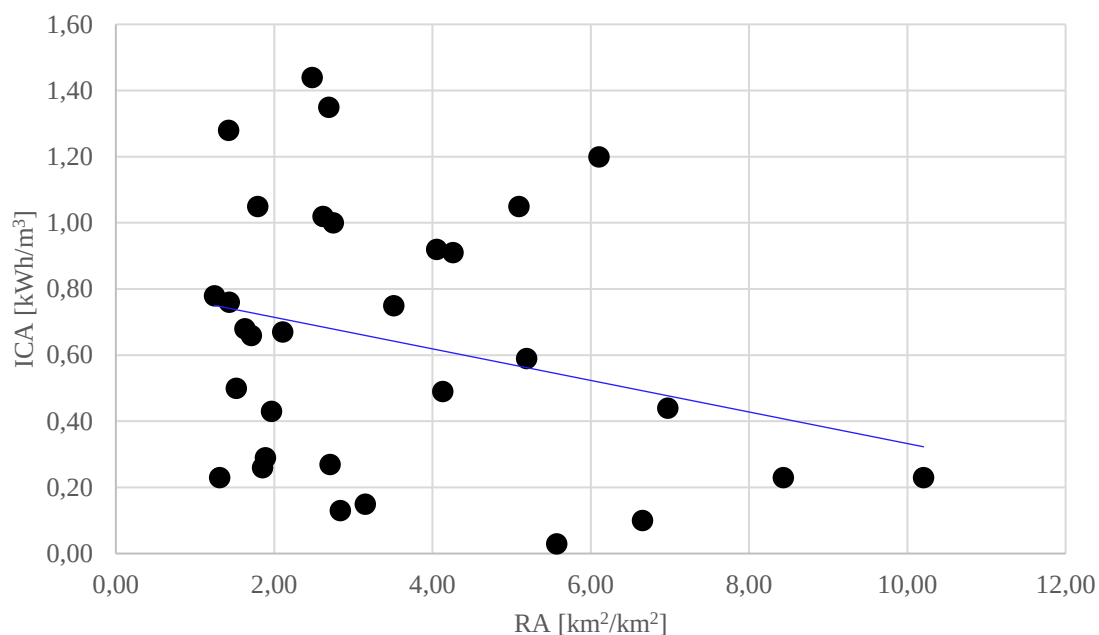


Fonte: Autoria Própria

Os dados observados demonstram um comportamento que a medida que o indicador de Relação de Compacidade vai crescendo há uma perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água vá diminuindo. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa tendência de curva se mantém.

O Gráfico 34 ilustra o diagrama de dispersão entre a Relação de Alongamento e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água sem dado discrepante.

Gráfico 34 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICA sem dado discrepante

