

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE FATORES  
SOCIOECONÔMICOS E ESPACIAIS NO CONSUMO DE  
ÁGUA EM REGIÕES SELECIONADAS DO DISTRITO  
FEDERAL**

**GUSTAVO MORO BASSIL DOWER**

**ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER**  
**CO-ORIENTADOR: ANTÔNIO JOSÉ DE BRITO**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM RECURSOS  
HÍDRICOS E SANEAMENTO**

**BRASÍLIA/DF: JULHO/2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE FATORES  
SOCIOECONÔMICOS E ESPACIAIS NO CONSUMO DE  
ÁGUA EM REGIÕES SELECIONADAS DO DISTRITO  
FEDERAL**

**GUSTAVO MORO BASSIL DOWER**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**Prof. ARTHUR TAVARES SCHLEICHER, MsC (ENC-UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**ANTÔNIO JOSÉ DE BRITO, Engº (CSANEO-DF)  
(CO-ORIENTADOR)**

---

**Prof. LEONARDO ZANDONADI MOURA, MsC (ENC-UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**DIOGO VALADÃO DE BRITO GEBRIM, MsC (CAESB)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 6 DE JULHO DE 2018.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

DOWER, GUSTAVO MORO BASSIL

Avaliação da Influência de Fatores Socioeconômicos e Espaciais no Consumo de Água em Regiões Seleccionadas do Distrito Federal [Distrito Federal] 2018.

ix, 33 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Demanda de Água                                      2. Redes de Abastecimento de água

3. Macromedidores                                      4. Fatores Socioeconômicos

I. ENC/FT/UnB

II. Título

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DOWER, G. M. B. (2018). Avaliação da Influência de Fatores Socioeconômicos e Espaciais no Consumo de Água em Regiões Seleccionadas do Distrito Federal Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 82p

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gustavo Moro Bassil Dower

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Avaliação da Influência de Fatores Socioeconômicos e Espaciais no Consumo de Água em Regiões Seleccionadas do Distrito Federal

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Gustavo Moro Bassil Dower  
QMSW 5 Lote 3 Bloco H Apto 103  
70680-517 - Brasília/DF - Brasil

## RESUMO

### AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOECONÔMICOS E ESPACIAIS NO CONSUMO DE ÁGUA EM REGIÕES SELECIONADAS DO DISTRITO FEDERAL

**Autor:** Gustavo Moro Bassil Dower

**Orientador:** Arthur Tavares Schleicher

**Monografia de Projeto Final em Recursos Hídricos e Saneamento**

O presente trabalho avaliou o comportamento do consumo de água em relação a parâmetros censitários diversos de modo a identificar quais representam melhor o consumo e sua influência em regiões selecionadas. O trabalho utilizou dados censitários de órgãos governamentais do Distrito Federal georreferenciados e processou-os de modo a serem discretizados para as regiões estudadas. Tais regiões foram confeccionadas com base nos reservatórios selecionados por meio de filtros dentre os que possuíam macromedição de vazão de saída. Os dados desses reservatórios foram cedidos pela concessionária do Distrito Federal e passaram por pequenos processos de tratamento de erros. Com os dados censitários, da rede e a delimitação das regiões o estudo elencou parâmetros censitários e de rede para serem avaliados entre si de modo a realizar as comparações e traçar possíveis conclusões quanto a correlações por meio de uma avaliação quantitativa testando a hipótese utilizando o coeficiente de correlação de Spearman normalizado. Foram estudados os fatores censitários Densidade, Renda Média per Capita (RMPC) e Área Média de Piscinas (AMP). Os parâmetros da rede estudados foram os coeficientes de variação de vazão ( $k_1$  e  $k_2$ ), o consumo per capita efetivo ( $q_e$ ), a razão entre picos ( $REP$ ) e a razão de variação intrassemanal ( $RVI$ ). Estudou-se adicionalmente a relação entre a vazão máxima diária e as temperaturas máxima e mínima. O estudo mostrou aceitação estatística das correlações ao nível de 95% para a relação entre o consumo per capita efetivo e a densidade e entre o consumo per capita efetivo e a área média de piscinas ( $AMP$ ). O estudo mostrou também haver uma pequena correlação entre a temperatura máxima diária e a vazão máxima diária. No contexto do tratamento dos dados e formação de uma base para comparação, o estudo desenvolveu metodologias replicáveis em demais estudos semelhantes de modo a conferir maior precisão aos resultados aqui encontrados.

## SUMÁRIO

PÁGINA

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
3.1	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	4
3.2	REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA .....	5
3.3	CONSUMO PER CAPITA .....	6
3.4	ÍNDICE DE PERDAS .....	8
3.5	COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE VAZÃO .....	9
3.6	VAZÕES DE PROJETO .....	10
3.7	MEDIDORES DE VAZÃO.....	11
3.7.1	Macromedidores.....	11
3.7.2	Micromedição .....	12
3.8	A ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL .....	13
3.9	AVALIAÇÃO DOS FATORES INTERVENIENTES .....	17
3.9.1	Tipologias Habitacionais.....	17
3.9.2	Porcentagem Não Edificada Do Lote .....	18
3.9.3	Quantidade de Piscinas .....	19
3.9.4	Tamanho Do Lote.....	19
3.9.5	Temperatura .....	20
3.10	ESTUDO DAS CONDIÇÕES ATUAIS.....	21
3.10.1	Diferenciação Espacial.....	21
3.10.2	Ótica Econômica.....	22
3.10.3	Questão Socioambiental.....	22

<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>25</b>
4.1	DESCRIÇÃO .....	25
4.1.1	Etapas de Cálculo .....	25
4.2	METODOLOGIA DE ESCOLHA DOS RESERVATÓRIOS .....	27
4.2.1	Filtro 1 – Temporal .....	27
4.2.2	Filtro 2 – Capacidade de Abastecimento.....	27
4.2.3	Filtro 3 – Homogeneidade Econômica.....	28
4.2.4	Filtro 4 – Desagregação Tipológica.....	28
4.2.5	Filtro 5 – Restrição Espacial .....	28
4.2.6	Verificações e Adequação Final .....	29
4.2.7	Reservatórios Escolhidos .....	31
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS E PARÂMETROS CALCULADOS .....</b>	<b>33</b>
5.1	ESCOPO DOS RESULTADOS .....	33
5.2	CÁLCULO DOS PARÂMETROS CENSITÁRIOS .....	33
5.2.1	Procedimento Geral de Cálculo .....	34
5.2.2	Densidade e População.....	34
5.2.3	Renda Média per capita (RMPC).....	36
5.2.4	Área Média de Piscinas (AMP) .....	38
5.2.5	Resumo dos Parâmetros Censitários Calculados .....	40
5.3	CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA REDE .....	41
5.3.1	Cálculo de k1 e k2.....	41
5.3.2	Cálculo do Consumo per capita e per capita Efetivo .....	42
5.3.3	Cálculo da Razão entre Picos (REP) .....	43
5.3.3.1	Cálculo da Razão de Variação Intrasemanal (RVI).....	44
5.4	CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA TEMPERATURA .....	45
5.4.1	Variáveis Descritivas.....	45
5.5	COMPARAÇÕES E CORRELAÇÕES.....	46

