



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/07.12.19.05-TDI

**POTENCIAL E LIMITAÇÕES DOS DADOS DE LUZES  
NOTURNAS EM APOIO AO PLANEJAMENTO  
TERRITORIAL: UM ESTUDO PARA A REGIÃO  
METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E  
LITORAL NORTE, SÃO PAULO, BRASIL**

Ana Carolina de Faria Santos

Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em  
Sensoriamento Remoto, orientada  
pelos Drs. Silvana Amaral Kampel,  
e Antônio Miguel Vieira Monteiro,  
aprovada em 09 de agosto de 2019.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3TL2M7E>>

INPE  
São José dos Campos  
2019

**PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Gabinete do Diretor (GBDIR)  
Serviço de Informação e Documentação (SESID)  
CEP 12.227-010  
São José dos Campos - SP - Brasil  
Tel.:(012) 3208-6923/7348  
E-mail: pubtc@inpe.br

**CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):****Presidente:**

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

**Membros:**

Dra. Carina Barros Mello - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Alisson Dal Lago - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dr. Evandro Albiach Branco - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação - (CPG)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

**BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

**REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

**EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Ivone Martins - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Cauê Silva Fróes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/07.12.19.05-TDI

**POTENCIAL E LIMITAÇÕES DOS DADOS DE LUZES  
NOTURNAS EM APOIO AO PLANEJAMENTO  
TERRITORIAL: UM ESTUDO PARA A REGIÃO  
METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E  
LITORAL NORTE, SÃO PAULO, BRASIL**

Ana Carolina de Faria Santos

Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em  
Sensoriamento Remoto, orientada  
pelos Drs. Silvana Amaral Kampel,  
e Antônio Miguel Vieira Monteiro,  
aprovada em 09 de agosto de 2019.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3TL2M7E>>

INPE  
São José dos Campos  
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Santos, Ana Carolina de Faria.

Sa59p      Potencial e limitações dos dados de luzes noturnas em apoio ao planejamento territorial: um estudo para a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, São Paulo, Brasil / Ana Carolina de Faria Santos. – São José dos Campos : INPE, 2019. xx + 183 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/07.12.19.05-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019.

Orientadores : Drs. Silvana Amaral Kampel, e Antônio Miguel Vieira Monteiro.

1. Vale do Paraíba. 2. Planejamento territorial. 3. Luzes noturnas. 4. Estimativa. I.Título.

CDU 528.8:711.4(815.6)

---



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aluno (a): **Ana Carolina de Faria Santos**

Título: "POTENCIAL E LIMITAÇÕES DOS DADOS DE LUZES NOTURNAS EM APOIO AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL: UM ESTUDO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE, SÃO PAULO, BRASIL"

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de **Mestre** em

**Sensoriamento Remoto**

Dr. Thales Sehn Körting



\_\_\_\_\_  
**Presidente / INPE / São José dos Campos - SP**

( ) Participação por Vídeo - Conferência

**Aprovado** ( ) **Reprovado**

Dra. Silvana Amaral Kampel

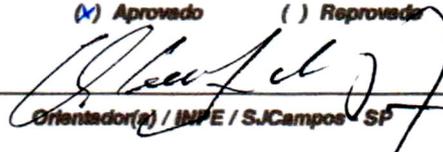


\_\_\_\_\_  
**Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP**

( ) Participação por Vídeo - Conferência

**Aprovado** ( ) **Reprovado**

Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro



\_\_\_\_\_  
**Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP**

( ) Participação por Vídeo - Conferência

**Aprovado** ( ) **Reprovado**

Dra. Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo

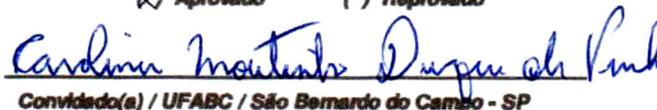


\_\_\_\_\_  
**Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP**

( ) Participação por Vídeo - Conferência

**Aprovado** ( ) **Reprovado**

Dra. Carolina Moutinho Duque de Pinho



\_\_\_\_\_  
**Convidado(a) / UFABC / São Bernardo do Campo - SP**

( ) Participação por Vídeo - Conferência

**Aprovado** ( ) **Reprovado**

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

unanimidade

São José dos Campos, 09 de agosto de 2019



*“O conhecimento é uma ferramenta, e como todas as ferramentas, o seu impacto está nas mãos de quem o usa.”*

Dan Brown



À Dona Néia e Seu Sebastião,  
que mesmo sem entender direito o que eu fazia,  
me incentivaram a continuar.



## AGRADECIMENTOS

No início, quando me perguntavam por que tinha escolhido o Sensoriamento Remoto, eu respondia que simplesmente “tinha caído de paraquedas”. Entrei no mestrado sem saber o que era um Sistema de Informação Geográfica, perdida com os conceitos e assustada com os cálculos. Mas Deus foi bom comigo, abriu-me esta porta e colocou em meu caminho pessoas maravilhosas e dispostas a me ajudar a trilhá-lo. A elas tenho muito que agradecer e ressalto: este trabalho é tão delas quanto meu.

Aos meus orientadores, Dra Silvana e Dr. Miguel, que depositaram em mim sua confiança e me deram essa oportunidade. Vocês brigaram por mim, acreditaram no meu potencial quando nem eu mesma acreditava e me guiaram nessa trajetória com conselhos, dicas e puxões de orelha. Cresci como pessoa e como profissional graças a seus exemplos e apoio. Obrigada é uma palavra que não expressa à imensa gratidão que sempre terei por vocês.

Aos colegas de profissão e amigos do Laboratório de Investigação em Sistemas Sócio-Ambientais (LiSS) agradeço o acolhimento e os ensinamentos. À Dra Maria Isabel pelo constante apoio. Aos veteranos: Ana Paula, Renata, Lidiane, Anielli e Vinicius, obrigada pelas dicas de sobrevivência. Aos amigos: Danilo, Afonso e Mateus, obrigada pela companhia, risadas, conversas e amizade, vocês tornaram a caminhada mais leve.

Aos Drs Thales e Evlyn pelas contribuições e atenção durante a proposta e defesa final desta dissertação e a Dra Carolina pelo seu conhecimento e disposição em participar da banca, suas sugestões agregaram imensamente no crescimento deste estudo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela estrutura e suporte financeiro para realização deste trabalho, obrigada pela oportunidade de trabalhar com grandes profissionais.

Aos amigos que contribuíram imensamente para manter minha saúde mental neste processo: Deise, Aline, Vinicius e Luciana, obrigada pelas conversas meio descabidas nos almoços de todos os dias; Victor, obrigada por ser um excelente presidente e compartilhar docinhos de sobremesa; Daniel, obrigada pela paciência em me ensinar como fazer um script decente. Todos vocês foram essenciais nesta jornada, e Deus, em

sua infinita bondade, também me presenteou com mais do que amigos, verdadeiros irmãos que riram, choraram e “encheram a pança” (muitas vezes) comigo. Juliana, obrigada pela presença, carinho e pelas histórias e palavras bem mineiras que só você tem. Jéssica, obrigada pela paciência em me ensinar cálculo e pela risada mais gostosa e contagiante dos meus dias. Débora, obrigada por cuidar de mim e entender minhas piadas impróprias e sem graça, mas principalmente, obrigada por me dar a honra de ser tia da Alice. Wesley, obrigada nunca será suficiente, você me ensinou, orientou, inspirou e apoiou durante esse mestrado, eu provavelmente ainda estaria processando os dados sem a sua ajuda e fazendo a média errado! Minhas figuras nunca seriam tão bonitas e minha vida nunca seria tão colorida sem você, querido Wesley, esse trabalho deveria ter o seu nome também.

Aos meus pilares, Dona Néia e Seu Sebastião, que me incentivaram sempre a estudar e a seguir o meu caminho, mas principalmente por me darem sempre um lugar aconchegante para voltar.

E por fim, mas quem fez tudo valer a pena, ao meu amor Rodrigo Roberto. Você foi luz quando eu estava na escuridão, foi alegria quando tudo era tristeza, foi força quando eu mais me senti fraca. Obrigada pelos cafunés, pelo colo e pelas minhas pedrinhas preciosas. Eu te amo, hoje e sempre.

## RESUMO

As imagens de Luzes Noturnas propiciam observações da distribuição humana e das dinâmicas socioeconômicas através do monitoramento e detecção de luzes antropogênicas, e por isso, têm sido associadas às variáveis de natureza demográfica, social, econômica e de infraestrutura, constituindo-se em uma promissora ferramenta de suporte ao Planejamento Territorial. A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), instituída em 2012, apesar de pioneira nas ações de Planejamento Territorial, ainda orienta privilégios para as tradicionais economias de base industrial, necessitando de novas técnicas e ferramentas que subsidiem a produção de informação sobre o espaço regional. Esta dissertação objetivou identificar os potenciais e as possíveis limitações dos dados de Luzes Noturnas enquanto ferramentas para produção de informação para o Planejamento Territorial através da análise da relação das variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas dos sensores *Operational Linescan System* e *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*, com variáveis, denominadas indicadoras, que descreviam as características demográficas, socioeconômicas e de infraestrutura dos municípios da RMVPLN. A metodologia foi aplicada em quatro fases que contemplaram: o processamento das imagens de 2000 a 2017 e a derivação das variáveis de Luzes Noturnas para 2012; a definição e justificativa das variáveis indicadoras; a análise estatística para explorar a configuração espacial das variáveis de Luzes Noturnas e sua relação com as variáveis indicadoras; e a estimativa das variáveis indicadoras a partir das variáveis de Luzes Noturnas. Os resultados apontaram algumas limitações dos dados de Luzes Noturnas, como os efeitos da conurbação e do *overflow* que prejudicaram a exatidão das estimativas. Contudo, identificaram-se diversos potenciais para caracterizar o espaço regional, demonstrando, de forma integrada, as tendências gerais das dinâmicas urbanas do território da RMVPLN. Os modelos de regressão linear indicaram as variáveis de Luzes Noturnas como adequadas para estimativa populacional e de consumo de energia elétrica. As avaliações realizadas neste trabalho apresentaram um conjunto de dados e metodologias que, com adaptações, podem ser utilizados na construção de políticas públicas para o Planejamento Territorial da RMVPLN, tanto na escala metropolitana quanto municipal.

**Palavras-chave:** Vale do Paraíba. Planejamento Territorial. Luzes Noturnas. Estimativa.



**NIGHTTIME LIGHT DATA POTENTIAL AND LIMITATIONS FOR THE  
TERITORIAL PLANNING: A STUDY ABOUT THE METROPOLITAN  
REGION OF PARAIBA VALLEY AND NORTH COAST OF SÃO PAULO,  
BRAZIL.**

**ABSTRACT**

Nighttime Lights images provide observations of human distribution and socioeconomic dynamics through the detection of anthropogenic lights that can be associated with demographic, social, economic and infrastructure variables. Therefore, Nighttime Lights images have been pointed out as a promising data source to support Territorial Planning. The Metropolitan Region of Paraíba Valley and North Coast of São Paulo (RMVPLN in Portuguese) was established in 2012. Despite pioneer, its Territorial Planning still privileges the traditional industrial-based economies, requiring techniques and tools to produce new information on regional space. This study aimed to identify the potential and possible limitations of Nighttime Light data from Operational Linescan System and Visible Infrared Imaging Radiometer Suite sensors as a tool to Territorial Planning, exploring the relation between variables derived from the Nighttime Light dataset with indicator variables that describe the demographic, socioeconomic and infrastructure characteristics of the RMVPLN municipalities. The methodology was developed in four phases: 2000 to 2017 digital image processing and obtaining Nighttime Light variables for 2012; selection and definition of indicator variables; exploratory statistical analysis about spatial configuration of Nighttime Light variables and its relationship with indicator variables; and estimation of indicator variables from Nighttime Light variables. The results described some limitations of the Nighttime Light data, such as overglow and the presence of conurbation that decreased estimate accuracy. However, we also identified several potentialities to characterize the regional space, demonstrating the urban dynamics of the RMVPLN territory. The linear regression models indicated Nighttime Light variables as adequate to estimate urban population and electric power consumption. Our assessments provide data, techniques and methodologies that, when adapted, might be useful for public policies strategies on Territorial Planning of the RMVPLN, both at the metropolitan and municipal levels.

**Keywords:** Vale do Paraíba. Territorial Planning. Nighttime Lights. Estimation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.....	25
Figura 3.2 - Linha do tempo do processo histórico-geográfico de constituição da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.....	26
Figura 3.3 - Índices de desenvolvimento para os municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte no ano de 2010. a) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); b) Índice de Desenvolvimento de Luzes Noturnas (IDLN).....	34
Figura 4.1 - Fluxograma geral da metodologia de trabalho.....	35
Figura 4.2 - Fluxograma da Fase 1 da metodologia.....	36
Figura 4.3 - Fluxograma da Fase 2 da metodologia.....	43
Figura 4.4 - Fluxograma da Fase 3 da metodologia.....	46
Figura 4.5 - Modelo de um diagrama de dispersão.....	48
Figura 4.6 - Fluxograma da Fase 4 da metodologia.....	53
Figura 5.1 - Comparação das etapas de processamento das imagens do sistema sensor DMSP/OLS.....	54
Figura 5.2 - Imagens processadas do sistema sensor DMSP/OLS no período de 2000 a 2012 na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.....	56
Figura 5.3 - Soma da radiância dos produtos do sistema sensor SNPP/VIIRS na área de estudo após a Correção de ruídos e luzes dispersas e Correção Interanual.....	57
Figura 5.4 - Imagens processadas do sistema sensor SNPP/VIIRS no período de 2012 a 2017 na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.....	58
Figura 5.5 - <i>Boxplots</i> das variáveis de Luzes Noturnas DMSP/OLS 2012 por municípios da RMVPLN.....	64
Figura 5.6 - <i>Boxplots</i> das variáveis de Luzes Noturnas SNPP/VIIRS 2012 por municípios da RMVPLN.....	65
Figura 5.7 - Imagem Binária da área iluminada, com e sem limiar, dos produtos DMSP/OLS e SNPP/VIIRS de 2012.....	66
Figura 5.8 - Histograma e seus respectivos mapas coropléticos das variáveis de Luzes Noturnas derivadas do sistema DMSP/OLS.....	68

Figura 5.9 - Histograma e seus respectivos mapas coropléticos das variáveis de Luzes Noturnas derivadas do sistema SNPP/VIIRS. ....	69
Figura 5.10 - Mapas de Moran das variáveis de Luzes Noturnas do sistema sensor DMSP/OLS. a) Soma de Luzes (SL); b) Média de Luzes (ML); c) Média de Luzes com Limiar (MLI); d) Área Iluminada (AI); e) Área Iluminada com limiar (AII).....	73
Figura 5.11 - Mapa de Moran da variável AI derivada do sistema sensor SNPP/VIIRS. ....	75
Figura 5.12 - População Urbana observada e estimada pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AII).....	87
Figura 5.13 - Área iluminada do sensor VIIRS 2012 no município de Jambeiro. ....	88
Figura 5.14 - Áreas da Represa de Paraibuna que produzem efeito de <i>overglow</i> nos dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS. ....	89
Figura 5.15 - População Urbana observada e estimada pela área iluminada com limiar do sensor VIIRS no ano de 2012 após estratificação.....	90
Figura 5.16 - Foco de luz no município de Jambeiro indicando condomínio particular de alto padrão e indústrias. ....	91
Figura 5.17 - Produto Interno Bruto observado e estimado pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AII).....	93
Figura 5.18 - Consumo Anual Total de Energia Elétrica observado e estimado pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AII). ....	95
Figura 5.19 - Áreas com foco de luz nos centros urbanos de: a) Cruzeiro; b) Roseira; c) Queluz; d) Foco do centro urbano de Queluz; e) Balança de pesagem de caminhões em Queluz.....	96
Figura 5.20 - Consumo Anual Total de Energia Elétrica de Iluminação Pública observado e estimado pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AII).....	98
Figura A.1 - Método das Componentes Demográficas. ....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Comparação dos sistemas sensores de detecção de luzes noturnas, DMSP/OLS e SNPP/VIIRS.....	9
Tabela 3.1 - Características Socioeconômicas dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. ....	32
Tabela 4.1 - Disponibilidade de dados da Composição Anual de Luzes Estáveis DMSP/OLS no período de 2000 a 2012.....	37
Tabela 4.2 - Coeficientes gerados pela aplicação do Modelo Polinomial Quadrático a partir da imagem e área de referência.....	39
Tabela 4.3 - Produtos utilizados da Série Mensal VIIRS <i>Day/Night Band</i> – versão 1 de 2012 a 2017.....	41
Tabela 4.4 - Variáveis derivadas dos dados de cada produto de Luzes Noturnas dos anos de 2012. ....	43
Tabela 4.5 - Fontes das base de dados utilizadas. ....	44
Tabela 5.1 - Variáveis das Dimensões e relações com os dados de Luzes Noturnas e com o Planejamento Territorial Regional.....	60
Tabela 5.2 - Índice Moran Global Univariado para as variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas. ....	72
Tabela 5.3 - Índice Moran Global Regionalizado das variáveis derivadas do sistema sensor DMSP/OLS para as Sub-Regiões da RMVPLN. ....	76
Tabela 5.4 - Valores de Moran Global Regionalizado das variáveis derivadas do sistema sensor SNPP/VIIRS para as Sub-Regiões da RMVPLN.....	77
Tabela 5.5 - Análise de resíduos das variáveis que apresentaram dependência espacial. ....	82
Tabela 5.6 - Exatidão das estimativas das variáveis indicadoras pelas variáveis de soma de luz (SL) e área iluminada com limiar (AIL).....	85
Tabela B.1 – Matriz de Correlação das variáveis indicadoras da Dimensão Demográfica. ....	153
Tabela B.2 - Matriz de Correlação das variáveis indicadoras da Dimensão Socioeconômica.....	154

Tabela B.3 - Matriz de Correlação das variáveis indicadoras da Dimensão de Infraestrutura. ....	155
Tabela C.1 – Análise de Resíduos da Regressão Linear Simples entre as variáveis de Luzes Noturnas e as variáveis indicadoras. ....	156
Tabela D.1– Estimativa da População Urbana pelas variáveis de Luzes Noturnas e percentagens dos erros.....	174
Tabela D.2- Estimativa do Produto Interno Bruto pelas variáveis de Luzes Noturnas e percentagens dos erros.....	176
Tabela D.3- Estimativa do Consumo Anual Total de Energia Elétrica pelas variáveis de Luzes Noturnas e percentagens dos erros.....	178
Tabela D.4 - Estimativa da População Urbana estratificada e Consumo Anual Total de Energia Elétrica por Iluminação Pública pelas variáveis de Luzes Noturnas e percentagens dos erros.....	180
Tabela D.5 - Estimativa do Produto Interno Bruto Industrial e de Serviços pelas variáveis de Luzes Noturnas Soma de Luz e Área Iluminada com limiar. ....	182

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivo .....	5
1.1.1	Objetivos específicos.....	6
1.2	Organização da dissertação .....	6
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
2.1	Sistemas sensores e os dados de Luzes Noturnas.....	8
2.1.1	DMSP/OLS .....	10
2.1.2	SNPP/VIIRS.....	11
2.2	Os dados de Luzes Noturnas e suas relações com indicadores socioeconômicos e demográficos .....	12
2.3	Planejamento territorial .....	16
2.3.1	Histórico do planejamento territorial .....	16
2.3.2	Planejamento territorial na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.....	20
<b>3.</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>24</b>
3.1	Organização do espaço regional .....	27
3.2	Caracterização socioeconômica das sub-regiões da RMVPLN .....	29
<b>4.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
4.1	FASE 1: Preparação dos dados de Luzes Noturnas.....	36
4.1.1	Processamento das imagens do Sistema Sensor DMSP/OLS .....	37
4.1.2	Processamento das imagens do Sistema Sensor SNPP/VIIRS.....	40
4.1.3	Definição e cômputo das variáveis de Luzes Noturnas.....	41
4.2	FASE 2: Seleção e justificativa das variáveis indicadoras.....	43
4.3	FASE 3: Análise estatística .....	46

4.3.1	Análise exploratória .....	46
4.3.2	Regressão Linear Simples e análise dos resíduos .....	49
4.4	FASE 4: Estimativa .....	51
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>54</b>
5.1	Processamento dos dados de Luzes Noturnas .....	54
5.2	Seleção e justificativa das variáveis .....	58
5.3	Análise estatística .....	63
5.3.1	Análise exploratória – configuração espacial das variáveis de Luzes Noturnas .....	63
5.3.2	Análise exploratória – correlação espacial das variáveis de Luzes Noturnas ...	71
5.3.3	Análise exploratória – correlação das variáveis de Luzes Noturnas e variáveis indicadoras .....	77
5.3.4	Regressão Linear Simples e análise dos resíduos .....	79
5.4	Estimativa das variáveis indicadoras a partir dos dados de Luzes Noturnas.....	82
5.4.1	Estimativa da dimensão demográfica (População) .....	86
5.4.2	Estimativa da dimensão socioeconômica (Produto Interno Bruto).....	91
5.4.3	Estimativa da dimensão de infraestrutura (consumo de energia elétrica).....	94
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>99</b>
6.1	Sugestões para estudos futuros .....	102
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS INDICADORAS .....</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE B – MATRIZ DE CORRELAÇÃO.....</b>	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE C – ANÁLISE DE RESÍDUOS DA REGRESSÃO LINEAR SIMPLES.....</b>	<b>156</b>
	<b>APÊNDICE D – PORCENTAGEM DOS ERROS DAS ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS INDICADORAS PELAS VARIÁVEIS DE LUZES NOTURNAS..</b>	<b>174</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com os avanços das tecnologias no campo de Observação da Terra, o Sensoriamento Remoto tem se popularizado por permitir a extração de informação ao longo do tempo com detalhamento e alto custo-benefício (TRIPATHY et al., 2017). As imagens da Terra durante o dia apresentam informações e evidências da presença humana e das mudanças causadas na paisagem, mas as imagens noturnas evidenciam as criações da humanidade, provendo uma perspectiva espacial das atividades humanas (CROFT, 1978; LI et al., 2018). As imagens de Luzes Noturnas propiciam observações da distribuição humana e das dinâmicas socioeconômicas através do monitoramento e detecção de luzes artificiais de origem antropogênica presentes na superfície da Terra (ELVIDGE et al., 2013; WANG et al., 2019).

As luzes antropogênicas advêm principalmente da iluminação pública, mas também podem decorrer da infraestrutura das cidades e de atividades humanas, e são registradas por sensores que captam emissões de baixa radiância geradas pelas luzes (ELVIDGE et al., 2009; ELVIDGE et al., 2013; SALVATI et al., 2017). O sensor mais utilizado nos estudos científicos referentes a Luzes Noturnas é o *Operational Linescan System* (OLS), a bordo do satélite de cobertura global *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP), com dados disponíveis de 1992 a 2013. Mas, a partir de 2011, seu sucessor, o sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) a bordo do *Suomi National Polar-orbiting Partnership* (SNPP), apresentou um refinamento das resoluções espacial e radiométrica dos dados coletados, possibilitando visualizar melhor a heterogeneidade espacial intraurbana.

Os dados de Luzes Noturnas, desde a disponibilização de seus arquivos digitais, têm permitido diversas aplicações para representar os bens e serviços públicos de consumo coletivo, as atividades econômicas e os assentamentos humanos. No âmbito do desenvolvimento urbano, há estudos focados: na estimativa e expansão do processo de urbanização (FAN et al., 2014; ZHOU, 2017); crescimento urbano e populacional (BAGAN; YAGAMATA, 2015; ELVIDGE et al., 1997; TRIPATHY et al., 2017); na estimativa e consumo de energia elétrica (LETU et al., 2010); na identificação e distribuição da presença humana (CHOWDHURY et

al., 2018; DOLL; MULLER, 2000; LI et al., 2018, MA, et al., 2018), entre outros. Devido à disponibilidade dos dados de Luzes Noturnas em níveis mundial e nacional, a maioria dos estudos relacionados ao desenvolvimento urbano são realizados em escalas amplas. Por causa desta generalização da realidade do espaço territorial, ainda há necessidade de avaliar o potencial dos dados de Luzes Noturnas a níveis regional e municipal, especialmente por ser uma ferramenta potencialmente útil ao planejamento de ofertas e demandas de infraestrutura e serviços.

Os dados de Luzes Noturnas também possibilitam sua associação a outras variáveis de natureza demográfica, social, econômica e de infraestrutura (BENNET; SMITH, 2017; LI et al., 2017a). Diversos estudos têm sido realizados visando avaliar o potencial das relações de dados de Luzes Noturnas com outras bases de dados, tanto na dimensão social quanto na econômica (CHEN; NORDHAUS, 2011; LI et al., 2013; MA et al., 2014; WU et al., 2018). Os potenciais destas relações têm sido objeto de vários estudos de análises espaciais (FORBES, 2013; MELLANDER et al., 2015), estimativas (FAN et al. 2014; ZHAO, N. et al., 2017; YU et al., 2015) e avaliação (JING et al., 2016; LI et al., 2017b; MIN et al., 2013; ZHAO, M. et al., 2017), ao longo do tempo, das interações entre a sociedade e o ambiente em que está inserida. No Brasil, alguns trabalhos têm reforçado o potencial da relação destes dados e demonstrando que apesar de ainda haver desafios, a utilização de dados de sensoriamento remoto de Luzes Noturnas é promissora e pode representar um suporte eficiente ao planejamento de acordo com a demanda populacional (AMARAL et al., 2005; AMARAL et al., 2006; BARROS, 2017; DORIA et al., 2016).

O planejamento é entendido como a ferramenta de um processo de determinação de ações futuras elaboradas a partir da reflexão sobre a realidade atual. Este processo é contínuo e gradual, sendo associado à tomada de decisão de diversos atores. O planejamento urbano e territorial, que inclui o planejamento espacial regional, engloba, principalmente, as tomadas de decisões e a aplicação de um conjunto de estratégias e ferramentas com objetivo de incentivar o desenvolvimento integrado (ONU HABITAT, 2015). Associando o conhecimento local com o uso de geotecnologias, as diretrizes da ONU-HABITAT (2015) propõem desenvolver uma base de conhecimentos que permitam avaliar e

monitorar as ações que transformarão o espaço e apoiarão o desenvolvimento integrado e inclusivo do território.

A região do vale do Rio Paraíba do Sul e Litoral Norte do estado de São Paulo foi precursora na construção de instrumentos para o Planejamento Territorial Regional integrado. Na década de 1960 o Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba (CODIVAP) foi criado. Em 1969, o estudo de Muller (1969) para caracterização do fato urbano na bacia do rio Paraíba do Sul, no seu trecho paulista, lançou luzes sobre os caminhos da urbanização na escala regional. Em 1970 foi encomendado pelo CODIVAP um diagnóstico regional que incorporou eixos Ecológicos, Urbanísticos e Socioeconômicos e produziu um relatório visando “*subsidiar a programação sistemática do planejamento integrado*”. Ao final da década de 1970, houve ainda o “Plano Regional do Litoral” e o “Macrozoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul” (CEEIVAP, 1979; VIEIRA; SANTOS, 2012; GOMES et al. 2018). Neste período, a região participou das ações de planejamento estaduais que resultaram no “Plano Regional do Macro-Eixo Paulista”, produzido no período de 1975 a 1978 (GOMES et al., 2018). Na década de 1990, com a iniciativa e suporte do CODIVAP, estabeleceu-se uma parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e instituições de ensino e pesquisa locais, como a Fundação Vale Paraibano de Ensino (FVE), para elaboração do Projeto de Macrozoneamento do Vale do Paraíba e Litoral Norte, o MAVALE (KURKDJIAN et al., 1991). Neste período começaram a ser introduzidas as bases para trabalhar diferentes metodologias em apoio ao Planejamento Territorial no Vale do Paraíba, explorando o uso de dados de sensoriamento remoto orbital.

Em 9 de janeiro de 2012 foi criada a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) através da Lei Complementar Estadual nº 1.166 (SÃO PAULO, 2012). A RMVPLN foi dividida em cinco Sub-Regiões, de acordo com suas características sociais e econômicas, como uma expressão do planejamento estadual em busca de ordenamento territorial para promoção de um desenvolvimento integrado da região (EMPLASA, 2012). Composta por 39 municípios, a RMVPLN nasceu inserida no contexto da Macrometrópole Paulista (MMP), um conjunto formado por cinco Regiões Metropolitanas (RMs) e dois

aglomerados urbanos, reunindo 174 municípios com aproximadamente 34 milhões de habitantes em 2018 (EMPLASA, 2019).

Em 12 de janeiro de 2015, o Governo Federal instituiu o Estatuto da Metrópole através da Lei nº 13.089 (BRASIL, 2015). Em seu Capítulo IV, Artigo 9º, a Lei estabelece o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) como um instrumento legal para o planejamento territorial. Previsto para ser entregue em 2018, três anos após a instituição do Estatuto da Metrópole, teve uma alteração necessária estabelecida pela Medida Provisória nº 818/2018. A alteração prevê a entrega dos PDUIs para as 74 RMs e as cinco aglomerações urbanas brasileiras em dezembro de 2021 (SIDRA, 2019). A escala metropolitana se tornou então a escala de planejamento, trazendo velhos e novos desafios e oportunidades para a modernização dos espaços urbanos.

A RMVPLN tem importância histórica como eixo articulador dos dois principais centros econômicos do Sudeste brasileiro, as Regiões Metropolitanas de São Paulo (RMSP) e Rio de Janeiro (RMRJ), o que a transformou em um espaço estratégico de expansão da atividade industrial (ARRUDA, 2013). Contudo, o espaço regional metropolitano em que esta articulação se dá é constituído de municípios com diferentes processos histórico-geográficos de ocupação. Neste espaço regional uma diversidade de atividades, além da industrial tradicional, também tem seu lugar de existência (VIEIRA; SANTOS, 2012; NASCIMENTO et al., 2014). O planejamento estatal aplicado na região, embora buscasse, em tese, promover o desenvolvimento integrado do território, prioriza ações que garantem o aumento da produtividade industrial do estado de São Paulo e do país.

Este fato intensificou um “*processo de organização socioespacial pouco equilibrado e justo*”, intensificando as desigualdades dentro deste espaço urbano-regional (GOMES et al., 2018). Embora pioneira nas ações de planejamento territorial, a RMVPLN, em sua configuração atual, possui um espaço regional fragmentado e desigual, de forma que o PDUI, como novo instrumento de planejamento, precisa contemplar as necessidades específicas de cada Sub-Região, visando o desenvolvimento integrado. O diagnóstico produzido para a RMVPLN (EMPLASA, 2012) observado em conjunto com o ordenamento territorial estadual, o Plano de Ação da Macrometrópole Paulista (PAM), não

apontam para uma superação desta fragmentação nem das desigualdades no espaço metropolitano.

Para esta nova escala de planejamento são necessárias novas técnicas de produção de informação e representação dos territórios metropolitanos que ampliem o olhar sobre as diferenças no espaço urbano-metropolitano e visem a diminuição das disparidades socioespaciais. Por gerar informações com explícita característica espacial ao longo do tempo, as imagens de Luzes Noturnas possuem um potencial de fornecer dados referentes às dinâmicas socioeconômicas e demográficas (MA et al., 2018). Com o estabelecimento de métodos e metodologias que exploram os dados de sensoriamento orbital desde a década de 1990, a integração dos dados de Luzes Noturnas com outras fontes de dados, apresenta-se como um subsídio de apoio aos estudos para o estabelecimento das bases de um planejamento territorial baseado em evidências.

Frente a este cenário, este estudo buscou responder algumas questões: Quais os potenciais dos dados de Luzes Noturnas para descrever o espaço metropolitano, tomando como unidade espacial os municípios? Os dados de Luzes Noturnas se relacionam com as tradicionais variáveis que descrevem as atividades humanas e a infraestrutura dentro do espaço da RMVPLN? Estas relações podem caracterizar o espaço metropolitano, contemplando as necessidades específicas das Sub-Regiões, servindo como ferramenta auxiliar na produção de informações subsidiárias para elaboração do Planejamento Territorial em escala metropolitana?

## **1.1 Objetivo**

Esta dissertação propõe identificar os potenciais e limitações dos dados de Luzes Noturnas, obtidos a partir dos produtos dos sistemas sensores *Operational Linescan System (OLS)* e *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)*, enquanto ferramentas adicionais na produção de informações para o Planejamento Territorial. Assim, o objetivo deste estudo é avaliar como as variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas se relacionam com variáveis que descrevem as características demográficas, socioeconômicas e de infraestrutura dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

Para alcançar este objetivo geral, considerando as particularidades dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Estabelecer procedimentos metodológicos de processamento de imagens para obter uma série consistente de dados de Luzes Noturnas, e definir variáveis derivadas destes dados para caracterização da RMVPLN;
- b) Identificar, descrever e caracterizar variáveis indicadoras de evolução demográfica, socioeconômica e de infraestrutura que possuam relação com o Planejamento Territorial e com os dados de Luzes Noturnas;
- c) Caracterizar as relações entre as variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras demográficas, socioeconômicas e de infraestrutura através de análises estatísticas;
- d) Avaliar as relações entre as variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras e seus possíveis usos no contexto do Planejamento Territorial, explicitando as vantagens e limitações dos dados de Luzes Noturnas advindos dos sensores OLS e VIIRS.

### **1.2 Organização da dissertação**

Este trabalho está estruturado em mais cinco Capítulos. O Capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica dos principais temas abordados, expondo: os dados de Luzes Noturnas e os sistemas sensores que detectam estes produtos; o uso dos dados de Luzes Noturnas em um enquadramento socioeconômico; uma breve descrição do histórico do Planejamento Territorial e suas principais ferramentas; e por fim, um breve histórico sobre o planejamento regional da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

O Capítulo 3 descreve a área de estudo, com sua localização geográfica, um breve histórico de sua formação histórico-geográfica e caracterização socioeconômica. O Capítulo 4 apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para atender os objetivos propostos, descrevendo as etapas metodológicas seguidas. O Capítulo 5 contém os resultados e discussões obtidos, demonstrando os potenciais e

limitações dos dados de Luzes Noturnas e sua possibilidade de subsidiar o Planejamento Territorial.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais, trazendo um panorama geral dos resultados obtidos, além de possibilidades e desafios para estudos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para englobar a conceituação e definição dos temas que serão abordados neste estudo, são revisados os Sistemas Sensores DMSP/OLS e SNPP/VIIRS e seus respectivos produtos, que são utilizados neste estudo. Apresenta-se e comenta-se literatura relativa às relações dos dados de Luzes Noturnas com outros indicadores socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura. Por fim, é apresentada uma breve revisão do histórico do Planejamento Territorial, seus instrumentos e ações, e um breve histórico das ações de planejamento na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

### **2.1 Sistemas sensores e os dados de Luzes Noturnas**

Os dados de luzes noturnas são produtos advindos de uma classe de satélites de observação cujas faixas espectrais, na banda do visível ao infravermelho próximo, são sensíveis para detectar a radiação emitida por luzes de origem antropogênica na superfície terrestre (ELVIDGE et al., 2013). As luzes antropogênicas advêm principalmente da iluminação pública, mas também podem decorrer da infraestrutura das cidades, como luzes de residências e indústrias, além de outras atividades humanas, como luzes de faróis de automóveis e de navios, bem como incêndio, combustão de gases e outros eventos efêmeros (ELVIDGE et al., 2009-; SALVATI et al., 2017).

Por registrar uma variedade de atividades sociais e econômicas, os dados de luzes noturnas têm diversas aplicações, tanto em escala global, quanto regional e local. Algumas das aplicações destes dados envolvem a estimação de densidade populacional (AMARAL et al., 2005; AMARAL et al., 2006), análise do crescimento e expansão urbanos (ZHUO, et al., 2006; ZHANG; SETO, 2011; LIU et al., 2012; ZHOU et al., 2015), estimativas de consumo de energia elétrica (ELVIDGE et al., 1997; LETU et al., 2010), urbanização e seus impactos (HUILEI et al., 2017), entre outros.

O sensor *Operational Linescan System* (OLS), a bordo do satélite de cobertura global *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP), com dados disponíveis de 1992 a 2013, tem sido o mais utilizados nos estudos científicos referentes a Luzes Noturnas. Contudo, a partir de 2011, seu sucessor, o sensor *Visible Infrared*

*Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) a bordo do *Suomi National Polar-orbiting Partnership* (SNPP), apresentou um refinamento da resolução espacial e radiométrica dos dados coletados e tem sido amplamente utilizado em estudos mais detalhados. A Tabela 2.1 demonstra um resumo comparativo entre algumas características dos sistemas sensores em relação às bandas de detecção de luzes noturnas. O sensor VIIRS apresenta melhor resolução temporal, de 12 horas, com passagem durante a madrugada, por volta de 01:30, enquanto a resolução temporal do OLS é de 24 horas, com passagem no final da tarde, às 19:30. Além das resoluções mais refinadas, a banda de detecção de luzes noturnas do VIIRS (*Day/Night Band – DNB*) é mais sensível a baixas radiâncias, permitindo observar lugares com iluminação mais fraca. O campo de visada também consiste numa das principais diferenças entre os sensores, sendo o do sensor VIIRS 45 vezes menor que o do OLS (ELVIDGE et al., 2013).

Com a série temporal abrangente do DMSP/OLS e registros mais refinados do SNPP/VIIRS, a associação de ambos os sistemas sensores podem subsidiar estudos socioeconômicos mais profundos e detalhados. Esta seção explanará sobre as capacidades e limitações de ambos os sensores na detecção e disponibilização dos dados de Luzes Noturnas.

Tabela 2.1 - Comparação dos sistemas sensores de detecção de luzes noturnas, DMSP/OLS e SNPP/VIIRS.

	Satélite/Sensor	
	DMSP/OLS	SNPP/VIIRS
Órbita	Polar 850 km altitude, 98,8° inclinação, 102 min.	Polar 827 km altitude, 98,7° inclinação, 102 min.
Hora da passagem noturna	~19:30	~1:30
Resolução Espacial (km)	2,7 (nadir)	0,742
Swath (km)	3.000 km	3.000 km
Campo de visada	5 x 5 km	742 x 742 m
Resolução Temporal (h)	24h	12h
Resolução Radiométrica (bits)	6 bits	14 bits
Banda de detecção de luzes	VNIR	DNB
Radiância detectada ( $W.cm^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$ )	1,54 x 10 <sup>-9</sup> a 3,17 x 10 <sup>-7</sup>	0,02 a 3 x 10 <sup>-9</sup>
Calibração a bordo	Não	Sim

Fonte: Adaptado de Elvidge et al. (2013).

### 2.1.1 DMSP/OLS

O DMSP atua desde a década de 1960 com uma constelação de satélites meteorológicos militares originalmente designados para a detecção de nuvens durante a noite (ELVIDGE et al., 1997; BENNET; SMITH, 2017). Administrado pelo Centro de Sistemas Espaciais e Mísseis da Força Aérea dos Estados Unidos da América (EUA), este programa pertencente ao Departamento de Defesa Norte Americano tem operado diversas plataformas de órbita polar, tendo iniciado seus serviços com o *Sensor Aerospace Vehicle Electronics Package* (NASA, 2003).

O sensor OLS começou a atuar em meados da década de 1970 como um radiômetro de varredura oscilatória que adquiria imagens diurnas e noturnas. Possui duas bandas espectrais: a *Visible Near-Infrared* (VNIR), que registra dados na faixa espectral de 0,47 a 0,95  $\mu\text{m}$ ; e a banda do Infravermelho Termal, cuja faixa espectral abrange de 10,5 a 12,6  $\mu\text{m}$  (ELVIDGE et al., 1997; BENNET e SMITH, 2017). A banda VNIR tem seu sinal intensificado em até quatro vezes durante a noite por um Tubo Fotomultiplicador (TFM), de forma a ser capaz de detectar fontes de emissão com níveis mais baixos de radiação, permitindo identificar nuvens iluminadas pela luz da lua, além de fontes de luzes antropogênicas (ELVIDGE et al., 2001; ELVIDGE et al., 2009; ZHANG; SETO, 2011).

Apesar de servir desde a década de 1970 a objetivos meteorológicos, seu potencial científico apenas foi percebido mais adiante, de modo que os dados só começaram a ser divulgados a partir de 1992, quando a Agência *National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geoscience Data Center* (NOAA/NGDC) criou os arquivos digitais, publicando-os anualmente até 2013, sendo atualmente disponível para download no site da NOAA (BENNET; SMITH, 2017). As imagens disponibilizadas são mosaicos gerados pelo *Earth Observing Group* (EOG) da NOAA/NGDC em que são identificados os *pixels* livres de nuvens ao longo do ano, de modo que o valor final do *pixel* representa uma média da radiância destes *pixels* convertidos em um Número Digital (ND), variando de 0 a 63. Além da cobertura de nuvens, o processamento também elimina algumas luzes de eventos efêmeros, como focos de incêndio, relâmpagos e auroras, gerando um

produto de luzes estáveis, advindas principalmente de cidades (ELVIDGE et al., 2001).

Contudo, não há um sistema de calibração a bordo do satélite OLS, e associado ao fato de os produtos advirem de diversos satélites diferentes, faz com que os dados de Luzes Noturnas possuam diversas instabilidades, como a discrepância dos valores de ND e a quantidade de pixels iluminados entre os diferentes satélites para o mesmo ano (LIU et al., 2012). Assim, a utilização direta sem um pré-processamento e intercalibração das imagens pode afetar a continuidade e comparabilidade dos dados (LIU et al., 2012). Além disso, a principal limitação do OLS está associada à saturação dos *pixels*, quando não se registram valores de ND maiores de 63. Este fato acontece especialmente em núcleos urbanos intensamente iluminados. Não obstante, este sistema sensor tem se mostrado útil para estudos de dinâmicas urbanas e atividades humanas ao longo do tempo (BENNET; SMITH, 2017).

### **2.1.2 SNPP/VIIRS**

O SNPP foi lançado em 2011 como um projeto do programa *Joint Polar Satellite System* (JPSS), que era uma reestruturação do *National Polar-Orbiting Environmental Satellite System* (NPOESS) para prover continuidade ao *Polar-orbiting Operational Environmental Satellites* (POES). Administrado pela parceria entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a NOAA/NGDC, o JPSS foi um avanço científico e tecnológico para o monitoramento ambiental. A bordo do SNPP estão cinco sensores: *Cross-Track Infrared Sounder* (CTIS); *Ozone Mapping and Profiling Suite* (OMPS); *Advanced Technology Microwave Sounder* (ATMS); *Cloud and Earth Radiance Energy System* (CERES); e o VIIRS (CAO et al., 2014).

O VIIRS é um radiômetro de varredura mecânica que adquire imagens diurnas e noturnas com o objetivo de observação das nuvens e de outras variáveis da superfície terrestre. Este sensor possui 22 bandas espectrais, sendo a banda *Day/Night Band* (DNB) utilizada na detecção de Luzes Noturnas, com resolução espacial 45 vezes melhor e resolução radiométrica 256 vezes mais sensível que o DMSP/OLS (BENNET; SMITH, 2017).

Em relação ao sensor OLS, alguns estudos demonstram o aperfeiçoamento do sensor VIIRS para o imageamento e produção de dados de Luzes Noturnas. Primeiramente, a calibração da banda DNB do sensor VIIRS é realizada a bordo do satélite através de um difusor solar, o que permite uma melhor acurácia radiométrica deste sensor. Além disso, seu produto processado, ou seja, após a remoção de ruídos e de eventos temporários, exibe menos problemas com relação à saturação do brilho do *pixel*, principalmente nos núcleos urbanos. Isto pode se dever às suas características técnicas e à menor resolução espacial, de modo que seus dados possuem uma significativa melhora na definição dos detalhes. O sensor VIIRS também apresenta limites de detecção de emissão de radiância mais baixos que o sensor OLS, o que melhora sua capacidade de registro em áreas mais escuras, embora possa prejudicar o processamento por também captar o brilho da emissão de outras superfícies, como neve, gelo e água (ELVIDGE et al., 2013).

## **2.2 Os dados de Luzes Noturnas e suas relações com indicadores socioeconômicos e demográficos**

Desde o estabelecimento dos arquivos digitais imagens de Luzes Noturnas, diversos estudos avaliaram a possibilidade de correlacionar estes produtos com variáveis demográficas, sociais e econômicas. A partir dessas relações, diversos trabalhos têm sido produzidos no âmbito de prever, estimar e avaliar, ao longo do tempo, as dinâmicas no espaço urbano e as atividades humanas (BENNET; SMITH, 2017).

Estudos com foco econômico usam principalmente o Produto Interno Bruto (PIB), ou derivações como PIB per capita e PIB regionalizado, como dado auxiliar para estimar e avaliar o crescimento econômico de uma área de interesse. Estudos com temática social também utilizam PIB, mas geralmente associado a diversas outras variáveis, como população, renda, número de estabelecimentos, entre outros (MA et al., 2014; MELLANDER et al., 2015). Estes estudos permitem avaliar o crescimento e analisar o desenvolvimento interno e a evolução de uma região.

Devido à disponibilidade de dados em nível mundial, muitos estudos trabalham a escala de países. Henderson et al. (2012), por exemplo, analisaram globalmente o potencial da relação dos dados de Luzes Noturnas com os de população para mensurar o crescimento econômico de diversos países. De maneira semelhante,

Nordhaus e Chen (2014) fizeram a mesma relação, utilizando também o dado de PIB, para avaliar a precisão da estimação de estatísticas socioeconômicas. Diversos outros trabalhos têm explorado a relação dos dados de Luzes Noturnas do sensor OLS com dados de PIB em escala nacional para avaliar os diferentes contextos econômicos de um país (CHEN; NORDHAUS, 2011; DOLL et al., 2006; FORBES, 2013). Contudo, estudos em escalas amplas não conseguem capturar e representar as diferenças internas dos países em análise.

Com o advento do sensor VIIRS, com resolução espacial e radiométrica mais refinadas, os estudos econômicos têm avaliado escalas mais finas, registrando melhor as heterogeneidades internas de uma região. Li et al. (2013), por exemplo, avaliaram o potencial da relação dos dados de Luzes Noturnas com PIB Regional da China comparando os dados dos sensores VIIRS e OLS, utilizando um modelo de Regressão Linear Simples. Analisando as escalas provincial e distrital do país, os autores observaram que os dados do sensor VIIRS foram mais adequados para modelar a economia regional que os dados OLS. Wang et al. (2019) utilizaram os dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS como parâmetro para a inserção no modelo de estimação de PIB da Uganda em nível subnacional. O modelo de estimativa construído pelos autores foi baseado na extensão das áreas iluminadas identificadas pelo sensor VIIRS, que além de melhor registrar as variações econômicas internas, foi capaz de estimar diferentes atividades econômicas no território.

Para analisar em nível regional e municipal a evolução interna dos países, alguns estudos avaliaram a capacidade do sensor OLS em representar a dimensão social para recortes territoriais mais detalhados. Ma et al. (2012) por exemplo, relacionaram os dados de Luzes Noturnas do sensor OLS com diversos dados socioeconômicos, como PIB, consumo de energia elétrica e população, para avaliar o processo de expansão urbana na China em escala regional, das províncias, e local, dos distritos. De forma semelhante, Fan et al. (2014) relacionaram os dados OLS com dados de população urbana e PIB para análises em escala municipal na China. Ambos os estudos observaram o potencial dos dados de Luzes Noturnas em caracterizar a expansão da urbanização nas escalas regional e local.

Por sua vez, imagens noturnas do sensor VIIRS, por sua configuração e maior sensibilidade, seriam mais adequadas para estudos em escala regional e local, também necessitando ser avaliadas. O trabalho de Jing et al. (2016) indica um melhor ajuste dos dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS, em comparação aos do sensor OLS, com diversas variáveis socioeconômicas e demográficas, como: população total, rural e urbana; domicílios; PIB regional e regional per capita; renda per capita urbana e rural; entre outras. Wu et al. (2018), de forma semelhante, avaliaram a desigualdade regional na China através da relação dos dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS com variáveis que representavam o desenvolvimento econômico local, como PIB e população.

As dinâmicas econômicas e sociais foram também estudadas através de outras variáveis em relação com as Luzes Noturnas. Chand et al. (2009), por exemplo, caracterizaram espacialmente o desenvolvimento socioeconômico da Índia, no período de 1993 a 2002, através da análise das mudanças nos padrões de consumo de energia elétrica, usando dados DMSP/OLS. De modo mais detalhado, Min et al. (2013) detectaram a eletrificação de áreas rurais nas vilas de Senegal e Mali, demonstrando o potencial das Luzes Noturnas do sensor OLS em detectar espacialmente assentamentos rurais. Por sua vez, Ma et al. (2018), a partir de imagens do sensor VIIRS, desenvolveram uma abordagem espacial para identificar os diferentes tipos de áreas iluminadas em assentamentos humanos que poderiam ser relacionáveis a outros dados para caracterizar um país ou região.

Com o sensor VIIRS, novos estudos têm sido realizados em escalas intra-regionais e municipais, tanto para avaliar as relações com dados socioeconômicos, quanto para identificar e caracterizar as atividades humanas e o espaço em que ocorrem. Chowdhury et al. (2018) avaliaram a relação de dados censitários e demográficos de assentamentos humanos com dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS em três cidades da África (Ndola, Zambia; Sana'a, Yemen; Joanesburgo, África do Sul). Li et al. (2017b) avaliaram a presença de luzes, através dos dados do sensor VIIRS, na Síria durante a Guerra Civil, de modo a acompanhar as dinâmicas espaço-temporal dos conflitos e fornecer um subsídio ao planejamento e análise das condições humanas no país. Li et al. (2018), de forma semelhante, utilizaram os dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS para analisar as dinâmicas

no Iraque no período de 2012 a 2017, de modo a observar as áreas de conflito e estudar uma ferramenta operacional para validar os impactos dos mesmos.

Estudos com foco populacional e demográfico, contudo, ainda têm sido os mais frequentes no mundo, em diversas escalas e com ambos os sensores, tanto para caracterizar quanto estimar determinada população (DOLL; MULLER, 2000; ELVIDGE et al., 1997; SUTTON et al., 2001). Doll e Pachauri (2010), por exemplo, analisaram a capacidade dos dados de Luzes Noturnas para estimar a população rural sem acesso à eletricidade. Bagan e Yagamata (2015) relacionaram dados populacionais com dados de Luzes Noturnas do sensor OLS, avaliando os modelos de Regressão Linear e Geograficamente Ponderada para estimar a distribuição da população na região de Hokkaido, no Japão. Tripathy et al. (2017), de forma semelhante, utilizaram a Regressão Linear para estimar a população urbana da República da China a partir de dados de Luzes Noturnas do sensor OLS.

No Brasil, estudando o potencial dos dados de Luzes Noturnas para estimativas populacionais, Amaral et al. (2006) estimaram a população da Amazônia Legal Brasileira, ponderando a baixa precisão do sensor OLS na detecção de pequenos assentamentos. Neste contexto, Barros (2017) analisou os potenciais e desafios na estimação intercensitária da população brasileira utilizando variáveis indicadoras, como base de registros administrativos do país e dados de Luzes Noturnas do sensor OLS.