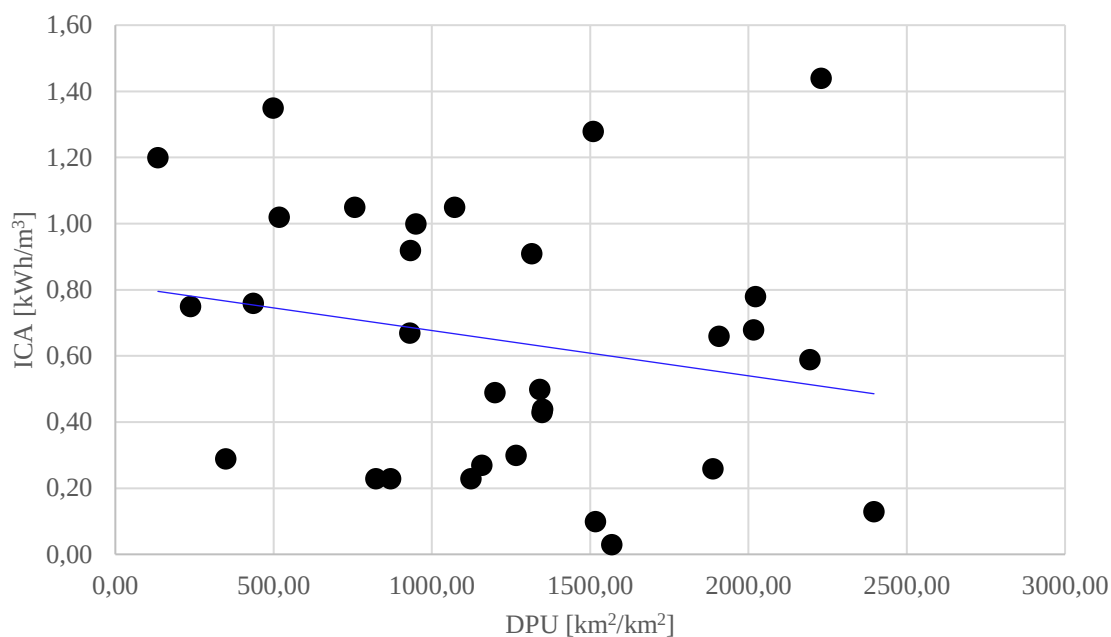


Fonte: Autoria Própria

Esse comportamento indica que a medida que o indicador de Relação de Alongamento vai crescendo há uma perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água vá diminuindo. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa mesma inclinação de curva se mantém.

O Gráfico 35 ilustra o diagrama de dispersão entre os indicadores Densidade de População Urbana e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água sem dado discrepante.

Gráfico 35 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICA sem dado discrepante

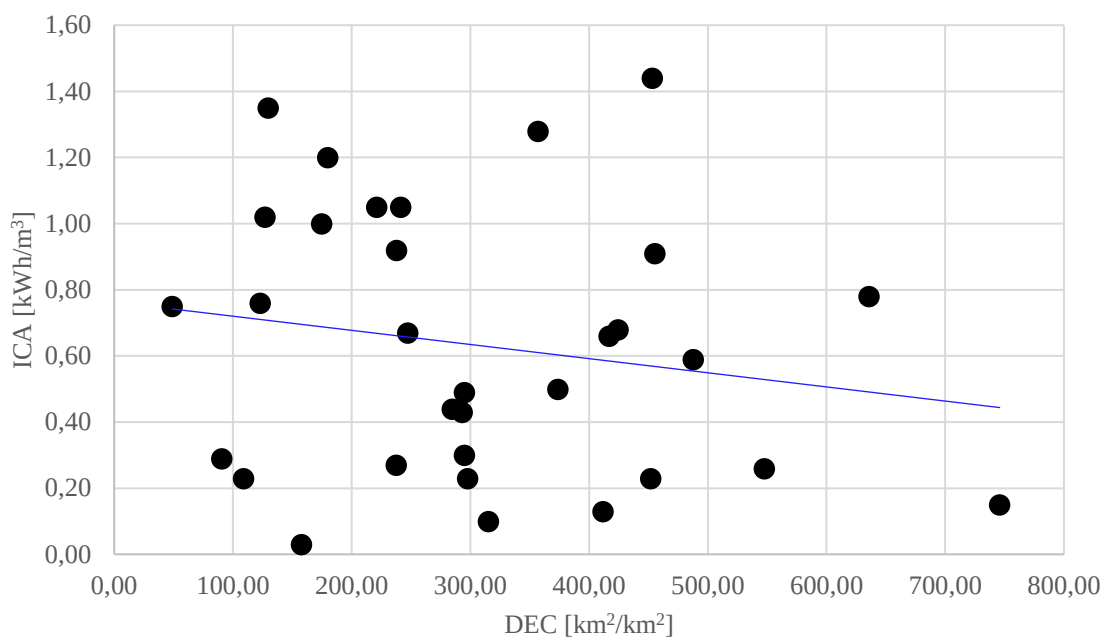


Fonte: Autoria Própria

O comportamento observado através dos dados demonstra que a medida que o indicador de Densidade de População Urbana vai crescendo há uma fraca perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água vá diminuindo. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa mesma inclinação de curva se mantém.

O Gráfico 36 ilustra o diagrama de dispersão entre os indicadores Densidade de Emprego de Centros Urbanos e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água sem dado discrepante.