5.5.1	qe vs. RMPC .....	47
5.5.2	qe vs. Densidade .....	48
5.5.3	k1 vs. RMPC .....	49
5.5.4	k1 vs. Densidade .....	50
5.5.5	k2 vs. RMPC .....	51
5.5.6	k2 vs. Densidade .....	52
5.5.7	REP vs. RMPC .....	53
5.5.8	REP vs. Densidade.....	54
5.5.9	RVI entre as regiões estudadas.....	55
5.5.10	qe vs. AMP .....	57
5.5.11	k1 vs. AMP .....	58
5.5.12	k2 vs. AMP .....	59
<b>6</b>	<b>ANÁLISES E CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
<b>6.1</b>	<b>RESUMO DAS COMPARAÇÕES ENTRE ÍNDICES CENSITÁRIOS E PARÂMETROS DA REDE E VALIDAÇÃO DAS CORRELAÇÕES.....</b>	<b>61</b>
<b>6.2</b>	<b>RESUMO DAS COMPARAÇÕES COM A TEMPERATURA.....</b>	<b>64</b>
<b>6.3</b>	<b>AVALIAÇÃO DAS CORRELAÇÕES.....</b>	<b>64</b>
6.3.1	Avaliação das Correlações com a Temperatura.....	64
6.3.2	Avaliação da RVI das Regiões estudadas.....	65
6.3.3	Avaliação da Correlação entre qe e Densidade .....	66
6.3.4	Avaliação da Correlação entre qe e AMP .....	66
6.3.5	Avaliação das demais Correlações com AMP.....	67
6.3.6	Avaliação da Correlação entre qe e RMPC.....	67
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....</b>	<b>68</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE A – MAPAS RELATIVOS À METODOLOGIA.....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 1 - Consumo <i>per capita</i> médio para diferentes tipologias habitacionais (Adaptado - Norma Técnica da SABESP, 2002) .....	8
Tabela 2 - Consumo médio per capita, para populações providas de ligações domiciliares(Fernandes Neto, 2003 apud Barros et al., 1995).....	8
Tabela 3 - Consumo <i>per capita</i> dos Estados Brasileiros em Ordem Decrescente (SNIS, 2015).....	13
Tabela 4 - Sistemas de Abastecimento Operados pela CAESB (ANA, 2010; CAESB, 2000)	14
Tabela 5 - Dados Espaciais e Socioeconômicos das RAs do Distrito Federal em 2015 (IBGE, 2017; CODEPLAN, 2013) .....	15
Tabela 6 - Principais Tipologias Habitacionais para RAs selecionadas (modificado - CODEPLAN, 2013) .....	18
Tabela 7 - Quantidade de Piscinas Individuais ou do Condomínio para RAs Selecionadas (modificado - CODEPLAN, 2013) .....	19
Tabela 8 – Distribuição do Tamanho dos Lotes para RAs selecionadas (modificado - CODEPLAN, 2013) .....	20
Tabela 9 - Regiões Selecionadas quanto ao atendimento dos requisitos necessários .....	24
Tabela 10 - Informações Gerais dos Reservatórios e Medidores Estudados .....	31
Tabela 11 - Regiões e Setores componentes de cada Região de Estudo .....	32
Tabela 12 - Resumo das Populações e Densidades Calculadas para as Regiões de Estudo ....	36
Tabela 13 - Resumo da Renda Média per capita para as Regiões de Estudo.....	38
Tabela 14 - Resumo da Área Média de Piscinas para as Regiões Estudadas.....	40
Tabela 15 - Resumo dos Parâmetros Censitários Calculados para as Regiões de Estudo .....	40



Tabela 16 - Cálculo dos Coeficientes de Variação de Vazão $k_1$ e $k_2$ .....	42
Tabela 17 - Consumo per capita de cada região.....	43
Tabela 18 - Razão entre Picos de cada região .....	44
Tabela 19 - Razão de Variação Intrassemanal de cada região .....	45
Tabela 42 - Descrição das Variáveis da Temperatura Utilizada .....	46
Tabela 20 - Estudo da Relação entre Renda Média per Capita e Consumo per capita efetivo	47
Tabela 21 - Resumo da Correlação entre Consumo per capita efetivo e Renda Média per Capita .....	48
Tabela 22 - Estudo da Relação entre Renda Média per Capita e Densidade .....	48
Tabela 23 - Resumo da Correlação entre Consumo per capita efetivo e Densidade .....	49
Tabela 24 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_1$ e Renda Média per capita .....	49
Tabela 25 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_1$ e Renda Média per Capita .....	50
Tabela 26 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_1$ e Densidade.....	50
Tabela 27 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_1$ e Densidade	51
Tabela 28 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_2$ e Renda Média per capita .....	51
Tabela 29 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_2$ e Renda Média per capita .....	52
Tabela 30 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_2$ e Densidade.....	52
Tabela 31 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_2$ e Densidade	53
Tabela 32 - Estudo da Relação entre a Renda Média per capita e a Razão entre Picos.....	53

Tabela 33 - Resumo da Correlação entre a Renda Média per capita e a Razão entre Picos ....	54
Tabela 34 - Estudo da Relação entre a Densidade e a Razão entre Picos .....	54
Tabela 35 - Resumo da Correlação entre a Densidade e a Razão entre Picos .....	55
Tabela 36 - Estudo da Relação entre o Consumo per capita Efetivo e a Área Média de Piscinas .....	57
Tabela 37 - Resumo da Correlação entre o Consumo per capita Efetivo e a Área Média de Piscinas.....	58
Tabela 38 - Estudo da Relação entre o Coeficiente de Variação de Vazão k1 e a Área Média de Piscinas .....	58
Tabela 39 - Resumo da Correlação entre o Coeficiente de Variação de Vazão k1 e a Área Média de Piscinas.....	59
Tabela 40 - Estudo da Relação entre o Coeficiente de Variação de Vazão k2 e a Área Média de Piscinas .....	59
Tabela 41 - Resumo da Correlação entre o Coeficiente de Variação de Vazão k2 e a Área Média de Piscinas.....	60
Tabela 43 – Tabela Resumo das Relações Avaliadas para os Reservatórios.....	63
Tabela 44 - Tabela Resumo das Relações com a Temperatura Avaliadas.....	64
Tabela 45 - Estudo da Relação entre os parâmetros censitários Densidade e Renda Média per Capita e a Razão de Variação Intrasemanal .....	65

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1 - Principais componentes de um SAA (Heller & Pádua, 2006).....	4
Figura 2 - Macromedidores de Vazão Eletromagnéticos (OMEGA, 2017).....	11
Figura 3 - Hidrômetro multijato Classe B (Hidroluna, 2017) .....	12
Figura 4 - Sistema Produtor de Água no Distrito Federal Para Atendimento Urbano (CAESB, 2014).....	16
Figura 5 - Climograma de Brasília (Climatempo, 2017) .....	21
Figura 6 - Requisitos Necessários com Base nas Avaliações Socioeconômicas .....	23
Figura 7 - Representação Esquemática da Metodologia Adotada.....	26
Figura 8 - Resumo da Metodologia adotada para Escolha dos Reservatórios .....	30
Figura 9 - Fluxograma do procedimento de Cálculo das Populações Residentes.....	35
Figura 10 - Fluxograma do procedimento de Cálculo da Renda Média per capita das Regiões .....	38
Figura 11 – Fluxograma do procedimento de Cálculo da Área Média de Piscina das Regiões .....	39
Figura 12 - Gráfico de Dispersão entre o Consumo per capita efetivo e a Renda Média per capita .....	47
Figura 13 - Gráfico de Dispersão entre o Consumo per capita efetivo e Densidade .....	48
Figura 14 - Gráfico de dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão k1 e Renda Média per Capita .....	49
Figura 15 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão k1 e Densidade... ..	50
Figura 16 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão k2 e Renda Média per capita .....	51