Outros estudos têm avaliado o potencial das Luzes Noturnas com relação a outras bases de dados, principalmente relacionados à população e sua distribuição no território. Amaral et al. (2005), por exemplo, utilizaram imagens do sensor DMSP/OLS do ano de 1992 para identificar atividade humana nos municípios pertencentes à Amazônia Brasileira. Os autores estimaram, através de um modelo de regressão linear, a população e o consumo de energia elétrica a partir da área de luzes para os municípios do estado do Pará. Com foco em explorar a taxa de urbanização, Azevedo et al. (2011) avaliaram o potencial dos dados de Luzes Noturnas advindos do DMSP/OLS para analisar a expansão urbana no Cerrado brasileiro. Baptista e Nascimento (2016) também avaliaram o crescimento da mancha urbana, mas em escala metropolitana para Brasília, demonstrando o potencial das Luzes Noturnas em identificar alvos intraurbanos.

Ainda que a utilização de dados de Sensoriamento Remoto de Luzes Noturnas tem sido indicada como promissora para o Brasil (BARROS, 2017), ainda são poucos trabalhos que investigam as características de resolução dos produtos do sensor VIIRS no país. Alguns estudos foram realizados para avaliar os dados de Luzes Noturnas no estudo de processos de ocupação do território (AMARAL et al., 2015; AMARAL et al., 2017; BRAGION et al., 2019; SANTOS et al., 2018).

Dória et al. (2016) examinaram o potencial deste sensor na estimativa da população urbana da Amazônia e da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), comparado ao sensor OLS. Os autores verificaram que os dados mais refinados do VIIRS apresentaram resultados mais satisfatórios, podendo ser um suporte eficiente no *“planejamento da oferta de infraestrutura e serviços públicos demandados pela população”*.

Esta revisão de literatura evidencia a necessidade de se avaliar o potencial e as limitações das relações entre os dados de Luzes Noturnas e variáveis socioeconômicas, demográficas e de infraestrutura no contexto brasileiro e em escalas subnacionais. Estas relações, se consistentes, podem corroborar o uso dos dados de Luzes Noturnas como instrumento auxiliar importante para o Planejamento Territorial, uma vez que permitirá a produção de informação espacial capaz de caracterizar as diferenças intrarregionais, favorecendo a inclusão e diminuição das desigualdades socioespaciais no espaço regional.

## **2.3 Planejamento territorial**

### **2.3.1 Histórico do planejamento territorial**

Entende-se planejamento como a ferramenta de um processo que envolve a determinação de ações futuras conscientes elaboradas e baseadas na reflexão da realidade atual (JANUZZI, 2017). Sendo este um processo contínuo e gradual associado à tomada de decisão de diversos atores, tem um caráter técnico, mas principalmente, político. No contexto das cidades e da questão urbana, o planejamento territorial urbano, tem como objetivo principal a organização do espaço urbano (CORRÊA, 1989; SOUZA, 2004; CANTADOR, 2015). O planejamento territorial engloba as tomadas de decisões e a aplicação de um

conjunto de estratégias e ferramentas com objetivo de incentivar o desenvolvimento integrado (ONU HABITAT, 2015).

Uma breve revisão do histórico e ações do planejamento no Brasil é apresentada a seguir com base nos trabalhos de Déak e Schiffer (1999), Souza (2004), Souza (2005), Henrique et al. (2017) e Gomes et al. (2018).

No Brasil, o planejamento urbano teve destaque a partir da década de 1950 através da intervenção no investimento e planejamento de cidades para impulsionar o desenvolvimento industrial no país, tendo como característica a centralização de poderes. O principal objetivo do Estado, como ator e agente de planejamento, era a integração e ordenação do espaço territorial, de forma a inserir as cidades no contexto de desenvolvimento vivido pelo país na época.

Durante a década de 1960 houve um período de consolidação do planejamento estatal, tendo a autonomia estadual e municipal limitadas pelo regime militar. Como exemplo da centralização e controle da União, foram criadas as Secretarias de Estado dos Negócios de Economia e Planejamento em diversos estados brasileiro, instituída pela Lei nº 8.204/1964 no estado de São Paulo. O estabelecimento das Secretarias viabilizou o Decreto Federal nº 48.162/1967 para a institucionalização de regiões político-administrativas nos estados.

Durante a década de 1970, o Governo Federal, no auge do governo militar, queria centralizar o controle do planejamento territorial dos estados e municípios. Assim, para organizar o território e controlar o planejamento do desenvolvimento dos estados e municípios, foi estabelecida a Lei Complementar nº 14/1973 que criou oito Regiões Metropolitanas (RMs) no Brasil, incluindo a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Como forma de coordenar os estudos, planejamento e implementação de novas RMs no estado de São Paulo, foi criada a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA) pela Lei Complementar nº 94/1974. Concebendo uma visão limitada da gestão do território para o interior do estado paulistano e para controlar as dinâmicas do capital regional, em 1976 houve a implantação de diversos programas previstos no II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND - 1975/1976) através da Política de Desenvolvimento Urbano Regional (PDUR). Inserido nos programas da PDUR, em 1978 foi publicado o “*Plano Regional do Macro-Eixo Paulista*”, que visava analisar os

municípios da área entre a Grande São Paulo e o estado do Rio de Janeiro para atender as políticas de descentralização industrial.

Neste contexto, políticas de caráter econômico foram privilegiadas em detrimento das sociais, colaborando para aumentar os problemas urbanos consolidados e as desigualdades regionais. Diante do acúmulo dos problemas urbanos, houve uma mobilização que marcou a década de 1980, a reivindicação pela reforma urbana, que defendia maior acesso da população aos bens e serviços e na gestão democrática da cidade. Este movimento culminou na nova Política Urbana Brasileira estabelecida em um capítulo da Constituição Federal de 1988, composto pelos Artigos 182 e 183. A União, então, delegou aos Estados da Federação a organização, planejamento e execução de funções públicas, dando mais autonomia aos municípios em relação ao planejamento territorial.

Apesar de alguns autores considerarem estes artigos como uma “derrota estratégica” (SOUZA, 2005), a Constituição de 1988 introduziu, conforme Parágrafo 1º do Artigo 182, um novo instrumento social de planejamento, o Plano Diretor, que se tornou “*obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes*” sendo um “*instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana*”. Este instrumento deu espaço ao chamado planejamento alternativo e seria um método de direcionamento do desenvolvimento de uma cidade, compreendendo as dimensões básicas das políticas urbanas e cumprindo uma “*função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor*” (BRASIL, 1988, p. 147).

Associada à revolução técnico-científica na década de 1980/1990, o modelo de planejamento tradicional deu espaço ao chamado planejamento estratégico, cujos conceitos e técnicas determinavam que a cidade fosse tratada e administrada como uma empresa, incorporando uma dimensão política. Com isso, o Estado começou a ter um papel menos determinante, dando mais autonomia para os municípios no processo de planejamento.

O termo Planejamento Estratégico, então, foi gradativamente substituído pela nomeada Gestão Participativa, ou Planejamento Participativo, que é caracterizada por uma postura de gestão do ambiente urbano. O planejamento participativo tem ênfase na participação da sociedade civil nas tomadas de decisão e nas ações

sobre suas cidades, sendo representada através de um Conselho de Desenvolvimento que atuaria como um agente de co-gestão com o Estado. Apesar de planejamento e gestão serem utilizados como conceitos sinônimos são, na verdade, complementares com aplicações temporais distintas. O termo planejamento, conforme explicitado anteriormente, denota a preparação para uma realidade futura, sendo o termo gestão uma efetivação, no mínimo parcial, das ações de planejamento construídas. Neste sentido, o planejamento é uma atividade intensiva em gestão, de forma que sem gestão adequada, o planejamento seria um processo fadado ao fracasso.

Diante da abertura política e da atuação incessante de movimentos pela reforma urbana, houve também a aprovação da Lei nº 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade. O Estatuto prevê, como instrumentos de planejamento, os “*planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social*”, sendo o Plano Diretor uma das principais ferramentas previstas para o planejamento municipal (BRASIL, 2001, p. 2). Além de traçar diretrizes e mecanismos para o ordenamento urbano, o Estatuto da Cidade também definiu os princípios de função social da propriedade e a gestão participativa, que visava a inclusão da sociedade civil no processo de planejamento territorial.

Em certa medida, para sanar algumas lacunas deixadas pelo Estatuto da Cidade e para recuperar elementos ligados ao desenvolvimento urbano e regional apontados na Constituição de 1988, o Estatuto da Metrópole foi sancionado conforme Lei nº 13.089 de 12 de janeiro de 2015. A Lei estabeleceu diretrizes gerais para o planejamento, intencionando a execução das ações das políticas públicas de interesse comum dentro das RMs instituídas por cada estado. Além disso, seu artigo 10º obriga que todas as “*regiões metropolitanas e as aglomerações urbanas deverão contar com Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI)*”.

O PDUI, além de um instrumento legal que orientará o desenvolvimento urbano, econômico e social das regiões metropolitanas, pode ser uma base para a implantação do planejamento participativo nas regiões (BRASIL, 2015). Este novo instrumento inserido no contexto das RMs poderá subsidiar os processos de tomada de decisão e as ações de Planejamento Territorial, visando a modernização dos espaços urbanos municipais.

### **2.3.2 Planejamento territorial na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**

A inauguração da Rodovia Presidente Dutra em 1951 foi um marco e um fator decisivo na região do Vale do Paraíba como eixo de conexão entre os principais centros econômicos do País, São Paulo e Rio de Janeiro (HENRIQUE et al., 2017). No início da década de 1970 teve início a efetivação de algumas políticas públicas para o planejamento regional que buscavam o desenvolvimento integrado dos municípios. Diante do contexto de controle dos estados pelo Governo Federal, a região foi pioneira na criação de instrumentos para nortear as ações de planejamento, com a elaboração do documento “*Caracterização e Avaliação dos Conhecimentos Existentes sobre a Região do Vale do Paraíba e Diagnósticos Resultantes*” pelo Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba e Litoral Norte (CODIVAP) (GOMES et al., 2018; HENRIQUE et al., 2017). O CODIVAP foi um dos primeiros consórcios intermunicipais do país, e se baseava na relação de igualdade jurídica para possibilitar a espacialização de problemas que eram comuns aos municípios à época, como o processo de conurbação e as altas taxas de urbanização. O estudo evidenciou as desigualdades socioespaciais de renda de cada município e a forte relação do crescimento com as atividades industriais, demonstrando que era um instrumento meramente consultivo que não embasava as demandas regionais (GOMES, 2010; VIEIRA; SANTOS, 2012).

Ao final da década de 1970, foi instituído o “*Plano Regional do Macro Eixo Paulista*”, que fazia parte de uma política nacional de descentralização da Região Metropolitana de São Paulo. Embora visasse um desenvolvimento mais integrado dos municípios do Vale do Paraíba, o plano alterou significativamente a dinâmica das atividades econômicas nas cidades do interior através da concentração da indústria em alguns pólos, acentuando os contrastes intrarregionais (GOMES, 2010; MELLO, et al., 2012; MARIA, 2016). No final desta década, dois trabalhos foram importantes ao estudar os contextos socioeconômicos e ambientais da região para subsidiar o planejamento: o “*Plano Regional do Litoral*”, elaborado em 1978; e “*Diretrizes de ordenamento do Uso do Solo: Macrozoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*” publicado em 1979 pelo Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

(CEEIVAP) que incorporava a questão ambiental nas ações de planejamento (GOMES et al., 2018).

Após a nova Política Urbana estabelecida pela Constituição Federal de 1988, que incorporou o conceito de Planejamento Estratégico, o CODIVAP em 1992 encomendou ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e à Fundação Vale Paraibano de Ensino (FVE), atualmente denominada Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), novos estudos de caracterização regional visando um planejamento regional integrado, o Projeto Macrozoneamento do Vale do Paraíba e Litoral Norte (MAVALE). Este projeto visava, além da “*elaboração de diretrizes de ordenamento do uso do solo regional*”, também poder “*colocar à disposição da comunidade técnico-científica do País uma metodologia de planejamento regional baseada no uso de dados de Sensoriamento Remoto Orbital*” (MAVALE, 1991). Além da produção de um mapa de macrozoneamento, a iniciativa resultou em algumas diretrizes gerais para nortear o desenvolvimento regional. Apesar de inovadora e pioneira no âmbito do Planejamento Territorial Regional, foi esquecida e pouco utilizada pela gestão pública (KURKDJIAN et al., 1991; MAVALE, 1991).

Visando a gestão compartilhada entre as esferas estadual e municipal, em 2012 foi instituída a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) de acordo com a Lei Complementar nº 1.166, sancionada pelo Governador do estado de São Paulo em 9 de janeiro. Esta metropolização abrangeu 39 municípios localizados na área do vale do Rio Paraíba do Sul e do Litoral Norte Paulista, agrupados em cinco Sub-regiões. A Lei estabelece que a RMVPLN tem por objetivos promover o planejamento regional integrado ao desenvolvimento socioeconômico de interesse comum, através da cooperação entre os diferentes níveis de governo, para melhorar a qualidade de vida e reduzir as desigualdades regionais (SÃO PAULO, 2012). Havia, assim, um prospecto de estimular o crescimento das Sub-regiões como um todo através do desenvolvimento integrado das especialidades produtivas diversas de cada município (NASCIMENTO et al, 2014). Apesar desta visão integradora para o desenvolvimento da região, refletida em sua constituição, a RMVPLN agrupou municípios industrializados e com alto grau de urbanização com outros cujas atividades econômicas são primariamente não industriais, de baixo grau de urbanização e com possibilidade de

desenvolvimento na agricultura agroecológica e ecoturismo. O agrupamento de municípios heterogêneos, tanto nos aspectos socioeconômicos e demográficos quanto culturais, traz a necessidade de se estimular outros setores nos diversos municípios e auxiliar os agentes públicos, privados e do terceiro setor, na busca da redução das desigualdades intrarregionais existentes (HENRIQUE et al., 2017; NASCIMENTO et al, 2014).

No entanto, em 2014 iniciaram-se planos de investimentos e projetos de obras que objetivavam, além do desenvolvimento integrado dos municípios, a exploração de recursos com ênfase no setor petrolífero. Ao invés do desenvolvimento integrado, retoma-se o antigo modelo urbano-industrial, com aposta quase que exclusiva na exploração de recursos e no reforço da logística de transporte. Dentre os projetos discutidos, destacam-se os cinco principais: (1) Ampliação do Porto de São Sebastião, proposta principalmente devido à descoberta do Pré-Sal e visando promover o aumento do potencial energético do estado de São Paulo (MARIA, 2016; PORTO DE SÃO SEBASTIÃO, 2018); (2) Duplicação da Rodovia dos Tamoios para facilitar o tráfego para o Litoral Norte e auxiliar na logística regional, dando suporte às atividades de exploração de gás e do Pré-Sal (MARIA, 2016; CONCESSIONÁRIA TAMOIOS, 2018); (3) Sistema de Transporte Rápido Intermunicipal de Média Capacidade (TriVale) proposto em 2014 para modernizar o serviço de transporte intermunicipal no Vale; (4) Ampliação do Hospital Regional de Taubaté e construção de um em São José dos Campos e outro em Caraguatatuba; (5) Estímulos e investimentos do estado nos municípios cujas principais atividades são relacionadas à agropecuária, turismo e artesanato, com foco nas Estâncias da região (MARIA, 2016). Apesar da tentativa de integrar o território regional, todos estes investimentos e políticas públicas refletem ainda um modelo de desenvolvimento e planejamento territorial antiquado, não visualizando o potencial cooperativo e diversificado que a região possui.

Com o marco legal do estabelecimento do Estatuto da Metrópole que trouxe um novo desafio ao planejamento regional, a obrigatoriedade de construção do PDUI, criou-se a Agência Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (AGEMVALE). A AGEMVALE é uma entidade autárquica instituída pela Lei Complementar nº 1.258 de 12 de janeiro de 2015 que tem como objetivo principal *“integrar a organização, o planejamento e a execução das funções públicas de*

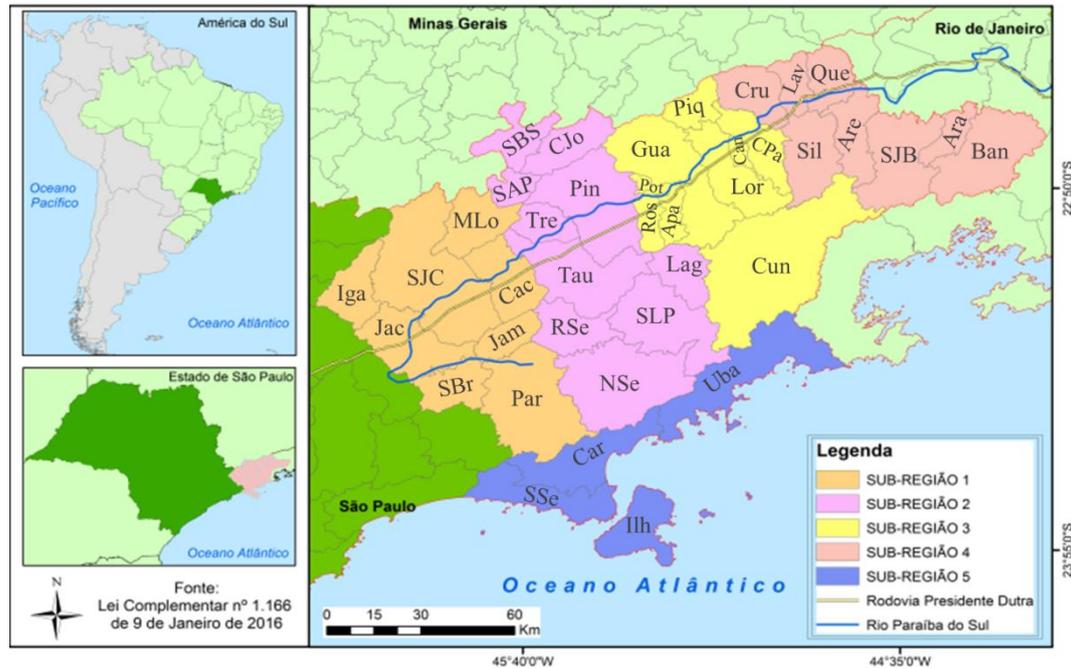
*interesse comum*” (SÃO PAULO, 2015). Em termos legais, a tarefa estabelecida pelo Estatuto da Metrópole, da construção de um PDUI como instrumento para o planejamento metropolitano, passa a ser conduzida pela AGEMVALE. Tais ações retornam ao estado a responsabilidade de planejar o ordenamento territorial regional, mas reconhecendo a autonomia e particularidades dos municípios. A Agência deveria ter um papel de articulação político-institucional e também de garantir a construção participativa do PDUI, que poderia auxiliar na condução da busca por novas ferramentas técnicas para o planejamento integrado e participativo do espaço regional (ONU-HABITAT, 2015; GOMES et al., 2018). Até o presente momento, a AGEMVALE não aproveitou estas oportunidades e, novamente, o Planejamento Territorial em escala metropolitana, tem se desenvolvido sem a participação social efetiva e sem ligação com as instituições de ensino e pesquisa da região, como foi feito no passado.

### **3. ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo é composta pela Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) do Estado de São Paulo, situada no eixo da Rodovia Presidente Dutra, ligando as Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 3.1). A região também possui a nascente do Rio Paraíba do Sul, que perpassa por 32 cidades da região e segue para os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. A RMVPLN possui uma área total de 16.178 km<sup>2</sup> e é responsável por aproximadamente 5,13% do Produto Interno Bruto (PIB) paulista (EMPLASA, 2012).

O processo histórico-geográfico de constituição da região (Figura 3.2) iniciou-se com a organização do espaço regional, desde o século XVI até o século XIX, abrangendo a colonização e a formação das vilas e cidades, até a ascensão e queda do ciclo chamado “Império do Café” (ARRUDA, 2013). Em seguida, durante o século XX, houve intensos investimentos para o desenvolvimento industrial da região, o que promoveu o crescimento populacional urbano. Após a crise econômica na década de 1990, houve uma diversificação das atividades econômicas na região culminando com a proposta de desenvolvimento integrados dos municípios no século XXI.

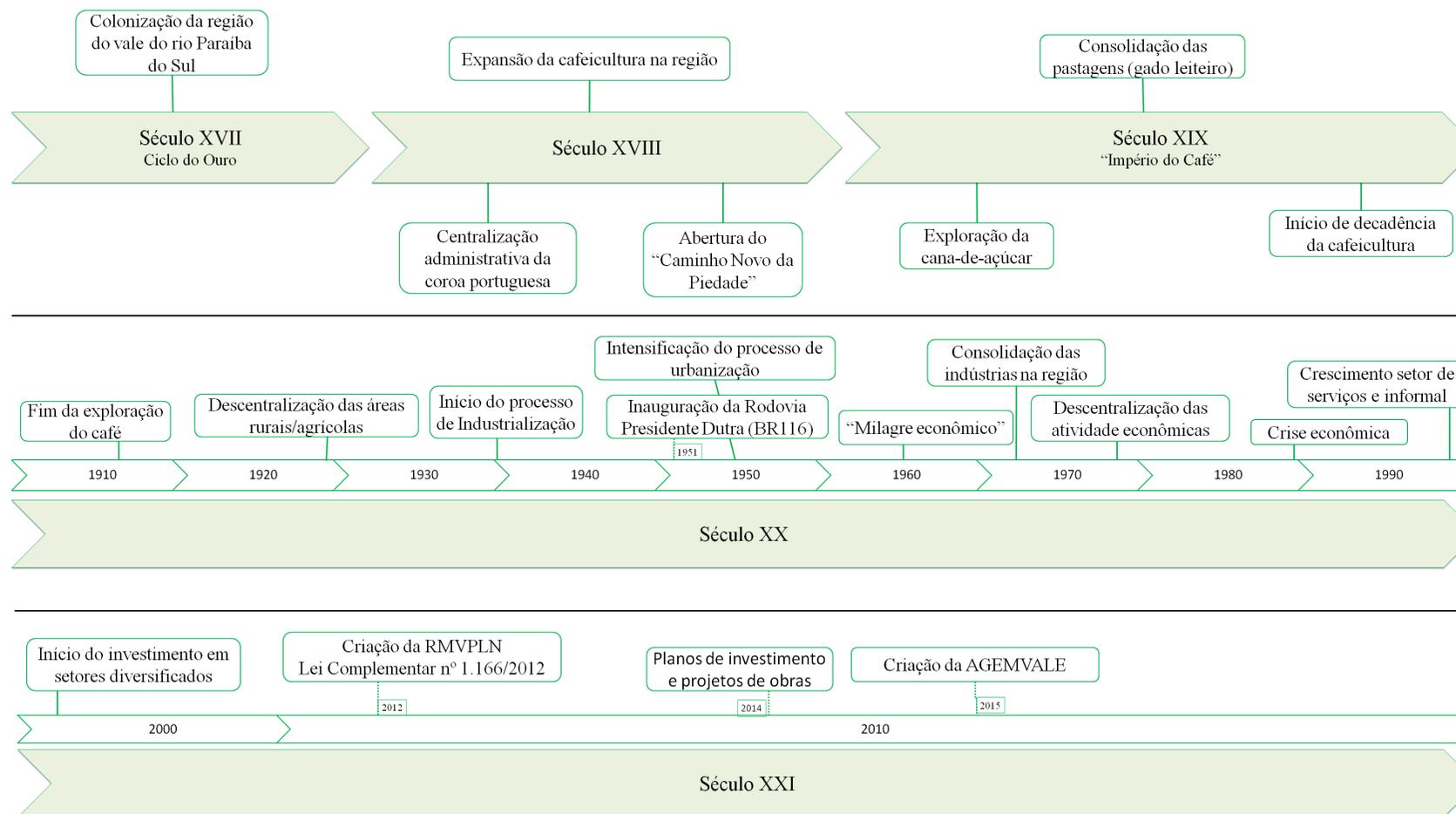
Figura 3.1 - Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.



Legenda: Apa: Aparecida; Ara: Arapeí; Are: Areias; Ban: Bananal; Cac: Caçapava; Can: Canas; Car: Caraguatatuba; CJo: Campos do Jordão; CPa: Cachoeira Paulista; Cru: Cruzeiro; Cun: Cunha; Gua: Guaratinguetá; Iga: Igaratá; Ilh: Ilhabela; Jac: Jacareí; Jam: Jambeiro; Lag: Lagoinha; Lav: Lavrinhas; Lor: Lorena; MLo: Monteiro Lobato; NSe: Natividade da Serra; Par: Paraibuna; Pin: Pindamonhangaba; Piq: Piquete; Pot: Potim; Que: Queluz; RSe: Redenção da Serra; Ros: Roseira; SAP: Santo Antônio do Pinhal; SBr: Santa Branca; SBS: São Bento do Sapucaí; Sil: Silveiras; SJB: São José do Barreiro; SJC: São José dos Campos; SLP: São Luis do Paraitinga; SSe: São Sebastião; Tau: Taubaté; Tre: Tremembé; Uba: Ubatuba.

Fonte: Produzida pela autora.

Figura 3.2 - Linha do tempo do processo histórico-geográfico de constituição da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.



Fonte: Produzida pela autora.

### **3.1 Organização do espaço regional**

Para garantir o assentamento e a conquista de terras cultiváveis, durante o século XVI e XVII, a coroa portuguesa, com ajuda indígena, desbravou o sertão, além do caminho do mar, e iniciou a abertura do caminho do Vale do Paraíba, posteriormente conhecido como “Caminho dos Bandeirantes”. No início do século XVII tem-se a abertura do eixo de expansão ao longo do rio Paraíba do Sul e a descoberta do ouro, que promoveu a formação dos primeiros núcleos de povoamento às margens do rio (VICTAL; ASSUMPÇÃO, 2015). Os caminhos abertos do Vale do rio Paraíba serviam como uma malha viária de comunicação entre o sertão e o mar. Diversos núcleos de povoamento, vilas e freguesias que abasteciam de mantimentos e ofereciam pouso aos que trafegavam por estes caminhos. No final do século, o Vale do Paraíba se tornou a região mais povoada da Capitania de São Paulo devido à densa aglomeração nas margens do rio Paraíba do Sul (MULLER, 1969; VICTAL; ASSUMPÇÃO, 2015). Devido à centralização administrativa e à restrição da Coroa Portuguesa do acesso às minas de ouro, a Capitania de São Paulo teve um período de estagnação econômica e comercial, até o fim do século XVIII. (DÉAK; SCHIFFER, 1999; VICTAL; ASSUMPÇÃO, 2015).

No século XIX, a exploração do ouro diminuiu, mas financiou o início da agricultura da cana-de-açúcar e, posteriormente, do café, que se tornou a principal atividade econômica do Vale. Com a introdução da cafeicultura, a região iniciou seu período mais próspero, o “Império do Café”, no qual houve intenso crescimento populacional e territorial, e desenvolvimento econômico, ascendendo seu poder político e estabelecendo a região como a mais importante de São Paulo. (MULLER, 1969; ARRUDA, 2013; NASCIMENTO et al., 2014)

Durante o “Império do Café”, juntamente com o expressivo crescimento da região, diversos impactos sociais e ambientais alteraram significativamente a paisagem. A terra menos produtiva pelo intenso uso, aliado à queda do preço do café no mercado internacional e o controle da acumulação nacional da elite cafeeira, iniciaram ainda no século XIX o processo de decadência da cafeicultura. Com a produção não restrita ao Vale do Paraíba e a constante queda do preço do café, a região perdeu gradativamente sua privilegiada posição econômica,

substituindo suas áreas rurais de lavoura por pastagem para produção de gado leiteiro (DÉAK; SCHIFFER, 1999; DEVIDE et al., 2014; GOMES, 2010). Ao final do século XIX houve, além da queda na economia de diversas cidades e a reconfiguração da paisagem regional, um aumento das colônias agrícolas e uma alta ocupação da várzea do Rio Paraíba.

Com o fim da exploração do café, entre as décadas de 1910 e 1920, iniciou-se o processo histórico de industrialização no Brasil entre as décadas de 1930 e 1940. Contudo, foi apenas na década de 1950 que a União investiu na infraestrutura básica, acelerando o processo de urbanização e promovendo a descentralização das áreas rurais e a migração de pessoas para os núcleos urbanos, onde se iniciou a maior oferta de serviços. A construção da Rodovia Presidente Dutra (BR116) na década de 1950 dinamizou a região do Vale do Paraíba, colocando-a mais uma vez numa posição privilegiada no estado como eixo articulador entre os principais centros econômicos do país, sendo um espaço estratégico para a expansão do setor industrial (ARRUDA, 2013; DÉAK; SCHIFFER, 1999). Com isso, as cidades às margens da rodovia começaram a prosperar, apresentando aumento significativo no seu volume populacional, principalmente na área urbana, além de investimentos na indústria. Os municípios fora deste eixo entraram em uma fase de severa estagnação econômica, registrando saldos migratórios negativos e concentrando sua economia na agropecuária (ARRUDA, 2013; MELLO et al., 2012).

Durante a década de 1960 as políticas econômicas planejadas com maior expansão industrial deram início ao período conhecido como “milagre econômico”. No início dos anos 1970, houve transformações na territorialidade brasileira, especialmente no estado de São Paulo que queria conduzir a economia tornando a capital num “centro nacional”. Em meado de 1970, iniciou a descentralização das atividades secundárias, não visando o desenvolvimento integrado, mas como estratégia de controle da acumulação interna de capital. Assim, houve a polarização nos municípios de São José dos Campos e Taubaté, com produção principalmente voltada a bens intermediários e de consumo e tecnologia militar e aeroespacial. Implantaram-se também na região diversas empresas do ramo automotivo e do setor petrolífero, estas concentradas no Litoral

Norte, e da indústria bélica, que projetaram a região no cenário global (DÉAK; SCHIFFER, 1999; SHIFFER, 1990; SOUZA, 2004).

Pelo contexto histórico nacional da Ditadura Militar e a má administração do capital brasileiro, após a alta expansão durante a década de 1970, a Crise Econômica das décadas de 1980 até 1990 afetou de forma significativa a região do Vale. Houve aumento do desemprego, principalmente no setor industrial, e redução da qualidade de vida. Em contrapartida, cresceram os setores de serviço e da economia informal, surgindo diversos complexos comerciais, como shoppings e hipermercados, que auxiliaram na manutenção da economia (SOUZA, 2004). Com o arrefecimento da crise e tendo sido estabelecidas diversas atividades econômicas na região, iniciou-se o século XXI com a proposta de desenvolvimento mais integrado dos municípios da região e investimentos em setores diversificados, como a atividade portuária, o turismo e a agropecuária.

### **3.2 Caracterização socioeconômica das Sub-regiões da RMVPLN**

As cinco Sub-regiões que formam a RMVPLN possuem dinâmicas econômicas variadas visando o desenvolvimento regional mais diversificado e integrado. A Tabela 3.1 resume algumas características socioeconômicas das Sub-regiões, o que evidencia a diversidade entre elas.

A Sub-região 1 concentra o maior PIB da RMVPLN (R\$ 51.603.623 mil em 2015), resultado principalmente da atividade industrial dos municípios localizados no eixo da Via Dutra, como São José dos Campos e Jacareí. São José dos Campos é o principal município que detém investimentos no campo aeroespacial, com significativa produção tecnológica e científica. A Sub-região 2 possui um padrão semelhante à Sub-região 1, com atividades industriais, associadas aos setores automobilísticos, alimentícios e químicos, nas cidades do eixo da Rodovia, principalmente Taubaté e Pindamonhangaba. Esta Sub-região também compreende municípios serranos, onde o turismo de inverno é predominante, além de outras estâncias turísticas com atividades econômicas centradas no artesanato, ecoturismo e turismo religioso (EMPLASA, 2012; IBGE, 2018).

A Sub-região 3, apesar da presença de indústrias e instituições de ensino tecnológico, é notável pelas atividades de turismo religioso, com destaque para Aparecida, que compreende o Santuário Nacional de Nossa Senhora Aparecida, e

Cachoeira Paulista, com a comunidade católica Canção Nova. Concentram-se também atividades de ecoturismo e turismo cultural, além dos setores agropecuários e de comércio. A Sub-região 4 apresenta o menor PIB acumulado de toda a região (R\$ 2.768.688 mil em 2015) e o crescimento econômico dos municípios foi contido após o século XIX com a decadência do café. As antigas fazendas de café, localizadas no chamado Vale Histórico, atualmente exploram atividades de turismo, principalmente ecológico e histórico-cultural (ARRUDA, 2013; EMPLASA, 2012, IBGE, 2018).

A Sub-região 5 é composta pelos municípios do Litoral Norte e tem como principais atividades econômicas o turismo de veraneio, incluindo turismo ecológico, e a atividade portuária. O Terminal Portuário de São Sebastião é considerado a terceira melhor região portuária do mundo com capacidade de armazenamento de até 2.100.000 toneladas, recebendo e transportando diversos tipos de cargas. Em Caraguatatuba situa-se o Terminal Marítimo Almirante Barroso (Tebar), da Petrobras Transportes S/A – Transpetro, responsável pela pesquisa e produção dos derivados de petróleo e álcool combustível (EMPLASA, 2012).

As Sub-regiões 3 e 4 possuem a economia menos expressiva da região, com pouca representatividade econômica e pouca pretensão a novos investimentos. As Sub-regiões 1 e 2 concentram a maior parte do PIB da região, somando cerca de R\$ 75.276.476 mil em 2015, tendo investimentos e produção mais consolidados. Atualmente, a Sub-região 5 tem sido alvo de boa parte dos investimentos, principalmente devido à exploração do Pré-Sal, intensificando a pressão antrópica, não apenas sobre os recursos naturais, como também sobre os serviços públicos (GOMES, 2010; MARIA, 2016). Não apenas as atividades econômicas se diferem, mas também as características sociais e demográficas, que requerem políticas públicas específicas para auxiliar na redução das desigualdades entre Sub-regiões. Em 2010, segundo o Censo Demográfico do IBGE, a RMVPLN representava 5,5% da população do estado de São Paulo, sendo que a taxa de crescimento, de 2000 para 2010, foi maior que a do estado, aproximadamente 1,3% ao ano. A Densidade Demográfica, em 2015, era de 154,26 habitantes/km<sup>2</sup>. Contudo, a população não se distribui de forma uniforme, mas se concentra nas áreas urbanas, principalmente no município de São José dos Campos, considerado

o sétimo mais populoso do estado (GOMES, 2010; EMPLASA, 2012) com 629.921 habitantes e 617.106 na área urbana segundo Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foi construído para representar uma medida sintética do desenvolvimento humano, sendo constituído por três dimensões: saúde, educação e renda. A RMVPLN possui altos valores de IDH, no geral, acima de 0,65, demonstrando que a região parece ser homogênea em seu desenvolvimento. Contudo, não evidencia as desigualdades no acesso a serviços e bens públicos, como por exemplo, o acesso a Saneamento Básico e a qualidade da água potável, que apesar de ter melhorado desde a criação da região em 2012, permanece desigual e precário em alguns municípios.

Tabela 3.1 - Características Socioeconômicas dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

<b>SUB-REGIÃO</b>	<b>Municípios</b>	<b>POPULAÇÃO (2000)*</b>	<b>POPULAÇÃO (2010)*</b>	<b>ESPECIALIZAÇÕES**</b>	<b>PIB 2015 (mil reais)**</b>	<b>IDH (2010)***</b>
SUB-REGIÃO 1 - São José dos Campos	Caçapava	76.130	84.752	Indústria e serviços	3.547.469	0,79
	Igaratá	8.292	8.831	Turismo	164.329	0,71
	Jacareí	191.291	211.214	Indústria e serviços	10.665.066	0,78
	Jambeiro	3.992	5.349	Turismo	275.824	0,76
	Monteiro Lobato	3.615	4.120	Turismo	54.277	0,71
	Paraibuna	17.009	17.388	Turismo	254.493	0,72
	Santa Branca	13.010	13.763	Turismo	244.065	0,74
	São José dos Campos	539.313	629.921	Indústria	36.398.100	0,81
SUB-REGIÃO 2 - Taubaté	Campos do Jordão	44.252	47.789	Turismo de inverno	1.093.067	0,75
	Lagoinha	4.957	4.841	Serviços e ecoturismo	54.379	0,69
	Natividade da Serra	6.952	6.678	Serviços e ecoturismo	63.751	0,66
	Pindamonhangaba	126.026	146.995	Indústria e turismo	6.640.810	0,77
	Redenção da Serra	4.047	3.873	Serviços e ecoturismo	51.258	0,66
	Santo Antônio do Pinhal	6.328	3.486	Turismo de inverno	9.145	0,71
	São Bento do Sapucaí	10.355	10.468	Turismo de inverno	173.239	0,72
	São Luiz do Paraitinga	10.429	10.397	Serviços e ecoturismo	142.300	0,69
	Taubaté	244.165	278.686	Indústria	14.703.592	0,80
Tremembé	34.823	40.984	Serviços e ecoturismo	659.009	0,79	

(continua)

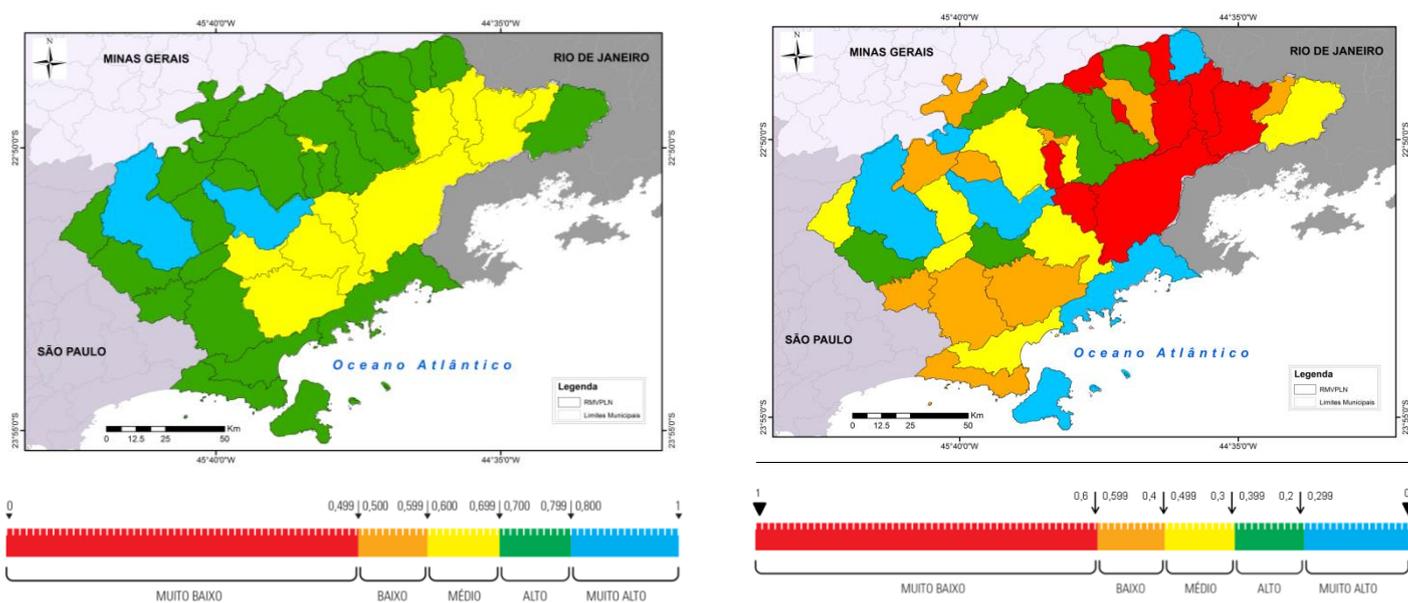
Tabela 3.1 - Conclusão.

<b>SUB-REGIÃO</b>	<b>Municípios</b>	<b>POPULAÇÃO (2000)*</b>	<b>POPULAÇÃO (2010)*</b>	<b>ESPECIALIZAÇÕES**</b>	<b>PIB 2015 (mil reais)**</b>	<b>IDH (2010)***</b>
	Aparecida	34.904	35.007	Turismo religioso	929.139	0,76
	Cachoeira Paulista	27.205	30.091	Turismo religioso	530.143	0,76
	Canas	3.614	4.385	Turismo e agropecuária	153.282	0,70
SUB-REGIÃO 3 - Guaratingueta	Cunha	23.090	21.866	Turismo rural, ecoturismo e agricultura	197.270	0,68
	Guaratinguetá	104.219	104.219	Turismo religioso e indústria	4.764.612	0,72
	Lorena	77.990	82.537	Turismo religioso e indústria	2.132.041	0,77
	Piquete	15.200	14.107	Turismo rural e ecoturismo	144.086	0,76
	Potim	13.605	19.397	Comércio, turismo e indústria	191.557	0,69
	Roseira	8.577	9.599	Comércio, turismo e indústria	233.517	0,74
	Arapeí	3.600	3.696	Vale Histórico	24.214	0,68
	Areias	2.618	2.493	Vale Histórico	36.822	0,69
	Bananal	9.713	10.223	Vale Histórico	184.707	0,73
SUB-REGIÃO 4 - Cruzeiro	Cruzeiro	73.492	77.039	Indústria e comércio	2.101.941	0,79
	Lavrinhas	6.008	6.590	Indústria e comércio	105.844	0,73
	Queluz	9.112	11.309	Vale Histórico	210.362	0,72
	São José do Barreiro	4.143	4.077	Vale Histórico	44.699	0,68
	Silveiras	5.378	5.792	Vale Histórico	60.099	0,68
SUB-REGIÃO 5 - Caraguatatuba	Caraguatatuba	78.921	100.840	Turismo de veraneio e petróleo	2.720.211	0,76
	Ilhabela	20.836	28.196	Turismo de veraneio	7.164.724	0,76
	São Sebastião	58.038	73.942	Turismo de veraneio e Porto	3.691.904	0,77
	Ubatuba	66.861	78.801	Turismo de veraneio	1.705.877	0,75

Fonte: \*IBGE, Censo Demográfico; \*\*EMPLASA (2012); \*\*\*IBGE (2018).

Santos et al. (2018) propõem um indicador sintético relacionando os dados de Luzes Noturnas do sensor OLS com dados populacionais do Censo Demográfico 2010, denominado Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (IDLN). O IDLN é um índice associado ao espaço, mensurando a desigualdade de um município através da relação entre a distribuição espacial da população e a disponibilidade de Luzes Noturnas. Quando comparado ao IDH Municipal, o IDLN evidenciou a diversidade e heterogeneidade dos municípios da região (Figura 3.3). Os municípios predominantemente industriais, localizados no eixo da Rodovia Presidente Dutra, têm índices mais elevados que aqueles onde predominam o turismo e a agropecuária. O IDLN destaca condições particulares para os municípios de IDH alto e médio, ressaltando as desigualdades entre os municípios da RMVPLN.

Figura 3.3 - Índices de desenvolvimento para os municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte no ano de 2010. a) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); b) Índice de Desenvolvimento de Luzes Noturnas (IDLN).



A

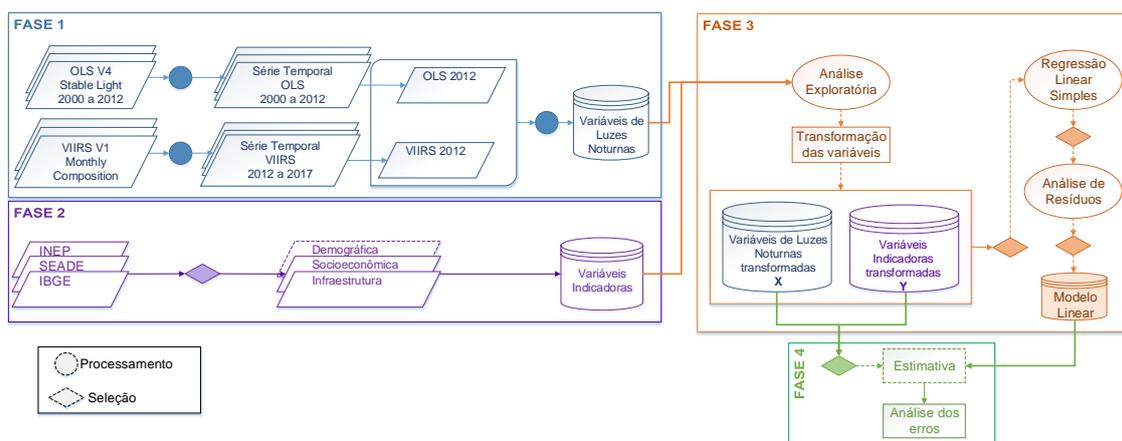
B

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2018).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são descritos os procedimentos metodológicos utilizados, compreendendo quatro fases principais, organizadas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 4.1, e apresentadas em detalhe nos itens subsequentes.

Figura 4.1 - Fluxograma geral da metodologia de trabalho.



Fonte: Produzido pela autora.

A Fase 1 compreende duas etapas: i) o processamento das imagens de Luzes Noturnas, para compor uma série temporal de 2000 a 2012 para o sensor OLS, e de 2012 a 2017 para o sensor VIIRS; ii) a definição das variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas. A Fase 2 apresenta a definição e justificativa das variáveis denominadas indicadoras, consideradas em três dimensões: Demográfica, Socioeconômica e de Infraestrutura.

A Fase 3 refere-se à análise estatística para explorar a relação entre as variáveis de Luzes Noturnas (Variáveis Independentes - X) com as variáveis indicadoras (Variáveis Dependentes - Y). Para isso, foram realizadas análises de caracterização do espaço regional e das relações entre as variáveis analisadas.

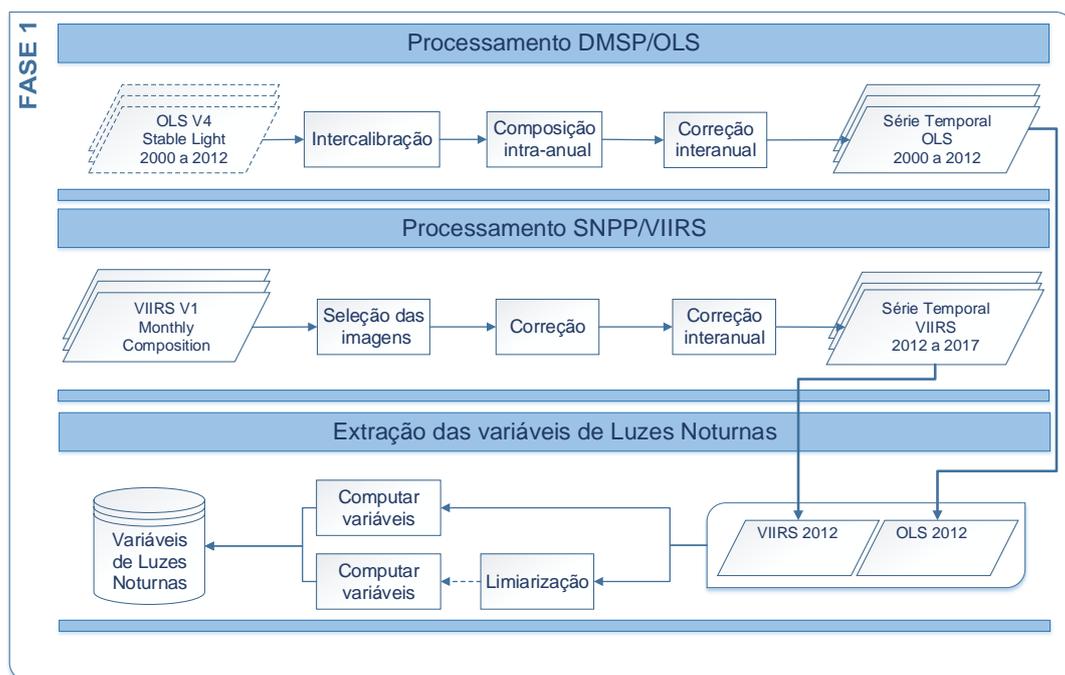
Por fim, a Fase 4 verifica a possibilidade de se estimar uma variável indicadora de cada dimensão a partir de variáveis de Luzes Noturnas.

#### 4.1 FASE 1: Preparação dos dados de Luzes Noturnas

Uma série estável e consistente de dados de Luzes Noturnas, de 2000 a 2017 foi produzida para possibilitar estudos transversais, ou seja, ao longo de um período de tempo. Para estudar as relações dos dados de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras, para cada sistema sensor foi estabelecido um procedimento metodológico para o processamento de imagens, de acordo com suas particularidades.

Esta Fase foi cumprida em três etapas (Figura 4.2). A primeira etapa realizou o processamento das imagens e gerou uma série temporal anual de 2000 a 2012 para os dados do sensor DMSP/OLS. A segunda etapa corresponde ao processamento das imagens e obtenção da série temporal anual de 2012 a 2017 para o sensor SNPP/VIIRS. O processamento de uma série temporal objetiva demonstrar métodos que permitam a análise histórica através dos produtos do sensor OLS e a produção de informação atual e refinada através dos produtos do sensor VIIRS. Na terceira etapa, as variáveis de Luzes Noturnas foram definidas e seus valores computados, produzindo um banco de dados de variáveis dos dados de Luzes Noturnas para os municípios da área de estudo. As variáveis foram computadas apenas para o ano de 2012, visando realizar uma análise comparativa dos potenciais e limitações do sensor VIIRS em relação ao OLS.

Figura 4.2 - Fluxograma da Fase 1 da metodologia.



Fonte: Produzido pela autora.

#### 4.1.1 Processamento das imagens do Sistema Sensor DMSP/OLS

A NOAA/NGDC gera e disponibiliza três tipos de dados da Composição Anual de Luzes Noturnas do sistema DMSP/OLS: Cobertura Livre de Nuvens, Média dos Números Digitais e Luzes Estáveis. Este trabalho utilizou o produto da Versão 4 da Composição Anual de Luzes Estáveis, que possui informações de cidades e outras fontes de luzes persistentes, como combustão de gases (NOAA/NGDC, 2018a). Por haver uma constelação de satélites, foram utilizados os produtos advindos dos satélites F14, F15, F16 e F18 de 2000 até 2012, conforme a Tabela 4.1. As imagens correspondem a uma grade de 1 km<sup>2</sup> de resolução espacial, sem nuvens e com a remoção de efeitos efêmeros, como queimadas, de forma a garantir que reflitam apenas as emissões de luzes persistentes. Os valores dos *pixels* são dados em Número Digital (ND) que variam de 0 a 63, onde 0 representa a ausência de luz e 63 representa a maior intensidade de luz (ELVIDGE et al., 1997).

Tabela 4.1 - Disponibilidade de dados da Composição Anual de Luzes Estáveis DMSP/OLS no período de 2000 a 2012.

ANO	SATÉLITE			
	F14	F15	F16	F18
2000	F142000	F152000		
2001	F142001	F152001		
2002	F142002	F152002		
2003	F142003	F152003		
2004		F152004	F162004	
2005		F152005	F162005	
2006		F152006	F162006	
2007		F152007	F162007	
2008			F162008	
2009			F162009	
2010				F182010
2011				F182011
2012				F182012

Fonte: Adaptado de NOAA/NGDC (2018a).

Apesar de o sensor OLS ser amplamente utilizado em estudos multitemporais, algumas limitações impedem o uso direto dos dados sem um pré-processamento. A ausência de um sistema de calibração a bordo do satélite, e o fato de os produtos advirem de

satélites diferentes, conferem instabilidades aos produtos, que afetam suas continuidade e comparabilidade. Liu et al. (2012) apontou quatro problemas principais relacionados a esse produto: (1) discrepância entre os valores de ND entre os diferentes satélites para o mesmo ano; (2) flutuações nos valores de ND no mesmo satélite em diferentes anos; (3) quantidades diferentes de *pixels* iluminados entre satélites diferentes para o mesmo ano; e (4) declínio na quantidade de *pixels* iluminados para o mesmo satélite em diferentes anos.