Gráfico 36 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DEC e ICA sem dado discrepante

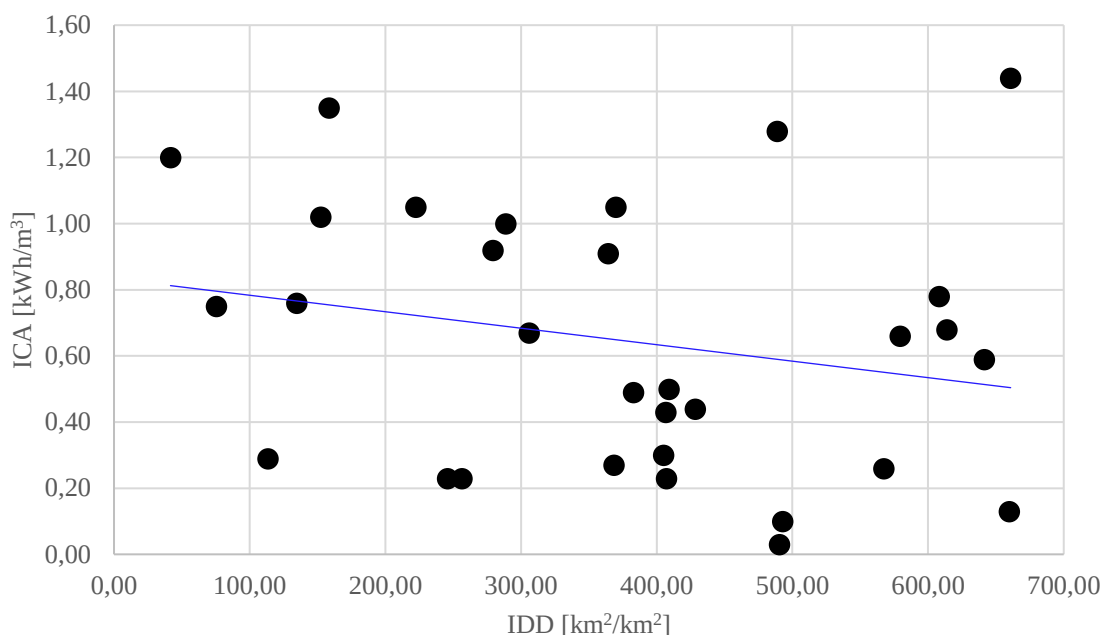


Fonte: Autoria Própria

Os dados observados demonstram que a medida que o indicador Densidade de Emprego de Centros Urbanos vai crescendo há uma fraca perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água vá diminuindo. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa mesma inclinação de curva se mantém.

O Gráfico 37 ilustra o diagrama de dispersão entre o Índice de Distribuição de Domicílios urbanos e Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de Água sem dado discrepante.

Gráfico 37 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICA sem dado discrepante



Fonte: Autoria Própria

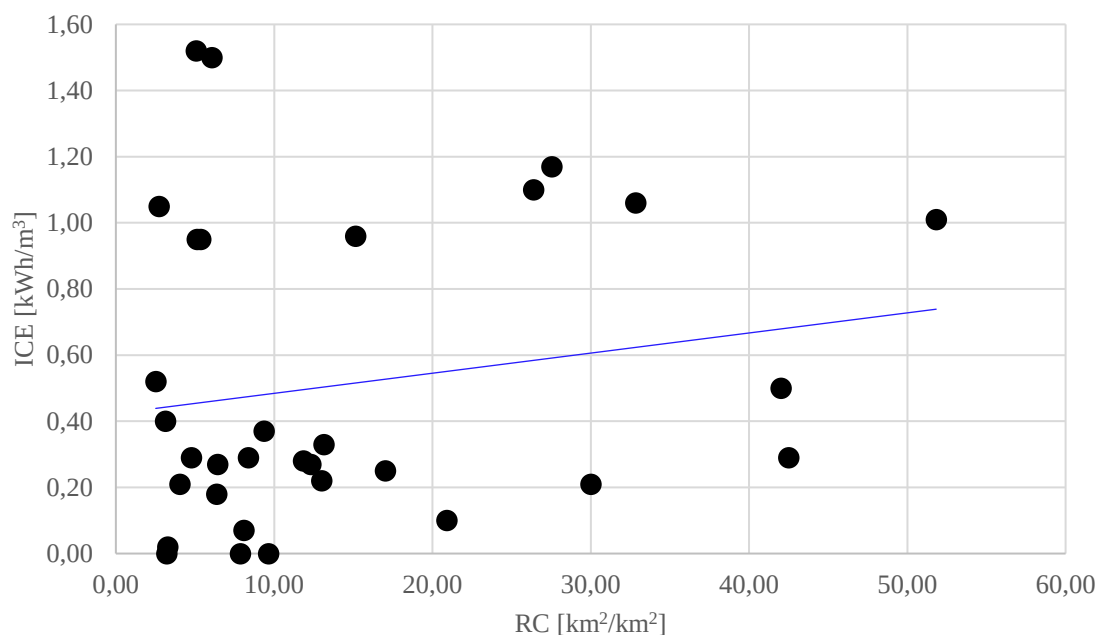
Os dados observados demonstram que a medida que o Índice de Distribuição de Domicílios urbanos vai crescendo há uma fraca perspectiva de que a Consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de Água vá diminuindo. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa mesma inclinação de curva se mantém.