Figura 17 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_2$ e Densidade ...	52
Figura 18 - Gráfico de Dispersão entre a Renda Média per capita e a Razão entre Picos .....	54
Figura 19 - Gráfico de Dispersão entre a Densidade e a Razão entre Picos .....	55
Figura 20 - Vazões Médias para os dias da semana .....	56
Figura 21 - RVI para as regiões estudadas .....	57
Figura 22 - Gráfico de Dispersão entre Consumo per capita Efetivo e a Área Média de Piscinas.....	58
Figura 23 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_1$ e a Área Média de Piscinas .....	59
Figura 24 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão $k_2$ e a Área Média de Piscinas .....	60

## LISTA DE SÍMBOLOS NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

DF – Distrito Federal

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PDAD – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

RAs – Regiões Administrativas

EEA – European Environment Agency

ANA – Agência Nacional de Águas

LUOS – Lei de Uso de Ocupação do Solo

$k_1$  – Coeficiente do Dia de Maior Consumo

$k_2$  – Coeficiente da Hora de Maior Consumo

$q$  – Consumo per capita

$qe$  – Consumo per capita efetivo

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

$P_h$  – População (hab)

$I$  (%) – Índice de Perdas Totais de um Sistema

SIÁGUA – Sinopse do Abastecimento de Água do Distrito Federal

RAP – Reservatório Apoiado

RMPC – Renda Média per capita

AMP – Área Média de Piscinas

*Shapefile* – Arquivo georreferenciado contendo informações a respeito da região ou ponto

RVI – Razão de Variação Intrassemanal

REP – Razão entre Picos

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

Inmet – Instituto Nacional de Meteorologia

$R^2$  – Coeficiente de Determinação

$r_s$  – Coeficiente de Correlação de Spearman

$H_0$  – Hipótese nula

$H_1$  – Hipótese alternativa

# 1 INTRODUÇÃO

A humanidade sempre teve um interesse muito grande em criar soluções para os problemas corriqueiros, os romanos erigiram aquedutos de dezenas de quilômetros para abastecer regiões mais distantes, os egípcios há mais de 4 mil anos já perfuravam o solo para obtenção de água (UJD, 1978 apud Heller e Pádua, 2006). O crescimento econômico e social das grandes civilizações esteve sempre ligado à sua capacidade de suprir sua população com água, seja ela para abastecimento ou irrigação das plantações. O nascimento de importantes cientistas naturais nas civilizações Romana, Grega e Egípcia como Arquimedes, Ctesebius e outros fez florescer os estudos e invenções nas áreas de hidráulica e hidrologia.

No Brasil o primeiro Sistema de Abastecimento de Água (SAA) só foi concluído no século XVIII no Rio de Janeiro (HELLER e PÁDUA, 2006), os Aquedutos da Lapa eram parte do sistema que levava água para os diversos chafarizes da cidade. O esgotamento sanitário no entanto só veio muito depois, foi implantado na mesma cidade cerca de 100 anos após a conclusão do sistema carioca de abastecimento de água (AZEVEDO NETTO, 1998). De marco mundial do desenvolvimento da capital – terceira capital do mundo a ter uma rede de esgotos – a uma das capitais que menos coletam esgoto no Brasil (SNIS, 2015), a história do Rio de Janeiro retrata a falência do chamado “saneamento básico” brasileiro.

Seu ponto de inflexão começou a se pronunciar com a promulgação da Lei Nacional de Saneamento – Lei 11.445 (BRASIL, 2007) – nela foi imposto pela primeira vez uma estruturação regulatória bem definida, tornando-se um marco regulatório para o setor. A lei reconhece ainda a complexidade inerente do setor e o define de forma objetiva e reconhecendo o seu conteúdo econômica. É definida ainda no texto, a atribuição do setor de saneamento como serviço público em seu art. 2º. Por fim vale ressaltar sua importância na separação dos entes regulatórios de modo a se obter uma avaliação não-enviesada das atividades-fim (GALVÃO e XIMENES, 2008).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída no âmbito da Lei 9433/1997 (BRASIL, 1997) tem como linhas gerais o objetivo de gerenciar as demandas e ofertar melhor quantidade e qualidade de água sob a ótica do desenvolvimento sustentável. A instituição dessa diretriz nacional serve de base para implementações locais com o intuito de adequar às realidades regionais. Com base em tais articulações entre os governos Federal e local e pautados na Lei 9984 (BRASIL, 2000), instituíram-se ainda os Comitês de Bacia Hidrográfica com a competência de arbitrar conflitos relacionados ao recursos hídricos, acompanhar o

planejamento instituído pelos Planos de Recursos Hídricos e implementar em articulação com a Agência Nacional de Águas (ANA) a cobrança pelo uso da água.

No Distrito Federal, conforme acordado pela Resolução Nº5/2006 (CRH/DF, 2006) e em alinhamento com as políticas nacionais, foram instituídos os Comitês de Bacia Hidrográfica com o objetivo de promover o uso racional das águas com vistas a contemplar seus usos múltiplos. O comitê é composto por representantes dos setores de abastecimento urbano, irrigação, hidroeletricidade, lazer e turismo, dentre outros.

Ainda no âmbito local foi instituído em 2017 o Plano Distrital de Saneamento Básico (GDF, 2017) – PDSB – com vistas ao atendimento dos dispostos legais relativos a instituição do PDSB e como forma de instrumentação estatal no sentido de proporcionar insumos de modo a organizar e orientar ações futuras. O plano foi desenvolvido de forma equitativa e participativa visando a universalização do acesso aos serviços de saneamento com qualidade e de forma contínua.

Atualmente é imposta forte pressão aos tributários que desaguam nos reservatórios da Barragem do Descoberto e de Santa Maria. As duas barragens que atualmente abastecem 83% (CAESB, 2010) dos mais de 3 milhões de habitantes do DF (IBGE, 2017) fornecendo água para 31 Regiões Administrativas, cada uma com consumos de água que variam entre 90 a mais de 500 litros/habitante/dia (CAESB, 2010).

Nesse contexto, o cenário atual da literatura técnica brasileira ainda é muito incipiente com relação aos fatores socioeconômicos intervenientes no consumo de água. Destaca-se no âmbito do Distrito Federal o Plano Diretor de Água e Esgotos da CAESB (2000): nas versões mais recentes foi feito um levantamento quantitativo do consumo *per capita* e coeficientes de variação de vazão para as regiões abastecidas, deixando-se de lado como fatores humanos e organizacionais influem nesses parâmetros.

Diante dessa lacuna técnica e da recente crise hídrica sendo vivenciada no Distrito Federal, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os principais fatores que influenciam na demanda de água e promovem a redução da sua oferta para os usos múltiplos estipulados pelas diretrizes nacionais e distritais. O estudo irá avaliar regiões características do Distrito Federal com o intuito de prover insumos regionalizados e atualizados para a determinação de parâmetros de consumo mais refinados para a elaboração de projetos de abastecimento de água e coleta de esgoto mais econômicos.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GERAIS**

Avaliar a influência dos principais fatores socioeconômicos e tipologias habitacionais na demanda por água e consumo *per capita* em regiões do Distrito Federal.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

A fim de cumprir com o proposto no objetivo geral deste projeto, este relatório busca estudar reservatórios selecionados quanto ao consumo residencial de água em vistas de fatores socioeconômicos. Para isto, especificamente objetivam-se:

- Avaliar estudos de demanda já realizados para determinação de valores atualizados dos coeficientes de variação de vazão ( $k_1$  e  $k_2$ );
- Avaliar a influência dos fatores temperatura, renda domiciliar, densidade habitacional e quantidade de piscinas na demanda de água no consumo de água;
- Identificar os principais fatores responsáveis pela demanda elevada.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um Sistema de Abastecimento de Água para consumo humano (SAA) conforme portaria ministerial MS nº2.914/2011 (MS, 2011) é uma instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Há ainda a definição alternativa, presente no mesmo documento, que se distingue principalmente pela responsabilidade do poder público sob o sistema:

- i. Solução coletiva de abastecimento de água sem rede de distribuição;
- ii. Solução individual para atendimento de domicilio residencial unifamiliar.