Para contornar tais instabilidades e gerar um produto consistente, os dados advindos do DMSP/OLS foram processados em três etapas: (1) Intercalibração dos dados, de acordo com o método desenvolvido por Elvidge et al. (2009), indicado para melhorar a comparabilidade do dados; (2) Composição Intra-anual, proposta por Liu et al. (2012) que compatibiliza a informação dos diferentes satélites para um mesmo ano; e (3) Correção Interanual, também proposta por Liu et al. (2012), que remove as inconsistências entre os anos da série temporal.

O processo de Intercalibração é baseado na derivação empírica de coeficientes e aplicação de um Modelo Polinomial Quadrático para cada imagem, dado por:

$$ND_{\text{calibrado}} = \alpha \times ND^2 + \beta \times ND + \gamma \quad (4.1)$$

Onde  $ND_{\text{calibrado}}$  é o valor calibrado do Número Digital;  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são os coeficientes e  $ND$  é o valor original do Número Digital. Os coeficientes são derivados de uma imagem-referência que, a partir de uma área geográfica de referência, deve possuir dados consistentes e altos valores de ND durante o período estudado (ELVIDGE et al., 2009). Neste estudo foi utilizado o Satélite/Ano F182010 e a cidade de São José dos Campos, respectivamente, como imagem e área de referência, gerando os coeficientes apresentados na Tabela 4.2 para calibração das imagens da série temporal analisada.

Tabela 4.2 - Coeficientes gerados pela aplicação do Modelo Polinomial Quadrático a partir da imagem e área de referência.

SATÉLITE/ANO	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	R <sup>2</sup>
F142000	1,529	1,908	-0,015	0,963
F142001	1,047	2,304	-0,022	0,965
F142002	1,360	2,262	-0,021	0,972
F142003	2,299	1,949	-0,016	0,963
F152000	0,614	1,700	-0,011	0,963
F152001	1,202	2,010	-0,016	0,951
F152002	1,919	1,915	-0,015	0,942
F152003	2,502	2,495	-0,025	0,949
F152004	1,986	2,342	-0,022	0,974
F152005	1,459	2,115	-0,019	0,958
F152006	1,182	2,113	-0,018	0,967
F152007	0,406	1,916	-0,015	0,988
F162004	1,592	2,013	-0,017	0,958
F162005	1,521	1,957	-0,016	0,950
F162006	1,213	1,636	-0,010	0,974
F162007	0,469	1,478	-0,008	0,986
F162008	0,201	1,712	-0,011	0,974
F162009	0,292	1,594	-0,010	0,978
F182010	0,000	1,000	0,000	1,000
F182011	-0,982	1,408	-0,006	0,962
F182012	0,000	0,942	0,001	0,984

Fonte: Produzida pela autora.

A composição intra-anual foi realizada através da remoção de *pixels* instáveis, ou seja, *pixels* detectados por apenas um satélite no mesmo ano (LIU et al., 2012). Depois de identificados, os *pixels* instáveis foram removidos e seu valor substituído por zero, sendo que os *pixels* estáveis foram substituídos pela média dos valores de ND das imagens do mesmo ano. As imagens F162008, F162009, F182010, F182011 e F182012 não precisaram ser submetidas a este processamento por serem as únicas correspondentes em seus respectivos anos.

A Correção Interanual foi realizada partindo do pressuposto de que as áreas urbanas, e consequentemente as áreas iluminadas, crescem continuamente ao longo do tempo (LIU et al., 2012). Adotou-se, então, a premissa de que um *pixel*, em determinada coordenada geográfica, detectado em anos passados deve manter-se nos anos futuros e que o valor do ND deste *pixel* em anos passados não deve ser maior que seu valor em anos futuros. Assim, foram identificados e removidos os *pixels* instáveis, ou seja, aqueles para os quais foram registrados valores de ND em determinado ano, mas que não apresentaram valores nos anos seguintes. Posteriormente, o valor do ND de cada *pixel* foi corrigido

para não exceder os valores de anos futuro, de modo que a imagem gerada para o ano de 2012, na etapa de processamento da Composição Intra-anual, foi utilizada como máscara de referência, com os maiores valores de ND possíveis na série temporal analisada.

#### **4.1.2 Processamento das imagens do Sistema Sensor SNPP/VIIRS**

Os produtos do SNPP/VIIRS disponíveis são mosaicos mensais de imagens preliminares que contém, além de luzes advindas de cidades, luzes provenientes de combustão de gases, de eventos temporários, como incêndios, vulcões e auroras, e ruídos, derivados da reflexão da superfície. A NOAA/NGDC gerou um produto anual que possui um processo de filtragem e remoção de luzes temporárias, *outliers*, fogo, ruídos e outros efeitos efêmeros, mas apenas para os anos de 2015 e 2016 (Versão 1 da Composição Anual VIIRS). Contudo, a agência também disponibiliza a Versão 1 da Série Mensal VIIRS *Day/Night Band* de março de 2012 a dezembro de 2017, que foi utilizada neste estudo (NOAA/NGDC, 2018b). As composições mensais possuem resolução espacial de 500 x 500 metros, resolução radiométrica de 14 bits e representam a média da radiância detectada no mês, contudo, o único pré-processamento refere-se à remoção de luzes dispersas (*stray light*), como de auroras. Deste modo, o uso direto deste produto, sem o pré-processamento, pode comprometer a precisão dos resultados e induzir a erros (ZHANG et al., 2017; NOAA/NGDC, 2018b).

Para gerar as composições anuais, foram selecionadas as imagens mensais com melhor qualidade para a área de estudo, ou seja, que não tivessem *pixels* nulos ou sem dado no centro da mancha urbana (Tabela 4.3). As imagens selecionadas foram corrigidas aplicando-se o método desenvolvido por Wu et al. (2018) que utiliza a Versão 1 da Composição Anual VIIRS de 2015 como máscara para corrigir as imagens mensais. Se um *pixel*, em determinada posição geográfica, tem valor zero na imagem anual de 2015, ele deverá permanecer zero em todas as imagens da composição mensal (WU et al., 2018). Aliado a isto, todos os *pixels* com valores de radiância negativos foram considerados ruídos e a eles atribuído valor zero (SHI et al., 2014; WU et al., 2018). Após a correção das imagens, foram calculados os valores de radiância anuais para compor a série temporal de 2012 a 2017 através da média dos valores mensais de cada ano.

Tabela 4.3 - Produtos utilizados da Série Mensal VIIRS *Day/Night Band* – versão 1 de 2012 a 2017.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janeiro	X	N	U	U	U	N
Fevereiro	X	N	U	U	U	U
Março	X	N	U	U	N	U
Abril	U	U	U	U	U	U
Mai	U	U	U	U	U	U
Junho	U	U	U	U	U	U
Julho	U	U	U	U	U	U
Agosto	U	U	U	U	U	U
Setembro	U	U	U	U	U	U
Outubro	U	U	U	U	U	U
Novembro	U	N	U	N	U	U
Dezembro	N	U	U	U	U	U

Legenda: U – Utilizado; N – Não utilizado; X – Produto inexistente.

Fonte: Produzida pela autora.

Depois da correção das imagens, aplicou-se o método adaptado da Correção Interanual, desenvolvido por Liu et al. (2012) para correção de série temporal do sensor OLS. Deste modo, adotou-se para a série temporal do sensor VIIRS a mesma premissa de que um *pixel*, em determinada posição geográfica, detectado em determinado ano deve manter-se em anos posteriores e que o valor de radiância deste *pixel* em anos passados não deve ser maior que seu valor em anos futuros. Conforme descrito anteriormente, os *pixels* instáveis foram identificados e removidos, e o valor de radiância de cada *pixel* foi corrigido para não exceder os valores de anos futuro, de modo que o produto gerado para o ano de 2017 na etapa anterior foi utilizado como máscara de referência com os maiores valores de radiância possíveis na série temporal do SNPP/VIIRS.

#### 4.1.3 Definição e cômputo das variáveis de Luzes Noturnas

Para obter as variáveis de Luzes Noturnas, foram consideradas as composições anuais DMSP/OLS e SNPP/VIIRS de 2012 resultantes da etapa de processamento anterior. Esta escolha teve por objetivo identificar as vantagens e limitações do sensor VIIRS em relação ao OLS, através da análise comparativa de ambos os produtos no ano de 2012.

Foram consideradas três variáveis de Luzes Noturnas computadas para os limites políticos de todos os municípios da RMVPLN: Soma de Luzes (SL); Média de Luzes (ML); Área Iluminada (AI). A escolha destas variáveis baseou-se nas observações de Jing et al. (2016). Segundo estes autores, tanto a soma dos valores de luzes (SL), quanto a quantidade de *pixels* iluminados (AI) de um município podem estar relacionadas a variáveis sociais e econômicas. O valor médio das luzes (ML) de um município, por sua vez, estaria relacionado às variáveis per capita, como Produto Interno Bruto (PIB) e Renda.

Para reduzir os efeitos de superestimação dos dados de Luzes Noturnas é usual aplicar métodos de Limiarização, que além de ser um procedimento de implementação simples, alguns estudos demonstram que podem melhorar as relações dos produtos de Luzes Noturnas com variáveis sociodemográficas e econômicas (SHI et al., 2014; MA; LI, 2018). Fan et al. (2014) utilizaram um limiar para os produtos do sensor OLS de  $ND < 12$  e observaram uma significativa melhora nos resultados de correlação entre dados de População e Produto Interno Bruto com dados de soma de luzes do sensor OLS. Jing et al. (2016) analisaram os dados dos produtos do sensor VIIRS utilizando um método de Limiarização (*Optimal Threshold Method*) e também observaram correlações melhores entre variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas com variáveis de Consumo de Energia Elétrica, População e Produto Interno Bruto Regional.

Para analisar os efeitos da Limiarização na relação das variáveis de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras, foram propostos limiares para os produtos DMSP/OLS e SNPP/VIIRS. Os limiares foram determinados empiricamente, a partir da observação do ajuste entre a mancha urbana, considerando o produto de alta resolução do *Google Earth Pro*, e os *pixels* iluminados, incluindo-se o caso dos municípios com a menor área iluminada. Para os produtos DMSP/OLS foram excluídos *pixels* com ND menor que 10, ou seja, atribuído o valor zero. No caso dos produtos SNPP/VIIRS foram excluídos os *pixels* com valor de radiância menor que  $2 \text{ nW/cm}^2.\text{sr}^{-1}$ .

Ao final desta fase, 12 variáveis de Luzes Noturnas, com e sem limiar (Tabela 4.4) foram calculadas considerando os limites municipais como unidade de análise e sistematizadas em um banco de dados. Baseado nos vetores dos limites municipais (IBGE, 2018), a variável SL foi calculada a partir da soma dos ND e radiância dentro de

cada município e a variável AI a partir da soma da quantidade de *pixels* iluminados. A variável ML foi calculada a partir da divisão de SL por AI, de modo a obter a intensidade média de luz nas áreas iluminadas.

Tabela 4.4 - Variáveis derivadas dos dados de cada produto de Luzes Noturnas dos anos de 2012.

Produto	Sem Limiarização			Com Limiarização		
	Soma Luzes	Média Luzes	Área Iluminada	Soma Luzes	Média Luzes	Área Iluminada
DMSP/OLS	OLS_SL	OLS_ML	OLS_AI	OLS_SLI	OLS_MLI	OLS_AII
SNPP/VIIRS	VIIRS_SL	VIIRS_ML	VIIRS_AI	VIIRS_SLI	VIIRS_MLI	VIIRS_AII

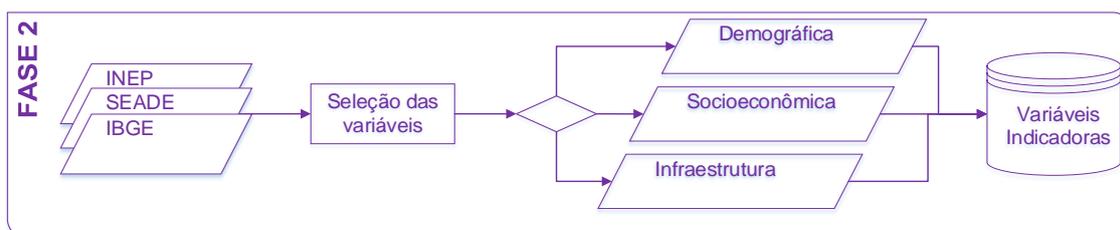
Legenda: OLS: produto gerado do DMSP/OLS em 2012; VIIRS: produto gerado do SNPP/VIIRS em 2012.

Fonte: Produzida pela autora.

#### 4.2 FASE 2: Seleção e justificativa das variáveis indicadoras

Para a Fase 2 (Figura 4.3), primeiramente foram pesquisadas diversas fontes de dados oficiais em busca de dados socioeconômicos, considerando diferentes escalas de agregação para a RMVPLN. Foram utilizadas diversas bases de informação para obtenção das variáveis de interesse, conforme apresentado na Tabela 4.5. Em seguida, foram selecionadas as variáveis com dados para 2012, período de referência das variáveis de Luzes Noturnas. Como a maioria das fontes produz dados sistemáticos na escala de município, adotou-se o recorte municipal para todas as variáveis.

Figura 4.3 - Fluxograma da Fase 2 da metodologia.



Fonte: Produzido pela autora.

O Planejamento Territorial é um processo que engloba: a formulação da política pública; as tomadas de decisão; a implementação e a execução dos programas necessários para sanar os problemas identificados; e a avaliação das ações consideradas. O processo deve ser contínuo e adequado à realidade regional, necessitando de dados que proporcionem subsídios específicos para cada etapa (CARMO, 2003; JANUZZI, 2017). Neste estudo foram selecionadas variáveis que pudessem ser utilizadas nas diversas etapas do processo do Planejamento Territorial, no contexto de caracterização do território para a construção de políticas públicas, considerando três dimensões: demográfica, socioeconômica e de infraestrutura. A seleção das variáveis considerou também a potencial relação com a presença, distribuição e intensidade das Luzes Noturnas.

Tabela 4.5 - Fontes das base de dados utilizadas.

<b>DIMENSÃO</b>	<b>DADOS</b>	<b>ANO</b>	<b>ORIGEM</b>
Demográfica	Estimativa Populacional	2012	SEADE
	Domicílios Particulares Permanentes	2012	
	Densidade Demográfica	2012	IBGE e SEADE
Socioeconômica	Renda (total e <i>per capita</i> )	2012	SEADE
	PIB Municipal (total e por setor econômico)	2012	IBGE
	PIB <i>per capita</i>	2012	
	Número de Matrículas (por dependência administrativa)	2012	INEP
	Pessoas ocupadas (por setor econômico)	2012	CEMPRE
	Salários e Remunerações (por setor econômico)	2012	
	Infraestrutura	Estabelecimentos Escolares	2012
Número de Empresas e outras organizações (por setor econômico)		2012	CEMPRE
Consumo de Energia Elétrica		2012	SIMA

Legenda: IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; SEADE: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados; INEP: Instituto Nacional de Ensino e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira; CEMPRE: Cadastro Central de Empresas; SIMA: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente.

Fonte: Produzida pela autora.

A Dimensão Demográfica abrange variáveis associadas ao processo de expansão da população que implicam na demanda por bens e serviços públicos de infraestrutura. Esta dimensão se relaciona com os dados de Luzes Noturnas uma vez que a presença, distribuição e intensidade de luzes indicam a ação e ocupação humana no espaço geográfico. Ao se compreender as relações das variáveis demográficas com as de Luzes Noturnas seria possível prover informações auxiliares para formular estratégias, implementar políticas públicas direcionadas e monitorar a adequação das ações de planejamento tomadas. A Dimensão foi construída a partir de outros trabalhos aplicados no Brasil, visando dar continuidade a estudos populacionais utilizando dados de Luzes Noturnas em outros contextos brasileiros (AMARAL et al., 2006; DORIA et al., 2016)

A Dimensão Socioeconômica engloba variáveis que quantificam a disponibilidade e utilização de recursos públicos, mensurando o grau de envolvimento de determinados setores econômicos e comerciais na geração de renda. A Dimensão pode ser associada à distribuição e a intensidade de Luzes Noturnas, indicando o ordenamento e a expansão das atividades humanas econômicas dentro do espaço. As relações entre estas variáveis possibilita o acompanhamento de mudanças conjunturais e estruturais de determinados grupos econômicos. A Dimensão Socioeconômica foi estruturada para complementar os estudos sociais e econômicos com dados de Luzes Noturnas num contexto regional, baseando-se em estudos que apresentaram outros parâmetros que podem direcionar as mudanças socioeconômicas (DOLL et al., 2006; WU et al., 2018).

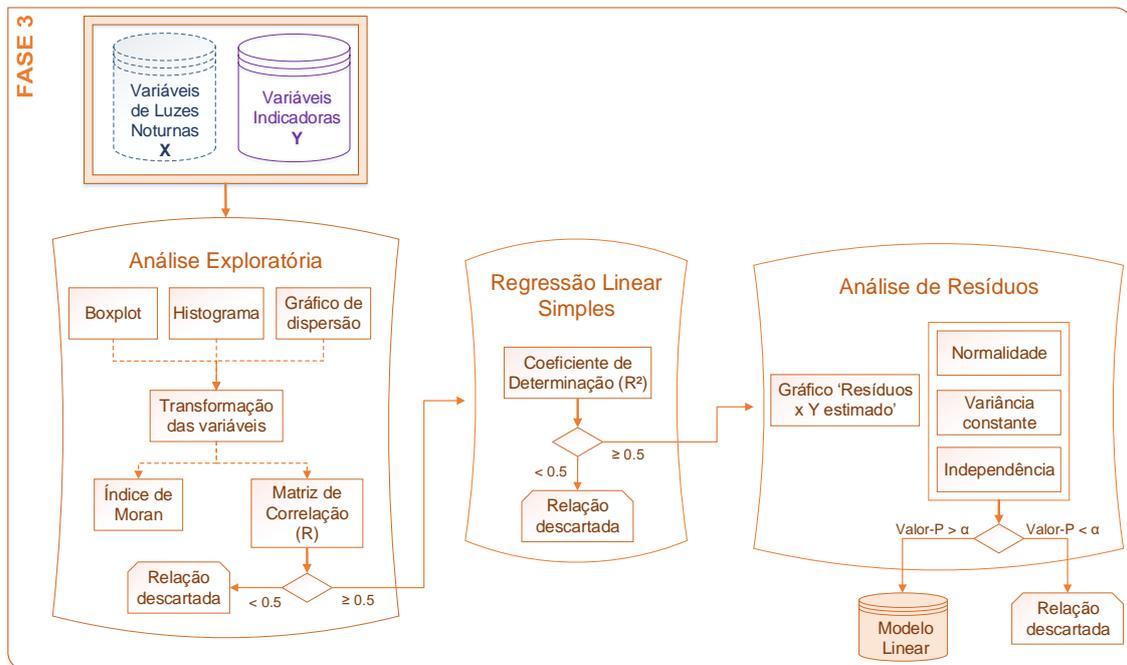
A Dimensão Infraestrutura compreende variáveis relacionadas ao acesso a bens e serviços de uso coletivo e à infraestrutura residencial e comercial existente nos municípios. Os dados de luzes noturnas podem ser utilizados como um indicador dentro do espaço regional, de forma que esta Dimensão se relaciona com a presença, distribuição e intensidade das luzes. A utilização da relação destes dados tem potencial para a implementação e monitoramento de políticas de acesso à infraestrutura básica. A Dimensão foi concebida para indicar outros parâmetros que podem ser utilizados, em associação com os dados de Luzes Noturnas, para detectar a infraestrutura de pequenos assentamentos e auxiliar no monitoramento, principalmente, de áreas em desenvolvimento (MIN et al., 2013).

Os valores, por município, das variáveis relativas às dimensões demográfica, socioeconômica e de infraestrutura, foram também incorporadas ao banco de dados para a avaliação da relação com as variáveis de Luzes Noturnas nas fases seguintes.

### 4.3 FASE 3: Análise estatística

A análise estatística buscou explorar as relações entre as variáveis de Luzes Noturnas, determinadas como Variáveis Independentes (X), com as variáveis indicadoras, determinadas como Variáveis Dependentes (Y) (Figura 4.4), através de análises exploratórias e análises de regressão, conforme detalhamento a seguir.

Figura 4.4 - Fluxograma da Fase 3 da metodologia.



Fonte: Produzido pela autora.

#### 4.3.1 Análise exploratória

Uma análise exploratória foi realizada com as variáveis de Luzes Noturnas visando observar suas distribuições no espaço e identificar possíveis regimes espaciais na área de estudo. Primeiramente foi feita uma análise visual de gráficos *boxplot*, produzido no ambiente *R Studio*, para observar a variabilidade dos dados e presença de *outliers*. Em

seguida, utilizando os valores estatísticos de mediana, média, máximo e *outliers*, identificados no *boxplot*, analisou-se a distribuição das variáveis do histograma nos mapas coropléticos para a RMVPLN. Por fim, o gráfico de dispersão das variáveis de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras foi avaliado para observar a existência de relação linear entre as variáveis e/ou a necessidade de transformação das variáveis. Eventualmente, a transformação das variáveis favorece o ajuste ao modelo, atendendo aos pressupostos exigidos para uma regressão linear. Neste caso, após a análise dos gráficos de dispersão das variáveis, decidiu-se pela transformação logarítmica nas variáveis X (Luzes Noturnas) e Y (Indicadoras).

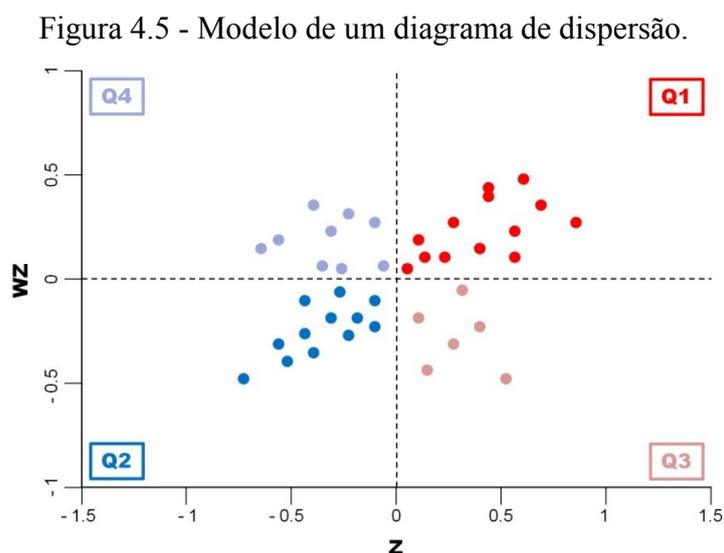
Para caracterizar os regimes espaciais presentes na região, o Índice de Moran Univariado foi calculado para as variáveis de Luzes Noturnas transformadas a nível global e a nível local, quando necessário. O Índice de Moran Global é uma medida que indica a possibilidade das áreas apresentarem dependência espacial a partir da análise de resíduos de uma regressão (MORAN, 1950). Ao auxiliar na identificação de possíveis agrupamentos no espaço, este índice é útil na análise exploratória e na identificação de possíveis regimes espaciais. Seu valor varia de -1 a +1, sendo que mais próximo de -1 indica uma autocorrelação espacial inversa, e próximo a +1 indica uma autocorrelação espacial direta. Quando o valor é próximo de 0 indica aleatoriedade, ou seja, não há uma relação espacial da variável entre as áreas.

A inferência para o Índice de Moran Global é feita partindo-se da Hipótese Nula de aleatoriedade espacial, podendo ser Univariado ou Bivariado, se aplicado para uma ou duas variáveis, respectivamente. Para determinar a significância do índice, foi considerado o Pseudo Valor-P, computado através de permutações aleatórias dos valores da área, produzindo uma distribuição de referência (ANSELIN, 2018). Identifica-se um regime de dependência espacial, ou seja, rejeitando-se a Hipótese Nula de aleatoriedade, os índices cujo Pseudo Valor-P sejam menores que o nível de significância ( $\alpha$ ) adotado. Neste estudo, avaliaram-se as estatísticas com 90% de significância ( $\alpha = 0,1$ ), 95% de significância ( $\alpha = 0,05$ ) e 99% de significância ( $\alpha = 0,01$ ).

O Índice de Moran Local é considerado uma decomposição do índice global, produzindo um valor do índice para cada área. Sua análise, neste trabalho, foi realizada

apenas quando identificada dependência espacial pelo valor global, e foi feita através da análise do Diagrama de Dispersão (Figura 4.5) e do Mapa de Moran. O Diagrama de Dispersão demonstra os valores do vetor de desvios ( $Z$ ) em relação aos valores da média ( $WZ$ ) indicando quatro possíveis regimes espaciais: Alto-Alto (Q1) e Baixo-Baixo (Q2) indicam pontos de associação espacial positiva onde os vizinhos possuem valores semelhantes; Alto-Baixo (Q4) e Baixo-Alto (Q3) determina pontos de associação espacial negativa onde os vizinhos apresentam valores distintos, ou seja, regiões de transição que não seguem os mesmos processos de dependência (ANSELIN, 1996). O Mapa de Moran, também chamado Mapa de Agrupamentos, indica no espaço os regimes espaciais mais significativos, de acordo com o nível de significância adotado (ANSELIN, 2018).

Ambos os Índices de Moran são técnicas que demonstram a relação dos valores observados para cada área a partir de sua vizinhança, que é definida por uma Matriz de Proximidade Espacial (ANSELIN, 1995). Neste trabalho, a matriz foi construída utilizando o conceito de vizinhança contígua do tipo Torre (*rook*) em que duas áreas são consideradas vizinhas caso partilhem uma fronteira física em comum, ou seja, caso dois polígonos se toquem.



Fonte: Produzida pela autora.

Após a análise das variáveis de Luzes Noturnas individualmente, foi feita a avaliação de sua correlação com as variáveis indicadoras, também transformadas. Visando eliminar relações com baixa significância foi determinado que relações com  $R < 0,5$  seriam descartadas. Apesar de eliminar relações que, possivelmente, têm baixas probabilidades de uma relação linear, este critério intenciona preservar um conjunto de variáveis que tem potencial de serem relacionadas com os dados de Luzes Noturnas. A análise da correlação foi realizada através de uma matriz de correlação do coeficiente de Pearson (R), no ambiente *R Studio*, medindo o grau de relação linear entre duas variáveis. Nas análises subsequentes, apenas as relações entre variáveis que apresentassem valores de correlação maiores ou iguais a 0,5 foram consideradas. Os gráficos histograma, bem como o cálculo do Índice de Moran Global e Local, foram feitos utilizando-se o *software GeoDa* (ANSELIM, 2003).

#### **4.3.2 Regressão Linear Simples e análise dos resíduos**

Nas correlações das variáveis de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras maiores que 0,5 foi aplicado um modelo de Regressão Linear Simples, ou seja, com apenas uma variável preditora (X). A análise de regressão usa a relação entre duas variáveis de forma a prever ou estimar uma variável a partir da outra (KUTNER et al., 2005), cujo modelo é dado pela equação:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (4.2)$$

Onde  $Y_i$  é a variável dependente na  $i$ -ésima observação;  $\beta_0$  é um parâmetro que determina a intersecção com Y, ou seja, o valor de Y quando X for igual a zero;  $\beta_1$  é o Coeficiente Angular da reta;  $X_i$  é a variável independente na  $i$ -ésima observação; e  $\varepsilon_i$  representa o resíduo da regressão, que é dado por:

$$\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (4.3)$$

Onde  $\hat{Y}_i$  é a variável dependente estimada na  $i$ -ésima posição.

Foi avaliado o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) de cada modelo gerado para cada relação. As relações que apresentaram  $R^2 < 0,5$  foram descartadas. Ou seja, para a etapa de análise dos resíduos, foram considerados apenas os modelos em que 50% ou mais da variação total da variável dependente ( $Y$ ) pode ser explicada pela variável independente ( $X$ ).

Para avaliar os pressupostos de normalidade, variância constante e independência de uma Regressão Linear Simples (KUTNER et al., 2005) foram aplicados os testes frequentemente utilizados em análises de resíduos e implementados no ambiente *R Studio*: *Shapiro-Wilk* (normalidade), *Breusch-Pagan* (variância constante), Moran Bivariado (independência), conforme descrição a seguir.

Para verificar se os dados, bem como os resíduos da regressão, apresentam distribuição Normal, ou seja, média ( $\mu$ ) da variável observada ( $Y$ ) igual a zero e sua variância ( $\sigma^2$ ) igual a um ( $Y \sim N(\mu, \sigma^2)$ ), utilizou-se o teste *Shapiro-Wilk* (SHAPIRO e WILK, 1965). Neste teste, para atender ao pressuposto de normalidade, deve-se aceitar a Hipótese Nula ( $H_0$ ) de que a distribuição é normal.

Para avaliar se as variâncias da variável dependente são iguais, tornando a variância dos resíduos da regressão constantes (homocedasticidade), aplicou-se o teste *Breusch-Pagan*. O teste considera que os erros são independentes e possuem uma distribuição normal (BREUSCH; PAGAN, 1979). Para atender ao pressuposto, deve-se aceitar a Hipótese Nula ( $H_0$ ) que as variâncias são iguais, ou seja, os resíduos são homocedásticos, sendo a Hipótese Alternativa ( $H_1$ ) que pelo menos uma variância é diferente, ou seja, os resíduos são heterocedásticos.

Os erros de uma regressão linear devem ser estatisticamente independentes, ou seja, não ter correlação entre si quando colocados em sequência (KUTNER et al., 2005). Considerando a importância do espaço territorial no contexto deste estudo, utilizou-se o teste de Moran Bivariado para avaliar o pressuposto de independência. Este teste gera um Índice de Moran Global observado que, conforme descrito anteriormente, apresenta a possibilidade de dependência espacial de duas variáveis entre as áreas. Para atender ao pressuposto, deve-se aceitar a Hipótese Nula ( $H_0$ ) de aleatoriedade espacial.

Os três pressupostos foram calculados e avaliados a partir do Valor-P de modo a aceitar ou rejeitar as Hipóteses Nulas ( $H_0$ ) de cada teste. O Valor-P se refere ao menor nível em que as observações são significativas em uma determinada direção, representando a probabilidade de uma amostra ser igual ou mais extrema do que o observado (GIBBONS; PRATT, 1975).  $H_0$  é rejeitada toda vez que o Valor-P for menor que o nível de significância ( $\alpha$ ) adotado. Neste estudo, as estatísticas foram avaliadas considerando-se 90% de significância ( $\alpha=0,1$ ), 95% de significância ( $\alpha=0,05$ ) e 99% de significância ( $\alpha=0,01$ ).

As relações que atenderam a todos os pressupostos e possuíam  $R^2 \geq 0,5$  foram consideradas lineares e, para cada uma, foi gerado um Modelo de Regressão Linear Simples para ser utilizado na estimativa da próxima Fase. Aquelas que não atenderam aos pressupostos foram descartadas.

#### **4.4 FASE 4: Estimativa**

Na Fase 4 (Figura 4.6) determinou-se, primeiramente, as variáveis que seriam analisadas para validação do modelo gerado e para caracterização do espaço regional. Como variável independente ( $X$ ), apenas as variáveis de Luzes Noturnas transformadas do sistema sensor SNPP/VIIRS foram utilizadas, considerando sua continuidade na produção dos dados de Luzes Noturnas. Observando-se, na análise exploratória, a distribuição das variáveis no espaço, optou-se por utilizar as variáveis de Luzes Noturnas sem limiar (VIIRS\_SL, VIIRS\_ML e VIIRS\_AI) e a variável de área iluminada com limiar (VIIRS\_AII) tendo em vista que esta última teve mudanças mais significativas devido à limiarização.

Como variável dependente ( $Y$ ) selecionou-se uma variável indicadora transformada de cada dimensão proposta: População Urbana (Dimensão Demográfica); Produto Interno Bruto (Dimensão Socioeconômica); e Consumo Anual Total de Energia Elétrica (Dimensão de Infraestrutura). Alguns subníveis das variáveis indicadoras selecionadas também foram avaliados, considerando sua alta relação com os dados de Luzes Noturnas e sua relevância no contexto socioeconômico da área de estudo. Deste modo, analisaram-se também as variáveis: Produto Interno Bruto Industrial e Produto Interno Bruto de Serviços, consideradas as atividades econômicas mais praticadas na

RMVPLN; e Consumo Anual Total de Energia Elétrica de Iluminação Pública, que é um dado fortemente associado às Luzes Noturnas e representa, além do contexto de infraestrutura, uma medida indireta do crescimento econômico e social dos municípios.

Alguns autores demonstraram que ao se analisar uma região heterogênea e diversa, a estratificação dos municípios, considerando seu tamanho populacional, pode elevar a precisão da estimativa (AMARAL et al., 2005; AMARAL et al., 2006). Assim, avaliou-se também a variável de População Urbana estratificada por tamanho populacional, cujos grupos foram definidos empiricamente por: Municípios com até 10.000 habitantes; Municípios de 10.000 a 100.000 habitantes; e Municípios com mais de 100.000 habitantes.

Após determinação das variáveis, aplicaram-se os respectivos modelos lineares para estimativa na RMVPLN. Destaca-se que os modelos para análise da variável de População Urbana estratificada por tamanho populacional foram gerados separadamente para cada grupo estabelecido.

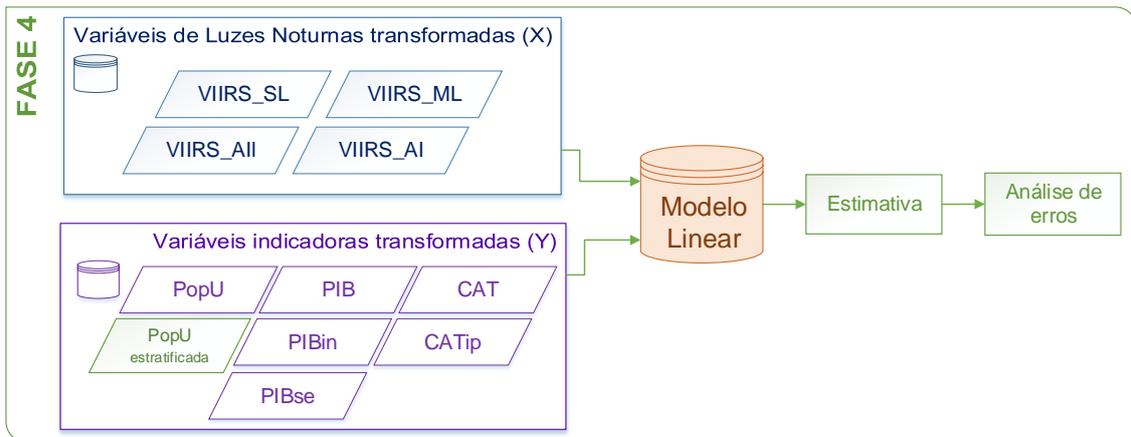
Por fim, foram calculados os erros das estimativas a partir da equação:

$$\varepsilon(\%) = \frac{(Y_o - Y_e) * 100}{Y_o} \quad (4.4)$$

Onde  $\varepsilon(\%)$  é a porcentagem do erro total,  $Y_o$  é o valor da variável indicadora observado e  $Y_e$  é o valor da variável indicadora estimado.

Deste modo, as análises dos erros da estimativa buscam verificar a capacidade dos dados de Luzes Noturnas do sistema sensor SNPP/VIIRS em estimar estas variáveis e caracterizar a região, demonstrando a possibilidade dos dados de Luzes Noturnas ser utilizado como instrumento do Planejamento Territorial.

Figura 4.6 - Fluxograma da Fase 4 da metodologia.



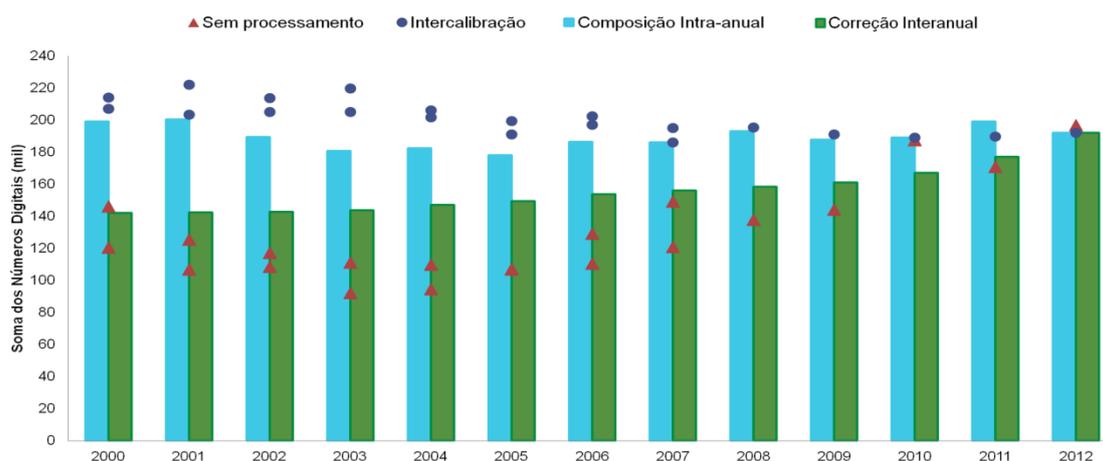
Fonte: Produzida pela autora.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Processamento dos dados de Luzes Noturnas

Uma série temporal de imagens de Luzes Noturnas de 2000 a 2017 foi produzida para a RMVPLN utilizando os sistemas sensores DMSP/OLS e SNPP/VIIRS. Para o sistema DMSP/OLS foram 13 produtos processados, abrangendo o período de 2000 a 2012. A soma dos Números Digitais (ND) para a área de estudo ao longo do período estudado indica a evolução do produto após cada etapa de processamento realizada sobre as imagens DMSP/OLS (Figura 5.1). O processo de intercalibração aproximou os valores dos diferentes satélites para um mesmo ano e elevou os ND dos mesmos. Esse aumento se deve ao critério adotado para seleção da imagem e da área referência, que refletiam a maior soma de ND de toda a região no período estudado de forma a acomodar a saturação presente nos núcleos urbanos. Liu et al. (2012), por exemplo, utilizaram como critério a estabilidade do desenvolvimento socioeconômico das províncias para determinar a área de referência, e o valor acumulado de ND para determinar a imagem referência. O critério de seleção da referência, considerando as características inerentes à área de estudo, aproximou de forma mais coerente os valores dos diferentes satélites.

Figura 5.1 - Comparação das etapas de processamento das imagens do sistema sensor DMSP/OLS.



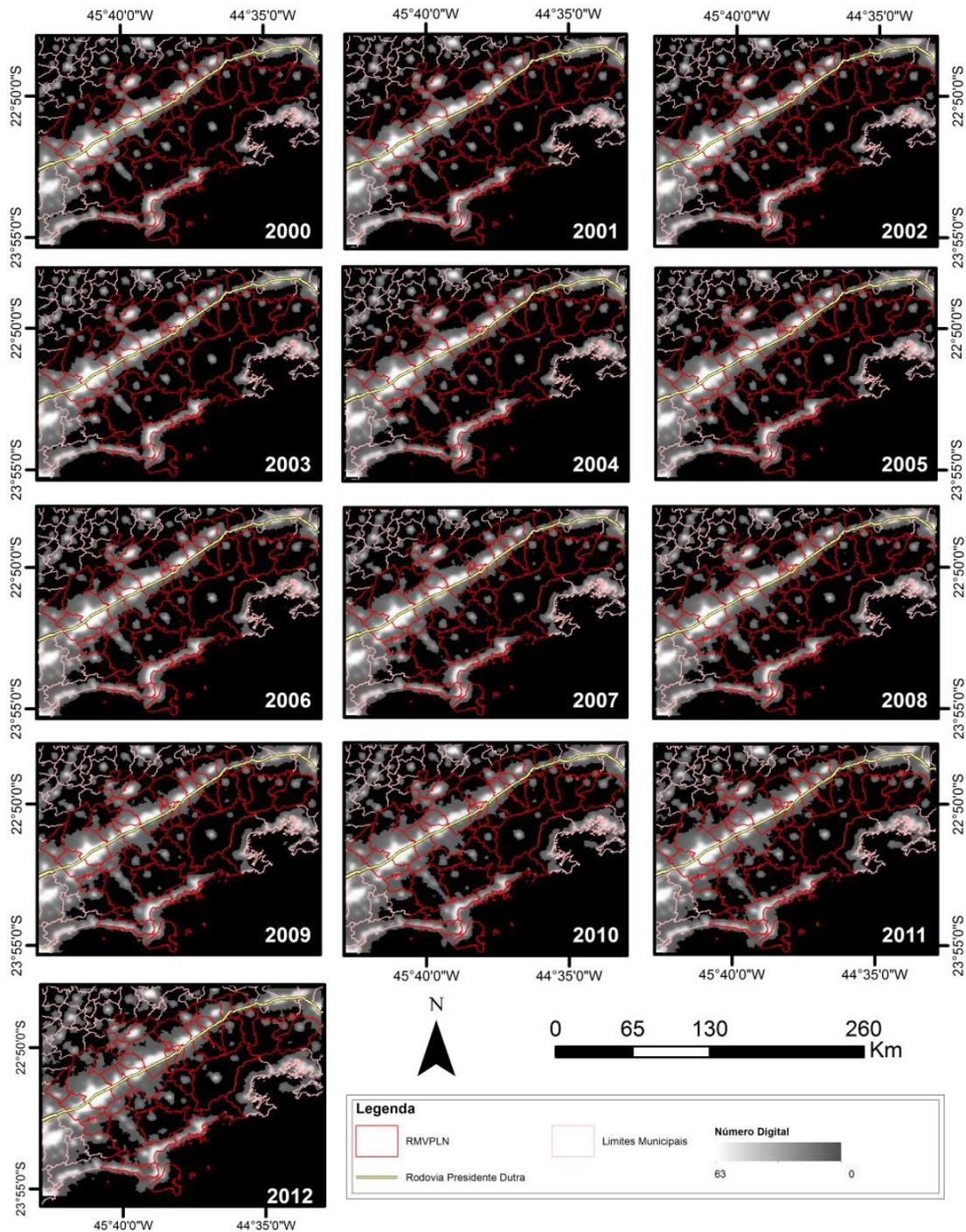
Fonte: Produzida pela autora.

Os valores resultantes da etapa da Composição Intra-anual deveriam melhorar a comparabilidade entre os anos, mas ainda apresentaram flutuação na soma dos ND, como em 2003, com valores menores em relação aos anos anteriores (de 2000 a 2002). Resultados semelhantes foram observados por Pathmasiri e Kim (2018) ao aplicar o método sobre as imagens DMSP/OLS do período de 1992 a 2013 no Sri Lanka, observando flutuações, tanto na soma dos ND quanto na quantidade de *pixels* iluminados, principalmente no período de 1997 a 2007. Savory et al. (2017) também observaram flutuações na soma dos ND das imagens DMSP/OLS de 1999 a 2013 na África, mas menos discrepantes do que as identificadas neste estudo.

A Correção Interanual mitigou a instabilidade da etapa anterior, apresentando um produto estável que cresce continuamente ao longo do tempo. Esta última etapa também reaproximou a soma dos ND a valores mais próximos do produto original, evidenciando um produto que reflete, de forma mais satisfatória, informações referentes às dinâmicas urbanas crescentes na região ao longo do tempo.

A Figura 5.2 apresenta as imagens de Luzes Noturnas DMSP/OLS processadas para a RMVPLN no período de 2000 a 2012. Observa-se ao longo dos anos o crescimento de alguns núcleos urbanos e a expansão das áreas iluminadas ao longo do eixo da Rodovia Presidente Dutra, assim como dos eixos de outras rodovias como a Tamoios (SP-99), que liga São José dos Campos a Caraguatatuba, e a rodovia Osvaldo Cruz (SP-125), que conecta Taubaté a Ubatuba.

Figura 5.2 - Imagens processadas do sistema sensor DMSP/OLS no período de 2000 a 2012 na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

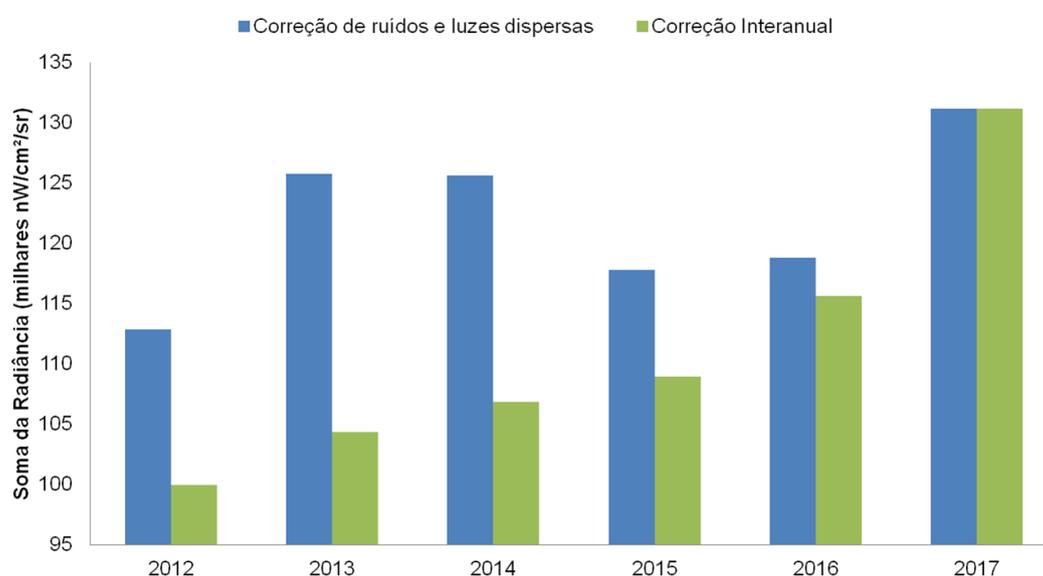


Fonte: Produzida pela autora.

Para o sistema SNPP/VIIRS foram gerados seis produtos processados, abrangendo o período de 2012 a 2017. A Figura 5.3 demonstra a soma dos valores de radiância na

área de estudo das imagens antes e após a etapa de Correção Interanual. Quando realizada apenas a etapa de correção de ruídos e luzes temporárias, conforme método de Wu et al. (2018), observa-se uma flutuação na soma da radiância, semelhante ao observado nas imagens DMSP/OLS antes da Correção Interanual. Em alguns anos, como 2015 e 2016, as imagens apresentaram valores menores em relação aos anos anteriores, como 2013 e 2014, o que pode prejudicar a extração de informação numa análise temporal comparativa.

Figura 5.3 - Soma da radiância dos produtos do sistema sensor SNPP/VIIRS na área de estudo após a Correção de ruídos e luzes dispersas e Correção Interanual.



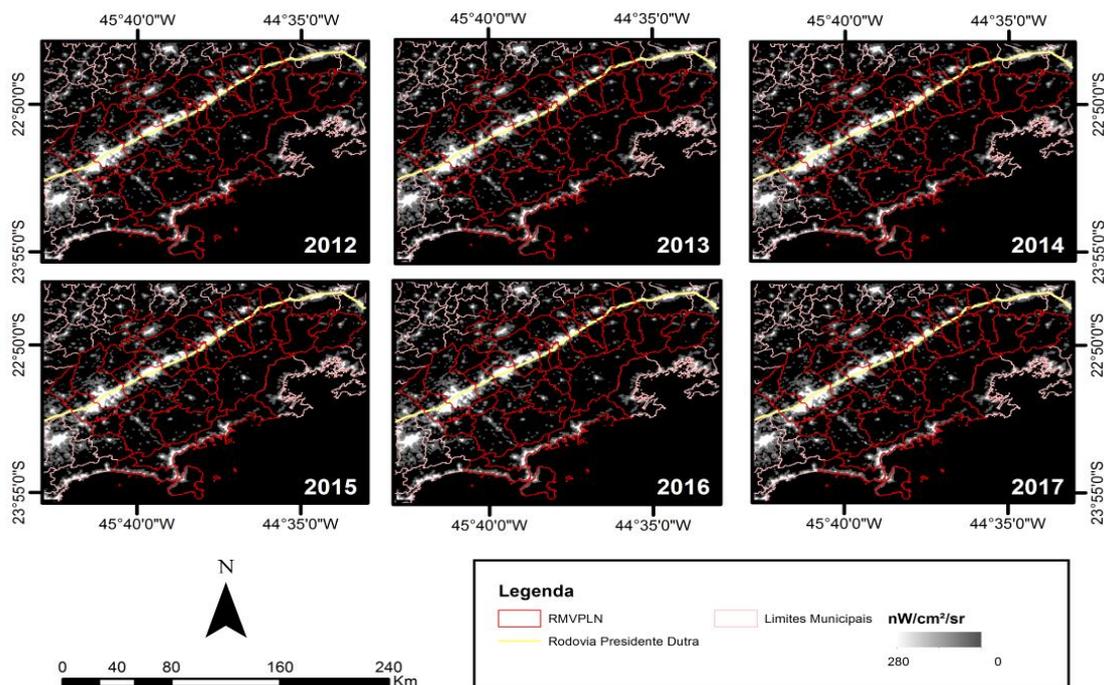
Fonte: Produzida pela autora.

Verifica-se que a aplicação da Correção Interanual resultou em um produto mais estável que pode revelar, de forma mais adequada, a expansão da Região Metropolitana ao se avaliar uma série temporal. Contudo, ressalta-se a possibilidade de redução da informação em anos como 2013 e 2014, que tiveram uma grande quantidade de *pixels* considerados instáveis, removidos durante este processamento.

A Figura 5.4 apresenta as imagens processadas de 2012 a 2017 do sistema SNPP/VIIRS para a área de estudo. Observa-se que ao longo do período houve um aumento da área iluminada dos núcleos urbanos e o surgimento de alguns novos focos de luz em áreas

não iluminadas no início da série. Destaca-se, ainda, que a resolução espacial do sensor VIIRS ressaltou os focos de maior intensidade próximos à Rodovia Presidente Dutra, bem como na região costeira no Litoral Norte, onde há concentração de residências, serviços e bens de uso público e o Porto de São Sebastião.

Figura 5.4 - Imagens processadas do sistema sensor SNPP/VIIRS no período de 2012 a 2017 na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.



Fonte: Produzida pela autora.

## 5.2 Seleção e justificativa das variáveis

Tanto as dimensões quanto as variáveis foram selecionadas por sua importância como ferramentas analíticas no processo de planejamento de políticas públicas, considerando o contexto territorial. A seleção também levou em consideração as variáveis que pudessem ser associadas com presença, distribuição, intensidade ou persistência das Luzes Noturnas, refletindo as diversas dinâmicas da região de estudo. A Tabela 5.1 apresenta as variáveis selecionadas, bem como seus subníveis, para cada dimensão e sua justificativa quanto à relação com as Luzes Noturnas e com o Planejamento Territorial.

A descrição e as considerações metodológicas de cada variável estão detalhadas no Apêndice A.1.

Para uma caracterização completa do espaço regional da RMVPLN, foram selecionadas 14 variáveis para as três dimensões determinadas: Demográfica, Socioeconômica e de Infraestrutura. Alguns subníveis destas variáveis também foram avaliados, totalizando 72 variáveis. Deste modo, têm-se: três variáveis da Dimensão Demográfica, totalizando sete ao se considerar os subníveis por localização; seis variáveis da Dimensão Socioeconômica, totalizando 29 ao se considerar os subníveis por setor econômico ou localização; e cinco variáveis da Dimensão de Infraestrutura, totalizando 35 ao se considerar os subníveis por setor comercial.

Tabela 5.1 - Variáveis das Dimensões e relações com os dados de Luzes Noturnas e com o Planejamento Territorial Regional.