4.2.7 Análise do ICE em relação aos indicadores morfométricos e demográficos sem os dados discrepantes

Para verificar se a retirada dos dados discrepantes modificou alguma tendência de curva mudando o panorama da correlação, foi realizada uma nova análise, porém somente dos gráficos afetados pela ausência dos *outliers* referentes ao ICE em relação aos indicadores morfométricos e demográficos.

O Gráfico 38 ilustra o diagrama de dispersão entre a Relação de Compacidade e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário sem dado discrepante.

Gráfico 38 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RC e ICE sem dado discrepante

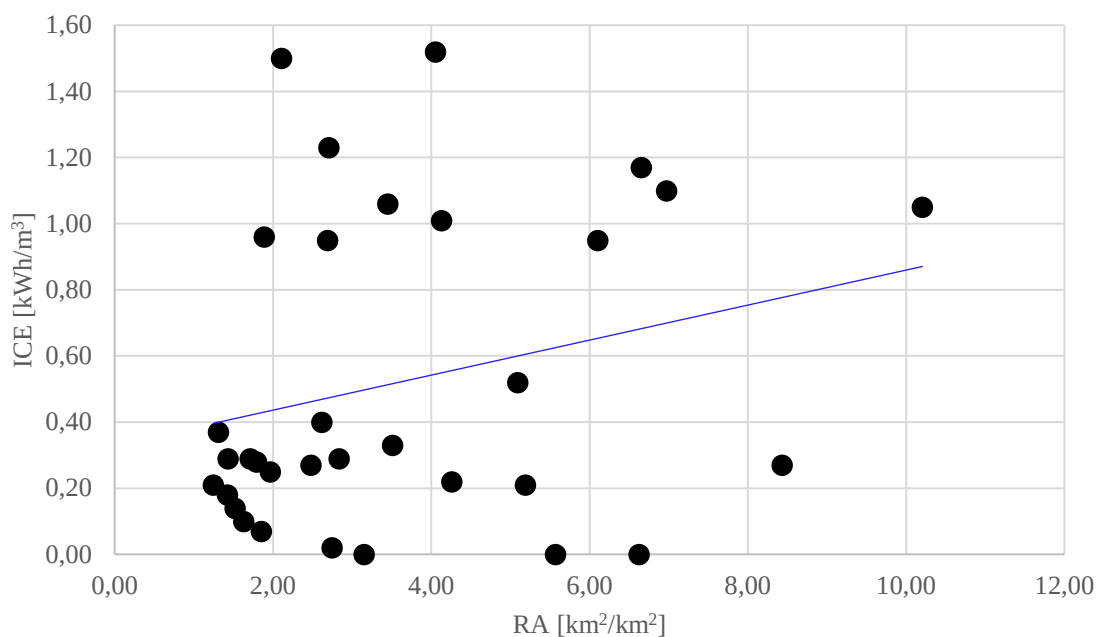


Fonte: Autoria Própria

Os dados observados denotam o comportamento entre os indicadores. A medida que o indicador de Relação de Compacidade vai crescendo há uma perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário também aumente. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva ascendente, neste gráfico essa tendência de curva se mantém.