São exemplo dessas definições alternativas: fontes, poços comunitários, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical (HELLER e PÁDUA, 2006).

A principal função de um sistema de abastecimento de água é colocar na rede água potável à todas as famílias com um mesmo nível de qualidade de modo a garantir fornecimento canalizado de forma contínua, em quantidade, qualidade e pressão adequadas (TSUTIYA, 2006; HELLER e PÁDUA, 2006). Para o atendimento de tais requisitos os SAAs possuem unidades componentes que trabalham em conjunto (Figura 1).

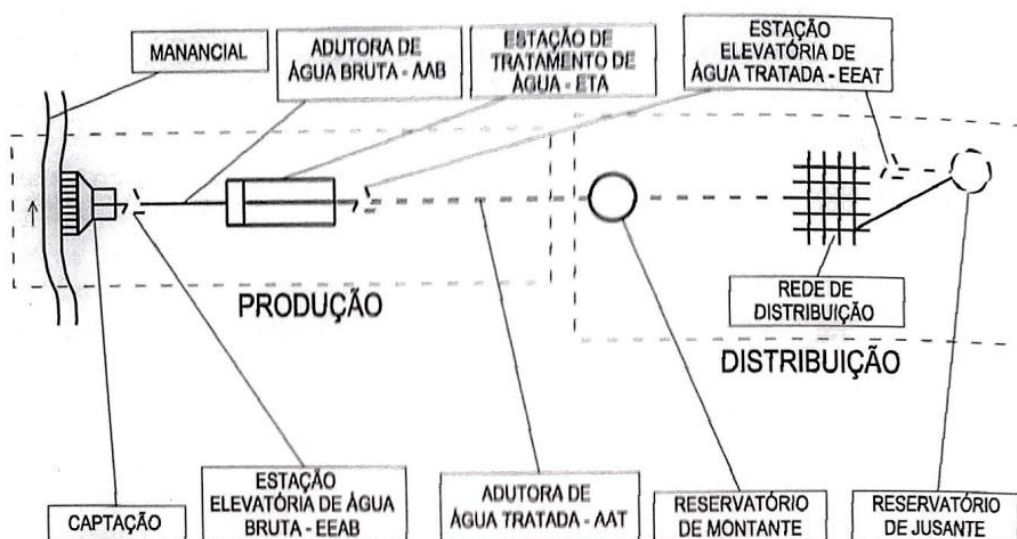


Figura 1 - Principais componentes de um SAA (Heller & Pádua, 2006)

Dentre os principais componentes e elementos a Rede de Distribuição é a parte mais dispendiosa de um SAA, é o equipamento que mais causa perdas e falhas e também o mais importante para que o abastecimento ocorra (HELLER e PÁDUA, 2006). Por se tratar de um elemento enterrado sua manutenção é por vezes negligenciada acarretando em projetos excessivamente conservadores (AWWA, 2004)

### **3.2 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

O estudo de concepção de qualquer SAA deve iniciar-se com uma avaliação prévia da área de estudo, caracterizando-a, avaliando a infraestrutura existente e avaliando as principais diretrizes de projeto que serão adotadas. No que tange à rede, o pré dimensionamento deve seguir esse estudo inicial e deve englobar ao menos os seguintes itens (TSUTIYA, 2006):

- i. Estudo de setorização;
- ii. Estudo de traçados da rede;
- iii. Pré-dimensionamento hidráulico-sanitário de tubulações principais;
- iv. Identificação de tubulações (definição do material);
- v. Identificação de travessias de rios, rodovias, ferrovias, faixas de servidão/desapropriação e de áreas de proteção ambiental.

A correta avaliação e detalhada documentação de tais itens é então utilizada de modo a fomentar a estimativa inicial de custos e análise das alternativas propostas. Essa avaliação precisa ser feita tendo em mente que a principal condicionante para a escolha de um SAA é em geral a questão econômico-financeira: custos do sistema compatíveis com a capacidade de pagamento dos beneficiários.

Por esse motivo, a maior parte dos esforços em geral concentram-se no desenvolvimento da Rede de Distribuição, responsável por até 76% do custo de um sistema convencional de abastecimento (TSUTIYA, 2006). O dimensionamento por essa ótica econômica em geral resulta em serviços melhores para aqueles com condições melhores e população pobre com serviço de segunda categoria (HELLER e PÁDUA, 2006).

Em vários estados, inclusive no Distrito Federal, é adotada a prática de faixas de consumo, nela os usuários mesmo que consumam um valor inferior àquele fixado para a primeira faixa são obrigados a pagar o mínimo referente ao consumo desse valor pré-fixado. Tal prática em nada incentiva o consumidor à redução do seu consumo de água uma vez que todo mês o mesmo

possui uma “*cota mínima*” independente do quanto consumir. Além disso o custo fixo pesa mais quanto menor a renda familiar média. Héller e Pádua (2006) apontam essa situação no Nordeste onde a relação tarifa/renda chega a 3,86%, valor mais de um ponto percentual acima daquele presente na região Centro-Oeste por exemplo.

Tal fato se verifica também na utilidade marginal decrescente da água, no início do seu uso a mesma possui grande utilidade que, uma vez exaurida pelas demandas basais indispensáveis – limpeza de louças, cozimento de alimentos, higiene pessoal, etc. – tornam os demais usos dispensáveis.

O consumo externo, portanto, possui uso dispensável para aqueles mais desfavorecidos devido ao esgotamento da sua utilidade marginal. Portanto políticas de aumento de preço – na estrutura tarifária de blocos – em geral resultam em forte inelasticidade para tais consumidores uma vez que não reduzem os usos básicos e indispensáveis (LEE e TANVERAKUL, 2015; MAKWIZA e JACOBS, 2016; MORGAN, 1973; ARBUÉS, VILLANÚA e BARBERÁN, 2010).

### 3.3 CONSUMO PER CAPITA

A previsão das demandas é atividade indispensável para o correto dimensionamento hidráulico das redes de abastecimento de água (ABNT, 2017). É informação importante para projeções de demanda, dimensionamento de sistemas de água e de esgotos além de manutenção e controle operacional (SNIS, 2015). Para tanto, é preciso avaliar o consumo e distribuição nas categorias residencial, comercial, pública e especial, além do consumo *per capita* “*q*” (TSUTIYA, 2006).

Esse conceito reflete o consumo médio de água por habitante em um dado período, requerido para satisfazer os consumos doméstico, comercial, público e industrial mais as perdas e sua determinação se dá pela Equação 01 (TSUTIYA, 2006; HELLER e PÁDUA, 2006).

$$q = \frac{V_c}{NE \cdot ND \cdot NH/L \cdot (1 - I)} = \frac{V_{md}}{P_h} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

$V_c$ : Volume consumido medido pelos hidrômetros (L);

$V_{md}$ : Volume médio diário consumido por uma dada população (L/dia);

$P_h$ : População (hab)

$I$ : Índice Total de Perdas;

$NE$ : Número de Economias;

$ND$ : Número de dias da medição pelos hidrômetros;

*NH/L*: Número médio de habitantes por economia.