	VARIÁVEL	SIGLA	UNIDADE	Relação com os dados de Luzes Noturnas	Relação com o Planejamento Territorial Regional
<b>DIMENSÃO DEMOGRÁFICA</b>	1. População Total <sup>1</sup>	Pop	Número de habitantes	Presença e ação humana no espaço geográfico.	Indicador para o acompanhamento do processo de crescimento populacional.
	1.1. População Urbana	PopU			
	1.2. População Rural	PopR			
	2. Densidade Demográfica <sup>2</sup>	DD	Números de habitantes por quilometro quadrado	Intensidade da população no espaço geográfico	Permite dimensionar a concentração humana e alcance de bens e serviços públicos.
	2.1. Densidade Demográfica Urbana	DDU			
	2.2. Densidade Demográfica Rural	DDR			
3. Domicílios Particulares Permanentes <sup>1</sup>	DPP	Número de domicílios	Ocupação humana através da distribuição de residências no espaço geográfico	Permite medir a demanda por bens e serviços públicos sociais e de infraestrutura.	
<b>DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA</b>	1. Produto Interno Bruto <sup>3</sup>	PIB	Mil Reais	Valores associados às atividades econômicas que transformam o território	Medem o valor de bens e serviços produzidos e a capacidade de compra em determinados segmentos ou na economia geral.
	1.1. PIB per capita	PIBpc	Reais		
	1.2. PIB da Agricultura	PIBag	Mil Reais		
	1.3. PIB Industrial	PIBin	Mil Reais		
	1.4. PIB de Serviços	PIBse	Mil Reais		
	1.5. PIB da Administração Pública	PIBap	Mil Reais		
	2. Renda média <sup>2</sup>	Ren	Mil Reais	Poder aquisitivo médio da população.	Refletem a disponibilidade de recursos associados à sobrevivência e consumo da população.
	3. Renda per capita <sup>2</sup>	Rpc	Reais	Poder aquisitivo ponderado pelo total da população	
	4. Número de Matrículas no Ensino Básico ao Técnico <sup>4</sup>	ME	Número de matrícula	Parcela da população que demanda educação e indiretamente à infraestrutura de iluminação pública necessária.	Avalia o nível de utilização de recursos públicos para o sistema de ensino, podendo ser utilizado como um indicador de monitoramento da qualidade de ensino.
	4.1. Número de Matrículas no Ensino Básico ao Técnico em dependência Urbana	MEU			
4.2. Número de Matrículas no Ensino Básico ao Técnico em dependência Rural	MER				

(continua)

Tabela 5.1 - Continuação

	VARIÁVEL	SIGLA	UNIDADE	Relação com os dados de Luzes Noturnas	Relação com o Planejamento Territorial Regional
DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA	5. Pessoas Ocupadas <sup>5</sup>	Poc	Número de pessoas	População ocupada nas diferentes atividades econômicas, que podem demandar luzes noturnas.	Avalia e quantifica o grau de envolvimento dos indivíduos em diversos setores econômicos, tanto para a geração de renda quanto para a reprodução social.
	5.1. Poc - Educação	Ped			
	5.2. Poc - Saúde	Psa			
	5.3. Poc - Agricultura e Aquicultura	Pag			
	5.4. Poc - Pecuárias	Ppe			
	5.5. Poc - Indústria de Transformação	Pit			
	5.6. Poc - Indústria de Construção	Pic			
	5.7. Poc - Serviços diversos	Pse			
	5.8. Poc - serviços de hotelaria e alimentação	Pha			
	6. Salários e Remunerações <sup>5</sup>	SR	Mil Reais	Recurso gerado pelas diferentes atividades humanas que podem demandar luzes noturnas.	Permite avaliar poder de compra dos indivíduos de diversos setores comerciais.
	6.1. SR - Educação	SRed			
	6.2. SR - Saúde	SRsa			
	6.3. SR - Agricultura e Aquicultura	SRag			
	6.4. SR - Pecuárias	SRpe			
6.5. SR - Indústria de Transformação	SRit				
6.6. SR - Indústria de Construção	SRic				
6.7. SR - Serviços diversos	SRse				
6.8. SR - serviços de hotelaria e alimentação	SRha				
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	1. Consumo Anual Total de Energia Elétrica <sup>6</sup>	CAT	Quilowatts por hora	Acesso a bens de consumo coletivo (energia elétrica) que pode estar associado à presença e, principalmente, intensidade de Luzes Noturnas	Indicam de forma rápida e indireta a situação da dinâmica socioeconômica em diversos setores na região
	1.1. CAT Residencial	CATre			
	1.2. CAT Comercial	CATco			
	1.3. CAT Rural	CATru			
	1.4. CAT Industrial	CATin			
	1.5. CAT Iluminação Pública	CATip			
	2. Unidades Consumidoras de Energia Elétrica <sup>6</sup>	UCE	Número de unidades	Distribuição do acesso a bens de consumo coletivo (energia elétrica) pelos diferentes setores da economia	Indica o acesso dos diversos setores a equipamentos de infraestrutura básica, podendo ser utilizado no monitoramento da demanda por serviços públicos.
	2.1. UCE Residenciais	UCere			
	2.2. UCE Comerciais	UCEco			
	2.3. UCE Rurais	UCeru			
2.4. UCE Industriais	UCEin				
2.5. UCE Iluminação Pública	UCEIp				

(continua)

Tabela 5.1 – Conclusão.

VARIÁVEL		SIGLA	UNIDADE	Relação com os dados de Luzes Noturnas	Relação com o Planejamento Territorial Regional
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	3. Consumo Anual Médio de Energia Elétrica <sup>6</sup>	CAM	Quilowatts por hora	Intensidade de consumo a bens de consumo coletivo (energia elétrica) pelos diferentes setores da economia.	Indica a demanda individual dos setores, podendo ser uma medida indireta do crescimento econômico e social.
	3.1. CAM Residencial	CAMre			
	3.2. CAM Comercial	CAMco			
	3.3. CAM Rural	CAMru			
	3.4. CAM Industrial	CAMin			
	3.5. CAM Iluminação Pública	CAMip			
	4. Número de Estabelecimentos Escolares do Ensino Básico ao Técnico <sup>4</sup>	EE	Número de escolas	Estabelecimentos para educação que podem demandar Luzes Noturnas	Indica o nível de atendimento e de utilização de recursos públicos para o sistema de ensino.
	4.1. EE Urbanos	EEU			
	4.2. EE Rural	EER			
	5. Número de empresas e outras organizações <sup>5</sup>	Emp	Número de empresas	Estabelecimentos associados às atividades humanas, que demandam Luzes Noturnas.	Mede o grau de envolvimento e investimento de diversos setores econômicos no município, auxiliando no monitoramento e predição, principalmente, da geração de renda e circulação de capital.
	5.1. Estabelecimento de Saúde	Esa			
	5.2. Instituições de Ensino Superior	IES			
	5.3. Empresas de produção de Lavouras Temporárias	Elt			
	5.4. Empresas de produção de Lavoura Permanente	Elp			
	5.5. Empresas de criação Pecuárias	Epe			
	5.6. Empresas de Produção Florestal	Epf			
	5.7. Empresas de Pesca e Aquicultura	Epa			
	5.8. Empresas de extração de pedra, areia e argila	Eex			
	5.9. Empresas da Indústria de Transformação	Eit			
5.10. Empresas da Indústria de Construção	Eic				
5.11. Estabelecimento de Saúde	Esa				
5.12. Instituições de Ensino Superior	IES				
5.13. Empresas de produção de Lavouras Temporárias	Elt				

Dados obtidos de: <sup>1</sup>Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE); <sup>2</sup>Autora; <sup>3</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); <sup>4</sup>Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). <sup>5</sup>CEMPRE: Cadastro Central de Empresas; <sup>6</sup>Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA).

Fonte: Produzido pela autora.

### 5.3 Análise estatística

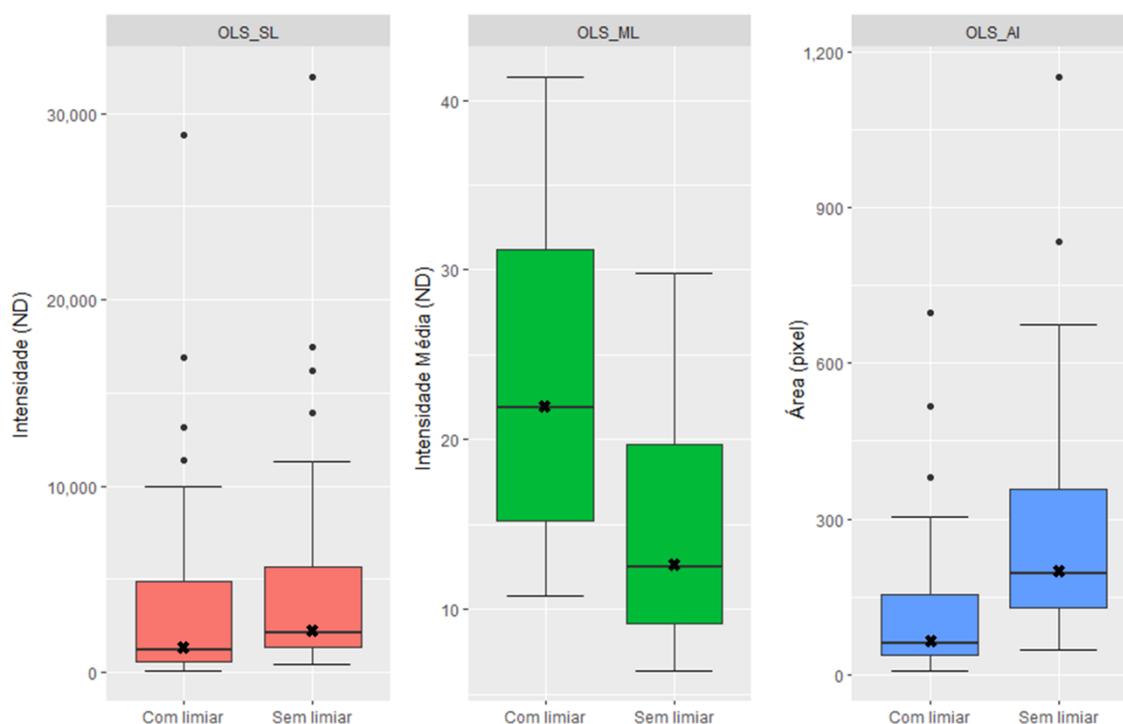
#### 5.3.1 Análise exploratória – configuração espacial das variáveis de Luzes Noturnas

As variáveis de Luzes Noturnas consideradas para esta análise referem-se a unidades e medidas que caracterizam diferentes aspectos do território. A variável soma de luzes (SL) representa a intensidade total de luzes no município, medida em números digitais no produto do OLS e em radiância no produto VIIRS. A variável SL está associada à intensidade das atividades humanas e à presença de serviços de infraestrutura coletivos. A variável média de luzes (ML) representa a intensidade média, ou seja, o valor médio de números digitais (OLS) ou de radiância (VIIRS) presentes em um município. A variável ML considera a média dos valores de luz dentro da área iluminada, estando associada à intensidade média das atividades humanas nas áreas com acesso a bens e serviços de uso comum. A variável área iluminada (AI) apresenta a distribuição e presença de luzes, medida pela quantidade total de pixels iluminados no município. Como uma medida de área, AI está associada à extensão e concentração da infraestrutura de bens e serviços públicos e das atividades humanas, sociais ou econômicas.

A Figura 5.5 apresenta os gráficos *boxplot* das variáveis derivadas do produto de Luzes Noturnas DMSP/OLS 2012, com e sem aplicação do método de Limiarização. Observa-se que a variável SL apresentou menor variabilidade, maior número de *outliers* e valor de mediana (ND = 2.157) menor que o valor da média (ND = 4.927). A mediana corresponde ao valor central de um conjunto de dados ordenados, dividindo-o em partes iguais. Neste sentido, o valor da mediana de SL demonstra que metade da RMVPLN possui intensidade de luzes menor que a média de SL. Isto é explicado pelo fato de a maioria do território regional possuir pequenos centros urbanos com infraestrutura básica de serviços de uso coletivo. Essa característica é também evidente na variável AI: o valor da mediana menor que o valor da média de AI revela que a maior parte dos municípios possui pequenas áreas iluminadas. Em comparação com alguns municípios considerados *outliers*, como São José dos Campos e Taubaté, que possuem expressiva área urbana ocupada pelas infraestruturas urbanas e atividades registradas pelas luzes, a maioria dos municípios da região se caracteriza por extensas áreas rurais. A variável

ML, por ser uma variável de média, tende a eliminar as diferenças de intensidade e distribuição das luzes no interior do município, não evidenciando a diversidade intermunicipal que se apresentou nas outras variáveis.

Figura 5.5 - *Boxplots* das variáveis de Luzes Noturnas DMSP/OLS 2012 por municípios da RMVPLN.



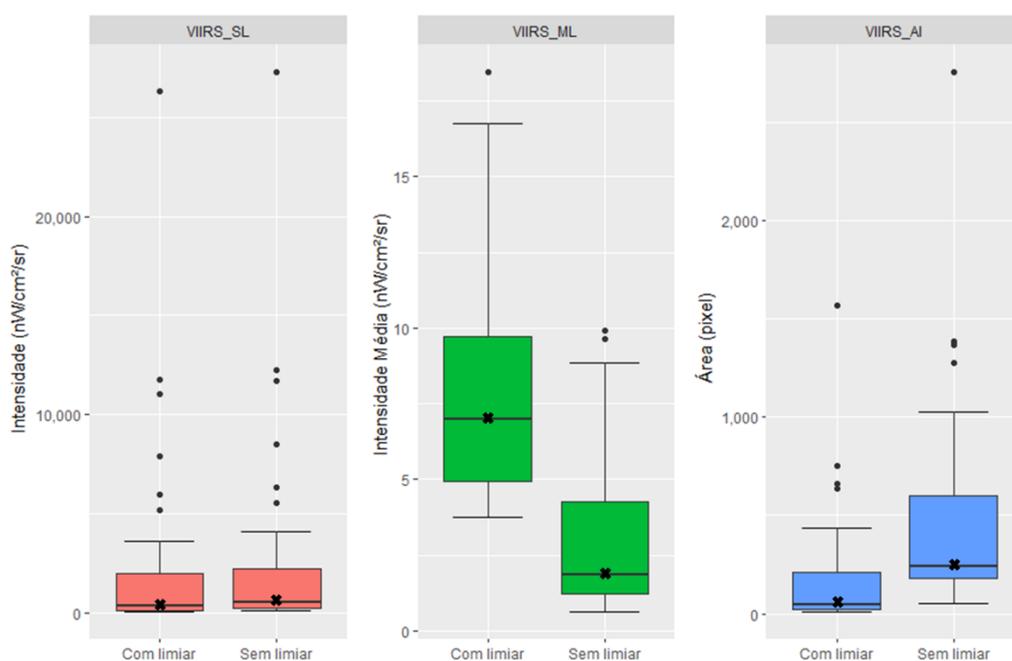
Fonte: Produzida pela autora.

Quanto aos efeitos da limiarização, na análise do gráfico *boxplot*, a variável SL, apresentou apenas sutis diferenças nos valores de ND registrados. Para a variável ML houve uma alteração dos seus valores de máximo e mínimo, que consequentemente reduziu sua média, mas manteve sua alta variabilidade. Contudo, para a variável AI, a limiarização reduziu o número de *pixels* registrados, e consequentemente, os valores máximos foram reduzidos de 1.200 para 670 *pixels* e os valores mínimos de 49 para 7 *pixels*. Além disso, em muitos municípios, a área iluminada foi reduzida, as grandes manchas limitaram-se a seus respectivos centros urbanos, diminuindo as extensas áreas

de conurbação observadas no produto OLS, consequências da resolução espacial do sensor e dos efeitos de saturação dos *pixels* observados em seus produtos.

A Figura 5.6 apresenta os gráficos *boxplot* das variáveis extraídas do produto SNPP/VIIRS originais e após a aplicação de limiar. Em relação ao OLS, nota-se uma semelhança na distribuição de todas as variáveis. Contudo, as variáveis VIIRS apresentaram menor variabilidade e maior número de *outliers*, o que era esperado uma vez que a resolução espacial mais fina do VIIRS deveria registrar melhor as variações intra-municipais de luzes noturnas na região. A variável SL, por exemplo, teve seu valor de média ( $2.500 \text{ nW/cm}^2.\text{sr}^{-1}$ ) elevado devido à maior quantidade de *outliers*. Contudo, seu valor de mediana indica que a maioria da região tem uma intensidade de luz menor que  $500 \text{ nW/cm}^2.\text{sr}^{-1}$ .

Figura 5.6 - *Boxplots* das variáveis de Luzes Noturnas SNPP/VIIRS 2012 por municípios da RMVPLN.

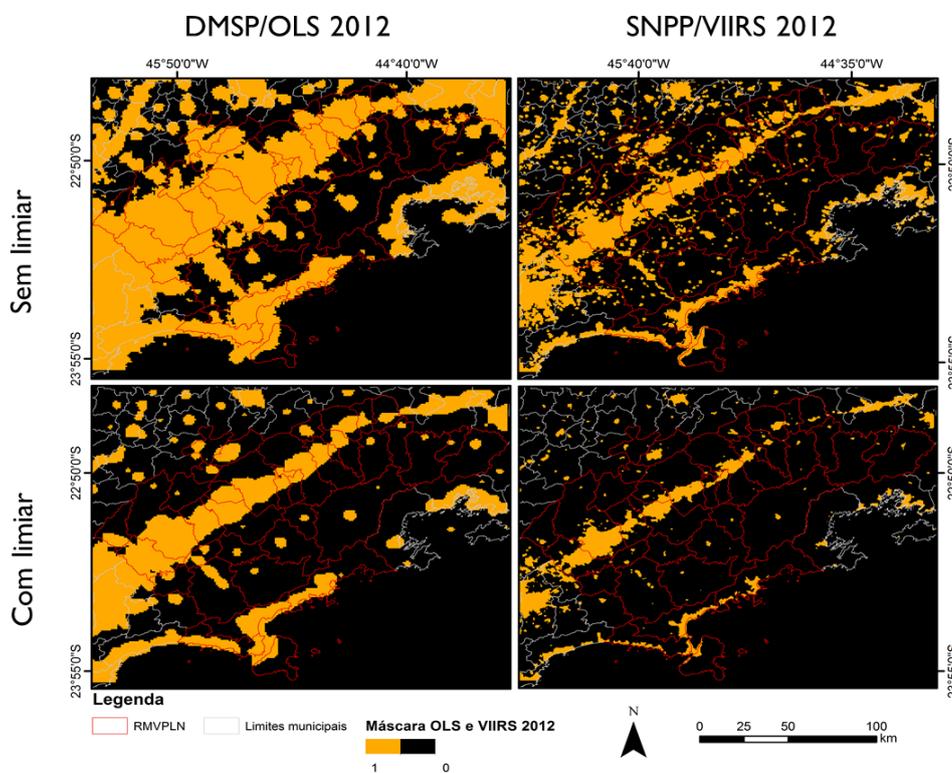


Fonte: Produzida pela autora.

Os efeitos da limiarização para o produto SNPP/VIIRS também foram observados apenas nas variáveis ML e AI. Assim como no produto OLS, a variável AI teve redução

expressiva, com valores máximos diminuídos de 2.756 a 1.570 *pixels*, e valores mínimos de 54 a 9 *pixels* após a limiarização. Diferente do observado nas variáveis OLS, os municípios não tiveram sua área iluminada muito reduzida, mantendo as grandes manchas intactas, conforme corroborado pela Figura 5.7 que demonstra a imagem binária da área iluminada de ambos os sistemas sensores. Contudo, notou-se a eliminação de pequenas manchas de luz dispersas pelo território, o que pode indicar a eliminação de pequenos núcleos iluminados identificados pelo VIIRS.

Figura 5.7 - Imagem Binária da área iluminada, com e sem limiar, dos produtos DMSP/OLS e SNPP/VIIRS de 2012.

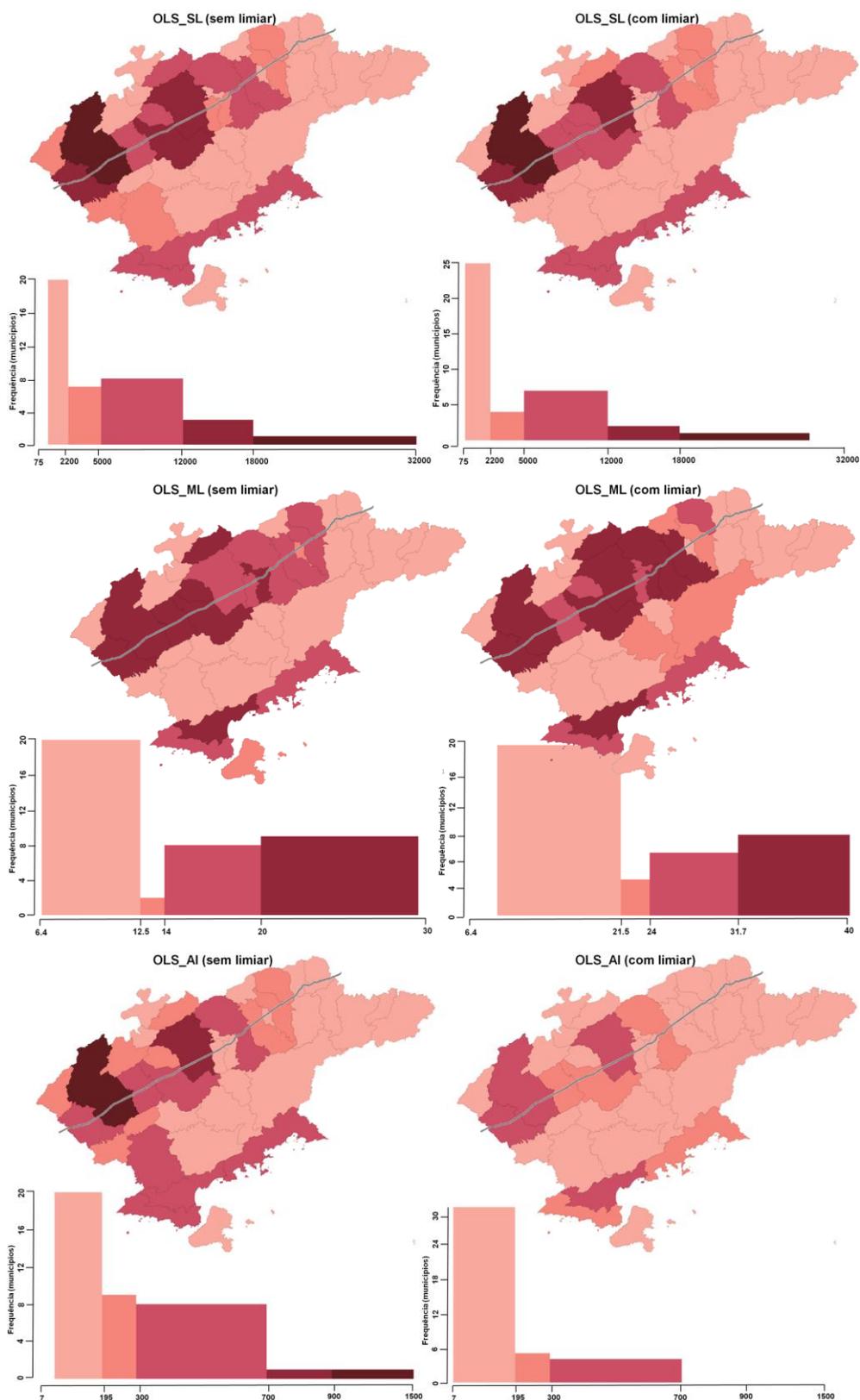


Fonte: Produzida pela autora.

Para avaliar a distribuição dos municípios de acordo com as variáveis de Luzes Noturnas apresentam-se os histogramas, construídos a partir dos valores estatísticos de mediana, média, máximo e *outliers*, identificados nos *boxplots* (Figura 5.8) e seus respectivos mapas coropléticos referentes às distribuições das variáveis do sensor OLS. Observa-se que para todas as variáveis há três grandes grupos: os municípios

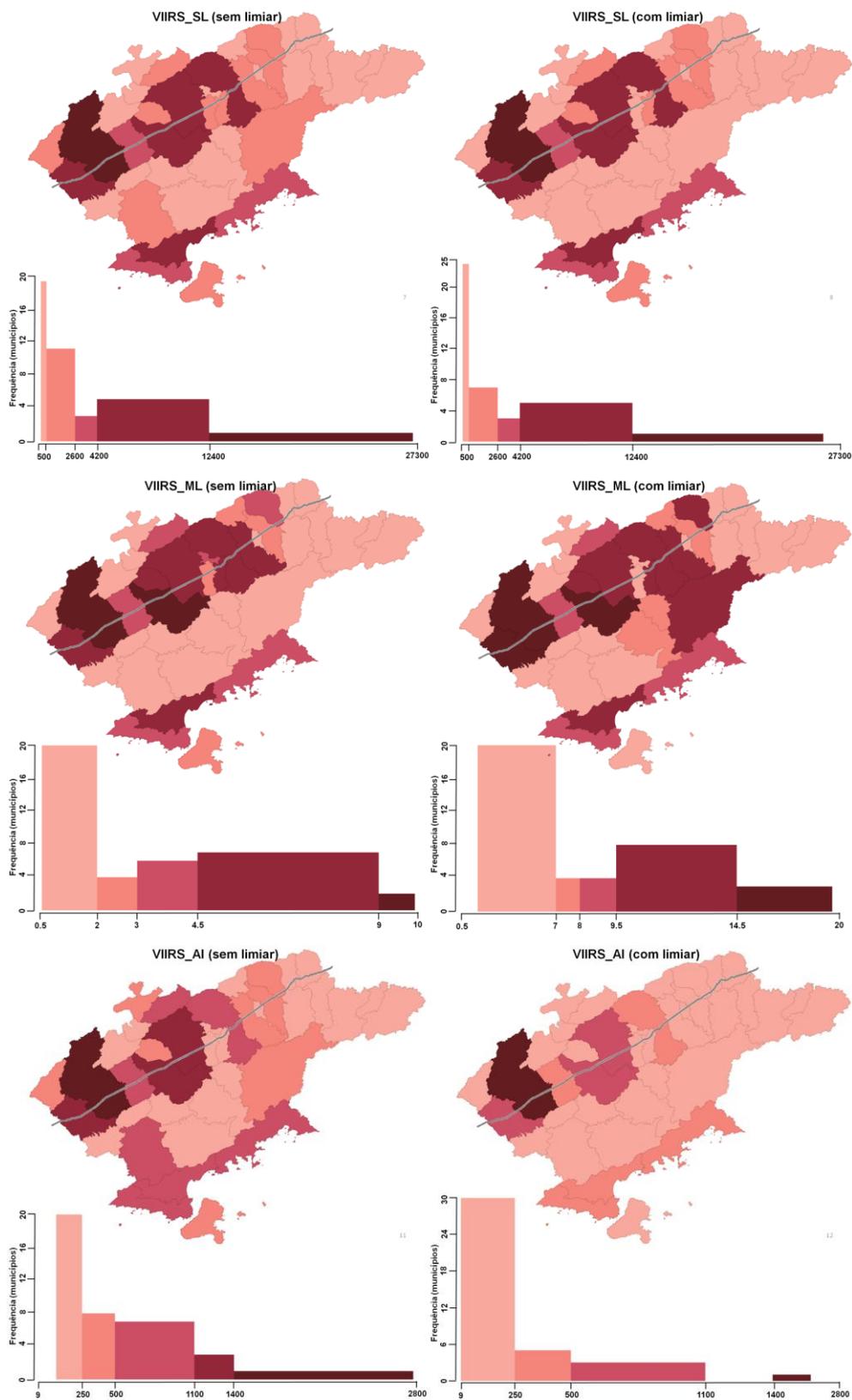
considerados mais ruralizados, devido à sua principal atividade econômica se relacionar à agropecuária e serviços, localizados principalmente no Vale Histórico e próximo à Serra do Mar; os municípios localizados no entorno da Rodovia Presidente Dutra, considerados mais industrializados, com um maior número de indústrias e empresas; e os municípios do Litoral Norte, que possuem dinâmicas semelhantes entre si, mas atividades diferentes do restante da região. Essa configuração também pode ser analisada na Figura 5.9 que apresenta os histogramas e mapas coropléticos das variáveis do sensor VIIRS.

Figura 5.8 - Histograma e seus respectivos mapas coropléticos das variáveis de Luzes Noturnas derivadas do sistema DMSP/OLS.



Fonte: Produzida pela autora.

Figura 5.9 - Histograma e seus respectivos mapas coropléticos das variáveis de Luzes Noturnas derivadas do sistema SNPP/VIIRS.



Fonte: Produzida pela autora.

Das variáveis derivadas do sensor OLS, nota-se que SL destacou São José dos Campos, Jacareí, Taubaté e Pindamonhangaba como *outliers* de alta intensidade de luz, reforçando a identidade destes municípios como os de infraestrutura e investimento mais proeminente da região. Além disso, estes municípios têm seu crescimento populacional e econômico associado ao eixo da Rodovia Presidente Dutra onde é estruturada boa parte da macha urbana. O histograma evidencia que a limiarização teve pouco efeito sobre esta variável, de modo que as alterações foram mais relacionadas a municípios que tinham valores próximos aos limites adotados. Os histogramas da variável AI constatou o observado no *boxplot*, ou seja, a limiarização agrupa os municípios mais ruralizados que possuem núcleos iluminados, ou seja, centros urbanos de tamanho semelhante.

A variável AI do sensor OLS indica, de forma mais clara, o agrupamento de municípios semelhantes seguindo uma orientação leste-oeste na RMVPLN, o que também é perceptível no gráfico do sensor VIIRS. Apesar de semelhante ao sensor OLS, a variável AI do sensor VIIRS realçou as heterogeneidades de municípios como São José de Campos, considerado *outlier* em diversas variáveis. A variável SL do sensor VIIRS apresentou configurações de municípios semelhantes às do sensor OLS, com pouca influência do limiar, mas discriminando os municípios do Litoral Norte.

A variável ML evidenciou algumas características inerentes aos sistemas sensores analisados. Para OLS\_ML foram observados altos valores de intensidade média de luz em pequenos municípios de pouca expressividade demográfica e econômica, como Potim e Tremembé. Estes municípios, especificamente, estão próximos a municípios de alta intensidade de luz, localizados próximos à rodovia. Isto explicita o efeito da conurbação da região, além da contaminação derivada da saturação e baixa resolução espacial do produto OLS. Por sua vez, a variável VIIRS\_ML teve menor influência da conurbação, devido principalmente à melhor resolução espacial do sensor VIIRS para diferenciar os municípios. Contudo, nota-se que a variável ML do sensor VIIRS com limiar apresentou um configuração espacial diferente da observada nas outras variáveis, além de apresentar valores mais elevados de média. Esta diferença pode derivar do método de cômputo da variável ML com limiar (MLI), que faz a relação entre a soma de luz sobre a área iluminada limiarizadas (SLI e AII, respectivamente). A variável AII teve valores consideravelmente reduzidos em relação a AI, enquanto SLI manteve

valores próximos a soma de luz sem o limiar, o que pode ter elevado os valores de MLI principalmente em municípios com pequenos centros urbanos.

Estes agrupamentos e padrões observados na maioria das variáveis em ambos os sensores demonstram que os municípios da RMVPLN se assemelham quanto às variáveis de Luzes Noturnas numa configuração leste-oeste, e não conforme as Sub-Regiões estabelecidas pela Lei Complementar nº 1.166/2012, que genericamente agrupa municípios numa configuração norte-sul. A configuração das Sub-Regiões visa o planejamento e desenvolvimento regional, a utilização dos recursos naturais e bens materiais e imateriais do território e a redução das desigualdades regionais. Os dados de Luzes Noturnas podem demonstrar o território de um ponto de vista diferente para determinadas ações de planejamento, ainda mais se associados à atual configuração espacial dos limites administrativos das Sub-Regiões.

### **5.3.2 Análise exploratória – correlação espacial das variáveis de Luzes Noturnas**

Avaliando-se os gráficos de dispersão das variáveis de Luzes Noturnas com algumas das variáveis indicadoras consideradas neste estudo, verificou-se a necessidade da transformação das variáveis para atender aos pressupostos exigidos para uma regressão linear e possibilitar as próximas análises. Alguns estudos que tratam do uso de variáveis de Luzes Noturnas relacionados a outras variáveis socioeconômicas e demográficas também apontaram a necessidade de transformação destas variáveis para ajuste dos modelos de regressão (FORBES, 2013). Amaral et al. (2005) encontraram uma relação linear log-log ( $R^2 = 0,85$ ) entre dados de área iluminada do sistema sensor DMSP/OLS com dados populacionais para estimativa da população dos municípios do estado do Pará. Ghosh et al. (2009) utilizaram um modelo de regressão log-log para estimar a população, a partir da extensão de áreas urbanas iluminadas derivada do DMSP/OLS, de 48 estados no Estados Unidos da América. Assim, após a análise dos gráficos de dispersão decidiu-se pela transformação logarítmica nas variáveis de Luzes Noturnas e indicadoras.

A Tabela 5.2 apresenta os valores do Índice Moran Global das variáveis de Luzes Noturnas transformadas. Com 90% de significância, as variáveis OLS\_ML, OLS\_MLI, OLS\_AII e VIIRS\_AI apresentaram uma relação de dependência espacial. De forma

mais significativa, com 95% de significância, as variáveis OLS\_SL e OLS\_AI também demonstram uma dependência espacial na RMVPLN.

As variáveis derivadas do sensor OLS apresentaram maiores valores de correlação espacial, demonstrando que a baixa resolução espacial do sensor influencia no agrupamento dos municípios no espaço da Região Metropolitana. No entanto, conforme também observado na análise dos gráficos *boxplot* e histograma, a variável AI, em ambos os sensores, agrupou os municípios, evidenciando a configuração e as correlações espaciais presentes da região.

Tabela 5.2 - Índice Moran Global Univariado para as variáveis derivadas dos dados de Luzes Noturnas.

Variável	Moran Global	Valor-P
OLS_SL	0,19	0,032**
OLS_ML	0,18	0,050*
OLS_AI	0,21	0,024**
OLS_SL1	0,12	0,114
OLS_ML1	0,13	0,085*
OLS_AI1	0,13	0,093*
VIIRS_SL	0,10	0,132
VIIRS_ML	0,11	0,108
VIIRS_AI	0,16	0,061*
VIIRS_SL1	0,08	0,172
VIIRS_ML1	0,02	0,304
VIIRS_AI1	0,11	0,124

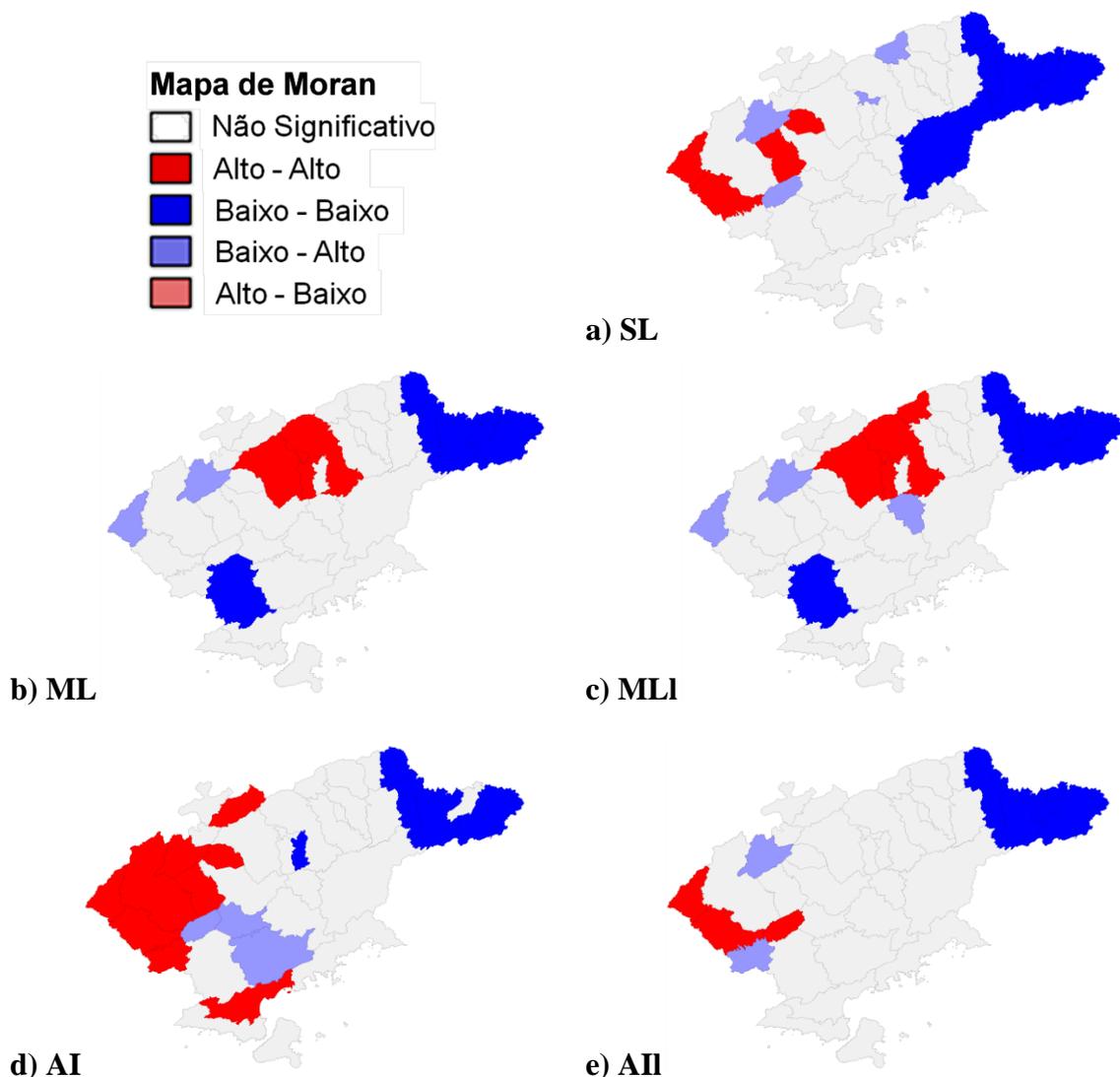
Legenda: \*90% de significância ( $\alpha = 0,1$ ); \*\*95% de significância ( $\alpha = 0,05$ ); \*\*\*99% de significância ( $\alpha = 0,01$ ).

Fonte: Produzida pela autora.

A Figura 5.10 apresenta os Mapas de Moran das variáveis derivadas do sistema sensor DMSP/OLS com correlação espacial significativa. Todas as variáveis analisadas agruparam a região denominada Vale Histórico, composta pelos municípios de Bananal, Areias, São José do Barreiro, Arapeí, Silveiras, Cunha e Queluz. Os municípios foram agregados em um regime espacial Baixo-Baixo por apresentarem baixa intensidade de luz e pequena área iluminada em relação aos seus vizinhos. Estes municípios

apresentam características demográficas e econômicas semelhantes entre si derivadas do contexto histórico-geográfico de formação da região que foi revelada pelas variáveis de Luzes Noturnas. Durante o período do “Império do Café”, o Vale Histórico possuía alto poder econômico devido à produção cafeeira. Após a decadência da cafeicultura no século XIX e por estarem afastados do eixo de conexão da Rodovia Presidente Dutra, estes municípios tiveram uma estagnação econômica que enfraqueceu o desenvolvimento da região no século seguinte, mantendo esta tendência até o período desta análise.

Figura 5.10 - Mapas de Moran das variáveis de Luzes Noturnas do sistema sensor DMSP/OLS. a) Soma de Luzes (SL); b) Média de Luzes (ML); c) Média de Luzes com Limiar (MLI); d) Área Iluminada (AI); e) Área Iluminada com limiar (AII).



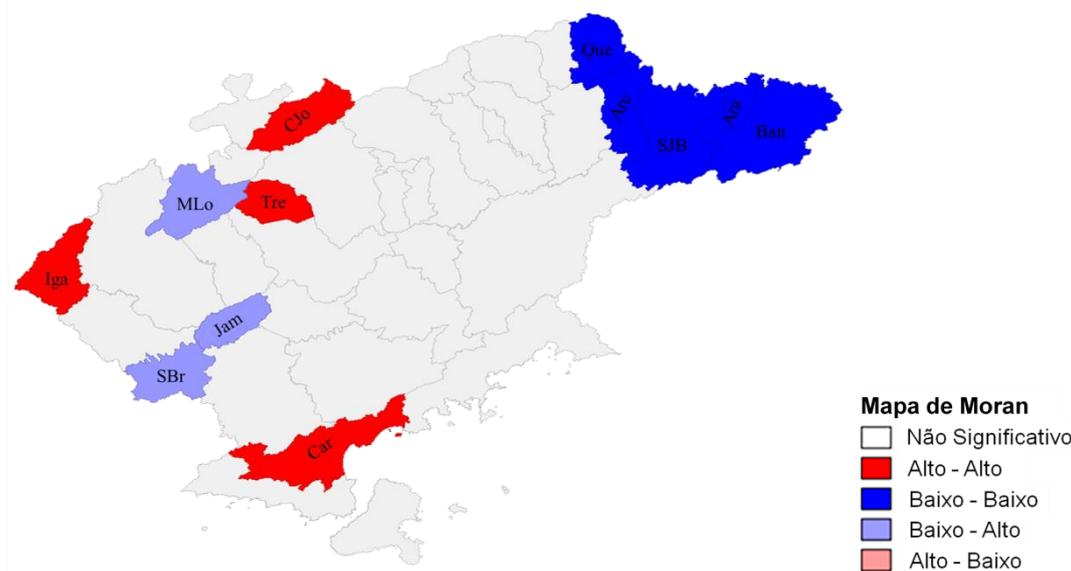
Fonte: Produzida pela autora.

A variável ML sem limiar apresentou relações espaciais semelhantes à variável com limiar, agrupando os municípios de Pindamonhangaba, Guaratinguetá e Roseira no regime Alto-Alto (Figura 5.10b). As variáveis SL, AI e AII agruparam municípios próximos a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), como Igaratá, Jacareí e Santa Branca. Contudo, a variável AI (Figura 5.10d) agrupou no regime Alto-Alto a maioria dos municípios que, além de localizados próximos a RMSP, estão no entorno de São José dos Campos, do mesmo modo que agrupou como Baixo-Alto os municípios de transição entre São José dos Campos e o Litoral Norte, como Jambeiro, Redenção da Serra e Natividade da Serra.

Estes agrupamentos Alto-Alto e Baixo-Alto podem ter sido identificados pela baixa resolução espacial do sensor OLS e a “contaminação” entre estes municípios. Em São José dos Campos, por exemplo, a intensidade de indústrias e urbanização resulta em saturação de muitos *pixels*, que extrapolam os limites municipais, alterando o cômputo de intensidade de luz e área iluminada dos municípios vizinhos. Contudo, o processo de formação da região e a centralização de atividades industriais e tecnológicas em São José dos Campos justifica o agrupamento com os municípios em seu entorno, considerando o fluxo populacional e de capital entre esses municípios. Há um fluxo de pessoas que residem nas cidades vizinhas, como Jacareí, Caçapava e Jambeiro, mas que trabalham e movimentam a economia em São José dos Campos.

A Figura 5.11 apresenta os Mapas de Moran da variável AI do sistema sensor SNPP/VIIRS, a única que apresentou correlação espacial significativa. Nota-se que a variável também agrupou o Vale Histórico no regime Baixo-Baixo. Contudo, apresentou municípios que, isolados uns dos outros, possuem uma alta significância para os valores de Moran, como: Igaratá (Iga), Tremembé (Tre), Campos do Jordão (CJo) e Caraguatatuba (Car) com regime Alto-Alto; e Jambeiro (Jam), Santa Branca (SBr) e Monteiro Lobato (MLo) com regime Baixo-Alto.

Figura 5.11 - Mapa de Moran da variável AI derivada do sistema sensor SNPP/VIIRS.



Fonte: Produzida pela autora.

Os agrupamentos revelados pelas correlações espaciais das variáveis de Luzes Noturnas, assim como na análise exploratória dos histogramas, demonstram uma configuração espacial diferente da estabelecida pela lei, apresentando regimes específicos para municípios que estão na mesma Sub-Região. Observa-se que as variáveis derivadas do sensor OLS agrupam alguns municípios e as variáveis derivadas do sensor VIIRS mostram correlações espaciais isoladas, indicando que capturam melhor as heterogeneidades da região.

As variáveis indicam que os dados do sensor OLS podem trazer ao Planejamento Regional um olhar mais geral, tendo potencial em análises de escalas maiores que englobem vários municípios de uma região específica. O sensor VIIRS, considerando sua alta resolução espacial, pode ser uma opção ao Planejamento Territorial no que concerne a estudos mais específicos para pequenas regiões ou para avaliar municípios individualmente. Contudo, deve atentar-se que o recorte municipal pode ser um limitador do uso dos dados de Luzes Noturnas para avaliar e monitorar determinados processos no espaço. Apesar de ser possível observar tendências gerais das dinâmicas urbanas, estudos regionais que agregam os dados em níveis meso ou macro regionais, não refletem de forma satisfatória as variações espaciais locais (CHEN et al., 2017).

A Tabela 5.3 apresenta os valores do Índice Moran Global Regionalizados para as variáveis derivadas do sistema sensor DMSP/OLS de acordo com os limites administrativos das Sub-Regiões da RMVPLN. Todas as variáveis apresentaram uma correlação espacial negativa, ou inversa, significativa na Sub-Região 1 (São José dos Campos). A relação inversa demonstra que os municípios dessa Sub-Região apresentam valores distintos, ou seja, pertencem a um regime espacial de transição no qual há municípios com altos valores em relação a municípios com baixos valores. Nota-se, ainda, que todas as variáveis com limiar da Sub-Região 3 (Guaratinguetá) também apresentaram uma associação espacial inversa significativa, indicando que seus municípios possuem dinâmicas distintas evidenciadas pelas luzes. A variável AI com limiar do sensor OLS demonstrou que todas as Sub-Regiões possuem um correlação espacial, fato que pode estar relacionado, novamente, com a questão da resolução espacial e saturação dos *pixels*.

Tabela 5.3 - Índice Moran Global Regionalizado das variáveis derivadas do sistema sensor DMSP/OLS para as Sub-Regiões da RMVPLN.

Variável	Sub-Região				
	1 - SJC	2 - Tau	3 - Gua	4 - Cru	5 - Car
<b>OLS_SL</b>	-0,38***	0,13*	-0,37***	0,06	-0,08
<b>OLS_SLI</b>	-0,36***	0,23**	-0,44***	0,11*	-0,09
<b>OLS_ML</b>	-0,21***	0,31***	0,06	0,11*	-0,18**
<b>OLS_MLI</b>	-0,35***	0,10	-0,18**	-0,09	-0,13**
<b>OLS_AI</b>	-0,51***	-0,06	-0,18**	0,03	-0,06
<b>OLS_AII</b>	-0,35***	0,28***	-0,45***	0,16**	-0,14**

Legenda: Valor-P menor que: \*90% de significância ( $\alpha = 0,1$ ); \*\*95% de significância ( $\alpha = 0,05$ ); \*\*\*99% de significância ( $\alpha = 0,01$ ).

Fonte: Produzida pela autora.

A Tabela 5.4 apresenta os valores do Índice Moran Global Regionalizados das variáveis derivadas do sistema sensor SNPP/VIIRS de acordo com os limites administrativos estabelecidos para as Sub-Regiões da RMVPLN. Observa-se que, assim como registrado pelo sensor OLS, todas as variáveis apresentaram uma relação espacial inversa para a Sub-Região 1, mas o sensor VIIRS também registrou uma associação espacial na Sub-Região 2 (Taubaté). A relação dentro da Sub-Região 2 é direta, ou seja,

demonstra que os municípios desta região possuem valores semelhantes e que Taubaté e Pindamonhangaba não são *outliers* neste contexto. A variável de área iluminada com limiar novamente apresentou relações significativas para todas as Sub-Regiões, exceto para a Sub-Região 5 (Caraguatatuba), demonstrando que o sensor VIIRS tem um potencial para melhor demonstrar as heterogeneidades entre os municípios do Litoral Norte.

A análise conjunta da distribuição das variáveis de Luzes Noturnas com os critérios administrativos estabelecidos para as Sub-Regiões com a distribuição das variáveis de Luzes Noturnas indicaram, de forma mais promissora, as associações espaciais presentes entre os municípios. A inserção de diferentes critérios e informações aos estudos dos dados Luzes Noturnas apontam o potencial destes produtos na avaliação de políticas públicas específicas a determinados espaços, auxiliando na implantação e monitoramento de ações do Planejamento Regional.

Tabela 5.4 - Valores de Moran Global Regionalizado das variáveis derivadas do sistema sensor SNPP/VIIRS para as Sub-Regiões da RMVPLN.

Variável	Sub-Regiões				
	1 - SJC	2 - Tau	3 - Gua	4 - Cru	5 - Car
<b>VIIRS_SL</b>	-0,38***	0,14**	-0,27***	0,12*	0,04
<b>VIIRS_SLI</b>	-0,39***	0,14**	0,24***	0,06	0,03
<b>VIIRS_ML</b>	-0,31***	0,22***	-0,09	-0,28***	-0,40***
<b>VIIRS_MLI</b>	-0,29***	0,15**	-0,03	-0,29***	-0,11*
<b>VIIRS_AI</b>	-0,44***	0,04**	-0,10	0,30***	-0,03
<b>VIIRS_AII</b>	-0,41***	0,14***	-0,35***	0,19***	-0,08

Legenda: Valor-P menor que: \*90% de significância ( $\alpha = 0,1$ ); \*\*95% de significância ( $\alpha = 0,05$ ); \*\*\*99% de significância ( $\alpha = 0,01$ ).

Fonte: Produzida pela autora.

### 5.3.3 Análise exploratória – correlação das variáveis de Luzes Noturnas e variáveis indicadoras

O coeficiente de Pearson (R), que mede o grau de relação linear entre duas variáveis, foi utilizado para selecionar as relações entre as variáveis de luzes e as indicadoras que

seriam consideradas para análise subsequente. A Matriz de Correlação entre todas as variáveis de Luzes Noturnas e as variáveis indicadoras encontra-se no Apêndice B. Apenas as relações que tiveram  $R \geq 0,5$  foram mantidas para esta análise.

Das relações que foram eliminadas, a maioria das variáveis indicadoras referia-se a localizações rurais e atividades agropecuárias. Contudo, algumas dessas relações apresentaram coeficientes de correlação muito próximos ao limiar de corte, e poderiam ser avaliadas em outro contexto. As variáveis referentes à localização rural, como População Rural (PopR) e Consumo Anual Médio de Energia Elétrica Rural (CAMru) por exemplo, apresentam relações consideráveis com as variáveis de área iluminada, com e sem limiar, de ambos os sensores ( $R > 0,45$ ). Valores de correlação próximos ao limite adotado indicam que, apesar de não serem adequadas ao modelo que se pretende gerar, Luzes Noturnas também são registradas em áreas rurais. Keola et al. (2015), em um estudo sobre o uso dos dados de Luzes Noturnas para mensurar o crescimento econômico no mundo, apontaram que áreas rurais, principalmente relacionadas à agricultura, possuem presença de luzes, mas com menor expressividade que as áreas urbanas. As variáveis específicas de localização rural têm um potencial de relação com os dados de Luzes Noturnas, contudo demandam tratamento de dados e análise mais detalhados. Neste contexto, nota-se que o sistema sensor SNPP/VIIRS ( $R \sim 0,46$ ) apresenta relações de menor valor que o sistema sensor DMSP/OLS ( $R \sim 0,48$ ). Ghosh et al. (2010) em um estudo para estimar os diferentes setores da economia em escala mundial, enfatizaram que a produção agrícola ocorre principalmente em áreas onde as culturas estão crescendo e as Luzes Noturnas não dão conta de mapear nesta escala. Analisar essas variáveis em um contexto mais específico, avaliando-as em escalas mais finas, pode demonstrar melhor as relações das variáveis com o sensor VIIRS, beneficiando-se de sua resolução espacial mais detalhada.