O Gráfico 39 ilustra a verificação o diagrama de dispersão entre o indicador Relação de Alongamento e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário sem dado discrepante.

Gráfico 39 - Diagrama de Dispersão dos indicadores RA e ICE sem dado discrepante

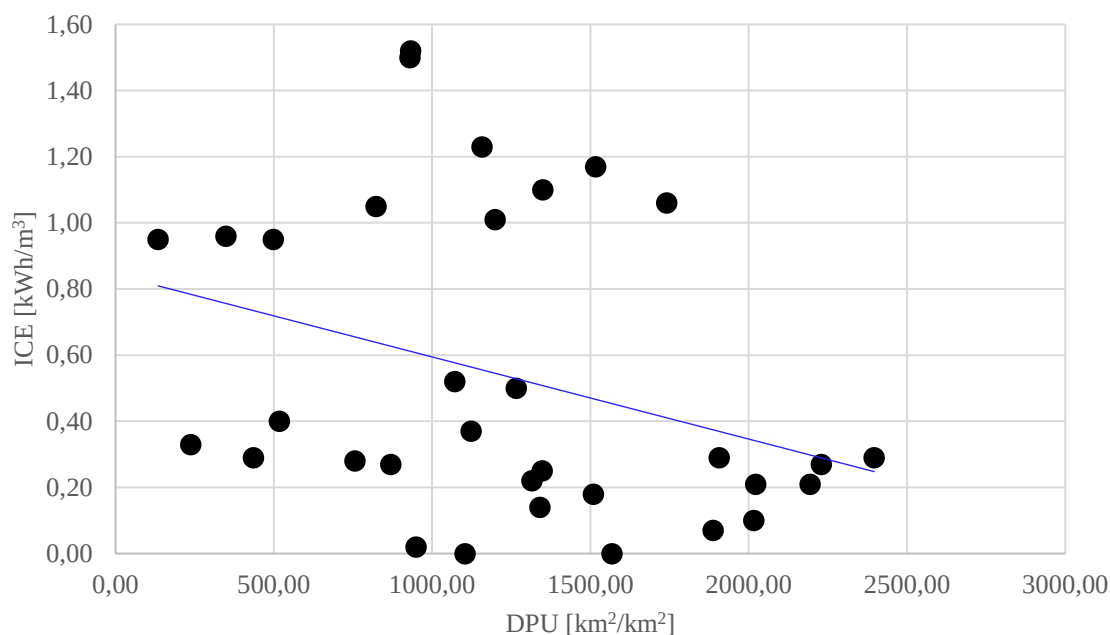


Fonte: Autoria Própria

A medida que o indicador de Relação de Compacidade vai crescendo há uma perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário também aumente. A tendência anterior, com os dados discrepantes era de curva ascendente, neste gráfico essa tendência de curva permanece.

O Gráfico 40 ilustra o diagrama de dispersão entre o indicador de Densidade de População Urbana e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário sem dado discrepante.

Gráfico 40 - Diagrama de Dispersão dos indicadores DPU e ICE sem dado discrepante