É importante conceituar a diferença entre consumo efetivo *per capita* ( $q_e$ ) e consumo *per capita* ( $q$ ) sendo primordialmente a localização onde tais valores ocorrem. O consumo efetivo é aquele que fora faturado, consumido pelo usuário, já descontando as perdas associadas à distribuição. O consumo *per capita* é aquele macromedido nas ETAs e macromedidores das adutoras, associado ao volume distribuído *de facto* (Equação 02). As Tabela 1 e Tabela 2 apresentam recomendações de consumo *per capita* para projetos.

$$q = \frac{q_e}{1 - I} \quad (\text{Equação 02})$$

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em seu glossário define o consumo médio *per capita* (Indicador  $IN_{022}$ ) como a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial (SNIS, 2015). Seu cálculo é feito com base em indicadores previamente calculados conforme a Equação 03.

$$IN_{022} = \frac{(AG010 - AG019)}{AG001^*} \cdot \frac{1.000.000}{365} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

$IN_{022}$  : Consumo médio *per capita* (L/hab/dia);

$AG010$  : Volume de água tratada consumido (mil m<sup>3</sup>);

$AG019$  : Volume de água tratada exportado (mil m<sup>3</sup>)<sup>1</sup>;

$AG001^*$  : Média diária da população atendida com abastecimento de água em um ano (hab/dia).

---

<sup>1</sup> O volume de água tratada exportado corresponde ao envio de água para outro prestador de serviços ou para outro município do próprio prestador.

Tabela 1 - Consumo *per capita* médio para diferentes tipologias habitacionais (Adaptado - Norma Técnica da SABESP, 2002)

<b>Prédio (Primeira ligação)</b>	<b>Consumo (L/hab/dia)</b>
Alojamentos Provisórios	80
Apartamentos	200
Casas populares ou rurais	120
Residências	150
Residências de luxo	300

Tabela 2 - Consumo médio per capita, para populações providas de ligações domiciliares(Fernandes Neto, 2003 apud Barros et al., 1995)

<b>Cidades</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Consumo médio <i>per capita</i> (L/hab/dia)</b>
Menores	Até 5.000	100 a 150
Pequenas	5.000 a 25.000	150 a 200
Médias	25.000 a 100.000	200 a 250
Maiores	Acima de 100.000	250 a 300

### 3.4 ÍNDICE DE PERDAS

O índice de perdas ( $I$ ) é um indicador percentual definido pela relação entre o volume total perdido – perdas totais – e o volume fornecido pela operadora (Equação 05) (TSUTIYA, 2006). As perdas totais podem ser divididas em reais (ou físicas) e aparentes (ou não-físicas). As perdas reais são definidas como o volume produzido que não chega ao consumidor final e as perdas aparentes como o volume consumido mas não contabilizado pela operadora (ABNT, 2017).

$$VTP = p_T = p_r + p_a \quad (\text{Equação 04})$$

$$I = \frac{VTP}{VTF} \cdot 100\% \quad (\text{Equação 05})$$

Onde:

$I$  : Índice de Perdas (%);

$VTP$  : Volume total perdido (m<sup>3</sup>);

$VTF$  : Volume total fornecido (m<sup>3</sup>);

$p_T$  : Perdas totais (m<sup>3</sup>);

$p_r$  : Perdas reais (m<sup>3</sup>);

$p_a$  : Perdas aparentes (m<sup>3</sup>).

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) define o índice de perda de água na distribuição (Indicador IPA) como o valor percentual que caracteriza as ineficiências técnicas de um sistema de abastecimento de água. O indicador é obtido pela diferença entre o volume produzido “VP” e o utilizado “VU” dividido pelo volume produzido conforme a Equação 06 (PNCDA, 2003).

$$IPA = \frac{(VP - VU)}{VP} \cdot 100\% \quad (\text{Equação 06})$$

Onde o “VP” é o volume de água tratada disponibilizada para consumo medida na saída das ETAs ou unidades de tratamento simplificado. O “VU” a somatória dos volumes micromedido, estimado, recuperado (de ligações clandestinas e fraudes), operacional (desinfecção, testes), e especiais (bombeiros, suprimento social, etc.) (PNCDA, 2003).

No caso de projetos de SAA deve-se dimensionar a rede com um valor pré-fixado de índice de perdas como meta (HELLER e PÁDUA, 2006). A obtenção de tal valor deve ser resultante de metas de redução de perdas e planos de controle durante o horizonte de projeto (ABNT, 2017).

### 3.5 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE VAZÃO

Os coeficientes de variação de vazão são utilizados como forma de adequação da vazão de consumo às variações ao longo do ano e do dia. Considerando as mesmas ligações a relação entre o maior consumo diário no ano e o consumo médio diário no ano fornecem o coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ) enquanto a relação entre a maior vazão horária no dia e a vazão

média do dia fornecem o coeficiente da hora de maior consumo ( $k_2$ ), conforme a Equação 07 e a Equação 08, respectivamente. (ABNT, 1992):

$$k_1 = \frac{\text{maior consumo diário no ano}}{\text{consumo médio diário no ano}} \quad (\text{Equação 07})$$

$$k_2 = \frac{\text{máxima vazão horária no ano}}{\text{vazão média do dia de maior consumo}} \quad (\text{Equação 08})$$

Outra alternativa viável – muito utilizada para dimensionamento de redes internas – é a utilização de curvas de demanda com vazões de equipamentos individuais (categorizados com base no tipo de uso da edificação), sendo tal método por vezes a única alternativa viável devido à escassez de informações (SABESP, 2012; AWWA, 2004). É importante notar que a demanda de pico associada à hora de maior consumo para qualquer consumidor pode ser definida também como função do número e tipo de dispositivos presentes e a probabilidade dos mesmos serem operados simultaneamente (AWWA, 2004).

### 3.6 VAZÕES DE PROJETO

A vazão de projeto a ser considerada é função, dentre outras, das variáveis:

- i. Horizonte de projeto considerado;
- ii. População alvo;
- iii. Vazões pontuais associadas à grandes produtores;
- iv. Estrutura à ser dimensionada;
- v. Padrão de variação do consumo ao longo do tempo.

Cada parte de um SAA é dimensionado para uma determinada vazão de projeto, no caso das redes de distribuição o atendimento pleno se dá pelo correto funcionamento hidráulico das tubulações para a demanda desejada ao fim do horizonte de projeto com a vazão máxima horária ( $Q_h$ ) (ABNT, 2017), podendo ser calculada conforme a Equação 09.

$$Q_h = \frac{q \cdot P \cdot k_1 \cdot k_2}{86.400} + Q_{esp} \quad (\text{Equação 09})$$

Onde:

$Q_h$ : Vazão máxima horárias (L/s);

$q$ : Consumo *per capita* (L/hab/dia);



$P$  : População (hab);

$k_1$ : coeficiente do dia de maior consumo;

$k_2$  : coeficiente da hora de maior consumo;

$Q_{esp}$  : Somatório das vazões específicas de grandes consumidores (L/s).

### 3.7 MEDIDORES DE VAZÃO

São instrumentos indispensáveis à operação de qualquer sistema de abastecimento, seja ele público ou não. A medição da vazão proporciona o conhecimento das diversas variáveis envolvidas, fornecendo insumos para melhor operação, manutenção e otimização de toda a rede. De forma genérica os sistemas de medição de vazão englobam os sistemas de macromedição e de micromedição, abaixo descritos (PNCDA, 2003).