Variáveis relacionadas a atividades econômicas das áreas rurais, como Produto Interno Bruto Agricultura (PIBag), Pessoas ocupadas na Agricultura e Aquicultura (Pag) e Salários e Remunerações na Agricultura e Aquicultura (SRag), apresentaram correlações apenas com variáveis de área iluminada. Apesar de valores abaixo do limite adotado, demonstram correlações com as variáveis de luz de ambos os sensores maiores que 0,45. Há, portanto, um potencial de uso das variáveis de Luzes Noturnas relacionado

às atividades agrícolas, uma vez que os espaços rurais têm se diversificado cada vez mais, com funções e produções que vão além da agrícola tradicional (FAVRETO, 2014).

Algumas variáveis relacionadas a serviços e indústrias exibiram relações abaixo de 0,5, mas maiores que 0,45, que poderiam ser avaliadas em outros contextos e escalas. Este foi o caso das variáveis Pessoas Ocupadas e Salários e Remunerações referentes a serviços de hotelaria e alimentação (Pha e SRha, respectivamente), Consumo Anual Médio de Energia Elétrica Comercial (CAMco) e Industrial (CAMin) e Estabelecimentos da Indústria de Transformação (Eit).

Assim, das 829 relações entre as 72 variáveis indicadoras com cada uma das 12 variáveis de Luzes Noturnas de ambos os sistemas sensores, 598 relações (72,1%) atenderam ao critério de corte e foram mantidas. As variáveis da Dimensão Demográfica apresentaram os maiores valores de correlação, principalmente com as variáveis de População e População Urbana ( $R > 0,8$ ). As variáveis da Dimensão Socioeconômica também apresentaram altas correlações, com destaque para Produto Interno Bruto e Pessoas Ocupadas ( $R > 0,82$ ). As variáveis generalizadas da Dimensão de Infraestrutura, como Consumo Anual Total e Consumo Anual Médio de Energia Elétrica, demonstraram algumas correlações melhores que as observadas nas variáveis de seus respectivos subníveis. As melhores correlações registradas em todas as dimensões referem-se às variáveis de Luzes Noturnas derivadas do sensor VIIRS.

Análises de regressão são comumente aplicadas no âmbito de modelar o espaço, sendo que a Regressão Linear Simples é fácil de computar e de determinar seus parâmetros estatísticos (BAGAN; YAGAMATA, 2015). Tendo como variáveis independentes (X) as variáveis de Luzes Noturnas e como variáveis dependentes (Y) as variáveis indicadoras, avaliaram-se os modelos de Regressão Linear Simples das relações mantidas na Matriz de Correlação.

#### **5.3.4 Regressão Linear Simples e análise dos resíduos**

As variáveis inseridas em cada modelo foram transformadas na etapa de análise dos Mapas de Moran, de forma que o modelo de Regressão Linear Simples utilizado é dado por:

$$\text{Log}_{10}(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}_{10}(X_i) + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

Onde  $\text{Log}_{10}(Y_i)$  é o logaritmo na base 10 da variável dependente na  $i$ -ésima observação;  $\beta_0$  é um parâmetro que determina a intersecção com  $Y$ ;  $\beta_1$  é o Coeficiente Angular da reta;  $\text{Log}_{10}(X_i)$  é o logaritmo na base 10 da variável independente na  $i$ -ésima observação; e  $\varepsilon_i$  representa o resíduo da regressão, dado pela diferença entre a variável dependente observada e a variável dependente estimada.

Das 598 relações indicadas a partir do Coeficiente de Correlação, procedeu-se a análise dos resíduos da regressão, de modo a selecionar apenas aquelas que atendiam aos pressupostos estatísticos para uma Regressão Linear e que pelo menos 50% da variação total da variável indicadora ( $Y$ ) poderia ser explicada pela variável de Luzes Noturnas ( $X$ ). O Apêndice C apresenta a tabela com os resultados desta análise e as 374 (62,5%) relações que atenderam a estes critérios.

Para as dimensões avaliadas, a maioria das relações com as variáveis derivadas do sensor VIIRS apresentou Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ) maiores que as variáveis derivadas do OLS. As variáveis da Dimensão Demográfica apresentaram  $R^2 > 0,8$  nas relações com as variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS, com exceção da Densidade Demográfica, que demonstrou alguns coeficientes mais baixos ( $R^2 < 0,7$ ) e um modelo descartado com as variáveis de área iluminada por possuir  $R^2 < 0,5$ . Um maior número de variáveis da Dimensão Socioeconômica exibiu relações altas com a intensidade de luz ( $R^2 > 0,6$ ), sendo os menores valores registrados para Produto Interno Bruto per capita ( $0,50 < R^2 < 0,55$ ). A variável de Consumo Anual Total de Energia Elétrica e seus respectivos subníveis obtiveram as maiores relações da Dimensão de Infraestrutura ( $R^2 > 0,7$ ), em contraponto com a variável de Consumo Anual Médio que apresentou os coeficientes mais baixos ( $0,53 < R^2 < 0,61$ ).

As variáveis Produto Interno Bruto de Agricultura (PIBag), Pessoas ocupadas na Agricultura e Aquicultura (Pag) e Consumo Anual Total de Energia Elétrica Rural (CATru) foram descartadas, pois as relações acima de 0,5 na Matriz de Correlação, não apresentaram uma variação total de 50% ou mais.

Assim como observado na análise da Matriz de Correlação, a variação total de certas variáveis é pouco explicada pela variação da intensidade ou área de luz, considerando os critérios adotados, mas possuem um potencial de relação com os dados de Luzes

Noturnas. A variável de Pessoas Ocupadas (Pic) e Salários e Remunerações na Indústria de Construção (SRic) apresentaram  $R^2 = 0,48$  e  $R^2 = 0,47$ , respectivamente, com a variável de soma de luz do sistema sensor DMSP/OLS (OLS\_SL). De forma semelhante, a variável de Consumo Anual Médio de Energia Elétrica por Iluminação Pública (CAMip) apresentou  $R^2 > 0,44$  com as variáveis de intensidade de luz e área iluminada, com e sem limiarização, de ambos os sensores.

Todas as variáveis indicadoras, descartadas pela não normalidade e/ou heterocedasticidade, apresentaram Coeficientes de Determinação acima do limite estabelecido ( $R^2 > 0,5$ ). Unidades Consumidoras de Energia Elétrica (UCE) e Empresas da Indústria de Construção (Eic), descartadas por não atenderem os pressupostos da Regressão Linear, apresentaram  $R^2 > 0,55$  com as variáveis de Luzes Noturnas. Número de Matrículas no Ensino Básico ao Técnico (ME) e Consumo Anual Total de Energia Elétrica Comercial (CATco) possuem  $R^2 > 0,8$  com as variáveis de soma de luz do sensor VIIRS. Estas altas relações indicam que outros modelos podem demonstrar um potencial para relacionar tais variáveis indicadoras com as variáveis de Luzes Noturnas. Zhao et al. (2017), por exemplo, avaliaram quatro modelos de regressão (Linear, Polinomial Quadrático, Função Exponencial e de Potência) para estimar Produto Interno Bruto a partir dos dados do sensor VIIRS para o Sul da China. Os autores observaram que a Regressão Polinomial Quadrática apresentou as relações mais significativas, indicando que as relações com algumas variáveis socioeconômicas avaliadas em determinadas escalas podem apresentar diferentes comportamentos.

As variáveis: População (Pop); Domicílios Particulares Permanentes (DPP); Produto Interno Bruto de Administração Pública (PIBap); e Renda (Ren) relacionadas a soma de luz com limiar do sensor OLS (OLS\_SLI) apresentaram um resultado de dependência espacial. A variável de Unidades Consumidoras de Energia Elétrica Industrial (UCEin) relacionada com a média de luz com limiar do sensor OLS (OLS\_MLI) também apresentou dependência espacial. A Tabela 5.5 demonstra que as variáveis atenderam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade, contudo rejeitaram a Hipótese Nula ( $H_0$ ) de aleatoriedade espacial do teste de Moran Global Bivariado. Nota-se que a maioria dos valores de Moran Global é negativo, indicando que as variáveis apresentam uma relação inversa no espaço geográfico da RMVPLN, ou seja, que os municípios apresentam relações distintas destas variáveis com a intensidade de luz.

Tabela 5.5 - Análise de resíduos das variáveis que apresentaram dependência espacial.

Variável de Luzes Noturnas	Variável Indicadora	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)	Moran Global
OLS_SL	Pop	0,88	0,712	0,051	0,009	-0,312
	DPP	0,86	0,700	0,038	0,006	-0,330
	PIBap	0,87	0,682	0,039	0,009	-0,311
	Ren	0,88	0,804	0,095	0,006	-0,326
OLS_MLI	UCEin	0,70	0,364	0,991	0,009	0,259

Fonte: Produzida pela autora.

Análises de modelos que considerem a componente espacial podem demonstrar um potencial maior de relação entre estas variáveis que apresentaram uma relação de dependência espacial. Forbes (2013), por exemplo, examinou os padrões de variação da atividade econômica dos Estados Unidos através da relação do Produto Interno Bruto com dados de Luzes Noturnas do sistema sensor DMSP/OLS utilizando a Regressão Geograficamente Ponderada (sigla “GWR” em inglês), observando Coeficientes de Determinação significativos, mas com pouca diferença devido à análise em escala estadual. De forma semelhante, Mellander et al. (2015) também utilizaram a GWR para avaliar a correlação espacial de diversas variáveis socioeconômicas com dados do sensor OLS na Suíça e observaram que o modelo GWR permite estimar as variações no espaço.

A partir da análise dos resíduos da regressão determinaram-se variáveis indicadoras representativas de cada dimensão analisada, que tivessem alta relação com os dados de Luzes Noturnas e relevância do contexto do espaço urbano regional da área de estudo. Deste modo, foram selecionadas variáveis que apresentassem um modelo satisfatório, que cumpria todos os critérios estabelecidos, para verificar a capacidade do modelo em estimar estas variáveis e caracterizar a região a partir dos dados de Luzes Noturnas.

#### 5.4 Estimativa das variáveis indicadoras a partir dos dados de Luzes Noturnas

Buscando-se o potencial dos dados de Luzes Noturnas como ferramenta ao Planejamento Territorial Regional, a partir da análise de regressão, selecionaram-se os modelos das variáveis indicadoras que, além de fortemente associado às Luzes

Noturnas, representassem o contexto socioeconômico e a infraestrutura dos municípios da RMVPLN. Considerando a continuidade na produção dos dados de Luzes Noturnas, apenas os modelos relacionados às variáveis de Luzes Noturnas transformadas do sistema sensor SNPP/VIIRS foram utilizadas. Os modelos avaliados referem-se às variáveis de Soma de Luz (VIIRS\_SL), Média de Luz (VIIRS\_ML), Área Iluminada (AI) e Área Iluminada com limiar (AII) relacionadas às variáveis indicadoras: População Urbana (PopU) e População Urbana estratificada por tamanho populacional (PopU estratificada) da Dimensão Demográfica; Produto Interno Bruto (PIB), PIB Industrial (PIBin) e PIB de Serviços (PIBse) da Dimensão Socioeconômica; e Consumo Anual Total de Energia Elétrica (CAT) e CAT de Iluminação Pública (CATip) da Dimensão de Infraestrutura. As variáveis de soma e média de luz limiarizadas não foram avaliadas, uma vez que não diferiram muito da variável não limiarizada na análise exploratória.

O erro geral das estimativas dos modelos aplicados foi gerado em relação aos valores observados no ano de 2012. Os erros das estimativas foram apresentados através de uma estratificação adaptada de Li et al. (2013), que exibe a porcentagem do erros ( $\epsilon\%$ ) em quatro classes: Exatidão alta, quando  $\epsilon\% < 30\%$ ; Exatidão moderada, quando  $30\% < \epsilon\% < 50\%$ ; Inexato, quando o  $\epsilon\% > 50\%$ ; Extremo, em casos específicos quando  $\epsilon\% > 100\%$ .

A variável de soma de luz (SL) exibiu resultados satisfatórios com a maioria das variáveis indicadoras analisadas, apresentando exatidão alta a moderada na maioria das estimativas. A variável de média de luz (ML) apresentou todos os valores de  $\epsilon\%$  extremos, sendo considerada uma variável de pouca representatividade para caracterização do espaço da RMVPLN. As variáveis de área de luz, com e sem limiar, apresentaram resultados semelhantes em relação aos erros das estimativas. Contudo, a variável de área de luz com limiar (AII) apresentou mais valores com alta exatidão, o que sugere ser uma variável mais adequada para representar a concentração demográfica, a presença de infraestrutura de bens e as atividades humanas econômicas. Considerando que SL e AII apresentaram mais valores com alta exatidão, consideradas mais significativas para caracterizar a região, foram as únicas avaliadas na estimativa das variáveis de subnível. O Apêndice D apresenta os valores estimados e a

porcentagem do erro de todas as variáveis. A Tabela 5.6 demonstra a exatidão das estimativas para a RMVPLN pelas variáveis de Luzes Noturnas SL e AII.

Tabela 5.6 - Exatidão das estimativas das variáveis indicadoras pelas variáveis de soma de luz (SL) e área iluminada com limiar (AII).

Variável de Luzes Noturnas	Dimensão	Variável Indicadora	Exatidão alta ( $\varepsilon\% < 30$ )		Exatidão moderada ( $30 < \varepsilon\% < 50$ )		Inexato ( $\varepsilon\% > 50$ )		Extremo ( $\varepsilon\% > 100$ )	
			Mun	%	Mun	%	Mun	%	Mun	%
Soma de Luzes (SL)	Demográfica	PopU	23	58,97	10	25,64	4	10,26	2	5,13
	Socioeconômica	PIB	7	17,95	16	41,03	16	41,03	0	0
		PIBin	2	5,13	0	0	37	94,87	0	0
		PIBse	2	5,13	9	23,08	28	71,79	0	0
	Infraestrutura	CAT	6	15,38	14	35,90	19	48,72	0	0
		CATip	20	51,28	9	23,08	7	17,90	3	7,69
Área Iluminada (AII)	Demográfica	PopU	25	64,10	9	23,08	3	7,70	2	5,13
		PopU estratificada	26	66,67	7	17,95	4	10,26	2	5,13
	Socioeconômica	PIB	20	51,28	10	25,64	9	23,08	0	0
		PIBin	0	0	0	0	39	100	0	0
		PIBse	1	2,56	8	20,51	30	76,92	0	0
	Infraestrutura	CAT	24	61,54	8	20,51	5	12,82	2	5,13
CATip		25	64,10	9	23,08	4	10,26	1	2,56	

Legenda: PopU: População Urbana; PIB: Produto Interno Bruto; PIBin: PIB Industrial, PIBse: PIB Serviços; CAT: Consumo Anual Total de Energia Elétrica; CATip: CAT Iluminação Pública; Mun: Municípios; %: Porcentagem da RMVPLN em determinado estrato de exatidão.

Fonte: Produzida pela autora.

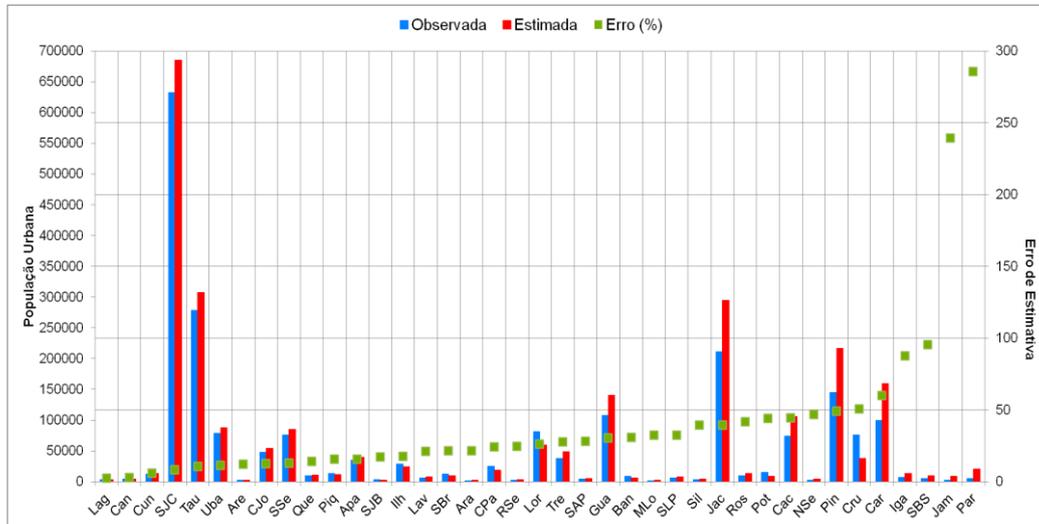
A variável de AII apresentou maior proporção da região com exatidão alta a moderada em relação as estimativas da variável de SL. As variáveis da Dimensão Demográfica e de Infraestrutura tiveram maior exatidão, sendo que Consumo Anual Total de Energia Elétrica por Iluminação Pública foi a variável melhor estimada, com 87,2% da RMVPLN com exatidão alta a moderada. População Urbana estratificada por tamanho populacional estimada por AII demonstrou mais de 65% da região com exatidão alta, mas quando estimada por SL apresentou todos os valores extremos. Produto Interno Bruto apresentou alta exatidão quando estimado pela variável de AII, contudo demonstrou maior proporção de municípios da classe inexato nas estimativas de seus subníveis avaliados.

#### **5.4.1 Estimativa da dimensão demográfica (População)**

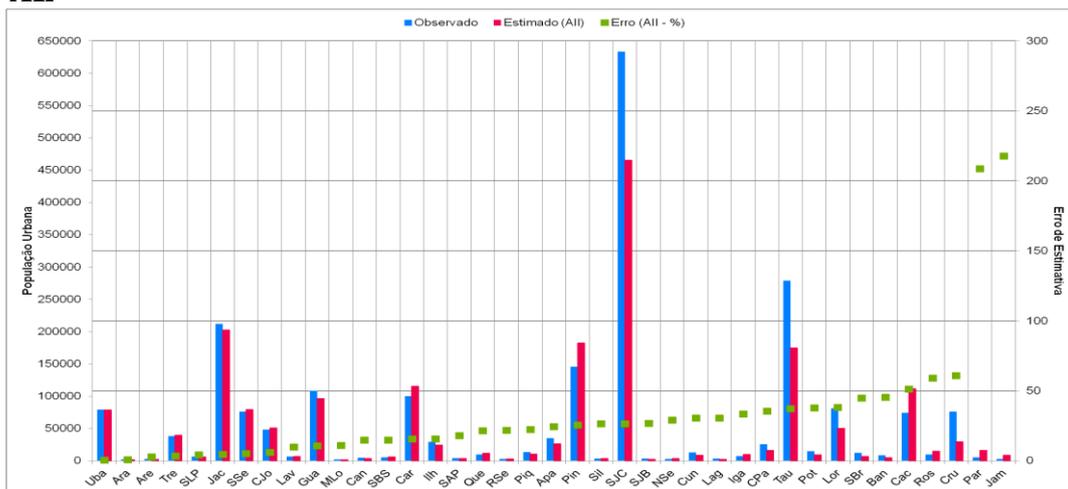
Alguns valores extremos foram observados nas estimativas das variáveis das Dimensões Demográfica e de Infraestrutura. A Figura 5.12a demonstra que a variável de População Urbana foi superestimada pela soma de luz, apresentando maiores erros nos municípios com menor população observada. A estimativa da variável pela área iluminada com limiar (Figura 5.12b) apresentou erros menores, mas subestimou a População Urbana de Taubaté e São José dos Campos. Sendo municípios de maior representatividade demográfica da região, a subestimativa pode ser explicada pela alta verticalização dos centros urbanos destes municípios que juntos concentravam, em 2010, aproximadamente 40% da população da RMVPLN (IBGE, 2010).

Figura 5.12 - População Urbana observada e estimada pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AII).

a) SL



b) AII

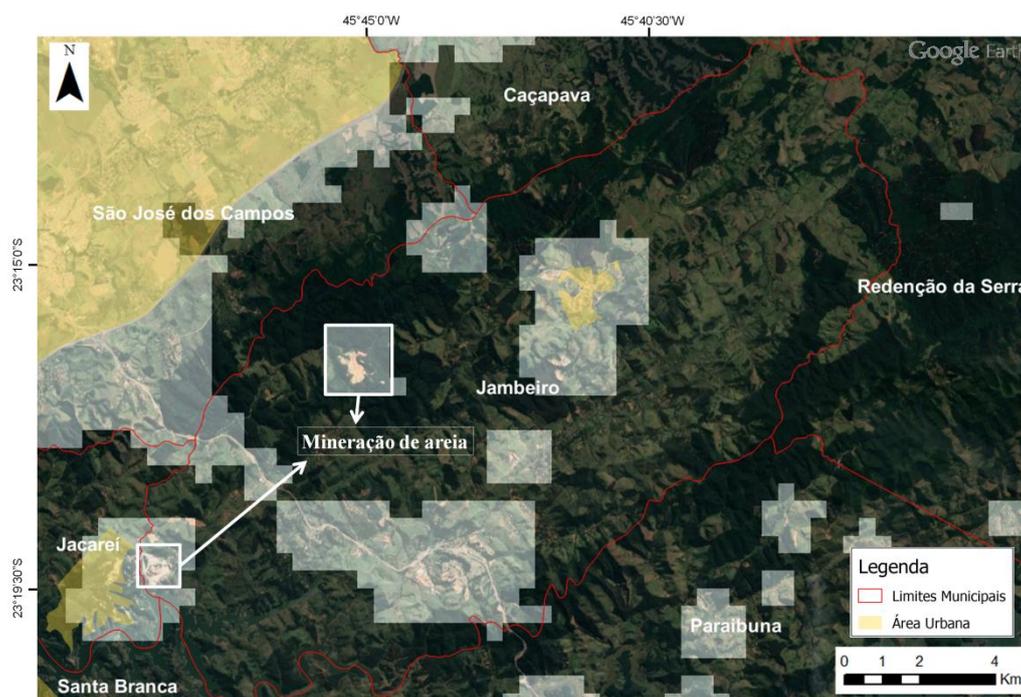


Fonte: Produzida pela autora.

Contudo, ambas as variáveis de Luzes Noturnas (SL e AII) apresentaram erros extremos nos municípios de Jambeiro e Paraibuna. Ambos possuem uma área urbana pequena em relação à área total do município, além de focos de luz registrados pela alta resolução do sensor VIIRS que não possuem população associada. Jambeiro possui duas áreas de mineração de areia com foco de luz (Figura 5.13) fora dos limites da área urbana e que não possuem população permanente, embora próximas a pequenos assentamentos. Amaral et al. (2005) demonstraram resultados semelhantes ao realizar a estimativa da

População Urbana para municípios do estado do Pará utilizando dados do sensor OLS. Os autores registraram focos de luz em uma área de mineração de ouro no município de Paraupabas que, apesar de não possuir população residente, teve mais de 6.000 pessoas estimadas pelos focos de luz.

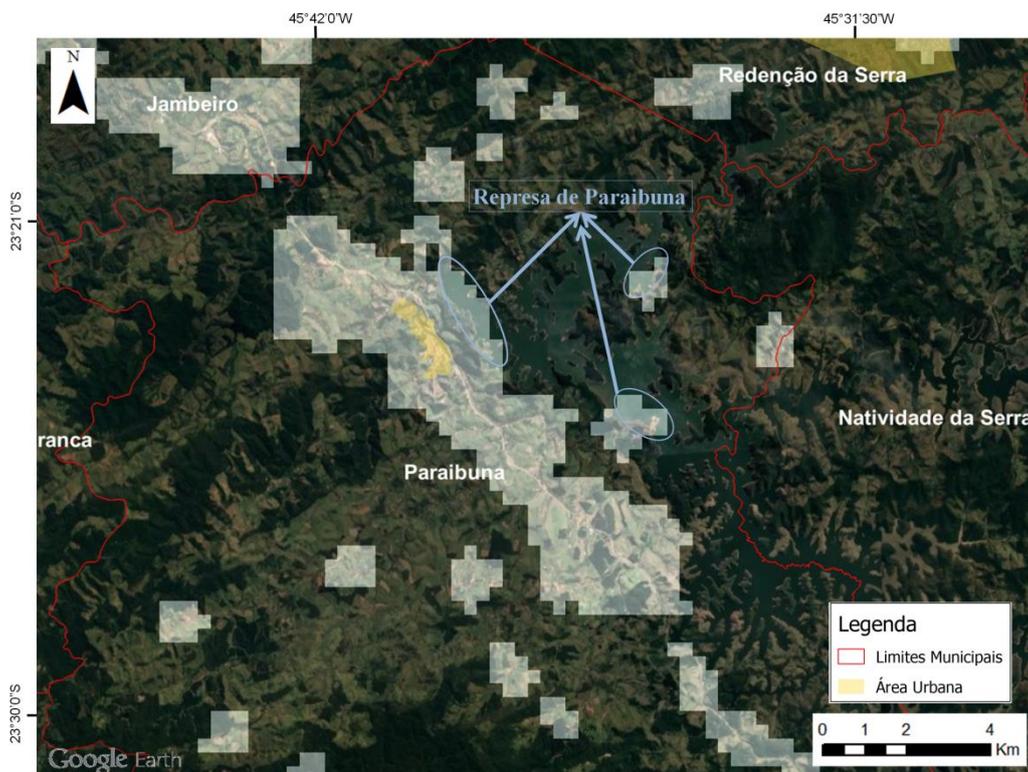
Figura 5.13 - Área iluminada do sensor VIIRS 2012 no município de Jambuí.



Fonte: Produzida pela autora.

O município de Paraibuna apresenta área iluminada mais extensa do que a área urbana, com focos de luz em pequenos assentamentos que são prolongados para área sem população, mas com presença de corpos hídricos, como a Represa de Paraibuna (Figura 5.14). A amplificação de Luzes Noturnas para além de áreas com infraestrutura de iluminação (*overflow*) ocorre especialmente em áreas de alto albedo, como corpos d'água e neve, que refletem a luz incidente próxima (BENNET; SMITH, 2017). Apesar de ser um efeito mais comum do sistema sensor DMSP/OLS, também ocorre no sistema sensor SNPP/VIIRS devido à sua sensibilidade em detectar baixos níveis de radiância, permitindo que identifique área de baixa iluminação (ELVIDGE et al., 2013).

Figura 5.14 - Áreas da Represa de Paraibuna que produzem efeito de *overflow* nos dados de Luzes Noturnas do sensor VIIRS.



Fonte: Produzida pela autora.

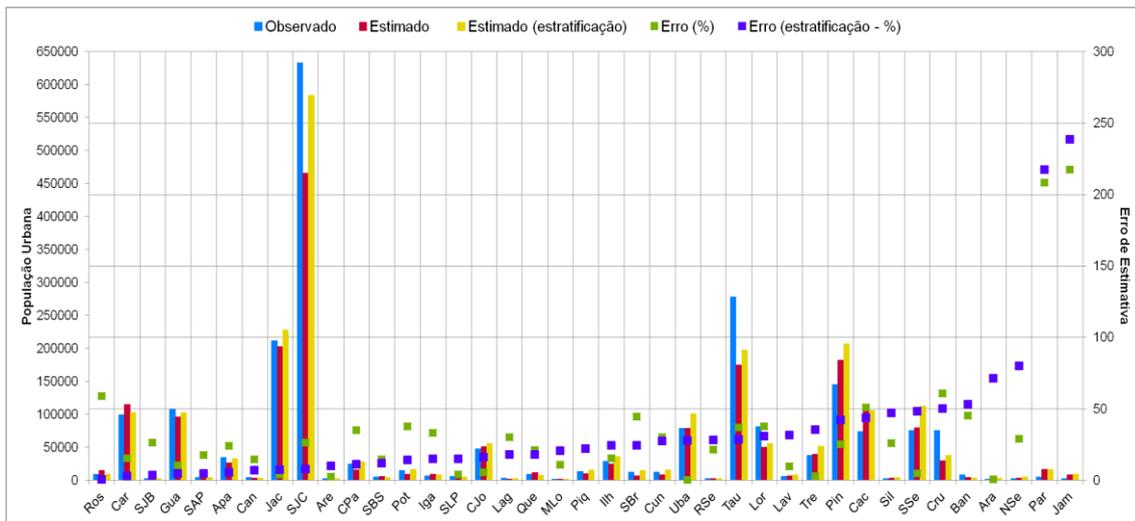
Visando elevar a precisão da estimativa, avaliou-se a variável de População Urbana estratificada por tamanho populacional, cujos grupos foram definidos por: Municípios com até 10.000 habitantes; Municípios de 10.000 a 100.000 habitantes; e Municípios com mais de 100.000 habitantes.

A População Urbana estimada pela variável de soma de luz após a estratificação apresentou muitos erros extremos, tornando o uso da variável, para estimativa, inadequado. A estimativa feita pela variável área iluminada com limiar exibiu 66,67% da região com exatidão alta, superando a estimativa realizada antes da estratificação (64,1%). Apesar de o método de estratificação da população ter elevado a precisão da estimativa, apresentou mais erros de superestimativa, especialmente em relação a municípios com menos de 10.000 habitantes (Figura 5.15).

A População Urbana estratificada também apresentou erros de estimativa na classe extremos nos municípios de Jambeiro e Paraibuna quando estimada pela variável de

área iluminada com limiar. O método de limiarização eliminou alguns focos de luz que não continham população permanente, como as áreas de mineração de areia em Jambeiro e áreas próximas à Represa de Paraibuna, mas ainda mantém áreas com luz que podem ter gerado a estimativa extrema da População Urbana.

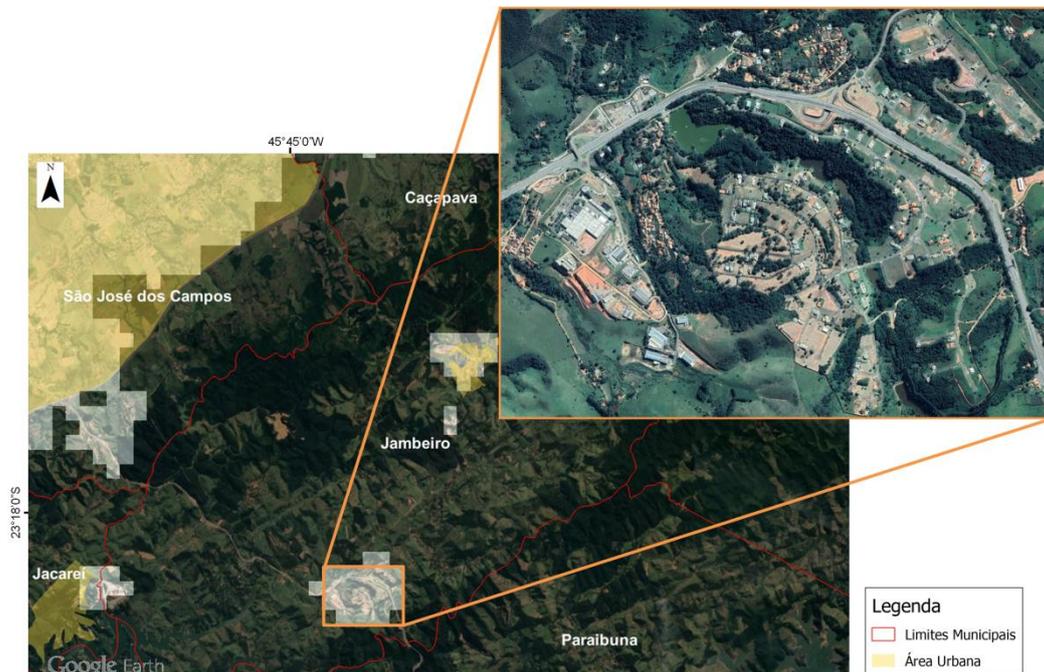
Figura 5.15 - População Urbana observada e estimada pela área iluminada com limiar do sensor VIIRS no ano de 2012 após estratificação.



Fonte: Produzida pela autora.

O município de Paraibuna apresentou acentuado efeito de *overflow* mesmo após a limiarização da área iluminada, devido à presença do Rio Paraíba do Sul próximo ao centro urbano e à Rodovia dos Tamoios (SP-099) que perpassa o município em direção ao Litoral Norte. O município de Jambeiro, mesmo com a limiarização, manteve uma extensa área com foco de luz fora da área urbana ocupada por um condomínio particular de alto padrão e indústrias (Figura 5.16). Esta área, além de estar localizada fora da área urbana instituída pelo IBGE, possui equipamentos de uso coletivo e infraestrutura urbana que são registrados pelo sensor, mas baixa densidade populacional.

Figura 5.16 - Foco de luz no município de Jambuí indicando condomínio particular de alto padrão e indústrias.



Fonte: Produzida pela autora.

#### 5.4.2 Estimativa da dimensão socioeconômica (Produto Interno Bruto)

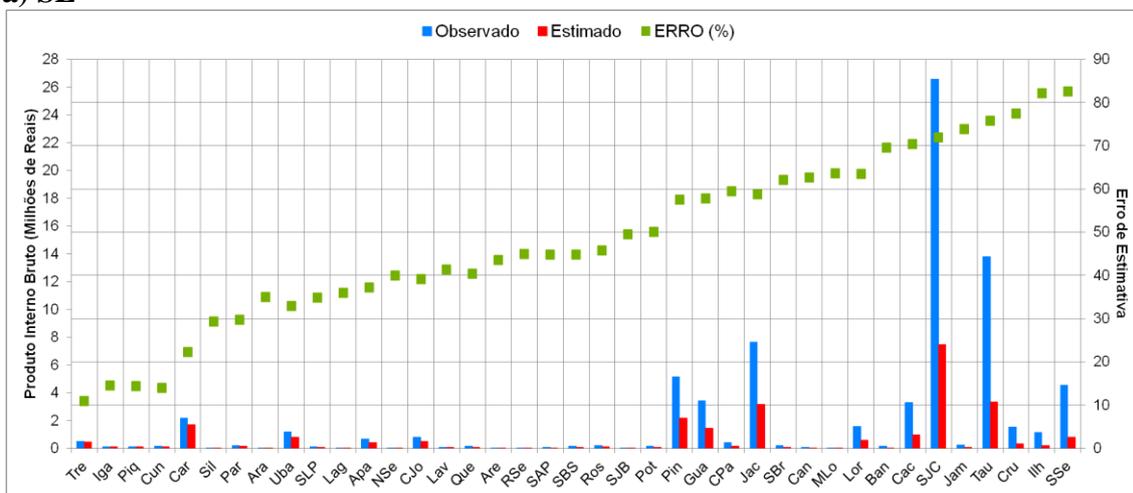
Mais de 50% da região apresentou exatidão alta a moderada para a estimativa do Produto Interno Bruto, exibindo mais erros de subestimação em ambas as variáveis de Luzes Noturnas (Figura 5.17). A variável soma de luz apresentou maiores erros de subestimação nos municípios de maior poder econômico da região, São José dos Campos (SJC) e Taubaté (Tau), e municípios do Litoral Norte, Ilhabela (Ilh) e São Sebastião (SSe), de maior contribuição econômica dentro da sua Sub-Região. Entretanto, obtiveram-se também altos erros de superestimação pela variável de área iluminada com limiar em municípios como Ubatuba (Uba), Caraguatatuba (Car), Campos do Jordão (CJo) e Tremembé (Tre).

Ubatuba e Caraguatatuba, na Sub-Região do Litoral Norte, possuem extensa área iluminada ao longo da região costeira, associada à área urbana e à presença de infraestrutura de bens e serviços de uso coletivo. A economia é majoritariamente baseada no setor de serviços, relacionada a turismo de veraneio e, portanto, flutuante ao

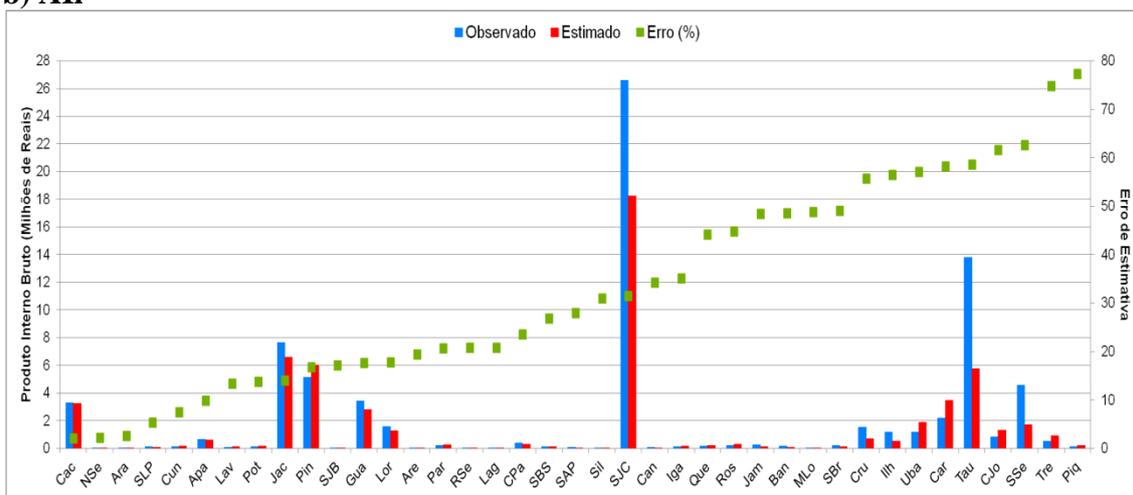
longo do ano. Neste sentido, uma economia flutuante e menos expressiva (Uba: R\$ 1.705.877 mil; Car: R\$ 2.720.211 em 2015) que os outros municípios da Sub-Região (R\$ 10.856.628 mil em 2015 para Ilh e SSe) ao longo do ano poderia ser superestimada pelo dado de Luzes Noturnas, que registra uma infraestrutura permanente presente no espaço. Campos do Jordão, de forma semelhante, é um município cuja economia é movimentada pelo setor de serviços e turismo no período de inverno, mas que possui infraestrutura permanente registrada pelas luzes. Em Tremembé o efeito da conurbação com Taubaté “contamina”, ou expande, sua área iluminada, superestimando sua economia, pouco expressiva (R\$ 659.009 mil em 2015) dentro da sua Sub-Região (R\$ 23.590.550 mil em 2015).

Figura 5.17 - Produto Interno Bruto observado e estimado pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AI).

**a) SL**



**b) AI**



Fonte: Produzida pela autora.

Os resultados das estimativas realizadas corroboram com os de Li et al. (2013) que apontaram a capacidade do sensor VIIRS em estimar o Produto Interno Bruto Regional nas províncias e distritos da China em comparação com o sensor OLS. Os autores relatam que a estimativa teve maior proporção de exatidão alta na análise da agregação da região por província. Estudos em escala mais agregada, como por Sub-Regiões, por exemplo, podem apresentar uma estimativa com menor proporção de erros para a RMVPLN. Deve-se atentar que cada Sub-Região da área de estudo apresenta um município com maior investimento e expressividade econômica, o que leva a relações

com altos Coeficientes de Determinação. Todavia, grandes áreas urbanas tendem a dominar a economia da região em que se inserem, podendo ser exceções e/ou *outliers* que dificultam as estimativas (DOLL et al., 2006).

Além de atentar-se a influência do tamanho da unidade de análise na qualidade da estimativa, devem-se considerar uma distribuição semelhante dos PIB por setor, o que é pouco visto na área de estudo. As estimativas para PIB Industrial e PIB Serviços apresentaram alta proporção de municípios na classe inexato para a RMVPLN, mesmo sendo considerados os setores econômicos mais relevantes para a região como um todo. Tais resultados entre áreas distintas dentro de uma mesma região levanta o questionamento de se a luz detectada pelo sensor em determinado local representa totalmente a economia da região (DOLL et al., 2006).

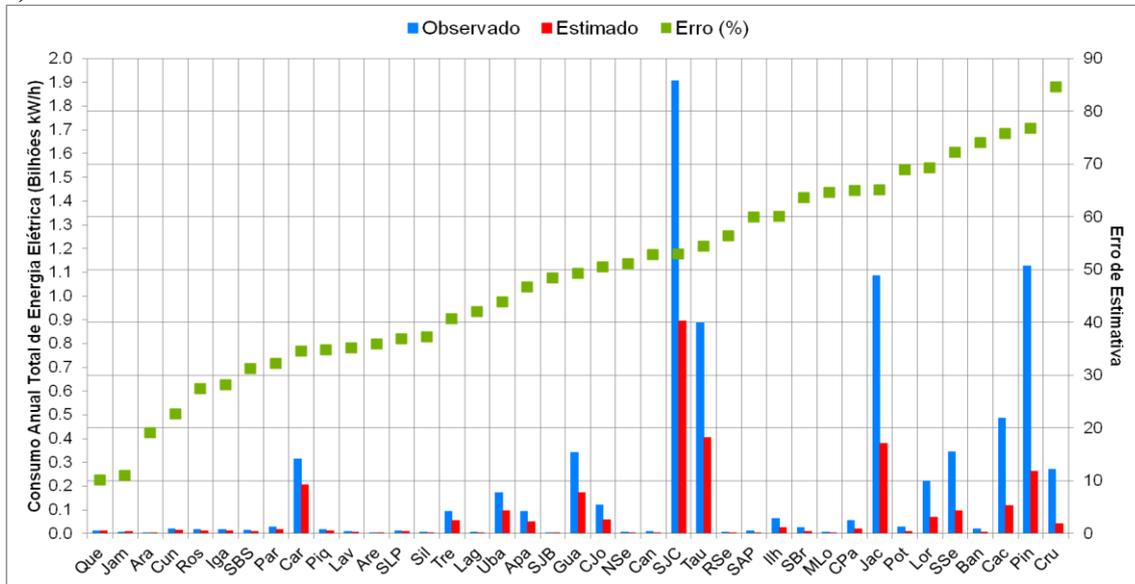
#### **5.4.3 Estimativa da dimensão de infraestrutura (consumo de energia elétrica)**

De forma semelhante ao Produto Interno Bruto, mais de 50% da RMVPLN apresentou exatidão alta a moderada na estimativa do Consumo Anual Total de Energia Elétrica pela soma de luz (Figura 5.18a). Nota-se que houve mais erros de subestimativa, explicitando que o consumo de energia elétrica pode representar outras atividades e infraestruturas de uso coletivo do que é registrado pelas Luzes Noturnas. A estimativa pela variável área iluminada com limiar exibiu mais de 80% de exatidão alta a moderada (Figura 5.18b). Contudo, apresenta alta proporção de municípios na classe inexato e os municípios de Queluz, Cruzeiro e Roseira na classe extremos.

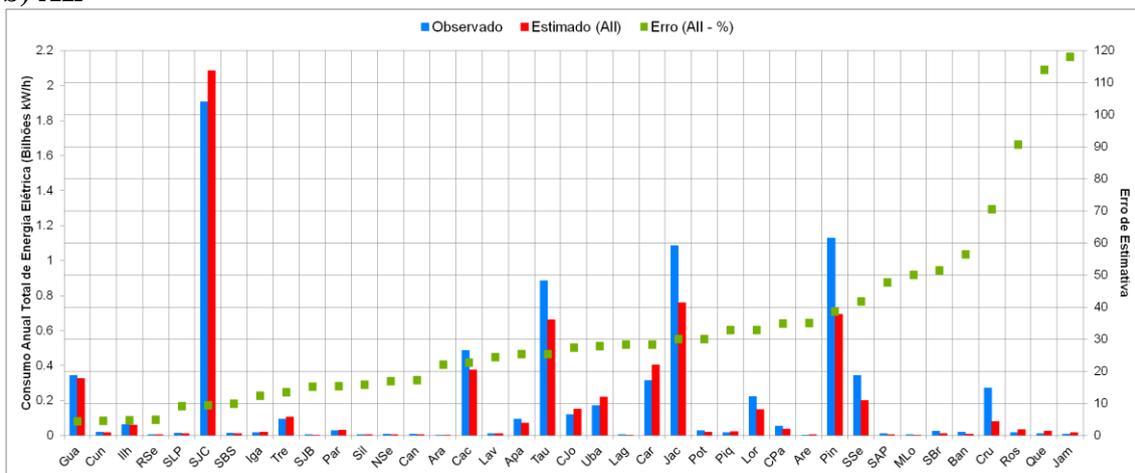
Entender estes padrões de consumo de energia elétrica dentro de um contexto regional auxilia na compreensão do presente cenário energético, além de subsidiar a projeção das necessidades energéticas globais no futuro. Essa informação pode contribuir tanto para o planejamento quanto para estimar a capacidade de demanda em um contexto sustentável (CHOWDHURY et al., 2018).

Figura 5.18 - Consumo Anual Total de Energia Elétrica observado e estimado pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (AII).

a) SL



b) AII

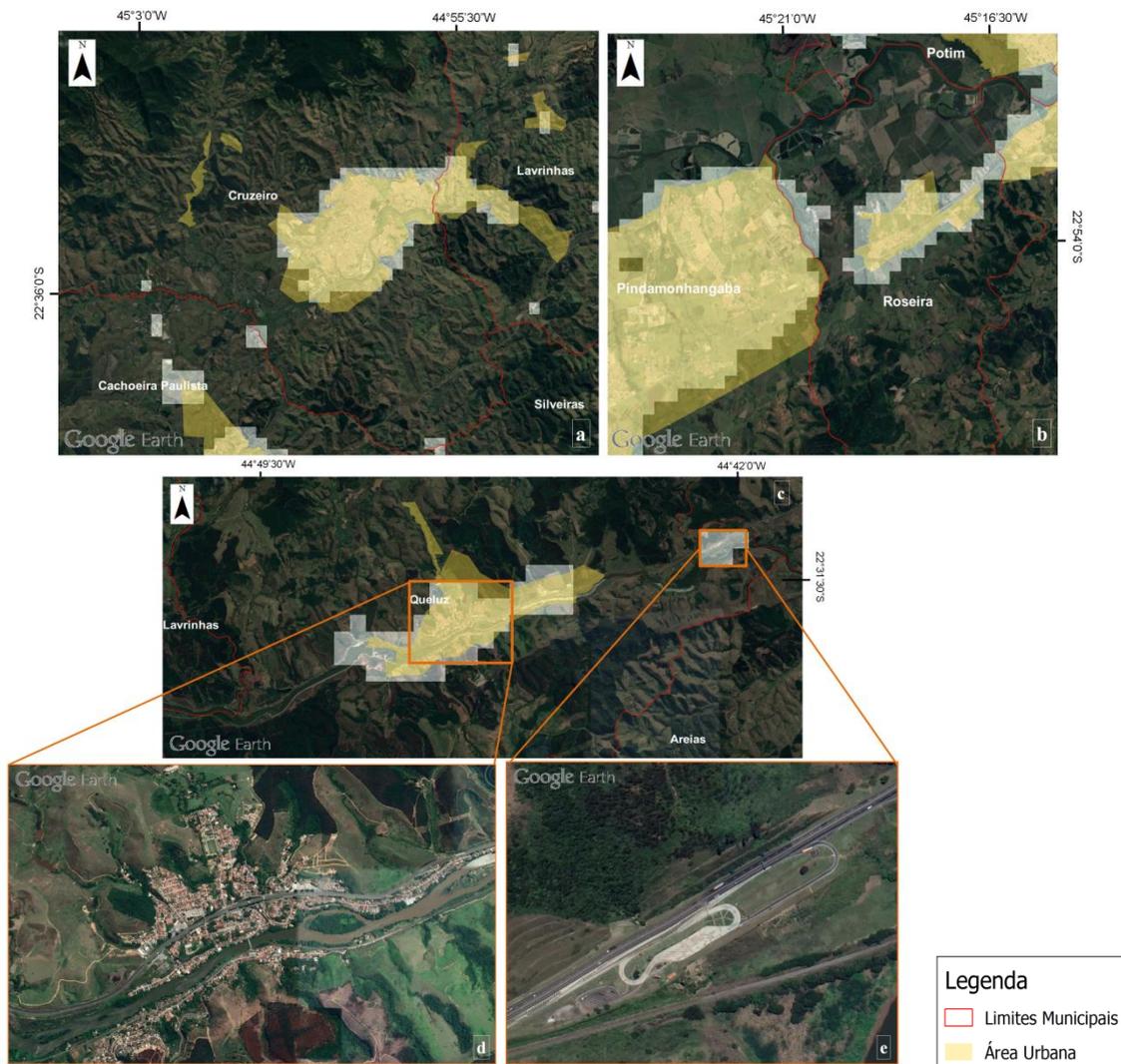


Fonte: Produzida pela autora.

A subestimativa no município de Cruzeiro (Cru) pode ser explicada por ter apresentado um foco de luz menor que a área considerada urbana (Figura 5.19a). Assim, a área do município onde, supostamente, ocorre a maior parte da atividade humana não foi registrada pelas Luzes Noturnas. Em contrapartida, Roseira (Ros) e Queluz (Que) apresentaram focos de luz que se estendem para além da área urbana (Figura 5.19b e c), que pode explicar a superestimativa dos valores nestes municípios.

De forma semelhante à Paraibuna, Queluz apresentou um efeito *overflow* devido ao Rio Paraíba do Sul que também perpassa o centro urbano (Figura 5.19d), localizado próximo a Rodovia Presidente Dutra (BR116). Há no município também um foco de luz correspondente a uma balança de pesagem de caminhões (Figura 5.19e) na Rodovia Presidente Dutra, com infraestrutura diminuta em relação ao consumo de energia elétrica, mas que frequentemente concentra veículos, aumentando a emissão de Luzes Noturnas.

Figura 5.19 - Áreas com foco de luz nos centros urbanos de: a) Cruzeiro; b) Roseira; c) Queluz; d) Foco do centro urbano de Queluz; e) Balança de pesagem de caminhões em Queluz.



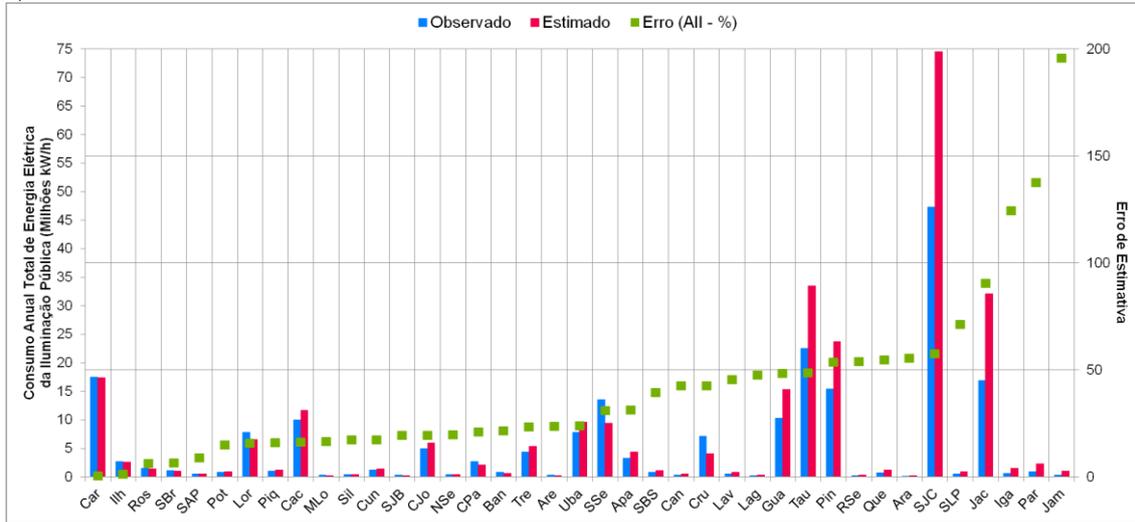
Fonte: Produzida pela autora.