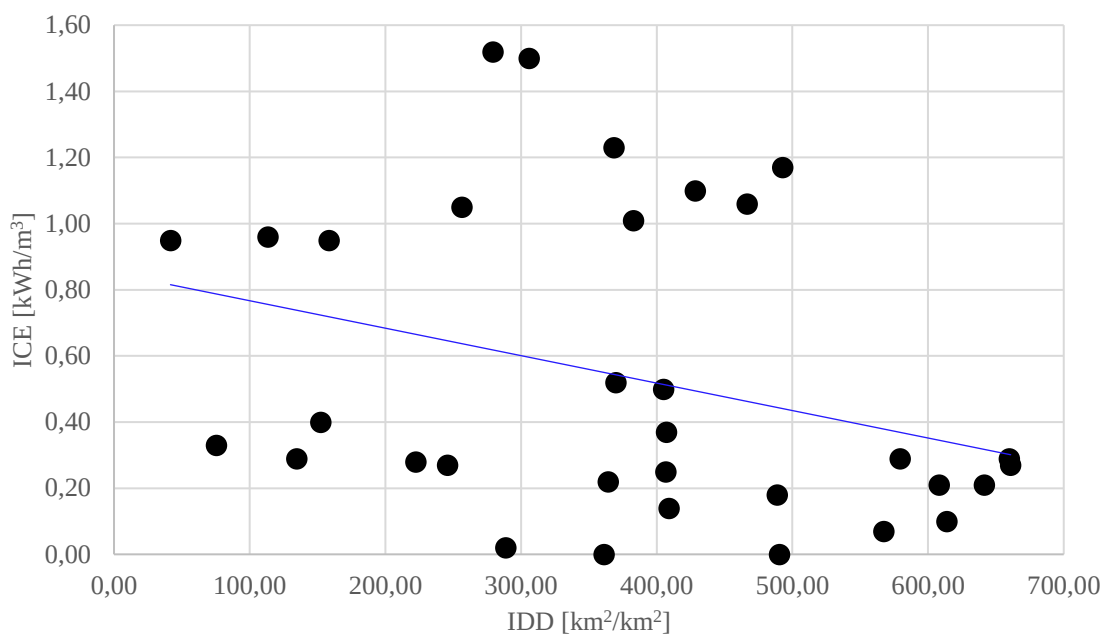


Fonte: Autoria Própria

A medida que o indicador de Relação de Compacidade cresce há uma perspectiva de que o Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário diminua. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa tendência de curva permaneça

O Gráfico 41 ilustra o diagrama de dispersão entre o Índice de Distribuição de Domicílios e o Índice de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário sem dado discrepante.

Gráfico 41 - Diagrama de Dispersão dos indicadores IDD e ICE sem dado discrepante



Fonte: Autoria Própria

Os dados observados demonstram que de forma que o Índice de Distribuição de Domicílios vai cresce a perspectiva de Consumo de energia elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário diminui. A tendência que, anteriormente com os dados discrepantes era de curva descendente, neste gráfico essa tendência de curva continua a mesma.

5 CONCLUSÕES

Este estudo foi bastante satisfatório quanto a sua missão de ser ponto de partida para o desenvolvimento deste tipo de tema. Há de se destacar que o uso das ferramentas apresentadas neste trabalho se apresentou de forma interessante, porque se tratam de ferramentas gratuitas e facilmente disponíveis pela rede de computadores e isso pode facilitar na colaboração com diversos estudos de qualquer área de trabalho.

As informações coletadas nas bases de dados oficiais verificadas e as ferramentas utilizadas possibilitam fomentar uma estratégia de planejamento de saneamento urbano adequado afim de proporcionar a redução no consumo de energia. As bases de dados oficiais forneceram informações atualizadas e confiáveis a quase todos os municípios da análise, sendo que apenas 5 municípios de 39 totais deixaram de fazer parte da amostra devido à falta de algum dado essencial para os cálculos dos resultados.

As relações entre a forma e a demografia urbana em relação ao uso da eletricidade para o provimento de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas cidades da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo, não se apresentaram bem definidas, porém algumas tendências e perspectivas puderam ser observadas que demonstram poucas vezes uma baixa correlação e na maioria das vezes ausência de correlação entre os indicadores estudados.

Nesta análise pode ser observado que o indicador de consumo de energia em sistema de abastecimento de água apresentou dados mais concentrados dentro do diagrama de dispersão do que o indicador de consumo de energia elétrica em sistema de esgotamento sanitário que por sua vez apresentou dois grupos distintos dentro do mesmo gráfico. Outra verificação foi a presença de dados discrepantes de algumas cidades que foram removidos para permitirem uma observação mais fidedigna com o aspecto geral da amostra. No geral a interpretação desses diagramas demonstrou ausência de correlação entre os indicadores.