#### 3.7.1 Macromedidores

Macromedição é o conjunto de medições realizadas ao longo da rede de abastecimento, desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição (PNCDA, 2003). São medidores capazes de aferir vazões de grande porte. Sua importância decorre da necessidade constante de se conhecer a vazão circulando nos trechos da rede, na entrada e saída de reservatórios, chegando e saindo nas ETAs e ETEs.



Figura 2 - Macromedidores de Vazão Eletromagnéticos (OMEGA, 2017)

### 3.7.2 Micromedição

Micromedidor é o aparelho utilizado para aferição da quantidade de água consumida pelos usuários no ramal predial, servindo de base para cobrança e faturamento e usualmente chamado de hidrômetro. O aparelho permite o controle das perdas do sistema, possibilitando uma tarifa mais justa pelos serviços, além de servir – aliado às tarifas praticadas – como inibidor de consumo ao estimular a economia de água e redução de desperdícios (PNCDA, 2003; FERNANDES NETO, 2003).



Figura 3 - Hidrômetro multijato Classe B (Hidroluna, 2017)

A utilização desses medidores é de fundamental importância para políticas de controle de perdas e redução de desperdícios, para tanto é necessário o seu correto dimensionamento conforme recomendações e manuais técnicos. Os principais problemas associados à escolha inadequada dos hidrômetros são:

- Superdimensionamento: acarreta a submedição e conseqüente perda de faturamento;
- Subdimensionamento: provoca desgaste prematuro e conseqüentemente erros de medição, além de prejudicar o consumo adequado já que representa uma perda de carga localizada substancial

Vale notar que o superdimensionado em geral está associado à presença de caixa d'água domiciliar: as vazões que passam pelo hidrômetro são menores do que aquelas que realmente ocorrem no ponto de consumo interno devido ao amortecimento causado por tal equipamento. Tais vazões inferiores situam-se em faixas inferiores da curva de precisão do hidrômetro implicando em erros e perda de faturamento mais significativos (TSUTIYA, 2006).

### 3.8 A ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL

Localizado nas cabeceiras de três grandes bacias hidrográficas – Tocantins-Araguaia, Paraná e São Francisco – o Distrito Federal é o berço de grandes rios brasileiros, e justamente por isso sofre com baixa disponibilidade hídrica (ANA, 2005).

O crescente contingente populacional de mais de 3 milhões de habitante eleva cada vez mais o estresse sobre as principais fontes de água presentes na região. Atualmente consumindo em média 153,70 litros por dia, o habitante do DF é o 12º maior consumidor dentre as unidades da federação (Tabela 3).

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB atualmente é a responsável pela operação de três sistemas produtores integrados e dois sistemas isolados, além de diversos sistemas isolados presentes na região do entorno. As regiões abastecidas por cada sistema estão descritas na Tabela 4, enquanto na Figura 4 está ilustrada a situação espacial do abastecimento das regiões.

Tabela 3 - Consumo *per capita* dos Estados Brasileiros em Ordem Decrescente (SNIS, 2015)

Estado (ordem decrescente)	Consumo Per Capita (l/hab/dia)	Estado (ordem decrescente)	Consumo Per Capita (l/hab/dia)	Estado (ordem decrescente)	Consumo Per Capita (l/hab/dia)
1 - Rio de Janeiro	254,58	10 - São Paulo	159,17	19 - Tocantins	130,48
2 - Rondônia	179,11	11 - Mato Grosso do Sul	155,99	20 - Ceará	130,23
3 - Espírito Santo	178,58	<b>12 - Distrito Federal</b>	<b>153,70</b>	21 - Maranhão	125,12
4 - Amazonas	171,84	13 - Santa Catarina	148,84	22 - Sergipe	118,76
5 - Acre	169,11	14 - Minas Gerais	148,83	23 - Bahia	116,98
6 - Mato Grosso	163,46	15 - Pará	141,60	24 - Rio Grande do Norte	116,26
7 - Roraima	163,15	16- Paraná	138,39	25 - Paraíba	110,40
8 - Amapá	163,00	17 - Goiás	136,33	26 - Pernambuco	100,73
9 - Rio Grande do Sul	159,57	18 - Piauí	135,43	27 - Alagoas	98,59

Tabela 4 - Sistemas de Abastecimento Operados pela CAESB (ANA, 2010; CAESB, 2000)

Característica	Sistema Produtor	Principais Mananciais	Regiões Administrativas atendidas (RAs)	Total do Abastecimento em 2010 (%)
Integrados	Santa Maria/Torto	Barragem Santa Maria e Ribeirão do Torto	Brasília, Cruzeiro, Lago Norte, Itapoã, Jardim Botânico, Paranoá, Sudoeste/Octogonal, Varjão	20,70
	Descoberto	Barragem do Descoberto	Águas Claras, Brasília, Candangolândia, Ceilândia, Cruzeiro, Gama, Guará, Jardim Botânico, Lago Sul, Núcleo Bandeirante, Park Way, Recanto das Emas, Riacho Fundo I e II, Samambaia, SCIA, SIA, Sudoeste/Octogonal, Taguatinga, Vicente Pires, Município do Novo Gama (GO)	62,76
	Sobradinho / Planaltina	Rio Pípiripau e captações subterrâneas	Planaltina, Sobradinho e Sobradinho II	10,51
Isolados	Brazlândia	Captações Superficiais e subterrâneas	Brazlândia	1,76
	São Sebastião	Sistema de Poços	São Sebastião	3,01
	Isolados	Sistema de Poços	Cidade Ocidental, Novo Gama, Unai, Abadiânia, dentre outras cidades do Entorno	1,26

Em Brasília observa-se que devido a setorização urbanística imposta pelos planos diretores locais e pela Lei de Uso de Ocupação do Solo – LUOS (GDF, 2017) – acabaram por criar um grande movimento pendular populacional, segregando a cidade em um grande polo receptor na região do Plano Piloto e diversos polos distribuidores nas regiões administrativas adjacentes. Tal situação se torna evidente ao avaliar que mais de 47% do total de pessoas ocupadas estão nas Asas Norte e Sul (CODEPLAN, 2011).

A setorização urbanística no caso das Asas Norte e Sul possui ainda um segundo grau: as superquadras SQN (Superquadra Norte) e SQS (Superquadra Sul) são setores dentro de setores,

formando regiões com alto índice de setorização local e homogeneidade urbanística. Em estudo realizado em Melbourne, Austrália, Aitken *et al.* (1991 *apud* Wentz e Gober, 2007) concluíram que fatores ligados à setorização local explicavam o consumo residencial mais fortemente do que os efeitos relacionados ao tamanho do lote, rendimentos e padrões de consumo.