A estimativa do Consumo Anual Total de Energia Elétrica de Iluminação Pública (Tabela 5.20) apresentou os melhores resultados, com 74,4% e 87,2% de exatidão alta a moderada pelas variáveis de soma de luz e área iluminada, respectivamente. Ambas as variáveis de Luzes Noturnas apresentaram erros extremos para os municípios de Jambeiro (Jam) e Paraibuna (Par), mas também exibiram erros altos a extremos para Jacareí (Jac) e Igaratá (Iga) na estimativa pela variável soma de luz. Ambos os municípios estão localizados no limite da RMVPLN, fazendo fronteira com a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) que pode “contaminar” os dados de luz por extrapolar os limites municipais. Além disso, ambos são impactados pela conurbação com a área urbanizada e iluminada do município de São José dos Campos (SJC), especialmente o município de Jacareí.

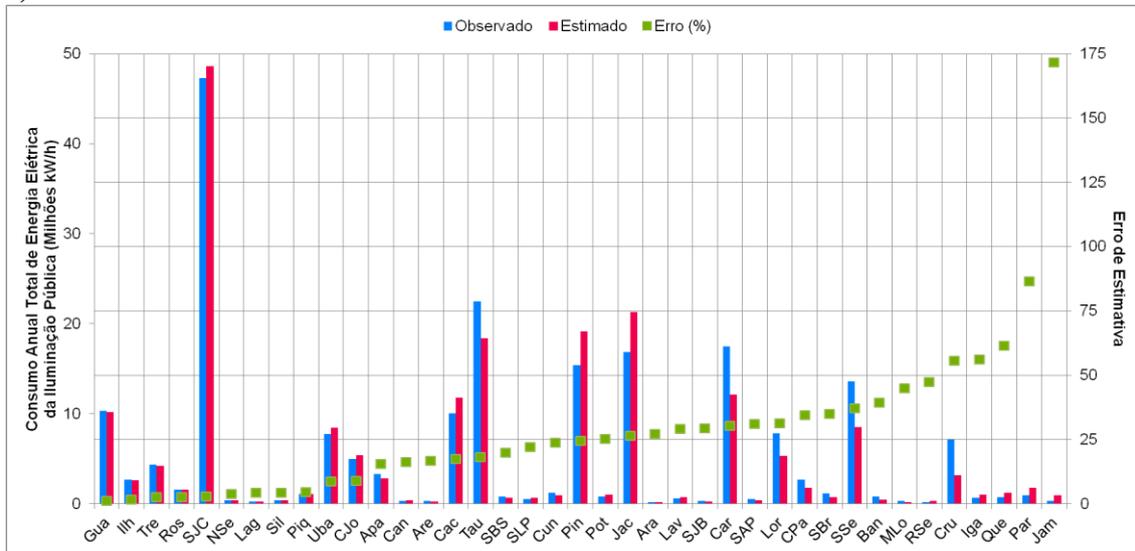
A maioria dos erros foi de superestimação, indicando que os dados de Luzes Noturnas revelam mais informações do que apenas infraestrutura de bens e serviços de uso coletivo. Avaliar a estimativa do Consumo Anual Total de Energia Elétrica Iluminação Pública, assim como observado na estimativa do Produto Interno Bruto, levanta o questionamento de quanto da intensidade de luz registrada pelo sensor pode representar a infraestrutura de bens e serviços de uso coletivo dentro de uma Região Metropolitana. Os dados de Luzes noturnas podem não ser um *proxy* perfeito para as determinadas atividades em uma escala urbana, contudo continuam sendo a melhor alternativa, considerando sua disponibilidade temporal e alta resolução espacial (CHOWDHURY et al., 2018).

Figura 5.20 - Consumo Anual Total de Energia Elétrica de Iluminação Pública observado e estimado pelas variáveis de Luzes Noturnas do sensor VIIRS no ano de 2012: a) Soma de Luz (SL); b) Área Iluminada com limiar (All)

a) SL



b) All



Fonte: Produzida pela autora.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo propôs identificar os potenciais e as possíveis limitações dos dados de Luzes Noturnas dos sistemas sensores DMSP/OLS e SNPP/VIIRS enquanto ferramentas para produção de informação para auxiliar o Planejamento Territorial Regional em escala metropolitana. Para isso, foram avaliadas como as variáveis intensidade de luz, intensidade média de luz e área iluminada, se relacionavam com 72 variáveis que descreviam características demográficas, socioeconômicas e de infraestrutura dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) do Estado de São Paulo, Brasil.

Com relação ao processamento das imagens, gerou-se uma série temporal de dados de Luzes Noturnas, de 2000 a 2017, estável e consistente. O processamento dos produtos do sensor OLS, utilizou critérios de referência baseados no contexto regional da área de estudo, aproximando os valores de forma mais coesa, criando uma série histórica coerente de 2000 a 2012. O processamento dos produtos do sensor VIIRS, aplicando o método adaptado de correção interanual, criou uma série contínua de 2012 a 2017, permitindo análises temporais comparativas.

Os resultados apontaram algumas limitações dos dados de Luzes Noturnas na produção indireta de informações para as dimensões sociais, econômicas e demográficas, mesmo considerando, como unidade espacial de agregação, o município. As variáveis de Luzes Noturnas derivadas do produto gerado para o sistema sensor DMSP/OLS foram influenciadas por características inerentes ao sensor, como a resolução espacial e os efeitos de saturação de *pixels*. Com isso, demonstraram de forma mais evidente os efeitos da conurbação da região, presente principalmente nos municípios localizados no eixo da Rodovia Presidente Dutra. As variáveis de Luzes Noturnas derivadas do produto gerado para o sistema sensor SNPP/VIIRS também apresentaram os efeitos da conurbação, apesar do sensor possuir melhor resolução espacial e menor efeito de saturação dos *pixels*. Além disso, apresentaram efeito *overflow* em alguns municípios da região, prejudicando especialmente a exatidão das estimativas.

O método de limiarização proposto no processamento para reduzir os efeitos de superestimação das variáveis de Luzes Noturnas não apresentou efeito significativo nas variáveis de intensidade de luz de ambos os sensores. O método teve significativa

influência de redução nas variáveis de área iluminada e exclusão de pequenos focos de luz, ocultando áreas de atividades humanas e excluindo realidades de pequenos núcleos populacionais que necessitam de ações de planejamento específicas. Este é um aspecto importante a ser observado, pois estratégias de limiarização podem tornar invisíveis certos territórios metropolitanos, o que deve ser evitado quando se busca um Planejamento Territorial inclusivo e sem seletividade espacial.

Com relação às variáveis indicadoras selecionadas, as referentes às localizações rurais e atividades agropecuárias tiveram baixa correlação com os dados de Luzes Noturnas, segundo os critérios estabelecidos. Isto pode estar relacionado ao uso da escala municipal. Observou-se que o recorte municipal pode ser um limitador na visualização e análise das relações dos dados de Luzes Noturnas com variáveis indicadoras. Apesar de haver diversas fontes que produzem dados sistemáticos na escala de município anualmente, esta escala pode não refletir de forma satisfatória as variações espaciais locais, limitando o estabelecimento de políticas públicas mais específicas.

Diversas variáveis, que descrevem a concentração demográfica em áreas urbanas e atividades econômicas do setor industrial, apresentaram altas relações com os dados de Luzes Noturnas, mas não atenderam aos pressupostos para um modelo de Regressão Linear Simples consistente. Mesmo apresentando um modelo consistente e alta relação com os dados de Luzes Noturnas, a estimativa do Produto Interno Bruto demonstrou alta proporção de municípios na classe inexato, subestimando a variável em diversos municípios. De forma semelhante, o Consumo Anual Total de Energia Elétrica, apresentou forte relação com dados de intensidade de luz, e apesar de o modelo gerado ser consistente segundo os critérios adotados, a estimativa apresentou alta proporção de municípios inexatos. Tais resultados apontam que além da influência do tamanho da unidade de análise na qualidade da estimativa, a luz registrada pelo sensor pode não representar somente as atividades econômicas e a infraestrutura de uma região.

Contudo, considerando as questões norteadoras deste estudo, os resultados apontaram diversos potenciais dos dados de Luzes Noturnas, indicando seu uso como ferramenta auxiliar para elaboração do Planejamento Territorial, podendo caracterizar o espaço da RMVPLN e as especificidades de cada Sub-Região. As variáveis de Luzes Noturnas de ambos os sistemas sensores evidenciaram diferentes agrupamentos e relações entre os

municípios dentro do espaço regional. As variáveis demonstraram a configuração leste-oeste da RMVPLN, diferente da estabelecida pela Lei Complementar nº 1.166/2012 que rege a região. Apesar disso, a análise conjunta da distribuição das variáveis de Luzes Noturnas com os critérios administrativos estabelecidos para as Sub-Regiões tem potencial de indicar as associações espaciais presentes entre os municípios dentro dos critérios de planejamento já instituídos. Com isso, os dados de Luzes Noturnas podem ser utilizados na produção de diferentes perspectivas para estabelecer e estudar ações de planejamento específicas de determinado território.

Os dados de Luzes Noturnas apresentaram potencial em observar, de forma integrada, as tendências gerais das dinâmicas urbanas do território da RMVPLN. O sensor OLS possibilita uma visão mais geral para análise do conjunto de municípios de uma região específica. Considerando a melhor resolução espacial do sensor VIIRS, identificou-se seu potencial para atuar em estudos de pequenas regiões ou na avaliação da relação de um município com a Sub-Região em que está inserido.

Das relações entre os dados de Luzes Noturnas e as variáveis indicadoras analisadas, mais de 60% apresentaram modelos de regressão estatisticamente consistentes, que poderiam ser aplicados para caracterizar, prever e estimar as variáveis indicadoras e descrever diversos processos inseridos nas dimensões demográfica, socioeconômica e de infraestrutura. Mesmo com baixa correlação com as luzes, algumas variáveis de atividade humana e econômica específicas de localização rural apresentaram certo potencial de relação com os dados de Luzes Noturnas, considerando análises mais detalhadas.

As variáveis de intensidade de luz e área iluminada, principalmente, foram consideradas adequadas para a estimativa populacional e de consumo de energia elétrica. Mesmo com a redução do número de pixels, o método de limiarização tornou a variável de área iluminada mais representativas das áreas com maior concentração demográfica, presença de infraestrutura de bens e atividades humanas econômicas. Por ter reduzido os efeitos da conurbação, o método aumentou a exatidão da estimativa das variáveis das dimensões demográfica e de infraestrutura em diversos municípios. Desta forma, o modelo de Regressão Linear Simples foi capaz de caracterizar o espaço regional,

podendo ser aplicado para estimativa de diversas variáveis indicadoras utilizando os dados de Luzes Noturnas.

### **6.1 Sugestões para estudos futuros**

O tratamento diferenciado, observando as particularidades das dinâmicas que envolvem as variáveis indicadoras no espaço analisado, pode demonstrar de forma mais contundente sua relação com as Luzes Noturnas. A aplicação de outras metodologias para processamento dos dados de Luzes Noturnas, como diferentes métodos de limiarização ou processos de intercalibração, poderiam evidenciar as relações dos dados de Luzes Noturnas com as variáveis indicadoras, especialmente as que se referem a localidades e atividades rurais.

A Regressão Linear Simples é comumente aplicada para relacionar os dados de Luzes Noturnas a variáveis demográficas e socioeconômicas. Contudo, neste estudo, diversas variáveis indicadoras apresentaram altas relações com os dados de Luzes Noturnas, mas não atenderam aos pressupostos da Regressão Linear na RMVPLN. A aplicação de outros modelos de regressão, como Polinomial Quadrático, Função Exponencial e de Potência, podem apresentar melhores relações entre as variáveis de Luzes Noturnas e as variáveis indicadoras. Considerando a presença de dependência espacial de algumas variáveis demonstradas nesse estudo, deve-se também avaliar o uso de modelos que considerem a componente espacial, como a Regressão Geograficamente Ponderada.

As estimativas realizadas neste trabalho consideraram, além do contexto socioeconômico da área de estudo, variáveis comumente utilizadas na literatura para caracterizar e prever informações a partir dos dados de Luzes Noturnas. Estudos futuros que visem aprofundar o uso destes dados na RMVPLN devem considerar realizar estimativas de outras variáveis e em outros momentos do tempo. Considerando a continuidade de produção de dados advindo do sensor VIIRS, o lançamento do sensor chinês LuoJia 1-01 de altíssima resolução espacial, e a iminência da divulgação do Censo Demográfico 2020, estudos em escalas mais finas podem fornecer informações mais contundentes para apoiar o Planejamento Territorial e, assim, auxiliar a enfrentar o desafio do planejamento na nova escala metropolitana.

Além de possíveis refinamentos para a metodologia proposta, especialmente considerando aplicações em escalas mais finas, as informações produzidas neste estudo podem e devem ser analisadas com maior detalhamento em trabalhos futuros e em possíveis parcerias com instituições e agências responsáveis pelo planejamento da RMVPLN.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, S. A.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; QUINTANILHA, J. A.; ELVIDGE, C. D. Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data. **Environmental and Urban Systems**, v. 29, p.179–195, 2005.

AMARAL, S. A.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; QUINTANILHA, J. A.; DMSP/OLS Night-time light imagery for urban population estimates in the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, p. 855–870. 2006.

AMARAL, S.; DAL'ASTA, A. P.; RIBEIRO, R. M. Potencial de mosaicos mensais DNB-VIIRS para detecção de atividades humanas e áreas urbanizadas na Amazônia Brasileira - um estudo no Sudoeste do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017 Santos, SP. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2017.

AMARAL, S.; DORIA, V. E. M.; DAL'ASTA, A. P.; MONTEIRO, A. M. V. Luzes noturnas do sensor VIIRS para a identificação de atividades humanas na Amazônia Brasileira: observações de uma região na Transamazônica (PA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa, PB. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015.

ANSELIN, L. **Global Spatial Autocorrelation (1): Moran Scatter plot and spatial correlogram**. 2018. Disponível em: [https://geodacenter.github.io/workbook/5a\\_global\\_auto/lab5a.html#interpretation](https://geodacenter.github.io/workbook/5a_global_auto/lab5a.html#interpretation). Acesso em: 27 maio 2019.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ANSELIN, L. The Moran scatterplot as ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: FISHER, M.; SCHOLTEN, H. J.; UNWIN, D. (Ed.). **Spatial analytical perspectives on GIS**. London: Taylor and Francis, 1996, p. 111-125.

ARRUDA, F. G.. Região Metropolitana do Vale do Paraíba do Sul paulista e Litoral Norte: melhorias ou continuação de uma mesma política pública? **Revista Geonorte**, v.7, n. 1, p. 1277-1289, 2013.

AZEVEDO, M.C.X.; FERREIRA, M.E.; ROCHA, G.F.; SOBREIRA, P.H.A. Avaliação da taxa de urbanização do Bioma Cerrado através dos produtos DMSP-OLS: uma análise preliminar para os anos de 1992 a 2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p.6757-6762.

BAGAN, H.; YAGAMATA, Y. Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data. **GIScience & Remote Sensing**, v. 52, n. 6, p. 765-780, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15481603.2015.1072400>. Acesso em: 17 jun. 2019.

BAPTISTA, G. M. M.; NASCIMENTO, M. E. M. Geração de cenários de crescimento da mancha urbana da Área Metropolitana de Brasília por meio da série histórica DMSP-OLS de dados de Luz Noturna. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 5, p. 911-919, 2016.

BARROS, L.F.W. **Potencialidades e desafios na utilização de registros administrativos e de imagens noturnas de satélite para a realização de estimativas populacionais municipais intercensitárias no Brasil**. 2017. 294 p. Tese (Doutorado em População, Território e Estatísticas Públicas) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, 2017.

BENNETT, M.M.; SMITH, L.C. Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics. **Remote Sensing of Environment**, n. 192, p. 176–197, 2017.

BRAGION, G. R.; MONTEIRO, A.M.V.; AMARAL, S. Exploring VIIRS-NPP Night-Time Light data in the Amazon Rain Forest. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19, 2019, Santos, SP. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/legislacaoConstituicao/anexo/CF.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

BRASIL. **Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015**: institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13089.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13089.htm). Acesso em: 08 mar. 2018.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A Simple test for heteroscedasticity and Random coefficient variation. **Econometrica**, v. 47, n. 5, p. 1298-1294, 1979.

CANTADOR, D. C. **Diagnóstico da gestão dos recursos hídricos no município de Americana (SP), utilizando geotecnologias**. 2015. 164 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2015.

CAO, C. et al. Early on-orbit performance of the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) onboard the Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP) satellite. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 52, n. 2, p. 1142-1156, 2014.

CHAND, T. R. K.; BADARINATH, K. V. S.; ELVIDGE, C. D.; TUTTLE, B. T. Spatial characterization of electrical power consumption patterns over India using temporal DMSP-OLS night-time satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, n. 3, p. 647-661, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431160802345685>. Acesso em: 28 jun. 2019.

CHEN, X.; NORDHAUS, W. D. Using luminosity data as a proxy for economic statistics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 21, p. 8589–8594, 2011.

CHOWDHURY, P. K. R.; WEAVER, J. E.; WEBER, E. M.; LUNGA, D.; LEDOUX, T. M.; ROSA, A. N.; BHADURI, B. L. Electricity consumption patterns within cities: application of a data-driven settlement characterization method. **International Journal of Digital Earth**, v. 11, p. 1-17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17538947.2018.1556355>. Acesso em: 17 jun 2019.

COMITÊ EXECUTIVO DE ESTUDOS INTEGRADOS DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBA DO SUL – CEEIVAP. **Diretrizes de ordenamento do uso do solo**: macrozoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. São Paulo: CEEIVAP, 1979. Projeto Gerencial 0003/79.

CONCESSIONÁRIA TAMOIOS. **Tamoios**. Disponível em: <http://www.concessionariatamoios.com.br/>. Acesso em: 02 fev. 2018.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. Rio de Janeiro: Ática, 1989.

CROFT, T. Nighttime images of the Earth from space. **Scientific American**, v. 239, p. 86 -101, 1978. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/nighttime-images-of-theearth-from/>. Acesso em: 17 jun. 2019.

DÉAK, C.; SCHIFFER, S. R. (Org.). **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: Edusp, 1999. 346p.

DEVIDE, A.C.P. CASTRO, C.N.; RIBEIRO, R.L.D.; ABBOUD, A.C.S.; PEREIRA, M.G.; RUMJANEK, N.G. História ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. **Revista Biociências**, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014.

DOLL, C. N. H.; MULLER, J. P.; MORLEY, J. G. Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery. **Ecological Economics**, v. 57, p. 75-92, 2006.

DOLL, C. N. H.; PACHAURI, S. Estimating rural population without access to electricity in developing countries through night-time light satellite imagery. **Energy Policy**, v. 38, p. 5661-5670, 2010.

DOLL, C.N.H., MULLER, J-P. A comparison of different techniques applied to the UK to map socio-economic parameters: implications for modelling the human dimensions of global change. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.33, n.B4, p. 222-229, 2000.

DORIA, V. E. M; AMARAL, S.; MONTEIRO, A.M.V. Estimativa e distribuição espacial de população urbana com imagens de satélites de luzes noturnas: um estudo para a Região Metropolitana de São Paulo, Brasil, com o sensor Visible/ Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). **Geografia**, v. 41, n. 3, p. 527-547, 2016.

ELVIDGE, C. D.; BAUGH, K.; ZHINZHIN, M.; HSU, F. C. Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. **Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network**, v. 35, p. 62-69, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7125/APAN.35.7>. Acesso em: 17 jun. 2019.

ELVIDGE, C. D.; LIMHOFF, M.; BAUGH, K.E.; HOBSON, V.R.; NELSON, I.; SAFRAN, J.; DIETZ, J.B.; TUTTLE, B.T. Night-time lights of the world: 1994- 1995. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 56, n. 2, p. 81-99, 2001.

ELVIDGE, C. D.; ZISKIN, D.; BAUGH, K.E.; TUTTLE, B.T.; GHOSH, T. PACK, D.W; ERWIN, E.H.; ZHIZHIN, M. A fifteen-year record of global natural gas flaring derived from satellite data. **Energies**, v. 2, p. 595-622, 2009.

ELVIDGE, C.D.; BAUGH, K.E.; KLHN, E.A.; KROEHL, H.W.; DAVIS, E.R. Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 63, n. 6, p. 727-734, 1997.

ELVIDGE, C.D.; BAUGH, K.E.; ZHIZHIN, M.; HSU, F.C. Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. **Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network**, v. 35, p. 62-69, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7125/APAN.35.7>. Acesso em: 23 maio 2017.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A - EMPLASA. **Macrometrópole paulista**. Disponível em: <https://www.emplasa.sp.gov.br/MMP>. Acesso em: 25 jun. 2019.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A -  
EMPLASA. **Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**. São Paulo:  
Imprensa Oficial do Governo do Estado de São Paulo, 2012. Disponível em:  
<[http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/conselhos/ValeParaiba/textos/livro\\_vale.pdf](http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/conselhos/ValeParaiba/textos/livro_vale.pdf)>.  
Acesso em: 12 fev. 2018.

FAN, J.; MA, T.; ZHOU, C.; ZHOU, Y.; XU, T. Comparative estimation of urban  
development in China's cities using socioeconomic and DMSP/OLS night light data.  
**Remote Sensing**, v. 6, n. 8, p. 7840-7856, 2014.

FAVRETO, A. O planejamento do desenvolvimento rural nos municípios. In:  
INSTITUTO DE PESQUISA, ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO (Org.).  
**Desenvolvimento rural: desafios do planejamento econômico e ambiental**. São Carlos,  
SP: Cubo, 2014. 87 p. ISBN 978-85-60064-49-6.

FORBES, D. J. Multi-scale analysis of the relationship between economic statistics and  
DMSP-OLS night light images. **GIScience & Remote Sensing**, v. 50, n. 5, p. 483–499,  
2013.

GHOSH, T.; ANDERSON, S.; POWELL, R. L.; SUTTON, P. C.; ELVIDGE, C.  
Estimation of Mexico's informal economy and remittances using nighttime imagery.  
**Remote Sensing**, v. 1, p. 418-444, 2009.

GIBBONS, J. D.; PRATT, J. W. P-values: interpretation and methodology. **The  
American Statistician**, v. 29, n. 1, p. 20-25, 1975.

GOMES, C. Questões do desenvolvimento regional no estudo do Vale do Paraíba (SP).  
In: SEMANA DE PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 16., 20-24 set. 2010,  
Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ-IPPUR, 2010.

GOMES, C.; RESCHILIAN, P.R.; UEHARA, A.Y. Perspectivas do planejamento  
regional do Vale do Paraíba e litoral norte: marcos históricos e a institucionalização da  
região metropolitana no Plano de Ação da Macrometrópole Paulista. **Revista Brasileira  
de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, p. 154-171, 2018.

HENDERSON, J. V.; STOREYGARD, A.; WEIL, D.N. Measuring economic growth from outer space. **American Economic Review**, v. 102, n. 2, p. 994-1028, 2012.

HENRIQUE, M. A.; SOUZA, A. A. M.; RESCHILIAN, P. R. Notas sobre as políticas territoriais no Brasil e a institucionalização da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN). **ACTA Geográfica**, v.11, n.26, p.118-131, 2017.

HUILEI, L.; JIAN, P.; YANXU, L.; YI'NA, H.. Urbanization impact on landscape patterns in Beijing City, China: a spatial heterogeneity perspective. **Ecological Indicators**, v. 82, p. 50–60, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipp/brasil>. Acesso em: 25 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 09 fev. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA ESPACIAL. Projeto MAVALE: técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao macrozoneamento do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, 2., 1991, Serra Negra-SP. **Anais...** 1991.

JANUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fontes de dados e aplicações. 6.ed. Campinas, SP: Alínea, 2017. 192p. ISBN 978-85-7516-807-3.

JING, X.; SHAO, X.; CAO, C.; FU, X.; YAN, L. Comparison between the Suomi-NPP day-night band and DMSP-OLS for correlating socio-economic variables at the Provincial Level in China. **Remote Sensing**, v. 8, n. 1, p. 17-41, 2016.

KEOLA, S.; ANDERSSON, M.; HALL, O. Monitoring economic development from space: using nighttime light and land cover data to measure economic growth. **World Development**, v. 66, p. 322-334, 2015.

KURKDJIAN, M. L. N. O.; VALÉRIO FILHO, M.; VENEZIANI, P.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; ANJOS, C. E.; OHARA, T.; DONIZETTI, P. L.; ABDON, M.; SAUSEN, T. M. Projeto MAVALE: técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao macrozoneamento do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO RENITI APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, 2., 1991, Serra Negra. **Anais...** 1991. p. 117-125.

KUTNER, M. H. **Applied linear statistical models**. 5.ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2005. 1396 p. ISBN 978-0-07-310874-22.

LETU, H.; HARA, M.; YAGI, H.; NAOKI, K.; TANA, G.; NISHIO, F.; SHUHEI, O. Estimating energy consumption from night-time DMSPL/OLS imagery after correcting for saturation effects. **International Journal of Remote Sensing**, v. 31, n. 16, p. 4443-4458, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01431160903277464>. Acesso em: 17 jun. 2019.

LI, X.; ELVIDGE, C.; ZHOU, Y.; CAO, C.; WARNER, T. Remote sensing of night-time light. **International Journal of Remote Sensing**, v. 31, n. 21, p. 5855-5859, 2017a.

LI, X.; LI, D.; XU, H.; WU, C. Intercalibration between DMSP/OLS and VIIRS night-time light images to evaluate city light dynamics of Syria's major human settlement during Syrian Civil War. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, p. 5934-5951, 2017b.

LI, X.; LIU, S.; JENDRYKE, M.; LI, D.; WU, C. Night-time light dynamics during the Iraqi Civil War. **Remote Sensing**, v. 10, p. 858-867, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/6/858>. Acesso em: 17 jun. 2019.

LI, X.; XU, H.; CHEN, X.; LI, C. Potential of NPP-VIIRS nighttime light imagery for modeling the regional economy of China. **Remote Sensing**, v. 5, p. 3057-3081, 2013.

LIU, Z.; HE, C.; ZHANG, Q.; HUANG, Q.; YANG, Y. Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008. **Landscape and Urban Planning**, v. 106, p. 62-72, 2012.

MA, T.; YIN, Z.; ZHOU, A. Delineating spatial patterns in human settlements using VIIRS nighttime light data: a watershed-based partition approach. **Remote Sensing**, v.10, p. 465-479, 2018.

MA, T.; ZHOU, C.; PEI, T.; HAYBIE, S.; FAN, J. Responses of Suomi-NPP VIIRS-derived nighttime lights to socioeconomic activity in China's cities. **Remote Sensing Letters**, v. 5, n. 2, p. 165-174, 2014.

MA, T.; ZHOU, C.; PEI, T.; HAYNIE, S.; FAN, J. Quantitative estimation of urbanization dynamics using time series of DMSP/OLS nighttime light data: a comparative case study from China's cities. **Remote Sensing of Environment**, v. 124, p. 99-107, 2012.

MA, W.; LI, P. An object similarity-based thresholding method for urban area mapping from Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Day/Night Band (VIIRS DNB) data. **Remote Sensing**, v. 10, n. 2, p. 263-285, 2018.

MARIA, J. M. 2016. 43 p. **Região e regionalização: estudo da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**. 2016. Monografia (Bacharel em Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, 2016.

MELLANDER, C.; LOBO, J.; STOLARICK, K.; MATHESON, Z. Night-time light data: a good proxy measure of economic activity? **PLoS ONE**, v. 10, n.10, 2015.

Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0139779>. Acesso em: 27 maio 2019

MELLO, L. F.; TEIXEIRA, L.; IWAMA, A. Y. População e desenvolvimento na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo: desafios atuais e futuros. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 18., 2012, São Paulo - SP. **Anais...** São Paulo, 2012.

MIN, B.; GABA, K.M.; SARR, O.F.; AGALASSOU, A. Detection of rural electrification in Africa using DMSP-OLS night lights imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 22, p. 8118-8141, 2013.

MORAN, P. A. P. Notes on continuous stochastic phenomena. **Biometrika**, v. 37, n. 1-2, p. 17-23, 1950.

MULLER, N. L. **Fato urbano na bacia do Rio Paraíba, estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, RJ: Divisão Cultural, 1969. 375 p. (Biblioteca Geográfica Brasileira, Série A, 23).

NASCIMENTO, R. P.; RICCI, F.; RODRIGUES, M. S. Desenvolvimento endógeno da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte: uma análise do quociente locacional. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO, 3., 2014, Taubaté – SP. **Anais...** Taubaté, 2014. Disponível em: <[http://www.unitau.br/files/arquivos/category\\_154/MPH0592\\_1427391000.pdf](http://www.unitau.br/files/arquivos/category_154/MPH0592_1427391000.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2018.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Defense Meteorological Satellites Program (DMSP) series**. 2003. Disponível em: <<http://heasarc.nasa.gov/docs/heasarc/missions/dmsp.html>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION'S NATIONAL GEOSCIENCE DATA CENTER (NOAA/NGDC) (a). **Version 4 DMSP-OLS nighttime lights time series**. Disponível em: <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>. Acesso em: 19 fev. 2018.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION'S NATIONAL GEOSCIENCE DATA CENTER (NOAA/NGDC) (b). **Version 1 VIIRS day/night band nighttime lights**. Disponível em: [https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download\\_dnb\\_composites.html](https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html). Acesso em: 19 fev. 2018.

NORDHAUS, W. D.; CHEN, X. A sharper image? estimates of the precision of nighttime lights as a proxy for economic statistics. **Journal of Economic Geography**, v. 15, p. 217–246, 2015.

PATHMASIRI, E. H. G. C.; KIM, M. Influence of intra annual calibration methods in changing the preciseness of the obtainable information from DMSP-OLS NLT images. **International Journal of Research Publications**, v. 4, n. 4, 2018.

PORTO DE SÃO SEBASTIÃO. **Porto de São Sebastião**. Disponível em: portoss.sp.gov.br. Acesso em: 02 fev. 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA OS ASSENTAMENTOS HUMANOS (ONU-HABITAT). **Diretrizes internacionais para planejamento urbano e territorial**. 2015. Disponível em: <https://unhabitat.org/books/diretrizes-internacionais-para-planejamento-urbano-e-territorial/>. Acesso em: 27 maio 2019.

SALVATI, L.; GUANDALINI, A.; CARLUCCI, M.; CHELLI, F.M. An empirical assessment of human development through remote sensing: evidences from Italy. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 167–172 , 2017.

SANTOS, A.C.F.; AMARAL, S.; MONTEIRO, A.M.V. Índice de Desenvolvimento por Luzes Noturnas (IDLN) para caracterização da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 21., 2018, Poços de Caldas - MG. **Anais...** 2018. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/issue/view/42/showToc>. Acesso em: 09 fev. 2018.

SÃO PAULO. **Lei complementar nº 1.258, de 12 de janeiro de 2015**: dispõe sobre a criação da Agência Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte - AGEMVALE, altera dispositivo da Lei Complementar nº 1.166, de 2012, e dá providências correlatas. 2015. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=173957>. Acesso em: 08 mar. 2018.

SÃO PAULO. **Lei complementar nº 1166, de 9 de janeiro de 2012**: cria a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, e dá providências correlatas. 2012. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=165017>. Acesso em: 08 mar. 2018.

SAVORY, D. J.; ANDRADE-PACHECO, R.; GETHING, P. W.; MIDEKISA, A.; BENNETT, A.; STURROCK, H. J. W. Intercalibration and Gaussian process modeling of nighttime lights imagery for measuring urbanization trends in Africa 2000-2013.

**Remote Sensing**, v. 9, p. 713-736, 2017.

SCHIFFER, S. R. O espaço paulista: 1955-1980. **Pós - Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 1, n. 1, p.49-60, 1990.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SHI, K.; YU, B.; HUANG, Y.; HU, Y.; YIN, B.; CHEN, Z.; CHEN, L.; WU, J. Evaluating the ability of NPP-VIIRS nighttime light data to estimate the gross domestic product and the electric power consumption of China at multiple scales: a comparison with DMSP-OLS data. **Remote Sensing**, v. 6, n. 2, p. 1705-1724, 2014.

SOUZA, I. M. **Análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial**. 2004. 108p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), São José dos Campos, 2004.

SOUZA, M. L. **O desafio metropolitano: um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 368 p.

SUTTON, P.; ROBERTS, D.; ELVIDGE, C.; BAUGH, K. Census from Heaven: an estimate of the global human population using night-time satellite imagery.

**International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 16, p. 3061-3076, 2001.

TRIPATHY, B. R.; TIWARI, V.; PANDEY, V.; ELVIDGE, C. D.; RAWAT, J. S.; SHARMA, M. P.; PRAWASI, R.; KUMAR, P. Estimation of urban population dynamic using DMSP-OLS night-time lights time series sensors data. **IEEE Sensors Journal**, v.17, n. 4, p. 1013-1020, 2017.

VICTAL, J.; ASSUMPCÃO, R. V. Fluxo, migração e fixação na Capitania de São Vicente: o vetor de expansão urbana no Vale do Paraíba. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 22, n. 31, p. 143-157, 2015.

VIEIRA, E. T.; SANTOS, M. J. Industrialização e desenvolvimento regional: política do CODIVAP no Vale do Paraíba na década de 1970. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 2, n. 2, p. 161-181, nov. 2012.

WANG, X. et al. Estimation and mapping of sub-national GDP in Uganda using NPP-VIIRS imagery. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, p. 163, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs11020163>. Acesso em: 17 jun. 2019.

WU, R.; YANG, D.; DONG, J.; ZHANG, L.; XIA, F. Regional inequality in China based on NPP-VIIRS night-time light imagery. **Remote Sensing**, v. 10, n. 2, p. 240-258, 2018.

YU, B.; SHI, K.; HU, Y.; HUANG, C.; CHEN, Z.; WU, J. Poverty evaluation using NPP-VIIRS nighttime light composite data at the County Level in China. **IEEE-Journal of Selected Topics in applied Earth Observations and Remote Sensing**, v.8, n. 3, p. 1217-1229, 2015.

ZHANG, Q.; SETO, K. C. Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 2320–2329, 2011.

ZHANG, X.; WU, J.; PENG, J.; CAO, Q. The uncertainty of nighttime light data in estimating carbon dioxide emissions in China: a comparison between DMSP-OLS and NPP-VIIRS. **Remote Sensing**, v. 9, p. 797-817, 2017.

ZHAO, M.; CHENG, W.; ZHOU, C.; LI, M.; WANG, N.; LIU, Q. GDP Spatialization and economic differences in South China based on NPP-VIIRS nighttime light imagery. **Remote Sensing**, v. 9, n. 7, p. 673-693, 2017.

ZHAO, N.; HSU, F.C.; CAO, G.; SAMSON, E.L. Improving accuracy of economic estimations with VIIRS DNB image products. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, p. 5899-5918, 2017.

ZHOU, N.; HUBACEK, K.; ROBERTS, M. Analysis of spatial patterns of urban growth across South Asia using DMSP-OLS nighttime lights data. **Applied Geography**, v. 63, p. 292-303, 2015.

ZHOU, Y. Analyzing the velocity of urban dynamic over Northeastern China using DMSP-OLS night-time lights. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.42, p. 18–22, 2017.

ZHUO, L.; LI, Q.; SHI, P.; CHEN, J.; ZHENG, J.; LI, X. Identification and characteristics analysis of urban land expansion types in China in the 1990 using DMSP/OLS data. **Acta Geographical Sinica**, v. 61, n. 2, p. 169–178, 2006.

## APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS INDICADORAS

### *DIMENSÃO DEMOGRÁFICA*

**Indicador:** População Total (Pop) <sup>1</sup> - habitantes (hab)

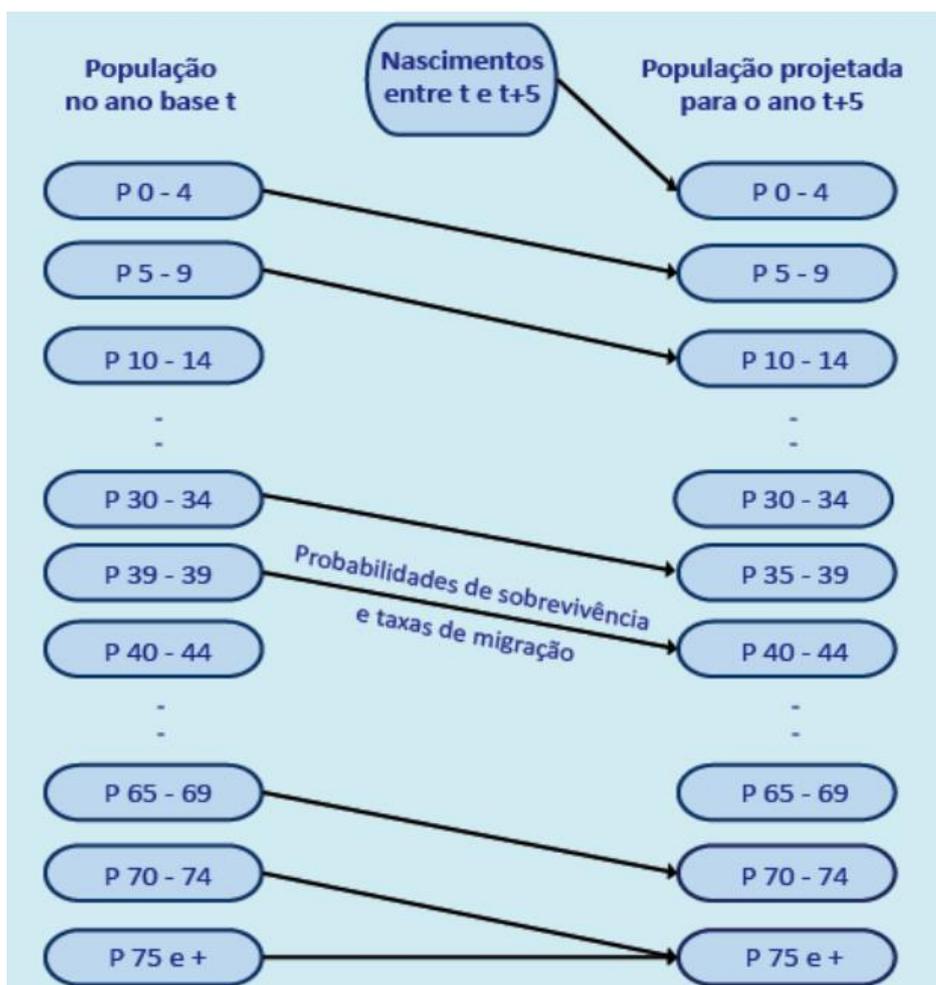
**Indicador:** População Urbana (PopU) <sup>2</sup> - habitantes (hab)

**Indicador:** População Rural (PopR) <sup>3</sup> - habitantes (hab)

**Descrição:** <sup>1</sup>Corresponde ao total da população estimada residente em um município: em <sup>2</sup>Setores Censitários de situação urbana, ou seja: Área urbanizada de cidade ou vila (Código 1); Área não-urbanizada de cidade ou vila (Código 2); Área urbana isolada (Códigos 3); e em <sup>3</sup>Setores Censitários de situação rural, ou seja: Aglomerado rural de extensão urbana (Código 4); Aglomerado rural isolado – povoado (Código 5); Aglomerado rural isolado – núcleo (Código 6); Aglomerado rural isolado - outros aglomerados (Código 7); Zona rural, exclusive aglomerado rural (Código 8) (IBGE, 2010).

**Considerações metodológicas:** O cálculo para estimar a população é dado pelo Método dos Componentes Demográficos, um processo analítico que considera fecundidade, mortalidade e migração no crescimento populacional. O método parte da população de base, definida pelo Censo Demográfico 2010, aplicando para cada coorte, ou seja, por idade e sexo, os correspondentes indicadores de: Fecundidade, utilizando a Taxa de Fecundidade Total; Mortalidade, cujo principal indicador é a Esperança de Vida ao nascer; e Migração, considerando uma estimativa indireta dos saldos migratórios a partir da diferença do crescimento populacional entre os censos e o saldo vegetativo (SEADE, 2018). Deste modo, a projeção da população é calculada seguindo-se o procedimento explicitado na Figura A.1.

Figura A.1 - Método das Componentes Demográficas.



Fonte: SEADE (2018).

**Origem do dado:** A estimativa da população é calculada pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) a partir dos dados do Censo Demográfico 2010 que é produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema Seade de Projeções Populacionais (<http://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>)

## *DIMENSÃO DEMOGRÁFICA*

**Indicador:** Densidade Demográfica (DD) <sup>1</sup> - em habitantes por quilômetro quadrado (hab/km<sup>2</sup>)

**Indicador:** Densidade Demográfica Urbana (DDU) <sup>2</sup> - em habitantes por quilômetro quadrado (hab/km<sup>2</sup>)

**Indicador:** Densidade Demográfica Rural (DDR) <sup>3</sup> - em habitantes por quilômetro quadrado (hab/km<sup>2</sup>)

**Descrição:** <sup>1</sup>Corresponde ao total de habitantes residentes em um município dividido pela área total do município; <sup>2</sup>Setores Censitários de situação urbana; e em <sup>3</sup>Setores Censitários de situação rural.

**Considerações metodológicas:** Os indicadores foram calculados pelas relações:

$$DD = \frac{Pop}{AT} \quad (A.1)$$

Onde DD é a Densidade Demográfica; Pop é o indicador População Total; AT é a área total do município.

$$DDU = \frac{PopU}{AU} \quad (A.2)$$

Onde DDU é a Densidade Demográfica Urbana; PopU é o indicador População Urbana; AU é a área dos Setores Censitários em situação urbana

$$DDR = \frac{PopR}{AR} \quad (A.3)$$

Onde DDR é a Densidade Demográfica Rural; PopR é o indicador População Rural; AR é a área dos setores censitários em situação rural.

**Origem do dado:** Os dados de Densidade Demográfica foram elaborados pela autora a partir dos dados do Sistema Seade de Projeções Populacionais e do Censo Demográfico 2010.

**Fonte:** Sistema Seade de Projeções Populacionais (<http://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>); Censo Demográfico 2010: Setores Censitários ([https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm));

## *DIMENSÃO DEMOGRÁFICA*

**Indicador:** Domicílio Particular Permanente (DPP)

**Descrição:** Domicílio construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas (IBGE, 2010).

**Considerações metodológicas:** O cálculo dos domicílios particulares permanente ocupados é realizado a partir da projeção da população residente, pressupondo que constitui a demanda potencial por domicílio. Utilizando a variável ‘Pessoa Responsável pelo Domicílio’ disponibilizada pelo Censo Demográfico 2010, é aplicado o Método Taxas de Chefia (*headship rate*), que representa as proporções de pessoas, das faixas etárias a partir do grupo de 15 a 19 anos até o grupo aberto de 70 anos e mais, responsáveis por domicílios particulares permanentes. Deste modo, o indicador é resultado da interação entre as taxas de responsáveis por domicílio com a população residente (SEADE,2018).

**Origem do dado:** A estimativa de domicílio é calculada pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) a partir dos dados do Censo Demográfico 2010 produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema Seade de Projeções Populacionais  
(<http://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>)

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Produto Interno Bruto Municipal (PIB) – em Mil Reais

**Descrição:** Demonstra a atividade econômica total em um município através da soma de todos os bens e serviços, considerando o que foi produzido durante o ano.

**Considerações metodológicas:** O PIB pode ser expresso em três óticas: Produção; Despesa; e Renda. O indicador utilizado neste estudo foi avaliado pela ótica da Produção, na qual o PIB é calculado por meio da soma dos valores adicionados de atividades econômicas (Agropecuária, Indústria e Serviços) acrescida dos impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos (IBGE, 2016). Neste sentido, o cálculo é feito de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{PIB = (Prod - Cons) + Imp} \quad (\text{A.4})$$

Onde PIB é o Produto Interno Bruto a preço de mercado; Prod é o valor bruto da produção a preços básicos; Cons é o consumo intermediário a preços de consumidor; Imp são os impostos sobre os produtos, líquidos de subsídios.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes ao PIB foram calculados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da série do Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil (IBGE, 2016).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Produto Interno Bruto Municipal per capita (PIBpc) – em Reais

**Descrição:** Demonstra a atividade econômica total produzida durante o ano por cada habitante em um município.

**Considerações metodológicas:** O PIB per capita é calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e é dado pela relação do PIB com o total da população de cada município:

$$\text{PIBpc} = \frac{\text{PIB}}{\text{Pop}} \quad (\text{A.5})$$

Onde PIBpc é o Produto Interno Bruto per capita; PIB é o Produto Interno Bruto Municipal; Pop é a população total residente no município.

**Origem dos dados:** Todos os dados referentes ao PIB foram calculados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da série do Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil (IBGE, 2016).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Produto Interno Bruto Municipal Agropecuário (PIBag) – em Mil Reais

**Descrição:** Demonstra o valor adicionado bruto pelas atividades econômicas do setor Agropecuário em um município durante o ano. Esta atividade compreende os segmentos de: Agricultura; Pecuária; Produção Florestal; e Pesca e Aquicultura, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0). Os valores adicionados brutos deste setor, para cada município, são obtidos distribuindo-se o valor adicionado bruto estadual de cada atividade do setor, fornecido pelas Contas Regionais, associando os produtos a sua respectiva atividade e obtendo-se uma estrutura repartida do valor adicionado das atividades (IBGE, 2016).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes ao PIB foram calculados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da série do Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil (IBGE, 2016).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Produto Interno Bruto Municipal Industrial (PIBin) – em Mil Reais

**Descrição:** Demonstra o valor adicionado bruto pelas atividades econômicas do setor Industrial em um município durante o ano. Esta atividade compreende os segmentos de: Indústria extrativa mineral; Indústria de Transformação; Produção e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana; e Construção civil, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0). O valor adicionado bruto deste setor é realizado pelo processo de distribuição de cada segmento, os quais são obtidos com base na repartição do valor bruto estadual dos produtos a partir dos valores das saídas de mercadoria por município. O segmento de Produção e Distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana agrega os valores de: Produção e Distribuição de energia, com base na geração e consumo total de energia elétrica; Distribuição de gás natural e de água e esgoto, a partir do volume faturado de gás e água por município; e Gestão de Resíduos e recuperação de matérias, que é proporcional aos valores das atividades de energia elétrica (exceto geração) e água e esgoto.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes ao PIB foram calculados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da série do Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil (IBGE, 2016).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Produto Interno Bruto Municipal Serviços (PIBse) – em Mil Reais

**Descrição:** Demonstra o valor adicionado bruto pelas atividades econômicas do setor Serviços em um município durante o ano. Esta atividade compreende, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0), os segmentos de: Comércio, manutenção e reparação de veículos automotores e motocicletas; Serviços de alojamento e alimentação; Transporte, armazenagem e correio; Serviços de Informação; Intermediação financeira, seguros e previdência complementar; Atividades imobiliárias; Atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares; Artes, cultura, esporte e recreação e outras atividades de serviços; e Serviços domésticos. O valor adicionado bruto deste setor é realizado pelo processo de distribuição de cada segmento pela repartição do valor bruto estadual, das atividades específicas de cada segmento, a partir dos valores das saídas de mercadoria por município, sendo que os serviços de alojamento e alimentação são dados pelo valor de saídas das mercadorias do estado acrescido do valor das saídas das mercadorias para outros estados e para o exterior (IBGE, 2016).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes ao PIB foram calculados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da série do Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil (IBGE, 2016).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Produto Interno Bruto Municipal Administração Pública (PIBap) – em Mil Reais

**Descrição:** Demonstra o valor adicionado bruto pelas atividades econômicas do setor de Administração Pública em um município durante o ano. Esta atividade compreende, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0), o segmento de Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social. O valor adicionado bruto destes serviços é repartido proporcionalmente às esferas municipal, estadual e federal do governo. Com relação à esfera municipal, somam-se as variáveis: salário, pessoal ativo, demais despesas de pessoal, terceirização de mão de obra, outras despesas de pessoal e contribuições sociais efetivas (obrigações patronais).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes ao PIB foram calculados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da série do Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil (IBGE, 2016).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>)

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Renda média (Ren) – em Mil Reais

**Descrição:** É o total dos rendimentos recebidos no município durante o ano, por pessoa física ou jurídica, como remuneração de trabalho ou de prestação de serviços.

**Considerações metodológicas:** Primeiramente, utilizou-se o dado de Renda per capita de 2010, disponibilizado no Censo Demográfico 2010, obtendo-se, então, a Renda média de 2010, utilizada como referência:

$$\text{Ren}(t_0) = \text{Rpc}(t_0) \times \text{Pop}(t_0) \quad (\text{A.6})$$

Onde  $\text{Ren}(t_0)$  é a Renda média no ano base;  $\text{Rpc}(t_0)$  é a Renda per capita no ano base;  $\text{Pop}(t_0)$  é a população total residente no ano base.

Após obter a Renda média de referência, utilizou-se o número-índice do mês de dezembro do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), divulgado pelo IBGE, para ajuste da inflação dos anos desejados (2012). Deste modo, o indicador foi calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{Ren}(t_1) = \frac{\text{Ren}(t_0) \times \text{IPCA}(t_1)}{\text{IPCA}(t_0)} \Big/ 1000 \quad (\text{A.7})$$

Onde  $\text{Ren}(t_1)$  é a Renda média no tempo  $t$  desejado;  $\text{IPCA}(t_1)$  é o número-índice do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo no ano desejado;  $\text{IPCA}(t_0)$  é o número-índice do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo no ano base de referência.

**Origem do dado:** Elaborado pela autora a partir dos dados do Censo Demográfico 2010 e do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

**Fonte:** Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil: Censo Demográfico 2010 (<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>);

Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo: Série histórica do número-índice (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1737>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Renda média per capita (Rpc) – em Reais

**Descrição:** Representa uma média de renda de cada pessoa em determinado município no ano considerado.

**Considerações metodológicas:** Este indicador foi calculado com base no indicador Renda média (Ren) e nos dados de estimativa populacional através da equação:

$$Rpc(t_1) = \frac{Ren(t_1)}{Pop(t_1)} \quad (A.8)$$

Onde  $Rpc(t_1)$  é a Renda média per capita no tempo  $t$  desejado;  $Ren(t_1)$  é a Renda média no ano  $t$  desejado;  $Pop(t_1)$  é a População total residente no ano  $t$  desejado;

**Origem do dado:** Elaborado pela autora.

**Fonte:** Sistema Seade de Projeções Populacionais  
(<http://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Número de matrículas na Educação Básica ao Técnico (ME) <sup>1</sup>

**Indicador:** Número de matrículas na Educação Básica ao Técnico em dependência Urbana (MEU) <sup>2</sup>

**Indicador:** Número de matrículas na Educação Básica ao Técnico em dependência Rural (MER) <sup>3</sup>

**Descrição:** <sup>1</sup>Corresponde á soma do número de matrículas efetuadas em estabelecimentos de ensino: <sup>2</sup>localizados em dependência administrativa urbana; e <sup>3</sup>localizados em dependência administrativa rural. Os indicadores são a consolidação dos dados coletados pelo Censo Escolar junto aos estabelecimentos de ensino de cada município. O dado abrange as instituições de ensino que possuem: Educação Básica; Educação Infantil, que abrange creche e pré-escola; Ensino Fundamental, abrangendo os Anos Iniciais e Anos Finais; Ensino Médio; e Educação Técnica/Profissional, considerando as esferas Federal, Estadual, Municipal e Privada. Ressalta-se que: (1) o mesmo aluno pode ter mais de uma matrícula; (2) o dado não inclui matrículas em turmas de atendimento complementar e especializado; (3) o dado inclui matrículas do Ensino Regular, Especial e/ou Educação de Jovens e Adultos (EJA) em todas as etapas. O dado referente à Educação Técnica/Profissional inclui: Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio e à EJA; Ensino Médios Normal/Magistério; EJA Ensino Fundamental Projovem Urbano; Curso Técnico Concomitante e Subsequente; e Curso de Formação Inicial Continuada (FIC) (INEP, 2012).