A conclusão que pode se chegar, através do resultado deste trabalho é de que a forma urbana e sua demografia precisam ser melhor estudadas, com a inserção de outras possíveis variáveis urbanas, que sejam identificadas como influenciadoras no consumo de energia em sistema de saneamento. As variáveis apresentadas nesse estudo, por si só não se demonstraram totalmente influenciadoras e tão determinantes que delimitem a interpretação por seus resultados. Pode ser necessário fazer uma comparação com diversos outros fatores, talvez até não matemáticos, para que a forma urbana e a demografia possam revelar essa influência no consumo de energia.

O desenvolvimento de uma cidade está suscetível a inferências que podem realizar uma mutação nas suas características e modificar as tendências do seu desenvolvimento, tais como culturais, políticos, econômicos, sociais e ambientais, aspectos estes que proporcionam o equilíbrio sustentável.

Os indicadores morfométricos identificados na análise foram utilizados pela primeira vez para esse tipo de estudo, o que faz com que este trabalho seja a abertura para outros que porventura possam tentar identificar as relações de morfologia e demografia urbana com consumo de energia em sistema de saneamento, com estudo através de novas amostras e ou novos indicadores.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: Panorama nacional. Brasília: ANA, Engecorps, Cobrape, 2010.
- BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, Seção 1, n. 133, p. 1, jul. 2001.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.
- ABREU, C. DE. Capítulos da História Colonial. 2010.
- ALMEIDA, A. F. DE. A viagem de José Gonçalves da Fonseca e a cartografia do rio Madeira (1749-1752). Anais do Museu Paulista, v. 17, n. 2, p. 215–235, 2009.
- DE ANDRADE, R. DE C. G.; MAIA, D. S. Desenho urbano inicial das cidades pequenas do sertão da Paraíba : O caso do povoado do Boqueirão do Curema. , v. 20, p. 121–130, 2011.
- BARBARÁ, S.; LEITÃO, M. C. DA S.; FILHO, J. R. F. A governança regional em turismo: realidade? Estudo de caso sobre o destino Estrada Real. Cadernos EBAPE.BR, v. 5, n. 4, p. 1–16, 2007. Rio de Janeiro.
- BASTOS, R. A. O urbanismo conveniente luso-brasileiro na formação de povoações em Minas Gerais no século XVIII. Anais do Museu Paulista. São Paulo, v. 20, n. 1, p. 201–230, 2012.
- BELCHIOR, E. Estácio de Sá e a Fundação do Rio de Janeiro. História, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 77–100, 2008.
- CARRARA, A. A. Antes das Minas Gerais. Varia História, v. 23, p. 574–596, 2007. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.fafich.ufmg.br/varia/revista/>>. .
- CARRARA, A. A. A população do Brasil, 1570–1700: uma revisão historiográfica. , p. 1–21, 2014.
- CUNHA, J. M. P. DA. Migração e urbanização no Brasil Alguns desafios metodológicos para análise. Revista: São Paulo em Perspectiva, v. 19, p. 3–20, 2005.
- ECHENIQUE, M. M. H.; HARGREAVES, A. J. A.; MITCHELL, G.; NAMDEO, A. Growing Cities Sustainably. Journal of the American Planning Association, v. 78, n. 2, p. 121–137, 2012.
- FARMANI, R.; BUTLER, D. Implications of Urban Form on Water Distribution Systems Performance, 2013.

FIGUEIREDO, M. P. Mestrado em Engenharia Civil, 2009. UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO.

FILION, Y. R. Impact of Urban Form on Energy Use in Water Distribution Systems. *Journal of Infrastructure Systems*, v. 14, n. 4, p. 337–346, 2008.

GUIMARÃES, P. R. B. Estimação de Parâmetros. *Métodos Quantitativos Estatísticos*, p. 19–23, 2008.

HUANG, J.; LU, X. X.; SELLERS, J. M. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, v. 82, n. 4, p. 184–197, 2007.

LARSON, W.; YEZER, A. The energy implications of city size and density. *Journal of Urban Economics*, v. 90, p. 35–49, 2015. Elsevier Inc.

LEE, S.; LEE, B. The influence of urban form on GHG emissions in the U.S. household sector. *Energy Policy*, v. 68, p. 534–549, 2014. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.024>>. .