Tabela 5 - Dados Espaciais e Socioeconômicos das RAs do Distrito Federal em 2015 (IBGE, 2017; CODEPLAN, 2013)

<b>RA</b>	<b>Área</b>	<b>População</b>	<b>Per capita média mensal (R\$)</b>	<b>Gini</b>
Águas Claras	22,86	138.562	3.339,91	0,547
Brasília	449,83	210.067	5.559,75	0,427
Brazlândia	476,87	51.816	983,66	0,425
Candangolândia	6,63	15.641	1.460,98	0,445
Ceilândia	234,01	479.713	914,75	0,436
Cruzeiro	3,23	29.535	2.725,23	0,354
Fercal	118,77	8.288	625,64	0,402
Gama	275,63	134.111	1.396,93	0,462
Guará	25,15	133.171	2.683,23	0,427
Itapoã	26,53	67.238	702,38	0,462
Jardim Botânico	89,52	26.882	3.930,39	0,437
Lago Norte	65,54	36.394	4.736,75	0,450
Lago Sul	183,43	28.981	8.117,53	0,370
Núcleo Bandeirante	4,25	23.562	1.842,38	0,449
Paranoá	789,14	44.975	756,88	0,402
Park Way	76,92	19.803	5.207,54	0,438
Planaltina	1.538,67	190.495	933,80	0,477
Recanto das Emas	102,61	146.906	803,92	0,420
Riacho Fundo	23,83	40.098	1.624,19	0,457
Riacho Fundo II	32,26	51.709	930,37	0,419
Samambaia	101,26	258.457	914,61	0,402
Santa Maria	214,59	125.559	887,63	0,447
São Sebastião	357,31	99.525	966,96	0,341
SCIA-Estrutural	7,13	38.429	521,80	0,366
SIA	27,04	1.990	1.763,13	0,312
Sobradinho	201,77	62.763	1.775,79	0,475
Sobradinho II	223,26	100.683	1.732,52	0,514
Sudoeste/Octogonal	5,86	52.990	6.589,90	0,356
Taguatinga	80,57	207.045	1.998,14	0,442
Varjão	0,73	8.453	627,81	0,366
Vicente Pires	29,05	72.733	2.757,51	0,424
<b>Distrito Federal</b>	<b>5.795,22</b>	<b>2.906.574</b>	<b>1.652,97</b>	<b>0,468</b>

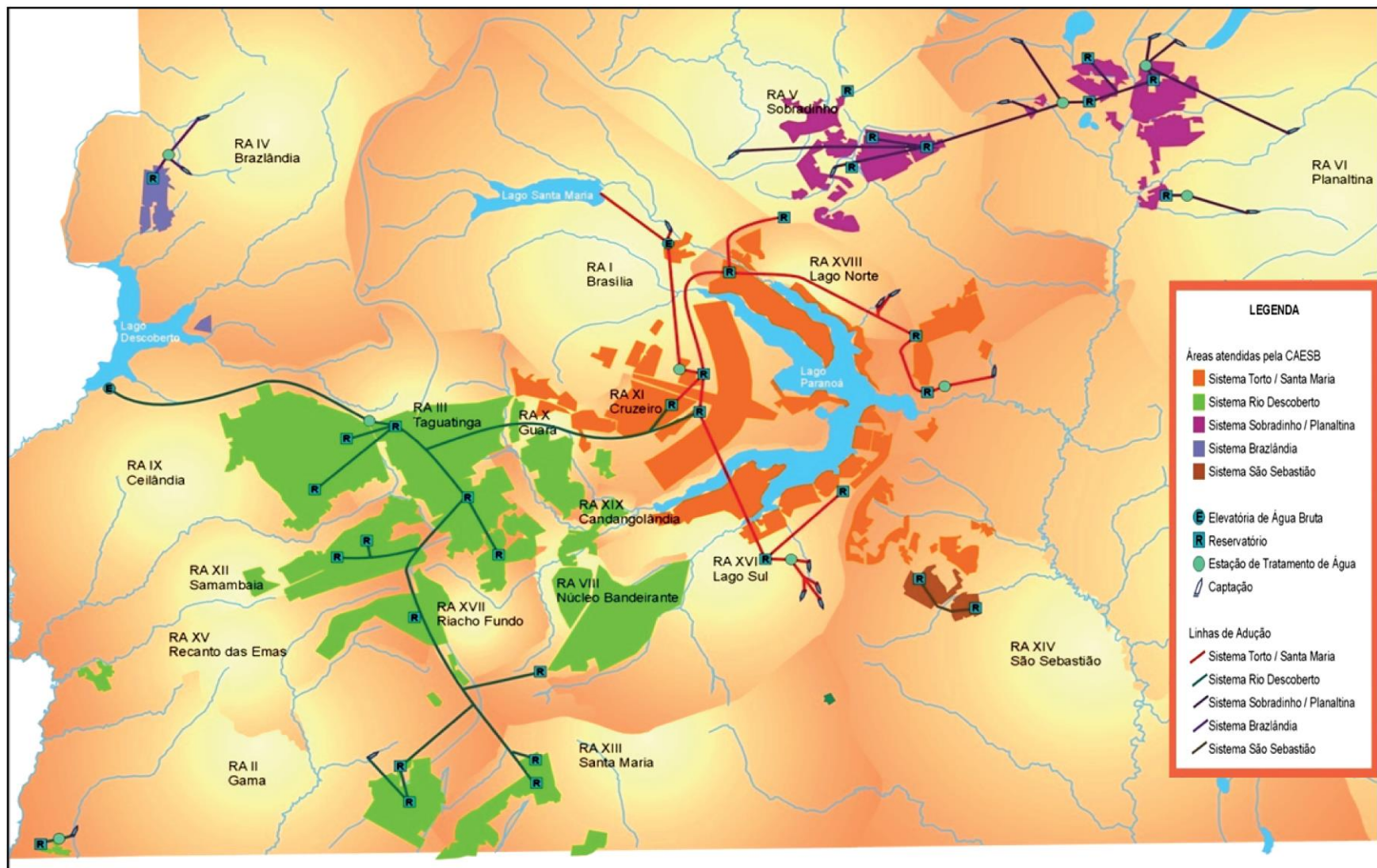


Figura 4 - Sistema Produtor de Água no Distrito Federal Para Atendimento Urbano (CAESB, 2014)

### **3.9 AVALIAÇÃO DOS FATORES INTERVENIENTES**

Com a discussão da nova Lei de Uso de Ocupação do Solo (LUOS) o DF inicia um novo caminho rumo ao desenvolvimento urbano sustentável ao impor medidas restritivas aos novos parcelamentos e medidas corretivas para aqueles atualmente irregulares.

Dentre as principais medidas a nova LUOS visa estabelecer o controle da altura das edificações de modo a proteger o ambiente urbano e preservar a paisagem (GDF, 2017). A conclusão do PDSB contribui ainda no sentido de guiar futuros estudos à pontos fundamentais além de orientar a aplicação de esforços e recursos de forma efetiva para o alcance das metas propostas.

Tais deliberações visam, principalmente, modificações estruturais na concepção urbana. A seguir serão apresentadas as principais questões a serem avaliadas no presente estudo do ponto de vista estrutural. São características e parâmetros que se mostraram intervenientes – em ao menos um estudo – no consumo de água e que serão avaliados para as regiões de interesse no DF.

No âmbito dessas premissas buscou-se avaliar por meio do PDAD – Domicílios (CODEPLAN, 2013) quais seriam as principais características das regiões pré-selecionadas e como esses fatores foram avaliados em outros estudos em relação a parâmetros censitários.

#### **3.9.1 Tipologias Habitacionais**

Um importante parâmetro de estudo no DF é a avaliação da influencia do tipo das edificações na demanda por água. Tal estudo se torna notório em Brasília devido à grande heterogeneidade topológica de acordo com as regulações impostas em cada Região Administrativa. A avaliação desse fator tem sua importância devido à redução da área verde *per capita*, ao aumento da densidade habitacional e redução dos usos múltiplos externos (GAGE e COOPER, 2015).