**Origem do dado:** Censo Escolar elaborado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

**Fonte:** Sinopse Estatística da Educação Básica (<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Pessoas Ocupadas (Poc)

**Descrição:** Corresponde às pessoas efetivamente ocupadas, incluindo pessoas assalariadas com e sem vínculo empregatício, bem como proprietários e sócios, em unidades especializadas de todos os setores da economia, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0). O indicador é a consolidação dos dados gerados a partir de: pesquisas econômicas por empresas dos setores da indústria, construção, comércio e serviços; do Sistema de Manutenção Cadastral do Cadastro Central de empresas (SIMCAD); e de registros administrativos como a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). O dado abrange entidades empresariais, órgãos de administração pública e instituições privadas sem fins lucrativos (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Pessoas Ocupadas na Educação (Ped)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em unidades de ensino público e privado nos níveis: Educação Infantil; Ensino Fundamental; Ensino Médio; Educação Técnica/Profissional; e Educação Superior. Os níveis da educação também incluem as unidades de Educação Especial, Educação de Jovens e Adultos e Educação à distância. Ressalta-se que quando uma unidade atua em mais de um nível da educação, é classificada ao nível mais elevado correspondente à classe determinada pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0) (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Pessoas Ocupadas em Estabelecimentos de Saúde (Psa)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos especializados em: atividades de atenção à saúde humana, como hospitais, ambulatórios, consultórios, clínicas, centros de assistência psicossocial e unidades móveis de atendimento a urgências e remoções; e de serviços sociais. Inclui agências públicas ou instituições privadas e prestadas nos domicílios (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Pessoas Ocupadas na Indústria de transformação (Pit)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos especializados na transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes para a obtenção de novos produtos. O dado inclui as unidades especializadas em: Fabricação de Produtos Alimentícios, ou seja, transformação de produtos da agricultura, pecuária e pesca em alimento para uso humano e animal; Fabricação de Bebidas, compreendendo bebidas alcoólicas, não alcoólicas, águas envasadas e refrigerantes e refrescos; Fabricação de Celulose, papel e produtos de papel; Metalurgia, que envolve o processamento de materiais ferrosos e não ferrosos; e Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, que envolvem produtos para geração, distribuição e controle de energia elétrica, aparelhos eletrodomésticos e equipamento de iluminação elétrica (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Pessoas Ocupadas na Indústria de Construção (Pic)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos especializados na construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados no processo de construção (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Pessoas Ocupadas em Serviços diversos (Pse)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos de atividades de compra e venda de mercadorias, sem transformação significativa, incluindo quando realizadas sob contrato. O dado inclui os serviços nas áreas de: Comércio e Reparação de veículos automotores e motocicletas; Transporte, Armazenagem e correio; Informação e Comunicação; Atividades financeiras, de seguros e serviços; Atividades imobiliárias; Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas; Atividades administrativas e complementares; Administração Pública, defesa e Seguridade Social; Artes, Cultura, Esporte e Recreação; Serviços Domésticos e outros (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Pessoas Ocupadas em serviços de hotelaria e alimentação (Pha)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos especializados em atividades de alojamento de curta duração e serviços de alimentação para consumo imediato, incluindo preparo e fornecimento de alimentos e bebidas (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

### **Indicador** Pessoas Ocupadas em Agricultura e Aquicultura (Pag)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos especializados em: Produção de Lavouras Temporárias, ou seja, de cultivo de plantas de ciclo vegetativo de curta duração (até um ano); Produção de Lavouras Permanentes, ou seja, de cultivo de plantas de ciclo vegetativo de longa duração; Produção Florestal, ou seja, cultivo de espécies florestais madeireiros e não madeireiros; Pesca e Aquicultura, ou seja, recursos pesqueiros e criação de animais aquáticos em águas marinhas e água doce (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

### **Indicador** Pessoas Ocupadas em criação Pecuária (Ppe)

**Descrição:** Corresponde às pessoas ocupadas em estabelecimentos especializados em criação e produção animal, exceto animais aquáticos (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Pessoas Ocupadas são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Salários e Remunerações (SR) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde às importâncias pagas durante o ano, considerando salários fixos, honorários, comissões, ajuda de custo, 13o salário, abono financeiro das férias, participações nos lucros, entre outras, às pessoas assalariadas com vínculo empregatício, desconsiderando a dedução das parcelas correspondentes às cotas de previdência e assistência social. O indicador é a consolidação dos dados gerados a partir de: pesquisas econômicas por empresas dos setores da indústria, construção, comércio e serviços; do Sistema de Manutenção Cadastral do Cadastro Central de empresas (SIMCAD); e de registros administrativos como a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). O dado abrange entidades empresariais, órgãos de administração pública e instituições privadas sem fins lucrativos (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador** Salários e Remunerações na Educação (SRed) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes às unidades de ensino público e privadas em todos os níveis: Educação Infantil; Ensino Fundamental; Ensino Médio; Educação Técnica/Profissional; e Educação Superior. Os níveis da educação também incluem as unidades de Educação Especial, Educação de Jovens e Adultos e Educação à distância. Ressalta-se que quando uma unidade atua em mais de um nível da educação, é classificada ao nível mais elevado correspondente à classe determinada pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Salários e Remunerações em Estabelecimentos de Saúde (SRsa) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos especializados em: atividades de atenção à saúde humana, como hospitais, ambulatórios, consultórios, clínicas, centros de assistência psicossocial e unidades móveis de atendimento a urgências e remoções; e de serviços sociais. Inclui agências públicas ou instituições privadas e prestadas nos domicílios.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Salários e Remunerações da Indústria de Transformação (SRit) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos especializados na transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes para a obtenção de novos produtos. O dado inclui as unidades especializadas em: Fabricação de Produtos Alimentícios, ou seja, transformação de produtos da agricultura, pecuária e pesca em alimento para uso humano e animal; Fabricação de Bebidas, compreendendo bebidas alcoólicas, não alcoólicas, águas envasadas e refrigerantes e refrescos; Fabricação de Celulose, papel e produtos de papel; Metalurgia, que envolve o processamento de materiais ferrosos e não ferrosos; e Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, que envolvem produtos para geração, distribuição e controle de energia elétrica, aparelhos eletrodomésticos e equipamento de iluminação elétrica (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Salários e Remunerações na Indústria de Construção (SRic) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos especializados na construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados no processo de construção.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Salários e Remunerações de Serviços diversos (SRse) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos de atividades de compra e venda de mercadorias, sem transformação significativa, incluindo quando realizadas sob contrato. O dado inclui os serviços nas áreas de: Comércio e Reparação de veículos automotores e motocicletas; Transporte, Armazenagem e correio; Informação e Comunicação; Atividades financeiras, de seguros e serviços; Atividades imobiliárias; Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas; Atividades administrativas e complementares; Administração Pública, defesa e Seguridade Social; Artes, Cultura, Esporte e Recreação; Serviços Domésticos e outros (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Salários e Remunerações em serviços de hotelaria e alimentação (SRha) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos especializados em atividades de alojamento de curta duração e serviços de alimentação para consumo imediato, incluindo preparo e fornecimento de alimentos e bebidas.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Salários e Remunerações em Agricultura e Aquicultura (SRag) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos especializados em: Produção de Lavouras Temporárias, ou seja, de cultivo de plantas de ciclo vegetativo de curta duração (até um ano); Produção de Lavouras Permanentes, ou seja, de cultivo de plantas de ciclo vegetativo de longa duração; Produção Florestal, ou seja, cultivo de espécies florestais madeireiros e não madeireiros; Pesca e Aquicultura, ou seja, recursos pesqueiros e criação de animais aquáticos em águas marinhas e água doce.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA*

**Indicador:** Salários e Remunerações em criação Pecuária (SRpe) – em Mil Reais

**Descrição:** Corresponde aos salários e remunerações referentes a estabelecimentos especializados em criação e produção animal, exceto animais aquáticos.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Salários e Remunerações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Consumo Anual Total de Energia Elétrica (CAT) <sup>1</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Total de Energia Elétrica Residencial (CATre) <sup>2</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Total de Energia Elétrica Comercial (CATco) <sup>3</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Total de Energia Elétrica Rural (CATru) <sup>4</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Total de Energia Elétrica Industrial (CATin) <sup>5</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Total de Energia Elétrica para Iluminação Pública (CATip) <sup>6</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Descrição:** <sup>1</sup>Consumo total de energia elétrica de um município durante o ano; em <sup>2</sup>residências; em <sup>3</sup>estabelecimentos do setor comercial; <sup>4</sup>na área rural; <sup>5</sup>em estabelecimentos do setor industrial; e <sup>6</sup>direcionados a iluminação pública.

**Origem do dado:** Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo.

**Fonte:** Dados de Energia: Consumo Regiões Administrativas (<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/Eletricidade/index.html>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Unidades Consumidoras de Energia Elétrica (UCE) <sup>1</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Unidades Consumidoras de Energia Elétrica Residencial (UCEre) <sup>2</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Unidades Consumidoras de Energia Elétrica Comercial (UCEco) <sup>3</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Unidades Consumidoras de Energia Elétrica Rural (UCeru) <sup>4</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Unidades Consumidoras de Energia Elétrica Industrial (UCEin) <sup>5</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Unidades Consumidoras de Energia Elétrica para Iluminação Pública (UCEip) <sup>6</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Descrição:** <sup>1</sup>Conjunto composto por instalações, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, quando do fornecimento em tensão primária, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em apenas um ponto de entrega, com medição individualizada, correspondente a um único consumidor e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas (ANEEL, 2014). Unidades Consumidoras do município; <sup>2</sup>de residências; <sup>3</sup>de estabelecimentos do setor comercial; <sup>4</sup>na área rural; <sup>5</sup>de estabelecimentos do setor industrial; e <sup>6</sup>direcionados a iluminação pública.

**Origem do dado:** Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo.

**Fonte:** Dados de Energia: Consumo Regiões Administrativas (<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/Eletricidade/index.html>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Consumo Anual Médio de Energia Elétrica (CAM) <sup>1</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Médio de Energia Elétrica Residencial (CAMre) <sup>2</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Médio de Energia Elétrica Comercial (CAMco) <sup>3</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Médio de Energia Elétrica Rural (CAMru) <sup>4</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Médio de Energia Elétrica Industrial (CAMin) <sup>5</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Indicador:** Consumo Anual Médio de Energia Elétrica para Iluminação Pública (CAMip) <sup>6</sup> - em quilo Watts por hora (kW/h)

**Descrição:** <sup>1</sup>Consumo médio de energia elétrica por unidade consumidora de um município durante o ano; <sup>2</sup>em residências; <sup>3</sup>em estabelecimentos do setor comercial; <sup>4</sup>na área rural; <sup>5</sup>em estabelecimentos do setor industrial; e <sup>6</sup>direcionados a iluminação pública.

**Origem do dado:** Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo.

**Fonte:** Dados de Energia: Consumo Regiões Administrativas (<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/Eletricidade/index.html>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador** Estabelecimentos escolares da Educação Básica ao Técnico (EE) <sup>1</sup>

**Indicador:** Estabelecimentos escolares da Educação Básica ao Técnico em dependência Urbana (EEU) <sup>2</sup>

**Indicador** Estabelecimentos escolares da Educação Básica ao Técnico em dependência Rural (EER) <sup>3</sup>

**Descrição:** <sup>1</sup>Corresponde à soma da quantidade de estabelecimentos de ensino: <sup>2</sup>localizados em dependência administrativa urbana; e <sup>3</sup>localizados em dependência administrativa rural. O indicador é a consolidação dos dados coletados pelo Censo Escolar junto aos estabelecimentos de ensino de cada município. O dado abrange as instituições de ensino que possuem: Educação Básica; Educação Infantil, que abrange creche e pré-escola; Ensino Fundamental, abrangendo os Anos Iniciais e Anos Finais; Ensino Médio; e Educação Técnica/Profissional, considerando as esferas Federal, Estadual, Municipal e Privada. Ressalta-se que: (1) o mesmo estabelecimento pode ter mais de uma etapa de ensino; (2) não inclui estabelecimentos com turmas exclusivas de atendimento complementar ou especializado; (3) inclui estabelecimentos em atividade com pelo menos uma matrícula no Ensino Regular, Especial e/ou Educação de Jovens e Adultos (EJA). O dado referente a Educação Técnica/Profissional inclui: Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio e à EJA; Ensino Médios Normal/Magistério; EJA Ensino Fundamental Projovem Urbano; Curso Técnico Concomitante e Subsequente; e Curso de Formação Inicial Continuada (FIC) (INEP, 2012; INEP, 2015).

**Origem do dado:** Censo Escolar elaborado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

**Fonte:** Sinopse Estatística da Educação Básica (<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Instituições de Ensino Superior (IES)

**Descrição:** Corresponde à quantidade instituições de educação superior que oferecem, exclusivamente, cursos de graduação; as instituições de educação superior que oferecem cursos de graduação combinados com os de pós-graduação; e as instituições de educação superior que oferecem exclusivamente cursos de pós-graduação e extensão, incluindo ensino à distância.

**Origem do dado:** Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Estabelecimentos de saúde (Esa)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de estabelecimentos especializados em: atividades de atenção à saúde humana, como hospitais, ambulatórios, consultórios, clínicas, centros de assistência psicossocial e unidades móveis de atendimento a urgências e remoções; e de serviços sociais. Inclui agências públicas ou instituições privadas e prestadas nos domicílios.

**Origem do dado:** Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Número de Empresas e outras organizações (Emp)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de entidades empresariais com registro no Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) que atua no município com pelo menos uma unidade local e organizações de pessoa jurídica inscrita no CNPJ, compreendendo entidades empresariais, órgãos da administração pública e entidades sem fins lucrativos, de todos os setores da economia, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas Versão 2.0 (CNAE 2.0). O indicador é a consolidação dos dados gerados a partir de: pesquisas econômicas por empresas dos setores da indústria, construção, comércio e serviços; do Sistema de Manutenção Cadastral do Cadastro Central de empresas (SIMCAD); e de registros administrativos como a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). O dado abrange entidades empresariais, órgãos de administração pública e instituições privadas sem fins lucrativos (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Empresas da Indústria de Transformação (Eit)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes para a obtenção de novos produtos. O dado inclui as unidades especializadas em: Fabricação de Produtos Alimentícios, ou seja, transformação de produtos da agricultura, pecuária e pesca em alimento para uso humano e animal; Fabricação de Bebidas, compreendendo bebidas alcoólicas, não alcoólicas, águas envasadas e refrigerantes e refrescos; Fabricação de Celulose, papel e produtos de papel; Metalurgia, que envolve o processamento de materiais ferrosos e não ferrosos; e Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, que envolvem produtos para geração, distribuição e controle de energia elétrica, aparelhos eletrodomésticos e equipamento de iluminação elétrica (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Empresas da Indústria de Construção (Eic)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados no processo de construção.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Empresas de extração de pedra, areia e argila (Eex)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na extração de pedras, gesso, argilas, calcário, dolomita e outros materiais brutos.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Empresas de serviços diversos (Ese)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam em atividades de compra e venda de mercadorias, sem transformação significativa, incluindo quando realizadas sob contrato. O dado inclui os serviços nas áreas de: Comércio e Reparação de veículos automotores e motocicletas; Transporte, Armazenagem e correio; Informação e Comunicação; Atividades financeiras, de seguros e serviços; Atividades imobiliárias; Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas; Atividades administrativas e complementares; Administração Pública, defesa e Seguridade Social; Artes, Cultura, Esporte e Recreação; Serviços Domésticos e outros (IBGE, 2017).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Empresas de serviços de hotelaria e alimentação (Eha)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam em atividades de alojamento de curta duração e serviços de alimentação para consumo imediato, incluindo preparo e fornecimento de alimentos e bebidas.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador:** Empresas de Produção de Lavoura Temporária (Elt)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na Produção de Lavouras Temporárias, ou seja, de cultivo de plantas de ciclo vegetativo de curta duração (até um ano).

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Empresas de Produção de Lavoura Permanentes (Elp)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na Produção de Lavouras Permanentes, ou seja, de cultivo de plantas de ciclo vegetativo de longa duração.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## *DIMENSÃO INFRAESTRUTURA*

**Indicador** Empresas de Produção Florestal (Epf)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na Produção Florestal, ou seja, cultivo de espécies florestais madeireiros e não madeireiros.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador** Empresas de Pesca e Aquicultura (Epa)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na Pesca e Aquicultura, ou seja, recursos pesqueiros e criação de animais aquáticos em águas marinhas e água doce.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

**Indicador:** Empresas de criação Pecuária (Epe)

**Descrição:** Corresponde à quantidade de empresas e organizações que atuam na criação e produção animal, exceto animais aquáticos.

**Origem do dado:** Todos os dados referentes a Empresas e Organizações são disponibilizados pelo Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Fonte:** Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449>).

## APÊNDICE B – MATRIZ DE CORRELAÇÃO

Tabela B.1 – Matriz de Correlação das variáveis indicadoras da Dimensão Demográfica.

	<b>Pop</b>	<b>PopR</b>	<b>PopU</b>	<b>DD</b>	<b>DDU</b>	<b>DDR</b>	<b>DPP</b>
<b>OLS_SL</b>	0.94	0.44	0.91	0.77	0.19	0.25	0.94
<b>OLS_ML</b>	0.86	0.22	0.89	0.94	0.33	0.39	0.84
<b>OLS_AI</b>	0.81	0.48	0.76	0.53	0.07	0.12	0.82
<b>OLS_SLI</b>	0.94	0.43	0.94	0.85	0.28	0.38	0.93
<b>OLS_MLI</b>	0.91	0.31	0.93	0.90	0.31	0.35	0.90
<b>OLS_AII</b>	0.91	0.45	0.90	0.81	0.26	0.38	0.91
<b>VIIRS_SL</b>	0.98	0.40	0.97	0.84	0.28	0.29	0.98
<b>VIIRS_ML</b>	0.91	0.25	0.94	0.90	0.39	0.30	0.90
<b>VIIRS_AI</b>	0.90	0.47	0.86	0.67	0.13	0.23	0.91
<b>VIIRS_SLI</b>	0.98	0.40	0.98	0.85	0.31	0.29	0.98
<b>VIIRS_MLI</b>	0.91	0.41	0.91	0.77	0.37	0.25	0.91
<b>VIIRS_AII</b>	0.97	0.38	0.96	0.85	0.28	0.30	0.96

Tabela B.2 - Matriz de Correlação das variáveis indicadoras da Dimensão Socioeconômica.

	<b>PIB</b>	<b>PIBpc</b>	<b>PIBag</b>	<b>PIBin</b>	<b>PIBse</b>	<b>PIBap</b>	<b>Ren</b>	<b>Rpc</b>	<b>ME</b>	<b>MEU</b>	<b>MER</b>	<b>Poc</b>	<b>Ped</b>	<b>Psa</b>	<b>Pag</b>
<b>OLS_SL</b>	0.94	0.74	0.46	0.92	0.94	0.94	0.94	0.87	0.86	0.85	0.21	0.94	0.80	0.79	0.46
<b>OLS_ML</b>	0.84	0.61	0.13	0.80	0.86	0.85	0.85	0.73	0.83	0.84	0.07	0.83	0.75	0.68	0.16
<b>OLS_AI</b>	0.82	0.67	0.57	0.81	0.81	0.81	0.82	0.78	0.71	0.70	0.24	0.82	0.68	0.71	0.54
<b>OLS_SLI</b>	0.94	0.73	0.40	0.92	0.95	0.93	0.94	0.84	0.84	0.84	0.12	0.92	0.79	0.81	0.35
<b>OLS_MLI</b>	0.88	0.61	0.26	0.84	0.91	0.89	0.91	0.80	0.89	0.89	0.20	0.88	0.78	0.78	0.25
<b>OLS_AII</b>	0.93	0.74	0.43	0.91	0.92	0.91	0.92	0.82	0.79	0.79	0.09	0.90	0.77	0.79	0.37
<b>VIIRS_SL</b>	0.98	0.75	0.42	0.93	0.98	0.98	0.98	0.87	0.92	0.92	0.18	0.97	0.87	0.81	0.37
<b>VIIRS_ML</b>	0.91	0.68	0.22	0.86	0.91	0.92	0.91	0.78	0.92	0.92	0.16	0.90	0.83	0.70	0.16
<b>VIIRS_AI</b>	0.90	0.70	0.53	0.86	0.90	0.90	0.91	0.83	0.79	0.78	0.17	0.90	0.78	0.80	0.51
<b>VIIRS_SLI</b>	0.97	0.73	0.40	0.92	0.98	0.98	0.98	0.87	0.92	0.92	0.17	0.96	0.87	0.81	0.34
<b>VIIRS_MLI</b>	0.86	0.56	0.45	0.78	0.88	0.90	0.91	0.82	0.90	0.89	0.26	0.88	0.79	0.78	0.33
<b>VIIRS_AII</b>	0.97	0.76	0.38	0.93	0.97	0.97	0.97	0.85	0.90	0.89	0.14	0.96	0.86	0.79	0.33
	<b>Ppe</b>	<b>Pit</b>	<b>Pic</b>	<b>Pse</b>	<b>Pha</b>	<b>SR</b>	<b>SRed</b>	<b>SRsa</b>	<b>SRag</b>	<b>SRpe</b>	<b>SRit</b>	<b>SRic</b>	<b>SRse</b>	<b>SRha</b>	
<b>OLS_SL</b>	-0.10	0.73	0.70	0.93	0.46	0.93	0.80	0.79	0.44	0.08	0.75	0.69	0.92	0.50	
<b>OLS_ML</b>	-0.31	0.50	0.56	0.82	0.55	0.84	0.75	0.68	0.18	-0.24	0.56	0.56	0.82	0.58	
<b>OLS_AI</b>	0.04	0.72	0.65	0.82	0.33	0.81	0.68	0.70	0.50	0.25	0.72	0.64	0.81	0.36	
<b>OLS_SLI</b>	-0.21	0.65	0.66	0.90	0.54	0.92	0.79	0.81	0.34	-0.07	0.70	0.65	0.90	0.59	
<b>OLS_MLI</b>	-0.23	0.62	0.65	0.87	0.57	0.87	0.78	0.78	0.26	-0.10	0.66	0.64	0.87	0.60	
<b>OLS_AII</b>	-0.20	0.64	0.64	0.88	0.51	0.91	0.77	0.78	0.35	-0.05	0.68	0.63	0.88	0.56	
<b>VIIRS_SL</b>	-0.16	0.70	0.64	0.95	0.53	0.96	0.86	0.81	0.36	0.01	0.73	0.63	0.95	0.56	
<b>VIIRS_ML</b>	-0.25	0.56	0.57	0.88	0.58	0.90	0.83	0.70	0.17	-0.16	0.61	0.57	0.87	0.61	
<b>VIIRS_AI</b>	-0.05	0.73	0.61	0.89	0.41	0.88	0.78	0.80	0.48	0.16	0.74	0.60	0.89	0.44	
<b>VIIRS_SLI</b>	-0.17	0.69	0.62	0.95	0.55	0.96	0.87	0.81	0.33	-0.02	0.72	0.62	0.95	0.58	
<b>VIIRS_MLI</b>	-0.08	0.67	0.54	0.88	0.48	0.86	0.79	0.78	0.33	0.08	0.70	0.53	0.87	0.51	
<b>VIIRS_AII</b>	-0.19	0.68	0.63	0.94	0.55	0.96	0.86	0.79	0.32	-0.04	0.71	0.62	0.94	0.58	

Tabela B.3 - Matriz de Correlação das variáveis indicadoras da Dimensão de Infraestrutura.

	<b>CAT</b>	<b>CATre</b>	<b>CATco</b>	<b>CATru</b>	<b>CATin</b>	<b>CATip</b>	<b>UCE</b>	<b>UCEre</b>	<b>UCEco</b>	<b>UCeru</b>	<b>UCEin</b>	<b>UCEip</b>	<b>CAM</b>	<b>CAMre</b>	<b>CAMco</b>
<b>OLS_SL</b>	0.95	0.94	0.87	0.45	0.85	0.94	0.80	0.77	0.90	0.07	0.90	0.86	0.77	0.68	0.63
<b>OLS_ML</b>	0.86	0.87	0.81	0.14	0.83	0.87	0.69	0.68	0.82	-0.19	0.80	0.82	0.74	0.78	0.65
<b>OLS_AI</b>	0.82	0.80	0.74	0.55	0.71	0.80	0.71	0.68	0.78	0.20	0.79	0.72	0.65	0.50	0.50
<b>OLS_SLI</b>	0.94	0.93	0.89	0.37	0.87	0.94	0.77	0.75	0.90	-0.02	0.89	0.85	0.79	0.75	0.65
<b>OLS_MLI</b>	0.90	0.91	0.87	0.31	0.85	0.91	0.78	0.72	0.88	-0.03	0.86	0.85	0.74	0.75	0.65
<b>OLS_AII</b>	0.92	0.91	0.87	0.38	0.85	0.92	0.74	0.73	0.87	-0.02	0.87	0.82	0.78	0.72	0.63
<b>VIIRS_SL</b>	0.98	0.97	0.90	0.38	0.88	0.98	0.85	0.81	0.95	0.02	0.92	0.91	0.77	0.71	0.63
<b>VIIRS_ML</b>	0.91	0.91	0.85	0.19	0.86	0.92	0.77	0.76	0.88	-0.14	0.80	0.88	0.76	0.74	0.64
<b>VIIRS_AI</b>	0.90	0.89	0.83	0.50	0.77	0.89	0.80	0.73	0.89	0.16	0.89	0.80	0.68	0.59	0.53
<b>VIIRS_SLI</b>	0.98	0.97	0.91	0.36	0.87	0.98	0.85	0.81	0.95	0.01	0.91	0.91	0.77	0.71	0.62
<b>VIIRS_MLI</b>	0.88	0.89	0.84	0.42	0.77	0.89	0.82	0.79	0.90	0.18	0.84	0.86	0.60	0.54	0.48
<b>VIIRS_AII</b>	0.97	0.96	0.90	0.33	0.87	0.97	0.83	0.79	0.94	-0.04	0.90	0.89	0.79	0.74	0.64
	<b>CAMru</b>	<b>CAMin</b>	<b>CAMip</b>	<b>EE</b>	<b>EEU</b>	<b>EER</b>	<b>IES</b>	<b>ES</b>	<b>Elt</b>	<b>Elp</b>	<b>Epe</b>	<b>Epf</b>	<b>Epa</b>	<b>Eex</b>	<b>Eit</b>
<b>OLS_SL</b>	0.45	0.61	0.68	0.91	0.90	0.18	0.70	0.69	0.16	0.13	-0.17	0.28	0.39	0.55	0.60
<b>OLS_ML</b>	0.41	0.66	0.58	0.78	0.85	-0.01	0.58	0.64	-0.11	-0.11	-0.26	-0.01	0.17	0.49	0.46
<b>OLS_AI</b>	0.39	0.47	0.61	0.80	0.76	0.25	0.63	0.58	0.29	0.25	-0.09	0.39	0.44	0.48	0.56
<b>OLS_SLI</b>	0.47	0.66	0.70	0.87	0.90	0.08	0.66	0.68	0.01	-0.01	-0.22	0.16	0.29	0.56	0.54
<b>OLS_MLI</b>	0.39	0.66	0.61	0.86	0.89	0.13	0.61	0.68	-0.07	-0.06	-0.15	0.14	0.23	0.51	0.57
<b>OLS_AII</b>	0.48	0.63	0.71	0.85	0.87	0.06	0.65	0.66	0.04	0.00	-0.24	0.16	0.30	0.56	0.51
<b>VIIRS_SL</b>	0.44	0.63	0.67	0.94	0.95	0.14	0.72	0.70	0.09	0.08	-0.19	0.19	0.34	0.55	0.56
<b>VIIRS_ML</b>	0.44	0.70	0.56	0.85	0.92	0.09	0.67	0.68	-0.11	-0.12	-0.13	0.04	0.22	0.48	0.48
<b>VIIRS_AI</b>	0.37	0.48	0.68	0.88	0.85	0.16	0.67	0.62	0.26	0.25	-0.22	0.30	0.40	0.53	0.55
<b>VIIRS_SLI</b>	0.42	0.64	0.68	0.94	0.96	0.13	0.72	0.71	0.06	0.05	-0.18	0.17	0.31	0.55	0.55
<b>VIIRS_MLI</b>	0.25	0.55	0.52	0.88	0.88	0.22	0.65	0.72	0.10	0.09	-0.01	0.25	0.21	0.46	0.51
<b>VIIRS_AII</b>	0.46	0.64	0.70	0.92	0.95	0.10	0.71	0.69	0.05	0.03	-0.23	0.13	0.33	0.56	0.55

**APÊNDICE C – ANÁLISE DE RESÍDUOS DA REGRESSÃO LINEAR  
SIMPLES**

Tabela C.1 – Análise de Resíduos da Regressão Linear Simples entre as variáveis de Luzes Noturnas e as variáveis indicadoras.

	<b>Variável de Luzes Noturnas</b>	<b>Variável indicadora</b>	<b>Modelo de Regressão</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Shapiro-Wilk (Valor-P)</b>	<b>Breusch-Pagan (Valor-P)</b>	<b>Moran Global (Valor-P)</b>
<b>DIMENSÃO DEMOGRÁFICA</b>	OLS_SL	Pop	Linear	0.88	0.383	0.118	0.474
	OLS_SL	PopU	Linear	0.83	0.065	0.051	0.461
	OLS_SL	DD	Linear	0.58	0.080	0.055	0.345
	OLS_SL	DPP	Linear	0.88	0.337	0.098	0.346
	OLS_ML	Pop	Linear	0.73	0.807	0.660	0.142
	OLS_ML	PopU	Linear	0.78	0.888	0.878	0.346
	OLS_ML	DD	Linear	0.88	0.831	0.525	0.851
	OLS_ML	DPP	Linear	0.70	0.623	0.447	0.124
	OLS_AI	Pop	Linear	0.65	0.710	0.226	0.927
	OLS_AI	PopU	Linear	0.56	0.126	0.124	0.983
	OLS_AI	DD	R <sup>2</sup> < 0.5	0.26	0.420	0.084	0.390
	OLS_AI	DPP	Linear	0.66	0.696	0.167	0.907
	OLS_SL1	Pop	Dependência espacial	0.88	0.712	0.051	0.009
	OLS_SL1	PopU	Linear	0.87	0.035	0.018	0.056
	OLS_SL1	DD	Linear	0.72	0.190	0.390	0.315
	OLS_SL1	DPP	Dependência espacial	0.86	0.700	0.038	0.006
	OLS_ML1	Pop	Linear	0.82	0.544	0.706	0.036
	OLS_ML1	PopU	Linear	0.85	0.873	0.936	0.108
	OLS_ML1	DD	Linear	0.81	0.242	0.439	0.052
	OLS_ML1	DPP	Linear	0.80	0.601	0.538	0.029
	OLS_AI1	Pop	Linear	0.83	0.519	0.114	0.024
	OLS_AI1	PopU	Linear	0.81	0.042	0.076	0.099
	OLS_AI1	DD	Linear	0.64	0.109	0.197	0.290
	OLS_AI1	DPP	Linear	0.82	0.624	0.081	0.015
	VIIRS_SL	Pop	Linear	0.96	0.903	0.747	0.228
	VIIRS_SL	PopU	Linear	0.94	0.020	0.402	0.130
	VIIRS_SL	DD	Linear	0.70	0.019	0.035	0.230
	VIIRS_SL	DPP	Linear	0.95	0.947	0.414	0.082

(continua)

Tabela C.1 - Continuação

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO DEMOGRÁFICA	VIIRS_ML	Pop	Linear	0.83	0.242	0.727	0.475
	VIIRS_ML	PopU	Linear	0.88	0.025	0.893	0.729
	VIIRS_ML	DD	Linear	0.81	0.792	0.763	0.210
	VIIRS_ML	DPP	Linear	0.81	0.221	0.594	0.345
	VIIRS_AI	Pop	Linear	0.81	0.401	0.594	0.601
	VIIRS_AI	PopU	Linear	0.74	0.520	0.335	0.443
	VIIRS_AI	DD	R <sup>2</sup> < 0.5	<b>0.44</b>	0.112	0.040	0.267
	VIIRS_AI	DPP	Linear	0.82	0.597	0.443	0.588
	VIIRS_SLI	Pop	Linear	0.96	0.798	0.677	0.367
	VIIRS_SLI	PopU	Linear	0.95	0.022	0.354	0.301
	VIIRS_SLI	DD	Linear	0.72	0.048	0.072	0.177
	VIIRS_SLI	DPP	Linear	0.96	0.983	0.406	0.161
	VIIRS_MLI	Pop	Linear	0.83	0.209	0.905	0.731
	VIIRS_MLI	PopU	Linear	0.82	0.066	0.920	0.546
	VIIRS_MLI	DD	Linear	0.58	0.425	0.486	0.080
	VIIRS_MLI	DPP	Linear	0.83	0.234	0.744	0.714
	VIIRS_AII	Pop	Linear	0.94	0.889	0.571	0.760
	VIIRS_AII	PopU	Linear	0.92	0.014	0.345	0.763
	VIIRS_AII	DD	Linear	0.71	0.066	0.043	0.437
	VIIRS_AII	DPP	Linear	0.93	0.942	0.330	0.426
DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA	OLS_SL	PIB	Linear	0.89	0.438	0.922	0.518
	OLS_SL	PIBpc	Linear	0.53	0.016	0.024	0.801
	OLS_SL	PIBin	Linear	0.83	0.019	0.330	0.416
	OLS_SL	PIBse	Linear	0.89	0.301	0.708	0.382
	OLS_SL	PIBap	Linear	0.87	0.507	0.146	0.271
	OLS_SL	Ren	Linear	0.89	0.647	0.254	0.419
	OLS_SL	Rpc	Linear	0.74	0.431	0.385	0.171
	OLS_SL	ME	Não normal	0.73	0.000	0.020	0.250
	OLS_SL	MEU	Não normal	0.72	0.000	0.027	0.275
	OLS_SL	Poc	Linear	0.88	0.483	0.846	0.617
	OLS_SL	Ped	Linear	0.64	0.989	0.930	0.178
	OLS_SL	Psa	Linear	0.62	0.260	0.040	0.682
	OLS_SL	Pit	Linear	0.52	0.073	0.106	0.644
	OLS_SL	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.003	0.154	0.524
	OLS_SL	Pse	Linear	0.86	0.211	0.702	0.924

(continua)

Tabela C.1 - Continuação

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA	OLS_SL	SR	Linear	0.87	0.803	0.905	0.580
	OLS_SL	SRed	Linear	0.63	0.995	0.869	0.175
	OLS_SL	SRsa	Linear	0.61	0.377	0.033	0.517
	OLS_SL	SRit	Linear	0.56	0.223	0.078	0.274
	OLS_SL	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.47	0.009	0.111	0.531
	OLS_SL	SRse	Linear	0.85	0.073	0.973	0.931
	OLS_SL	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.23	0.000	0.435	0.868
	OLS_ML	PIB	Linear	0.70	0.985	0.773	0.640
	OLS_ML	PIBpc	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.359	0.657	0.398
	OLS_ML	PIBin	Linear	0.64	0.300	0.997	0.713
	OLS_ML	PIBse	Linear	0.74	0.553	0.678	0.822
	OLS_ML	PIBap	Linear	0.71	0.864	0.676	0.151
	OLS_ML	Ren	Linear	0.72	0.572	0.484	0.160
	OLS_ML	Rpc	Linear	0.52	0.016	0.094	0.242
	OLS_ML	ME	Linear	0.69	0.690	0.770	0.284
	OLS_ML	MEU	Linear	0.70	0.837	0.836	0.319
	OLS_ML	Poc	Linear	0.68	0.896	0.417	0.508
	OLS_ML	Ped	Linear	0.56	0.042	0.083	0.542
	OLS_ML	Psa	R <sup>2</sup> < 0.5	0.44	0.134	0.351	0.617
	OLS_ML	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.30	0.000	0.289	0.851
	OLS_ML	Pse	Linear	0.66	0.639	0.309	0.640
	OLS_ML	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.000	0.634	0.714
	OLS_ML	SR	Linear	0.69	0.952	0.707	0.598
	OLS_ML	SRed	Linear	0.56	0.052	0.085	0.530
	OLS_ML	SRsa	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.128	0.342	0.772
	OLS_ML	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.282	0.946	0.729
	OLS_ML	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.30	0.000	0.244	0.838
	OLS_ML	SRse	Linear	0.66	0.673	0.418	0.963
	OLS_ML	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.32	0.001	0.783	0.850
	OLS_AI	PIB	Linear	0.67	0.727	0.200	0.877
	OLS_AI	PIBpc	R <sup>2</sup> < 0.5	0.43	0.030	0.167	0.939
	OLS_AI	PIBag	R <sup>2</sup> < 0.5	0.30	0.512	0.239	0.367
	OLS_AI	PIBin	Linear	0.64	0.892	0.723	0.874
OLS_AI	PIBse	Linear	0.65	0.720	0.410	0.763	
OLS_AI	PIBap	Linear	0.65	0.981	0.205	0.776	

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
	OLS_AI	Ren	Linear	0.66	0.748	0.225	0.899
	OLS_AI	Rpc	Linear	0.60	0.639	0.621	0.380
	OLS_AI	ME	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.000	0.052	0.317
	OLS_AI	MEU	R <sup>2</sup> < 0.5	0.47	0.000	0.070	0.322
	OLS_AI	Poc	Linear	0.67	0.859	0.384	0.973
	OLS_AI	Ped	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.520	0.995	0.372
	OLS_AI	Psa	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.377	0.444	0.746
	OLS_AI	Pag	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.140	0.421	0.231
	OLS_AI	Pit	Linear	0.51	0.146	0.719	0.789
	OLS_AI	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.001	0.273	0.213
	OLS_AI	Pse	Linear	0.66	0.859	0.701	0.973
	OLS_AI	SR	Linear	0.65	0.864	0.259	0.866
	OLS_AI	SRed	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.534	0.949	0.370
	OLS_AI	SRsa	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.435	0.355	0.665
	OLS_AI	SRag	R <sup>2</sup> < 0.5	0.23	0.035	0.379	0.401
	OLS_AI	SRit	Linear	0.51	0.170	0.758	0.567
	OLS_AI	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.005	0.216	0.221
	OLS_AI	SRse	Linear	0.65	0.637	0.742	0.971
	OLS_SL1	PIB	Linear	0.88	0.295	0.436	0.550
	OLS_SL1	PIBpc	Linear	0.52	0.179	0.679	0.249
	OLS_SL1	PIBin	Linear	0.84	0.174	0.694	0.651
	OLS_SL1	PIBse	Linear	0.89	0.136	0.503	0.541
	OLS_SL1	PIBap	Dependência espacial	0.87	0.682	0.039	0.009
	OLS_SL1	Ren	Dependência espacial	0.88	0.804	0.095	0.006
	OLS_SL1	Rpc	Linear	0.70	0.396	0.402	0.063
	OLS_SL1	ME	Não normal	0.70	0.000	0.208	0.083
	OLS_SL1	MEU	Não normal	0.70	0.000	0.249	0.110
	OLS_SL1	Poc	Linear	0.85	0.439	0.203	0.313
	OLS_SL1	Ped	Linear	0.62	0.208	0.085	0.122
	OLS_SL1	Psa	Linear	0.64	0.125	0.436	0.582
	OLS_SL1	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.480	0.560	0.898
	OLS_SL1	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.42	0.000	0.561	0.799
	OLS_SL1	Pse	Linear	0.81	0.336	0.208	0.405
	OLS_SL1	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.27	0.000	0.314	0.547

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
	OLS_SLI	SR	Linear	0.85	0.541	0.299	0.314
	OLS_SLI	SRed	Linear	0.62	0.275	0.094	0.119
	OLS_SLI	SRsa	Linear	0.64	0.252	0.506	0.410
	OLS_SLI	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.47	0.732	0.607	0.722
	OLS_SLI	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.001	0.467	0.853
	OLS_SLI	SRse	Linear	0.81	0.446	0.307	0.804
	OLS_SLI	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.33	0.000	0.287	0.817
	OLS_MLI	PIB	Linear	0.77	0.552	0.849	0.538
	OLS_MLI	PIBpc	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.091	0.526	0.444
	OLS_MLI	PIBin	Linear	0.70	0.871	0.864	1.000
	OLS_MLI	PIBse	Linear	0.82	0.705	0.899	0.741
	OLS_MLI	PIBap	Linear	0.79	0.961	0.600	0.064
	OLS_MLI	Ren	Linear	0.82	0.461	0.462	0.037
	OLS_MLI	Rpc	Linear	0.62	0.345	0.167	0.120
	OLS_MLI	ME	Linear	0.78	0.449	0.507	0.029
	OLS_MLI	MEU	Linear	0.78	0.326	0.463	0.031
	OLS_MLI	Poc	Linear	0.76	0.970	0.349	0.416
	OLS_MLI	Ped	Linear	0.61	0.099	0.020	0.201
	OLS_MLI	Psa	Linear	0.59	0.029	0.216	0.622
	OLS_MLI	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.002	0.273	0.562
	OLS_MLI	Pse	Linear	0.76	0.681	0.290	0.482
	OLS_MLI	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.000	0.300	0.464
	OLS_MLI	SR	Linear	0.74	0.599	0.611	0.479
	OLS_MLI	SRed	Linear	0.60	0.126	0.023	0.199
	OLS_MLI	SRsa	Linear	0.60	0.038	0.223	0.794
	OLS_MLI	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.43	0.653	0.824	0.791
	OLS_MLI	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.40	0.005	0.213	0.601
	OLS_MLI	SRse	Linear	0.76	0.676	0.418	0.851
	OLS_MLI	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.001	0.376	0.681
	OLS_AII	PIB	Linear	0.85	0.325	0.646	0.441
	OLS_AII	PIBpc	Linear	0.54	0.266	0.691	0.213
	OLS_AII	PIBin	Linear	0.82	0.108	0.920	0.644
	OLS_AII	PIBse	Linear	0.85	0.037	0.752	0.340
	OLS_AII	PIBap	Linear	0.82	0.973	0.099	0.017
	OLS_AII	Ren	Linear	0.83	0.777	0.196	0.017
	OLS_AII	Rpc	Linear	0.67	0.334	0.760	0.061

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	<b>Variável de Luzes Noturnas</b>	<b>Variável indicadora</b>	<b>Modelo de Regressão</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Shapiro-Wilk (Valor-P)</b>	<b>Breusch-Pagan (Valor-P)</b>	<b>Moran Global (Valor-P)</b>
<b>DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA</b>	OLS_AII	ME	Não normal	0.62	0.000	0.101	0.086
	OLS_AII	MEU	Não normal	0.62	0.000	0.123	0.111
	OLS_AII	Poc	Linear	0.81	0.352	0.438	0.267
	OLS_AII	Ped	Linear	0.58	0.783	0.245	0.126
	OLS_AII	Psa	Linear	0.61	0.272	0.857	0.386
	OLS_AII	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.512	0.447	0.819
	OLS_AII	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.000	0.597	0.979
	OLS_AII	Pse	Linear	0.76	0.281	0.349	0.324
	OLS_AII	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.24	0.000	0.405	0.552
	OLS_AII	SR	Linear	0.82	0.253	0.516	0.248
	OLS_AII	SRed	Linear	0.58	0.818	0.265	0.122
	OLS_AII	SRsa	Linear	0.61	0.408	0.954	0.268
	OLS_AII	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.908	0.484	0.832
	OLS_AII	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.001	0.508	0.931
	OLS_AII	SRse	Linear	0.76	0.571	0.452	0.637
	OLS_AII	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.000	0.336	0.835
	VIIRS_SL	PIB	Linear	0.95	0.342	0.137	0.982
	VIIRS_SL	PIBpc	Linear	0.55	0.026	0.019	0.587
	VIIRS_SL	PIBin	Linear	0.86	0.019	0.322	0.258
	VIIRS_SL	PIBse	Linear	0.96	0.178	0.233	0.511
	VIIRS_SL	PIBap	Linear	0.96	0.728	0.896	0.209
	VIIRS_SL	Ren	Linear	0.96	0.755	0.915	0.165
	VIIRS_SL	Rpc	Linear	0.76	0.102	0.337	0.164
	VIIRS_SL	ME	Não normal	0.84	0.000	0.015	0.297
	VIIRS_SL	MEU	Não normal	0.83	0.000	0.021	0.340
	VIIRS_SL	Poc	Linear	0.94	0.727	0.900	0.924
	VIIRS_SL	Ped	Linear	0.74	0.935	0.843	0.156
	VIIRS_SL	Psa	Linear	0.65	0.205	0.015	0.860
	VIIRS_SL	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.405	0.023	0.538
	VIIRS_SL	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.000	0.086	0.503
	VIIRS_SL	Pse	Linear	0.91	0.260	0.190	0.903
	VIIRS_SL	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.26	0.000	0.499	0.635

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
	VIIRS_SL	SR	Linear	0.92	0.063	0.287	0.961
	VIIRS_SL	SRed	Linear	0.74	0.933	0.802	0.153
	VIIRS_SL	SRsa	Linear	0.65	0.217	0.014	0.862
	VIIRS_SL	SRit	Linear	0.53	0.550	0.019	0.236
	VIIRS_SL	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.000	0.062	0.490
	VIIRS_SL	SRse	Linear	0.90	0.299	0.468	0.889
	VIIRS_SL	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.000	0.386	0.843
	VIIRS_ML	PIB	Linear	0.82	0.124	0.830	0.753
	VIIRS_ML	PIBpc	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.206	0.362	0.351
	VIIRS_ML	PIBin	Linear	0.74	0.088	0.495	0.402
	VIIRS_ML	PIBse	Linear	0.83	0.057	0.554	0.727
	VIIRS_ML	PIBap	Linear	0.83	0.600	0.903	0.457
	VIIRS_ML	Ren	Linear	0.82	0.168	0.589	0.478
	VIIRS_ML	Rpc	Linear	0.60	0.152	0.381	0.319
	VIIRS_ML	ME	Linear	0.84	0.603	0.485	0.307
	VIIRS_ML	MEU	Linear	0.85	0.302	0.661	0.336
	VIIRS_ML	Poc	Linear	0.80	0.262	0.427	0.985
	VIIRS_ML	Ped	Linear	0.68	0.721	0.414	0.635
	VIIRS_ML	Psa	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.650	0.336	0.570
	VIIRS_ML	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.30	0.043	0.106	0.849
	VIIRS_ML	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.000	0.213	0.624
	VIIRS_ML	Pse	Linear	0.77	0.434	0.181	0.609
	VIIRS_ML	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.32	0.000	0.991	0.788
	VIIRS_ML	SR	Linear	0.80	0.565	0.925	0.684
	VIIRS_ML	SRed	Linear	0.68	0.759	0.428	0.618
	VIIRS_ML	SRsa	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.609	0.332	0.751
	VIIRS_ML	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.327	0.127	0.720
	VIIRS_ML	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.000	0.187	0.615
	VIIRS_ML	SRse	Linear	0.76	0.378	0.243	0.911
	VIIRS_ML	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.003	0.796	0.910
	VIIRS_AI	PIB	Linear	0.81	0.649	0.452	0.622
	VIIRS_AI	PIBpc	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.212	0.099	0.835
	VIIRS_AI	PIBag	R <sup>2</sup> < 0.5	0.26	0.684	0.360	0.433
	VIIRS_AI	PIBin	Linear	0.74	0.224	0.920	0.224
	VIIRS_AI	PIBse	Linear	0.81	0.740	0.835	0.502
	VIIRS_AI	PIBap	Linear	0.81	0.424	0.533	0.567

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA	VIIRS_AI	Ren	Linear	0.82	0.569	0.586	0.567
	VIIRS_AI	Rpc	Linear	0.69	0.173	0.171	0.244
	VIIRS_AI	ME	Não normal	0.62	0.000	0.020	0.272
	VIIRS_AI	MEU	Não normal	0.60	0.000	0.028	0.282
	VIIRS_AI	Poc	Linear	0.80	0.373	0.655	0.782
	VIIRS_AI	Ped	Linear	0.59	0.895	0.656	0.200
	VIIRS_AI	Psa	Linear	0.63	0.312	0.052	0.981
	VIIRS_AI	Pag	R <sup>2</sup> < 0.5	0.24	0.173	0.732	0.278
	VIIRS_AI	Pit	Linear	0.53	0.250	0.108	0.260
	VIIRS_AI	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.000	0.265	0.427
	VIIRS_AI	Pse	Linear	0.78	0.543	0.677	0.916
	VIIRS_AI	SR	Linear	0.78	0.334	0.616	0.575
	VIIRS_AI	SRed	Linear	0.59	0.933	0.629	0.200
	VIIRS_AI	SRsa	Linear	0.62	0.360	0.046	0.792
	VIIRS_AI	SRit	Linear	0.54	0.563	0.085	0.152
	VIIRS_AI	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.34	0.000	0.187	0.417
	VIIRS_AI	SRse	Linear	0.78	0.919	0.845	0.955
	VIIRS_SLI	PIB	Linear	0.95	0.245	0.527	0.430
	VIIRS_SLI	PIBpc	Linear	0.52	0.081	0.050	0.491
	VIIRS_SLI	PIBin	Linear	0.84	0.118	0.757	0.593
	VIIRS_SLI	PIBse	Linear	0.95	0.474	0.884	0.659
	VIIRS_SLI	PIBap	Linear	0.96	0.721	0.894	0.406
	VIIRS_SLI	Ren	Linear	0.96	0.576	0.720	0.369
	VIIRS_SLI	Rpc	Linear	0.75	0.505	0.686	0.236
	VIIRS_SLI	ME	Não normal	0.84	0.000	0.032	0.319
	VIIRS_SLI	MEU	Não normal	0.84	0.000	0.041	0.368
	VIIRS_SLI	Poc	Linear	0.93	0.524	0.459	0.536
	VIIRS_SLI	Ped	Linear	0.75	0.903	0.747	0.203
	VIIRS_SLI	Psa	Linear	0.64	0.409	0.044	0.797
	VIIRS_SLI	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.47	0.603	0.036	0.600
	VIIRS_SLI	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.37	0.000	0.087	0.609
	VIIRS_SLI	Pse	Linear	0.90	0.315	0.154	0.955
	VIIRS_SLI	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.000	0.615	0.642