LENCIONI, S. No Title. A FORMAÇÃO DE UMA MEGALÓPOLE EM CURSO? RIO DE JANEIRO E SÃO PAULO, p. 1–15, 2014.

LIRA, S. A. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. *Setores de Ciências Exatas e de*, p. 209, 2004. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Análise+de+correlação?o+a+abordagem+teórica+e+de+construção+dos+coeficientes+com+aplicações#0>>. .

LIU, X.; SWEENEY, J. Modelling the impact of urban form on household energy demand and related CO₂ emissions in the Greater Dublin Region. *Energy Policy*, v. 46, p. 359–369, 2012. Elsevier.

LIU, Y.; SONG, Y.; ARP, H. P. Examination of the relationship between urban form and urban eco-efficiency in china. *Habitat International*, v. 36, n. 1, p. 171–177, 2012. Elsevier Ltd.

MARIA, D.; MONTEIRO, A. Visões literárias da cidade da Bahia Visões literárias da Cidade da Bahia. , 2004.

MARIA, I.; CARVALHO, M. DE. As “Cidades de Salvador”. 2008.

MARINS, K.; ROMÉRO, M. Integration of urban morphology constraints in the development of a methodology for urban energy planning. , p. 117–137, 2012.

MARTILLI, A. An idealized study of city structure, urban climate, energy consumption, and air quality. *Urban Climate*, v. 10, p. 430–446, 2014. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2014.03.003>>.

MARTINIÈRE, G. São Luís , capital do Maranhão , capital sonhada de uma “ França

equinoxial” , p. 252–263, 2011.

MARTINS LEMOS, T. A.; BONHOMME, M.; ADOLPHE, L. Análise do impacto da morfologia urbana na demanda estimada de energia das edificações: um estudo de caso na cidade de Maceió, AL. *Ambiente Construido de Porto Alegre*, v. V. 13, N., p. 213–233, 2013.

MEDRANO, R. H. Notas sobre a América do Sul na historiografia urbana brasileira Notas sobre a América do Sul na historiografia urbana brasileira. 2009.

NOGUEIRA VILANOVA, M. R.; PERRELLA BALESTIERI, J. A. Energy and hydraulic efficiency in conventional water supply systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 30, p. 701–714, 2014. Elsevier.

OLIVEIRA, A. DE; RODRIGUES, A. O. Industrialização na periferia da Região Metropolitana do Rio de Janeiro : novos paradigmas para velhos problemas, v. 24, n. 24, p. 127–143, 2009.

OLIVEIRA, D. A. M. DE. Discurso e planejamento urbano no brasil. XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina, p. 1–15, 2011.

OLIVEN, R. G. Cultura E Modernidade No Brasil. *São Paulo em Perspectiva*, v. 15, n. 2, p. 3–12, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO. PLANO MUNICIPAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO. 2013.

PRIORI, A.; POMARI, L. R.; AMÂNCIO, S. M.; IPÓLITO, V. K. A imigração. *História do Paraná SÉCULOS XIX E XX*. p.35–46, 2012. Maringá: Eduem.

QUINTO JR, L. D. P. Nova legislação urbana e os velhos fantasmas. *Estudos Avançados*, v. 17, n. 47, p. 187–196, 2003.

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. *Revista de Administração Pública*, v. 41, n. 2, p. 255–271, 2007.

ROSSETTO, P. F. Reconstituição do traçado da “ estrada dos Goias ” no trecho da atual mancha urbana de Campinas 1. , p. 141–191, 2006.

SCHÜRMANN, B. Urbanização colonial na América Latina: cidade planejada versus desleixe e caos. 1999.

SILVA, L. T.; OLIVEIRA, M.; SILVA, J. F. Urban form indicators as proxy on the noise exposure of buildings. , v. 76, p. 366–376, 2014.

STAMM, C. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil , p. 251–265, 2012.

STEVENSON, W. J. Estatística aplicada a administraç{o}. book, HARBRA, 1981.

TREMembÉ, P. M. DE. Plano municipal integrado de saneamento básico Tremembé. 2013.

APÊNDICE – Imagens de satélite das 34 cidades da amostra (RMVPLN), com suas áreas urbanas interpretadas.