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
	VIIRS_SLI	SR	Linear	0.92	0.247	0.542	0.461
	VIIRS_SLI	SRed	Linear	0.75	0.897	0.781	0.199
	VIIRS_SLI	SRsa	Linear	0.64	0.288	0.038	0.911
	VIIRS_SLI	SRit	Linear	0.51	0.689	0.034	0.294
	VIIRS_SLI	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.000	0.064	0.587
	VIIRS_SLI	SRse	Linear	0.89	0.636	0.325	0.632
	VIIRS_SLI	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.001	0.488	0.822
	VIIRS_MLI	PIB	Linear	0.74	0.576	0.945	0.347
	VIIRS_MLI	PIBpc	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.099	0.031	0.347
	VIIRS_MLI	PIBin	Linear	0.60	0.624	0.819	0.539
	VIIRS_MLI	PIBse	Linear	0.77	0.741	0.972	0.287
	VIIRS_MLI	PIBap	Linear	0.81	0.310	0.815	0.754
	VIIRS_MLI	Ren	Linear	0.83	0.342	0.745	0.580
	VIIRS_MLI	Rpc	Linear	0.66	0.941	0.392	0.909
	VIIRS_MLI	ME	Linear	0.80	0.597	0.955	0.311
	VIIRS_MLI	MEU	Linear	0.79	0.406	0.971	0.321
	VIIRS_MLI	Poc	Linear	0.76	0.725	0.815	0.390
	VIIRS_MLI	Ped	Linear	0.61	0.661	0.947	0.791
	VIIRS_MLI	Psa	Linear	0.61	0.339	0.073	0.207
	VIIRS_MLI	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.43	0.270	0.065	0.492
	VIIRS_MLI	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.27	0.000	0.223	0.765
	VIIRS_MLI	Pse	Linear	0.76	0.355	0.754	0.586
	VIIRS_MLI	SR	Linear	0.72	0.355	0.864	0.501
	VIIRS_MLI	SRed	Linear	0.61	0.710	0.879	0.798
	VIIRS_MLI	SRsa	Linear	0.60	0.402	0.067	0.333
	VIIRS_MLI	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.489	0.059	0.317
	VIIRS_MLI	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.26	0.000	0.173	0.738
	VIIRS_MLI	SRse	Linear	0.75	0.273	0.858	0.340
	VIIRS_MLI	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.24	0.000	0.476	0.840
	VIIRS_AII	PIB	Linear	0.94	0.361	0.414	0.371
	VIIRS_AII	PIBpc	Linear	0.56	0.084	0.090	0.491
	VIIRS_AII	PIBin	Linear	0.87	0.015	0.539	0.662
	VIIRS_AII	PIBse	Linear	0.94	0.051	0.879	0.708
	VIIRS_AII	PIBap	Linear	0.94	0.693	0.656	0.777
	VIIRS_AII	Ren	Linear	0.93	0.658	0.456	0.609
	VIIRS_AII	Rpc	Linear	0.72	0.167	0.820	0.199

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
<b>DIMENSÃO SOCIOECONÔMICA</b>	VIIRS_All	ME	Não normal	0.80	0.000	0.024	0.464
	VIIRS_All	MEU	Não normal	0.79	0.000	0.030	0.517
	VIIRS_All	Poc	Linear	0.91	0.904	0.569	0.526
	VIIRS_All	Ped	Linear	0.74	0.951	0.669	0.223
	VIIRS_All	Psa	Linear	0.61	0.378	0.068	0.929
	VIIRS_All	Pit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.44	0.657	0.043	0.719
	VIIRS_All	Pic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.000	0.121	0.589
	VIIRS_All	Pse	Linear	0.88	0.501	0.160	0.884
	VIIRS_All	Pha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.000	0.669	0.712
	VIIRS_All	SR	Linear	0.91	0.077	0.380	0.328
	VIIRS_All	SRed	Linear	0.74	0.946	0.686	0.214
	VIIRS_All	SRsa	Linear	0.61	0.390	0.062	0.806
	VIIRS_All	SRit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.823	0.040	0.355
	VIIRS_All	SRic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.37	0.000	0.089	0.570
	VIIRS_All	SRse	Linear	0.87	0.826	0.315	0.627
	VIIRS_All	SRha	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.001	0.523	0.874
<b>DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA</b>	OLS_SL	CAT	Linear	0.90	0.716	0.281	0.299
	OLS_SL	CATre	Linear	0.87	0.723	0.566	0.545
	OLS_SL	CATco	Não normal	0.76	0.000	0.017	0.628
	OLS_SL	CATin	Linear	0.72	0.484	0.658	0.071
	OLS_SL	CATip	Linear	0.88	0.074	0.099	0.352
	OLS_SL	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.63	0.000	0.001	0.389
	OLS_SL	UCEre	Não normal	0.59	0.001	0.044	0.035
	OLS_SL	UCEco	Linear	0.80	0.611	0.244	0.099
	OLS_SL	UCEin	Linear	0.80	0.036	0.262	0.597
	OLS_SL	UCEip	Linear	0.73	0.208	0.320	0.415
	OLS_SL	CAM	Linear	0.59	0.972	0.871	0.018
	OLS_SL	CAMre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.900	0.044	0.129
	OLS_SL	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.163	0.003	0.424
	OLS_SL	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.610	0.220	0.039
	OLS_SL	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.609	0.765	0.557
	OLS_SL	EE	Linear	0.81	0.594	0.504	0.352
	OLS_SL	EEU	Linear	0.81	0.520	0.081	0.397
	OLS_SL	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.872	0.559	0.550
	OLS_SL	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.46	0.000	0.742	0.226

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	OLS_SL	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.108	0.121	0.386
	OLS_SL	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.34	0.000	0.817	0.954
	OLS_SL	Eic	Não normal e Heterocedástico	0.62	0.000	0.000	0.631
	OLS_SL	Ese	Linear	0.86	0.627	0.757	0.200
	OLS_SL	Eha	Linear	0.71	0.395	0.299	0.054
	OLS_ML	CAT	Linear	0.73	0.960	0.662	0.543
	OLS_ML	CATre	Linear	0.75	0.402	0.542	0.685
	OLS_ML	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.65	0.000	0.009	0.701
	OLS_ML	CATin	Linear	0.68	0.867	0.657	0.502
	OLS_ML	CATip	Linear	0.75	0.154	0.483	0.855
	OLS_ML	UCEre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.075	0.034	0.679
	OLS_ML	UCEco	Linear	0.66	0.097	0.173	0.190
	OLS_ML	UCEin	Linear	0.63	0.064	0.127	0.652
	OLS_ML	UCEip	Linear	0.66	0.485	0.706	0.525
	OLS_ML	CAM	Linear	0.53	0.087	0.232	0.428
	OLS_ML	CAMre	Linear	0.60	0.991	0.322	0.640
	OLS_ML	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.747	0.776	0.454
	OLS_ML	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.43	0.761	0.803	0.243
	OLS_ML	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.394	0.229	0.436
	OLS_ML	EE	Linear	0.60	0.390	0.277	0.883
	OLS_ML	EEU	Linear	0.72	0.416	0.493	0.797
	OLS_ML	Eic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.000	0.001	0.616
	OLS_ML	Ese	Linear	0.66	0.570	0.233	0.116
	OLS_ML	Eha	Linear	0.57	0.043	0.159	0.241
	OLS_AI	CAT	Linear	0.67	0.832	0.280	0.899
	OLS_AI	CATre	Linear	0.63	0.692	0.342	0.905
	OLS_AI	CATco	Linear	0.54	0.018	0.215	0.771
	OLS_AI	CATru	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.041	0.404	0.954
	OLS_AI	CATin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.627	0.653	0.128
	OLS_AI	CATip	Linear	0.64	0.158	0.100	0.822
	OLS_AI	UCE	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.002	0.007	0.850
	OLS_AI	UCEre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.111	0.187	0.128
	OLS_AI	UCEco	Linear	0.59	0.484	0.224	0.583
	OLS_AI	UCEin	Linear	0.61	0.050	0.158	0.627
	OLS_AI	UCEip	Linear	0.51	0.222	0.187	0.535

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	OLS_AI	CAMre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.23	0.939	0.089	0.270
	OLS_AI	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.22	0.217	0.016	0.445
	OLS_AI	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.170	0.472	0.434
	OLS_AI	EE	Linear	0.64	0.639	0.125	0.497
	OLS_AI	EEU	Linear	0.57	0.049	0.137	0.835
	OLS_AI	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.141	0.848	0.334
	OLS_AI	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.32	0.000	0.978	0.233
	OLS_AI	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.30	0.000	0.992	0.491
	OLS_AI	Eic	Não normal	0.56	0.000	0.014	0.214
	OLS_AI	Ese	Linear	0.66	0.677	0.861	0.556
	OLS_AI	Eha	Linear	0.53	0.267	0.590	0.200
	OLS_SL1	CAT	Linear	0.89	0.986	0.064	0.046
	OLS_SL1	CATre	Linear	0.87	0.927	0.081	0.105
	OLS_SL1	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.79	0.001	0.004	0.969
	OLS_SL1	CATin	Linear	0.75	0.147	0.033	0.757
	OLS_SL1	CATip	Linear	0.88	0.436	0.028	0.100
	OLS_SL1	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.58	0.000	0.000	0.199
	OLS_SL1	UCEre	Não normal e Heterocedástico	0.55	0.001	0.002	0.167
	OLS_SL1	UCEco	Linear	0.80	0.232	0.010	0.016
	OLS_SL1	UCEin	Linear	0.78	0.155	0.019	0.847
	OLS_SL1	UCEip	Linear	0.71	0.672	0.360	0.472
	OLS_SL1	CAM	Linear	0.62	0.988	0.491	0.073
	OLS_SL1	CAMre	Linear	0.55	0.968	0.416	0.256
	OLS_SL1	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.545	0.184	0.745
	OLS_SL1	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.42	0.315	0.798	0.119
	OLS_SL1	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.073	0.602	0.855
	OLS_SL1	EE	Linear	0.76	0.841	0.139	0.244
	OLS_SL1	EEU	Linear	0.81	0.462	0.042	0.236
	OLS_SL1	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.42	0.300	0.111	0.590
	OLS_SL1	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.000	0.829	0.559

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
<b>DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA</b>	OLS_SLI	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.30	0.103	0.806	0.199
	OLS_SLI	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.27	0.000	0.956	0.969
	OLS_SLI	Eic	Não normal e Heterocedástico	0.51	0.000	0.001	0.864
	OLS_SLI	Ese	Linear	0.78	0.392	0.200	0.021
	OLS_SLI	Eha	Linear	0.69	0.790	0.257	0.034
	OLS_MLI	CAT	Linear	0.81	0.648	0.800	0.260
	OLS_MLI	CATre	Linear	0.82	0.454	0.832	0.448
	OLS_MLI	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.74	0.000	0.000	0.894
	OLS_MLI	CATin	Linear	0.71	0.173	0.145	0.947
	OLS_MLI	CATip	Linear	0.82	0.527	0.525	0.517
	OLS_MLI	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.59	0.002	0.008	0.145
	OLS_MLI	UCEre	Linear	0.51	0.012	0.015	0.344
	OLS_MLI	UCEco	Linear	0.77	0.896	0.295	0.045
	OLS_MLI	UCEin	Linear	0.73	0.276	0.291	0.551
	OLS_MLI	UCEip	Linear	0.72	0.214	0.804	0.533
	OLS_MLI	CAM	Linear	0.53	0.209	0.875	0.142
	OLS_MLI	CAMre	Linear	0.55	0.687	0.604	0.669
	OLS_MLI	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.40	0.996	0.738	0.500
	OLS_MLI	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.42	0.391	0.759	0.120
	OLS_MLI	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.638	0.709	0.637
	OLS_MLI	EE	Linear	0.73	0.423	0.278	0.715
	OLS_MLI	EEU	Linear	0.78	0.490	0.249	0.342
	OLS_MLI	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.44	0.001	0.778	0.667
	OLS_MLI	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.24	0.092	0.704	0.269
	OLS_MLI	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.31	0.000	0.518	0.779
	OLS_MLI	Eic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.000	0.000	0.476
	OLS_MLI	Ese	Linear	0.77	0.988	0.262	0.041
	OLS_MLI	Eha	Linear	0.68	0.845	0.302	0.105
	OLS_AII	CAT	Linear	0.85	0.902	0.140	0.062
	OLS_AII	CATre	Linear	0.82	0.644	0.136	0.114
	OLS_AII	CATco	Não normal	0.74	0.004	0.043	0.904
	OLS_AII	CATin	Linear	0.71	0.214	0.134	0.524
	OLS_AII	CATip	Linear	0.84	0.328	0.079	0.088

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
<b>DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA</b>	OLS_AII	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.53	0.000	0.000	0.227
	OLS_AII	UCEre	Não normal e Heterocedástico	0.52	0.002	0.003	0.239
	OLS_AII	UCEco	Linear	0.74	0.318	0.046	0.029
	OLS_AII	UCEin	Linear	0.74	0.022	0.039	0.957
	OLS_AII	UCEip	Linear	0.66	0.482	0.382	0.364
	OLS_AII	CAM	Linear	0.61	0.914	0.589	0.062
	OLS_AII	CAMre	Linear	0.51	0.907	0.262	0.200
	OLS_AII	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.281	0.086	0.884
	OLS_AII	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.647	0.925	0.091
	OLS_AII	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.127	0.653	0.879
	OLS_AII	EE	Linear	0.71	0.660	0.177	0.172
	OLS_AII	EEU	Linear	0.75	0.751	0.074	0.247
	OLS_AII	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.482	0.190	0.558
	OLS_AII	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.42	0.000	0.930	0.633
	OLS_AII	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.167	0.820	0.212
	OLS_AII	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.23	0.000	0.997	0.748
	OLS_AII	Eic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.000	0.003	0.867
	OLS_AII	Ese	Linear	0.73	0.257	0.339	0.025
	OLS_AII	Eha	Linear	0.64	0.882	0.516	0.033
	VIIRS_SL	CAT	Linear	0.95	0.429	0.393	0.043
	VIIRS_SL	CATre	Linear	0.94	0.170	0.932	0.164
	VIIRS_SL	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.81	0.000	0.002	0.376
	VIIRS_SL	CATin	Linear	0.76	0.542	0.844	0.078
	VIIRS_SL	CATip	Linear	0.95	0.817	0.867	0.287
	VIIRS_SL	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.71	0.000	0.001	0.220
	VIIRS_SL	UCEre	Não normal	0.64	0.000	0.046	0.034
	VIIRS_SL	UCEco	Linear	0.90	0.312	0.287	0.035
	VIIRS_SL	UCEin	Linear	0.84	0.102	0.355	0.937
	VIIRS_SL	UCEip	Linear	0.81	0.506	0.350	0.555

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	VIIRS_SL	CAM	Linear	0.59	0.980	0.574	0.029
	VIIRS_SL	CAMre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.50	0.865	0.082	0.127
	VIIRS_SL	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.444	0.002	0.487
	VIIRS_SL	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.38	0.497	0.167	0.029
	VIIRS_SL	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.44	0.750	0.290	0.595
	VIIRS_SL	EE	Linear	0.87	0.031	0.641	0.607
	VIIRS_SL	EEU	Linear	0.90	0.638	0.118	0.165
	VIIRS_SL	IES	Linear	0.51	0.821	0.720	0.796
	VIIRS_SL	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.000	0.467	0.265
	VIIRS_SL	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.057	0.106	0.318
	VIIRS_SL	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.000	0.221	0.849
	VIIRS_SL	Eic	Não normal e Heterocedástico	0.57	0.000	0.000	0.755
	VIIRS_SL	Ese	Linear	0.91	0.733	0.182	0.081
	VIIRS_SL	Eha	Linear	0.80	0.754	0.454	0.038
	VIIRS_ML	CAT	Linear	0.82	0.251	0.728	0.771
	VIIRS_ML	CATre	Linear	0.82	0.197	0.583	0.803
	VIIRS_ML	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.72	0.000	0.001	0.726
	VIIRS_ML	CATin	Linear	0.73	0.056	0.194	0.489
	VIIRS_ML	CATip	Linear	0.84	0.104	0.728	0.295
	VIIRS_ML	UCE	Não normal	0.58	0.000	0.010	0.219
	VIIRS_ML	UCEre	Não normal	0.57	0.006	0.094	0.637
	VIIRS_ML	UCEco	Linear	0.77	0.336	0.506	0.355
	VIIRS_ML	UCEin	Linear	0.64	0.039	0.167	0.311
	VIIRS_ML	UCEip	Linear	0.77	0.974	0.774	0.899
	VIIRS_ML	CAM	Linear	0.56	0.202	0.107	0.454
	VIIRS_ML	CAMre	Linear	0.53	0.922	0.136	0.821
	VIIRS_ML	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.787	0.043	0.773
	VIIRS_ML	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.688	0.411	0.133
	VIIRS_ML	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.987	0.540	0.336
	VIIRS_ML	EE	Linear	0.72	0.133	0.490	0.528
	VIIRS_ML	EEU	Linear	0.84	0.414	0.884	0.658
	VIIRS_ML	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.43	0.904	0.205	0.857
	VIIRS_ML	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.001	0.431	0.936

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	VIIRS_ML	Eic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.000	0.000	0.941
	VIIRS_ML	Ese	Linear	0.77	0.527	0.226	0.109
	VIIRS_ML	Eha	Linear	0.66	0.947	0.695	0.167
	VIIRS_AI	CAT	Linear	0.81	0.144	0.736	0.266
	VIIRS_AI	CATre	Linear	0.79	0.785	0.654	0.564
	VIIRS_AI	CATco	Não normal	0.68	0.000	0.033	0.907
	VIIRS_AI	CATru	R <sup>2</sup> < 0.5	0.23	0.076	0.477	0.725
	VIIRS_AI	CATin	Linear	0.58	0.882	0.795	0.026
	VIIRS_AI	CATip	Linear	0.79	0.984	0.443	0.268
	VIIRS_AI	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.63	0.000	0.004	0.622
	VIIRS_AI	UCEre	não normal	0.52	0.009	0.132	0.043
	VIIRS_AI	UCEco	Linear	0.78	0.815	0.485	0.369
	VIIRS_AI	UCEin	Linear	0.79	0.015	0.526	0.889
	VIIRS_AI	UCEip	Linear	0.63	0.757	0.423	0.404
	VIIRS_AI	CAM	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.733	0.932	0.012
	VIIRS_AI	CAMre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.33	0.983	0.153	0.113
	VIIRS_AI	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.27	0.484	0.010	0.340
	VIIRS_AI	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.45	0.461	0.578	0.732
	VIIRS_AI	EE	Linear	0.77	0.915	0.308	0.241
	VIIRS_AI	EEU	Linear	0.71	0.348	0.208	0.362
	VIIRS_AI	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.43	0.497	0.939	0.568
	VIIRS_AI	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.37	0.000	0.612	0.139
	VIIRS_AI	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.26	0.069	0.361	0.531
	VIIRS_AI	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.000	0.779	0.851
	VIIRS_AI	Eic	Não normal e Heterocedástico	0.62	0.000	0.004	0.440
	VIIRS_AI	Ese	Linear	0.77	0.307	0.872	0.483
	VIIRS_AI	Eha	Linear	0.69	0.177	0.402	0.158
	VIIRS_SL1	CAT	Linear	0.95	0.227	0.934	0.158
	VIIRS_SL1	CATre	Linear	0.94	0.854	0.347	0.500
	VIIRS_SL1	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.82	0.000	0.001	0.438
	VIIRS_SL1	CATin	Linear	0.76	0.470	0.680	0.190
	VIIRS_SL1	CATip	Linear	0.95	0.842	0.373	0.777

(continua)

Tabela C.1 – Continuação.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA	VIIRS_SL1	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.71	0.000	0.001	0.242
	VIIRS_SL1	UCEre	Não normal	0.65	0.000	0.031	0.047
	VIIRS_SL1	UCEco	Linear	0.91	0.465	0.210	0.087
	VIIRS_SL1	UCEin	Linear	0.82	0.257	0.158	0.506
	VIIRS_SL1	UCEip	Linear	0.82	0.447	0.380	0.907
	VIIRS_SL1	CAM	Linear	0.58	0.931	0.693	0.036
	VIIRS_SL1	CAMre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.845	0.160	0.162
	VIIRS_SL1	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.36	0.482	0.006	0.636
	VIIRS_SL1	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.514	0.232	0.030
	VIIRS_SL1	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.44	0.600	0.275	0.696
	VIIRS_SL1	EE	Linear	0.87	0.149	0.382	0.928
	VIIRS_SL1	EEU	Linear	0.92	0.310	0.104	0.302
	VIIRS_SL1	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.50	0.886	0.490	0.787
	VIIRS_SL1	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.50	0.000	0.507	0.333
	VIIRS_SL1	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.057	0.166	0.291
	VIIRS_SL1	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.000	0.177	0.846
	VIIRS_SL1	Eic	Não normal e Heterocedástico	0.53	0.000	0.000	0.904
	VIIRS_SL1	Ese	Linear	0.90	0.325	0.219	0.135
	VIIRS_SL1	Eha	Linear	0.79	0.769	0.748	0.056
	VIIRS_ML1	CAT	Linear	0.77	0.336	0.715	0.442
	VIIRS_ML1	CATre	Linear	0.79	0.392	0.854	0.268
	VIIRS_ML1	CATco	Não normal	0.69	0.000	0.013	0.180
	VIIRS_ML1	CATin	Linear	0.59	0.089	0.681	0.662
	VIIRS_ML1	CATip	Linear	0.78	0.105	0.934	0.208
	VIIRS_ML1	UCE	Não normal	0.67	0.002	0.068	0.854
	VIIRS_ML1	UCEre	Linear	0.61	0.093	0.396	0.246
	VIIRS_ML1	UCEco	Linear	0.81	0.517	0.162	0.487
	VIIRS_ML1	UCEin	Dependência espacial	0.70	0.364	0.991	0.009
	VIIRS_ML1	UCEip	Linear	0.73	0.509	0.700	0.806
	VIIRS_ML1	CAM	R <sup>2</sup> < 0.5	0.35	0.938	0.640	0.241
	VIIRS_ML1	CAMre	R <sup>2</sup> < 0.5	0.27	0.640	0.555	0.709
	VIIRS_ML1	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.193	0.133	0.021
	VIIRS_ML1	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.25	0.437	0.340	0.321

(continua)

Tabela C.1 – Conclusão.

	Variável de Luzes Noturnas	Variável indicadora	Modelo de Regressão	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilk (Valor-P)	Breusch-Pagan (Valor-P)	Moran Global (Valor-P)
<b>DIMENSÃO DE INFRAESTRUTURA</b>	VIIRS_MLI	EE	Linear	0.77	0.059	0.462	0.168
	VIIRS_MLI	EEU	Linear	0.77	0.237	0.785	0.490
	VIIRS_MLI	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.41	0.428	0.740	0.523
	VIIRS_MLI	ES	Não normal	0.50	0.001	0.383	0.449
	VIIRS_MLI	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.24	0.000	0.391	0.869
	VIIRS_MLI	Eic	R <sup>2</sup> < 0.5	0.40	0.000	0.002	0.617
	VIIRS_MLI	Ese	Linear	0.79	0.541	0.737	0.952
	VIIRS_MLI	Eha	Linear	0.72	0.167	0.065	0.961
	VIIRS_AII	CAT	Linear	0.94	0.954	0.513	0.276
	VIIRS_AII	CATre	Linear	0.93	0.121	0.217	0.644
	VIIRS_AII	CATco	Não normal e Heterocedástico	0.80	0.000	0.001	0.299
	VIIRS_AII	CATin	Linear	0.76	0.223	0.695	0.225
	VIIRS_AII	CATip	Linear	0.94	0.508	0.265	0.666
	VIIRS_AII	UCE	Não normal e Heterocedástico	0.68	0.000	0.001	0.245
	VIIRS_AII	UCEre	Não normal	0.62	0.000	0.021	0.054
	VIIRS_AII	UCEco	Linear	0.88	0.028	0.070	0.126
	VIIRS_AII	UCEin	Linear	0.80	0.080	0.090	0.856
	VIIRS_AII	UCEip	Linear	0.78	0.619	0.335	0.898
	VIIRS_AII	CAM	Linear	0.61	0.830	0.798	0.027
	VIIRS_AII	CAMre	Linear	0.53	0.677	0.137	0.114
	VIIRS_AII	CAMco	R <sup>2</sup> < 0.5	0.39	0.527	0.007	0.561
	VIIRS_AII	CAMin	R <sup>2</sup> < 0.5	0.40	0.643	0.366	0.044
	VIIRS_AII	CAMip	R <sup>2</sup> < 0.5	0.48	0.587	0.286	0.760
	VIIRS_AII	EE	Linear	0.84	0.084	0.560	0.870
	VIIRS_AII	EEU	Linear	0.90	0.781	0.108	0.449
	VIIRS_AII	IES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.49	0.994	0.301	0.776
	VIIRS_AII	ES	R <sup>2</sup> < 0.5	0.46	0.000	0.498	0.349
	VIIRS_AII	Eex	R <sup>2</sup> < 0.5	0.29	0.143	0.196	0.343
	VIIRS_AII	Eit	R <sup>2</sup> < 0.5	0.28	0.000	0.205	0.763
	VIIRS_AII	Eic	Não normal e Heterocedástico	0.53	0.000	0.000	0.772
	VIIRS_AII	Ese	Linear	0.87	0.634	0.192	0.179
	VIIRS_AII	Eha	Linear	0.76	0.916	0.883	0.048

**APÊNDICE D – PORCENTAGEM DOS ERROS DAS ESTIMATIVAS DAS VARIÁVEIS INDICADORAS PELAS VARIÁVEIS DE LUZES NOTURNAS**

Tabela D.1– Estimativa da População Urbana pelas variáveis de Luzes Noturnas e porcentagens dos erros.

POPULAÇÃO URBANA (hab.)									
Município	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Média de Luz	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Aparecida	34637	40008	-15.51	77350791	223218.39	6600	80.94	26205	24.34
Arapeí	1882	2286	-21.48	614479	32550.31	1744	7.34	1893	-0.60
Areias	2493	2197	11.89	959710	38396.19	990	60.28	2428	2.59
Bananal	8323	5757	30.83	3058796	36651.12	3484	58.14	4549	45.35
Caçapava	73692	106304	-44.25	117140561	158859.67	80377	-9.07	111403	-51.17
Cachoeira Paulista	25041	19042	23.96	14068739	56082.82	11762	53.03	16188	35.35
Campos do Jordão	47948	53885	-12.38	57299375	119403.16	38620	19.45	50725	-5.79
Canas	4236	4352	-2.73	1508672	35515.49	2900	31.53	3618	14.58
Caraguatatuba	99701	159544	-60.02	441524605	442748.72	63821	35.99	115125	-15.47
Cruzeiro	75713	37373	50.64	43775872	57718.17	16121	78.71	29623	60.87
Cunha	12451	13189	-5.93	15498395	124375.10	5953	52.19	8675	30.32
Guaratinguetá	108022	140558	-30.12	246338157	227944.43	50478	53.27	96542	10.63
Igaratá	7206	13503	-87.38	7703670	106806.32	12623	-75.17	9604	-33.28
Ilhabela	29054	23990	17.43	19298503	66322.88	15993	44.96	24514	15.63
Jacareí	211655	295064	-39.41	652344314	308111.15	117766	44.36	202508	4.32
Jambeiro	2650	8989	-239.21	3451106	130130.42	4543	-71.42	8414	-217.52
Lagoinha	3195	3117	2.45	2229140	69669.65	1599	49.96	2224	30.40

(continua)

Tabela D.1 – Conclusão.

POPULAÇÃO URBANA (hab.)									
Município	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Média de Luz	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Lorena	81057	59847	26.17	73605602	90707.21	22665	72.04	50259	37.99
Monteiro Lobato	1817	2400	-32.09	554965	30442.91	2069	-13.89	1621	10.81
Natividade da Serra	2798	4099	-46.49	1550863	55327.57	2486	11.15	3610	-29.04
Paraibuna	5292	20403	-285.54	10232208	193252.39	20543	-288.19	16327	-208.51
Pindamonhangaba	145342	216576	-49.01	365638075	251470.83	131070	9.82	182241	-25.39
Piquete	13117	11088	15.47	8974797	68321.11	6881	47.54	10218	22.10
Potim	14876	8361	43.79	5434381	36431.20	1687	88.66	9266	37.71
Queluz	9504	10823	-13.88	8088103	85002.10	8468	10.90	11536	-21.38
Redenção da Serra	2335	2902	-24.30	784460	33495.70	1997	14.48	2842	-21.73
Roseira	9337	13220	-41.59	7662169	81962.43	6948	25.59	14842	-58.96
Santa Branca	12212	9602	21.37	6218052	50817.56	4972	59.28	6764	44.61
Santo Antônio do Pinhal	4014	5131	-27.83	1834393	45599.87	4629	-15.33	3299	17.81
São Bento do Sapucaí	5115	9984	-95.19	5851876	114306.17	9715	-89.93	5870	-14.76
São José do Barreiro	2945	2438	17.21	997455	33769.45	1222	58.50	2165	26.47
São José dos Campos	632994	684925	-8.20	1552391532	245145.85	346400	45.28	465559	26.45
São Luís do Paraitinga	6209	8221	-32.41	6534686	105145.38	4855	21.81	5958	4.05
São Sebastião	75680	85410	-12.86	113501773	149875.92	49842	34.14	79480	-5.02
Silveiras	2967	4130	-39.20	1650522	55529.32	2907	2.03	3746	-26.26
Taubaté	278479	307749	-10.51	692994935	248749.98	97107	65.13	174753	37.25
Tremembé	38162	48736	-27.71	58425648	152999.02	23609	38.14	39390	-3.22
Ubatuba	78804	87733	-11.33	96085427	121829.63	82582	-4.79	79026	-0.28

Tabela D.2- Estimativa do Produto Interno Bruto pelas variáveis de Luzes Noturnas e porcentagens dos erros.

<b>PRODUTO INTERNO BRUTO (mil R\$)</b>									
Município	Observado	Estimado pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimado pela Média de Luz	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Aparecida	667000.69	419041.55	37.18	68131328.81	-10114.58	108395.38	83.75	601911.67	9.76
Arapeí	23909.53	15533.90	35.03	25526056.52	-106661.01	17172.18	28.18	23305.75	2.53
Areias	29683.46	16771.12	43.50	14432718.53	-48522.09	10304.55	65.29	35421.41	-19.33
Bananal	145073.60	44268.20	69.49	4611472579.44	-3178612.53	42380.07	70.79	74793.43	48.44
Caçapava	3309843.44	978674.21	70.43	29933916811.31	-904290.72	2374922.89	28.25	3244531.83	1.97
Cachoeira Paulista	394194.56	160042.85	59.40	225744755.45	-57167.34	209839.11	46.77	301821.15	23.43
Campos do Jordão	807970.58	492057.75	39.10	302944711.24	-37394.52	955511.80	-18.26	1305434.53	-61.57
Canas	84172.43	31490.43	62.59	26648490.69	-31559.40	37698.88	55.21	55481.17	34.09
Caraguatatuba	2199999.05	1710442.77	22.25	245671449.05	-11066.89	1768916.79	19.59	3478872.08	-58.13
Cruzeiro	1546554.99	348502.70	77.47	4219427397.34	-272727.50	304725.77	80.30	685312.84	55.69
Cunha	139957.11	120412.08	13.97	3243510682.88	-2317403.36	75359.06	46.16	150253.20	-7.36
Guaratinguetá	3427505.41	1446329.56	57.80	18796299.82	-448.40	1303593.84	61.97	2824756.78	17.59
Igaratá	121705.94	104099.50	14.47	575301189.35	-472597.72	230510.41	-89.40	164357.03	-35.04
Ilhabela	1156934.47	207576.32	82.06	67536171100.52	-5837410.50	324576.55	71.95	505180.51	56.33
Jacareí	7652040.79	3154504.69	58.78	268527568.46	-3409.23	3721751.39	51.36	6588488.14	13.90
Jambeiro	252750.94	66130.87	73.84	3460042618.85	-1368853.43	52113.33	79.38	130697.31	48.29
Lagoinha	40199.28	25760.35	35.92	2034602850.79	-5061191.27	15926.91	60.38	31895.35	20.66
Lavrinhas	91437.54	53676.57	41.30	14945330906.53	-16344752.35	100364.30	-9.76	103621.02	-13.32
Lorena	1558600.97	568816.64	63.50	188612709.90	-12001.41	478496.83	69.30	1282025.93	17.75

(continua)

Tabela D.2 – Conclusão.

<b>PRODUTO INTERNO BRUTO (mil R\$)</b>									
Município	Observado	Estimado pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimado pela Média de Luz	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Monteiro Lobato	42623.09	15491.15	63.66	201682758.27	-473077.22	19974.30	53.14	21880.52	48.67
Natividade da Serra	48498.06	29101.31	39.99	23604198474.53	-48670300.29	20002.11	58.76	49515.74	-2.10
Paraibuna	220576.84	155094.05	29.69	622962341.26	-282324.18	382603.24	-73.46	265978.67	-20.58
Pindamonhangaba	5145267.67	2184567.19	57.54	160733194.15	-3023.90	4299967.99	16.43	6005653.98	-16.72
Piquete	110664.84	94731.44	14.40	448622302.15	-405288.30	111783.21	-1.01	196076.71	-77.18
Potim	140421.31	70208.19	50.00	2689776575.92	-1915404.56	17257.94	87.71	159629.39	-13.68
Queluz	150639.79	89789.31	40.39	13035883.81	-8553.68	145074.19	3.69	216978.67	-44.04
Redenção da Serra	35413.19	19525.65	44.86	28811619505.16	-81358332.41	17671.16	50.10	42724.75	-20.65
Roseira	197179.80	106958.44	45.76	295512868.79	-149769.75	115555.58	41.40	285390.09	-44.74
Santa Branca	201504.43	76371.11	62.10	50785534.46	-25103.19	63456.21	68.51	102708.00	49.03
Santo Antônio do Pinhal	64638.41	35679.40	44.80	42361957.73	-65436.82	55292.68	14.46	46595.70	27.91
São Bento do Sapucaí	138422.72	76403.94	44.80	90530452.24	-65301.44	151216.59	-9.24	101330.78	26.80
São José do Barreiro	35792.05	18069.49	49.52	1601401536.69	-4474082.22	11312.77	68.39	29689.58	17.05
São José dos Campos	26584748.51	7456615.41	71.95	218741015.35	-722.81	14201188.86	46.58	18238633.45	31.39
São Luís do Paraitinga	105338.79	68648.25	34.83	9922861835.67	-9419850.37	63952.92	39.29	99828.43	5.23
São Sebastião	4550425.66	797231.10	82.48	44872996.62	-886.13	1176962.89	74.14	1706575.37	62.50
Silveiras	42419.68	29963.96	29.36	91643650.71	-215940.43	29519.38	30.41	55525.43	-30.90
Taubaté	13814209.85	3357067.43	75.70	2139936712.07	-15390.84	2849657.27	79.37	5729651.78	58.52
Tremembé	513507.53	457611.83	10.89	38051234.32	-7310.06	524785.19	-2.20	897458.07	-74.77
Ubatuba	1198118.59	803405.93	32.94	70468246.92	-5781.58	2417638.29	101.79	1880807.80	-56.98

Tabela D.3- Estimativa do Consumo Anual Total de Energia Elétrica pelas variáveis de Luzes Noturnas e porcentagens dos erros.

<b>CONSUMO ANUAL TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA (kW/h ano)</b>									
Município	Observado	Estimado pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimado pela Média de Luz	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Aparecida	94495996.00	50379875.29	46.69	381079180706.17	403175.48	13262334.77	85.97	70632076.88	25.25
Arapeí	2308624.00	1867585.14	19.10	1695696206.90	73350.51	2130202.33	7.73	2817100.13	-22.03
Areias	3147329.00	2016331.58	35.94	2999050725.38	95188.76	1276743.86	59.43	4247431.25	-34.95
Bananal	20478696.00	5322207.71	74.01	10767191971.17	52477.53	5224675.24	74.49	8917563.01	56.45
Caçapava	486722778.00	117662519.05	75.83	52708526325.14	10729.27	285869193.38	41.27	376330409.36	22.68
Cachoeira Paulista	54909033.00	19241382.81	64.96	188148275139.13	342554.50	25603505.10	53.37	35749232.16	34.89
Campos do Jordão	119649921.00	59158355.24	50.56	2773251928731.22	2317705.06	115576957.48	3.40	152336236.36	-27.32
Canas	8018236.00	3785983.04	52.78	239044975201.80	2981166.39	4641589.06	42.11	6635524.10	17.24
Caraguatatuba	313942494.00	205640462.10	34.50	4470629994.72	1324.03	213284150.82	32.06	402885791.72	-28.33
Cruzeiro	271929240.00	41899238.81	84.59	67591983652.74	24756.46	37119656.32	86.35	80373535.62	70.44
Cunha	18727576.00	14476717.06	22.70	1165834656078.09	6225129.88	9274810.96	50.48	17865342.54	4.60
Guaratingueta	342537496.00	173887060.33	49.24	28863885874.47	8326.49	157461179.81	54.03	327641394.34	4.35
Igaratá	17411605.00	12515511.91	28.12	73191686658.64	420261.52	28110803.39	-61.45	19550900.40	-12.29
Ilhabela	62478029.00	24956162.32	60.06	3385070270724.69	5417917.06	39481126.10	36.81	59567902.23	4.66
Jacareí	1085823393.00	379254881.62	65.07	10636403289.69	879.57	447046494.78	58.83	760053668.41	30.00
Jambeiro	7163560.00	7950679.02	-10.99	8279296967.44	115475.17	6436582.69	10.15	15619531.06	-118.04
Lagoinha	5340486.00	3097075.30	42.01	8004731561.59	149787.70	1974672.97	63.02	3827679.97	28.33
Lavrinhas	9957372.00	6453343.33	35.19	316021174658.63	3173640.77	12319639.42	-23.72	12389768.99	-24.43
Lorena	222884279.00	68386803.25	69.32	1531582707.91	587.16	58116378.68	73.93	149663432.66	32.85

(continua)

Tabela D.3 – Conclusão.

<b>CONSUMO ANUAL TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA (kW/h ano)</b>									
Município	Observado	Estimado pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimado pela Média de Luz	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada	Erro (%)	Estimado pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Monteiro Lobato	5268948.00	1862446.31	64.65	4977096725.52	94360.92	2478105.04	52.97	2633390.49	50.02
Natividade da Serra	7163723.00	3498747.39	51.16	35592891754.23	496749.08	2495243.76	65.17	5953308.49	16.90
Paraíbuna	27497087.00	18646405.91	32.19	1755923504156.27	6385752.81	46601438.29	-69.48	31702413.09	-15.29
Pindamonhangaba	1128076144.00	262642738.37	76.72	34719733895.91	2977.78	516025455.75	54.26	692637749.00	38.60
Piquete	17481036.00	11389221.94	34.85	18884503292.25	107928.51	13678729.76	21.75	23206711.79	-32.75
Potim	27133667.00	8440881.10	68.89	31549236125.59	116173.40	2139072.94	92.12	18985846.07	30.03
Queluz	12010915.00	10795048.91	10.12	2208372637.23	18286.38	17727422.59	-47.59	25698004.90	-113.96
Redenção da Serra	5378048.00	2347499.82	56.35	23695651818.19	440499.49	2197595.36	59.14	5115859.83	4.88
Roseira	17714828.00	12859232.75	27.41	26522698816.13	149620.33	14133535.78	20.22	33764733.03	-90.60
Santa Branca	25266200.00	9181826.93	63.66	22160069373.14	87606.38	7814269.61	69.07	12283055.75	51.39
Santo Antônio do Pinhal	10704285.00	4289607.85	59.93	5966779704.25	55641.97	6820447.42	36.28	5594642.00	47.73
São Bento do Sapucaí	13366870.00	9185773.79	31.28	3130924367.91	23323.02	18514158.20	-38.51	12053617.26	9.82
São José do Barreiro	4210819.00	2172430.39	48.41	541800816369.98	12866774.98	1405777.65	66.62	3569658.61	15.23
São José dos Campos	1906260388.00	896482385.50	52.97	5272118733.35	176.57	1693604630.94	11.16	2085964612.29	-9.43
São Luís do Paraitinga	13070571.00	8253335.08	36.86	3516929062139.62	26907133.53	7865980.59	39.82	11888782.85	9.04
São Sebastião	344504672.00	95848257.36	72.18	251420601399.06	72880.32	142536648.05	58.63	200806270.06	41.71
Silveiras	5740819.00	3602460.85	37.25	25699832797.68	447568.40	3657068.39	36.30	6651153.03	-15.86
Taubaté	885881333.00	403608282.26	54.44	406519557039.66	45788.71	342951909.22	61.29	660983589.84	25.39
Tremembé	92844703.00	55017044.25	40.74	495739483325.56	533844.82	63672548.87	31.42	105306547.12	-13.42
Ubatuba	172276586.00	96590642.83	43.93	7934808210636.37	4605754.11	291041216.43	-68.94	220162538.33	-27.80

Tabela D.4 - Estimativa da População Urbana estratificada e Consumo Anual Total de Energia Elétrica por Iluminação Pública pelas variáveis de Luzes Noturnas e porcentagens dos erros.

Município	POPULAÇÃO URBANA ESTRATIFICADA					CONSUMO ANUAL TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA POR ILUMINAÇÃO PÚBLICA				
	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Aparecida	34637	120958	-249.22	32663	5.70	3322414	4362820	-31.31	2804500	15.59
Arapeí	1882	12643	-571.79	3226	-71.43	164219	255438	-55.55	208749	-27.12
Areias	2493	9397	-276.93	2751	-10.35	319273	243787	23.64	265582	16.82
Bananal	8323	25790	-209.87	3896	53.19	814813	639106	21.56	494633	39.29
Caçapava	73692	375594	-409.68	105993	-43.83	10040467	11677440	-16.30	11793708	-17.46
Cachoeira Paulista	25041	75704	-202.32	27874	-11.31	2669405	2102857	21.22	1751146	34.40
Campos do Jordão	47948	193381	-303.31	55802	-16.38	4955880	5922554	-19.51	5400642	-8.97
Canas	4236	20413	-381.90	3931	7.21	339541	484371	-42.65	394876	-16.30
Caraguatatuba	99701	482625	-384.07	102680	-2.99	17494297	17387634	0.61	12163160	30.47
Cruzeiro	75713	131250	-73.35	37720	50.18	7157154	4103097	42.67	3170302	55.70
Cunha	12451	49416	-296.89	15886	-27.59	1234430	1450805	-17.53	941320	23.74
Guaratinguetá	108022	43678	59.57	102535	5.08	10342404	15343200	-48.35	10215356	1.23
Igaratá	7206	59186	-721.35	8284	-14.96	667499	1498683	-124.52	1042903	-56.24
Ilhabela	29054	91114	-213.60	36153	-24.43	2683431	2644363	1.46	2638155	1.69
Jacareí	211655	95265	54.99	228012	-7.73	16860882	32146592	-90.66	21331068	-26.51
Jambeiro	2650	41161	-1453.24	8981	-238.90	337871	999747	-195.90	917855	-171.66
Lagoinha	3195	12737	-298.67	2620	18.00	233218	344690	-47.80	243393	-4.36
Lavrinhas	6189	36853	-495.45	8148	-31.66	573548	834558	-45.51	741298	-29.25
Lorena	81057	203287	-150.79	55873	31.07	7799319	6561919	15.87	5353413	31.36

(continua)

Tabela D.4 – Conclusão.

Município	POPULAÇÃO URBANA ESTRATIFICADA					CONSUMO ANUAL TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA POR ILUMINAÇÃO PÚBLICA				
	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Monteiro Lobato	1817	14881	-719.00	2198	-20.99	322657	268982	16.64	177879	44.87
Natividade da Serra	2798	22076	-688.99	5043	-80.24	381365	457116	-19.86	396136	-3.87
Paraibuna	5292	92554	-1648.95	16795	-217.37	953276	2266173	-137.72	1777696	-86.48
Pindamonhangaba	145342	65973	54.61	207130	-42.51	15387103	23671678	-53.84	19175160	-24.62
Piquete	13117	43503	-231.65	16048	-22.35	1053721	1223550	-16.12	1102943	-4.67
Potim	14876	32322	-117.28	17005	-14.31	802285	922825	-15.02	1005591	-25.34
Queluz	9504	41395	-335.55	7793	18.00	772539	1196398	-54.87	1246857	-61.40
Redenção da Serra	2335	16757	-617.65	3002	-28.57	210671	324534	-54.05	310413	-47.34
Roseira	9337	48980	-424.58	9406	-0.74	1560503	1462338	6.29	1602481	-2.69
Santa Branca	12212	41178	-237.20	15238	-24.78	1138274	1063983	6.53	738997	35.08
Santo Antônio do Pinhal	4014	28122	-600.60	4219	-5.10	524927	572857	-9.13	361418	31.15
São Bento do Sapucaí	5115	46961	-818.11	4488	12.26	794383	1109085	-39.62	636816	19.84
São José do Barreiro	2945	11508	-290.77	3060	-3.90	336421	271135	19.41	237588	29.38
São José dos Campos	632994	225186	64.43	583635	7.80	47271050	74527400	-57.66	48594249	-2.80
São Luís do Paraitinga	6209	32720	-426.98	5271	15.10	530225	908788	-71.40	647442	-22.11
São Sebastião	75680	300972	-297.69	112379	-48.49	13598055	9378225	31.03	8538444	37.21
Silveiras	2967	21108	-611.43	4365	-47.12	392126	459982	-17.30	409497	-4.43
Taubaté	278479	101382	63.59	198071	28.87	22504476	33480867	-48.77	18391224	18.28
Tremembé	38162	168616	-341.84	51729	-35.55	4329324	5347869	-23.53	4219584	2.53
Ubatuba	78804	315066	-299.81	100805	-27.92	7779478	9642066	-23.94	8451413	-8.64

Tabela D.5 - Estimativa do Produto Interno Bruto Industrial e de Serviços pelas variáveis de Luzes Noturnas Soma de Luz e Área Iluminada com limiar.

Município	PRODUTO INTERNO BRUTO INDUSTRIAL					PRODUTO INTERNO BRUTO DE SERVIÇOS				
	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Aparecida	63317.49	22987.95	63.69	106686.68	84.01	444534.46	141830.46	68.09	241094.16	63.85
Arapeí	1212.99	422.52	65.17	1470.37	93.85	6096.59	4560.61	25.19	8050.29	66.33
Areias	701.28	544.41	22.37	2945.41	90.08	7654.36	5110.08	33.24	12733.94	57.10
Bananal	49124.12	1521.11	96.90	7593.96	94.77	47811.74	13583.46	71.59	27666.22	80.93
Caçapava	1445890.29	43835.67	96.97	874696.65	73.57	1086424.28	317684.59	70.76	1377937.22	58.37
Cachoeira Paulista	51123.54	6230.54	87.81	39652.65	89.94	235906.78	50471.25	78.61	115477.75	70.71
Campos do Jordão	112066.20	21797.84	80.55	282584.20	65.03	493504.32	159364.55	67.71	537756.31	33.44
Canas	31690.08	937.49	97.04	5097.05	93.94	31159.47	9424.90	69.75	20212.10	75.99
Caraguatatuba	494276.40	103502.50	79.06	981423.01	55.39	1200182.25	586705.74	51.12	1488580.98	32.34
Cruzeiro	431271.75	15983.98	96.29	124689.50	91.94	699076.38	113670.51	83.74	275337.28	82.20
Cunha	5878.33	5532.11	5.89	17029.84	87.83	55363.15	39181.70	29.23	56369.83	59.72
Guaratinguetá	993492.72	76845.76	92.27	754345.39	77.99	1506225.51	486598.40	67.69	1199323.28	65.01
Igaratá	20682.72	3629.40	82.45	18450.63	84.84	56159.88	31986.94	43.04	61535.98	49.44
Ilhabela	546116.65	8346.15	98.47	76845.41	93.36	460357.15	65978.52	85.67	197610.17	82.92
Jacareí	2991809.31	181161.68	93.94	2155668.17	71.83	2560810.16	1076458.66	57.96	2875540.12	62.42
Jambeiro	125159.44	2037.53	98.37	12442.24	95.08	53734.60	19915.93	62.94	47804.58	81.09
Lagoinha	2182.75	994.32	54.45	2578.94	93.58	15259.68	8100.58	46.92	11420.54	71.59
Lavrinhas	28791.28	1598.38	94.45	9842.52	89.24	27909.78	16040.38	42.53	37823.87	58.63
Lorena	425604.26	26605.41	93.75	274273.79	82.40	728892.17	186451.93	74.42	527102.96	66.18

(continua)

Tabela D.5 – Conclusão.

Município	PRODUTO INTERNO BRUTO INDUSTRIAL					PRODUTO INTERNO BRUTO DE SERVIÇOS				
	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)	Observada	Estimada pela Soma de Luzes	Erro (%)	Estimada pela Área Iluminada com limiar	Erro (%)
Monteiro Lobato	4464.28	395.21	91.15	1599.71	96.25	19608.76	4479.23	77.16	7722.71	81.88
Natividade da Serra	2519.77	885.39	64.86	3803.18	92.16	16972.49	8706.27	48.70	17572.23	63.77
Paraibuna	48916.82	5213.43	89.34	28378.49	87.13	81447.61	47387.64	41.82	98642.93	55.28
Pindamonhangaba	1919960.01	113930.92	94.07	1959044.35	61.93	1763027.18	731157.27	58.53	2623538.64	49.01
Piquete	13532.62	3807.64	71.86	25754.93	76.73	50724.24	30055.96	40.75	75246.81	32.00
Potim	21490.10	2627.78	87.77	17881.24	87.27	53747.93	22039.90	58.99	59795.36	57.42
Queluz	15049.74	3482.48	76.86	28163.66	81.30	82167.36	28242.18	65.63	83014.65	44.89
Redenção da Serra	2734.25	530.33	80.60	3735.18	89.45	12670.92	5722.83	54.83	15469.78	56.32
Roseira	53505.06	3818.98	92.86	38507.67	80.47	86492.68	33209.57	61.60	109768.78	44.33
Santa Branca	71173.37	2800.70	96.06	9719.46	95.18	67046.68	23716.45	64.63	37456.37	81.41
Santo Antônio do Pinhal	4049.83	1054.57	73.96	3747.30	94.20	31805.32	10600.79	66.67	16647.58	74.25
São Bento do Sapucaí	8736.55	2693.24	69.17	11157.85	91.94	62988.65	23486.91	62.71	37919.38	72.61
São José do Barreiro	1422.08	570.53	59.88	2273.78	93.65	11333.39	5464.36	51.79	10535.03	70.57
São José dos Campos	7790492.08	433880.90	94.43	7992567.95	69.94	12293118.93	2555326.26	79.21	8308467.23	68.75
São Luís do Paraitinga	8530.96	2733.04	67.96	10658.20	89.88	46364.32	21686.14	53.23	37150.84	64.73
São Sebastião	320364.73	37630.54	88.25	281601.05	93.81	1760304.43	260701.24	85.19	674756.60	85.17
Silveiras	2626.94	933.98	64.45	4855.99	88.55	13391.68	9019.29	32.65	20073.82	52.68
Taubaté	5352455.34	195103.78	96.35	1849496.90	86.61	4742665.84	1150668.70	75.74	2499527.30	81.91
Tremembé	125976.92	21164.71	83.20	162555.09	68.34	217329.21	149531.18	31.20	359791.42	29.93
Ubatuba	172060.80	35933.24	79.12	375843.21	68.63	721606.66	260590.84	63.89	763431.22	36.28