Tabela 6 - Principais Tipologias Habitacionais para RAs selecionadas (modificado - CODEPLAN, 2013)

Tipologia Habitacional	Asa Sul	Asa Norte	Lago Sul	Lago Norte	Águas Claras - Vertical	Sudoeste/Octog	Varjão	Estrutura I	Vicente Pires	FERCAL
<b>Casa</b>	8%	2%	99%	74%	2%	0%	69%	86%	92%	98%
<b>Barraco</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	13%	0%	1%
<b>Cômodo</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
<b>Kitnete</b>	4%	13%	0%	6%	2%	25%	8%	0%	2%	0%
<b>Flat</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Apartamento</b>	88%	84%	1%	20%	96%	75%	9%	0%	5%	0%
<b>Uso Misto</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%
<b>Outros</b>	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Predominante</b>	Apartamento	Apartamento	Casa	Casa	Apartamento	Apartamento	Casa	Casa	Casa	Casa

### 3.9.2 Porcentagem Não Edificada Do Lote

Jardins e áreas gramadas em lotes são responsáveis pela elevação do consumo externo de água pois a presença dos mesmos está associada a usos constantes e periódicos de volumes consideráveis de água. A avaliação desse fator no presente estudo tem importância no fato de remover a influência do tamanho do lote e considerar apenas sua contribuição da área gramada (GAGE e COOPER, 2015).

No entanto é preciso distinguir a influência associada à correlação existente – devido à limitações na porcentagem de área construída em determinadas RAs – entre o tamanho do lote e a sua porcentagem de área permeável. Tal distinção será feita pela avaliação conjunta entre o tamanho do lote, as tipologias habitacionais e a porcentagem da área não edificada.

Embora de difícil avaliação devido à grande abundância tipológica de cobertura do solo e organização do meio associados a dificuldade de obtenção de imagens de satélite com a precisão necessária, as avaliações desse gênero sempre foram muito limitadas e simplistas (GAGE e COOPER, 2015).

Diversos estudos apontam no entanto que a correlação existente entre o tamanho da área externa e o consumo de água é positiva (HOUSE-PETERS e PRATT, 2010; GAGE e COOPER, 2015). Estimativas da ONG Water Footprint Calculator colocam o consumo de água para irrigação de jardins como o principal responsável pelo consumo residencial externo de água, sendo por vezes responsável por até 80% desse consumo. Irrigar uma área de 100 m<sup>2</sup> com pouco mais de um centímetro de água consome até 1.000 litros de água (WFC, 2017). Já autores nacionais quantificaram o valor para jardins públicos obtendo valores próximos a 1,5 L/unidade/dia/m<sup>2</sup> (YASSUDA e NOGAMI, 1976).



### 3.9.3 Quantidade de Piscinas

Em cidades mais quentes e secas, como é o caso de Brasília, a maior porcentagem do uso de água durante os meses mais quentes do ano é devido ao uso externo de água (AWWARF, 1999). Dentre esses usos o consumo necessário para a manutenção de piscinas é alto e com periodicidade muitas vezes diária. Uma única piscina descoberta sendo abastecida diariamente para compensar a evaporação pode totalizar até 15.000 litros por mês à depender da área da mesma e sua altura de evaporação (LRM, 2010). O valor aproximado de 3.785 litros tem sido divulgado como o equivalente para piscinas de tamanho médio pela SABESP, ressaltando que a cobertura da mesma ajuda em reduzir tais valores em até 90% (SABESP, 2007).

No DF diversas RAs são reconhecidas pela grande densidade de piscinas por habitante constatada por vistas aéreas da cidade. Em avaliação mais metódica foi possível constatar que em certas RAs a regra é ter piscinas: No Lago Sul e em Águas Claras (Vertical) mais da metade das casas e apartamentos possuem piscina enquanto no Sudoeste/Octogonal e no Plano Piloto apenas uma minoria dispõe dessa estrutura (Tabela 7).

Tabela 7 - Quantidade de Piscinas Individuais ou do Condomínio para RAs Seleccionadas (modificado - CODEPLAN, 2013)

Piscinas	Asa Sul	Asa Norte	Lago Sul	Lago Norte	Águas Claras - Vertical	Sudoeste/Octogonal	Varjão	Estrutural	Vicente Pires	Fercal
0	99%	97%	27%	56%	49%	89%	100%	100%	87%	100%
1	1%	2%	72%	44%	44%	9%	0%	0%	13%	0%
2	0%	0%	0%	0%	6%	2%	0%	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>1 ou Mais</b>	1%	3%	73%	44%	51%	11%	0%	0%	13%	0%

A utilização de tal fator será utilizada principalmente como filtro para a avaliação do tamanho do lote. Sua avaliação será feita principalmente pela determinação geoespacial da área total de piscinas por setor censitário naquelas regiões onde for detectado sua relevância .

### 3.9.4 Tamanho Do Lote

O consumo de água é comumente medido como uma relação *per capita* logo residências unifamiliares com mais de um ocupante devem consumir mais água. Como existe também uma

necessidade maior de espaço, mais habitantes implica em área maior construída. Logo pode-se estabelecer uma relação lógica de dependência entre o tamanho do lote e consumo de água.

No entanto tal relação não varia linearmente como se esperaria pois estudos apontam que quanto maior o número de habitantes em uma residência, menor é o índice de consumo *per capita*: tal fato se verifica resultante de economias nos usos coletivos da água como por exemplo irrigação, limpeza externa e de louças, piscinas, dentre outros (SANT'ANA, 2011).

Desse modo pode-se relacionar tal correlação com o tamanho do lote: lotes maiores estão associados a uma maior quantidade de indivíduos logo a relação entre tamanho do lote e consumo *per capita* deve ser inversamente proporcional dentro de regiões homogêneas ao se dispensar os efeitos decorrentes da renda sob o tamanho do lote (ARBUÉS, VILLANÚA e BARBERÁN, 2010).

Tabela 8 – Distribuição do Tamanho dos Lotes para RAs selecionadas (modificado - CODEPLAN, 2013)

Tamanho do Lote (m2)	Asa Sul	Asa Norte	Lago Sul	Lago Norte	Águas Claras - Vertical	Sudoeste/ Octog	Varjão	Estrutura I	Vicente Pires	Fercal
<b>Até 20</b>	0%	0%	1%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	0%
<b>21 a 40</b>	4%	14%	1%	8%	2%	23%	14%	16%	2%	6%
<b>41 a 60</b>	7%	14%	1%	17%	11%	12%	42%	38%	10%	20%
<b>61 a 90</b>	24%	25%	3%	10%	35%	24%	34%	38%	19%	48%
<b>91 a 150</b>	47%	39%	11%	12%	40%	27%	6%	8%	35%	22%
<b>151 a 250</b>	16%	8%	19%	11%	9%	9%	1%	0%	22%	3%
<b>Acima de 250</b>	2%	0%	66%	40%	3%	5%	0%	0%	12%	0%
<b>1o Maior</b>	91 a 150	91 a 150	Acima de 250	Acima de 250	91 a 150	91 a 150	41 a 60m2	41 a 60	91 a 150	61 a 90
<b>2o Maior</b>	61 a 90	61 a 90	151 a 250	41 a 60	61 a 90	61 a 90	61 a 90	61 a 90	151 a 250	91 a 150

### 3.9.5 Temperatura

Situada no Brasil Central em região com clima semi-úmido Brasília conta em média com 4 a 5 meses secos ao longo do ano (IBGE, 2003). Tal cenário torna a variação e amplitude térmicas muito pronunciadas ao longo dos doze meses, influenciando também o regime de chuvas da região que conta com os meses 3 meses que no acumulado médio não somam mais que 34mm e temperatura máxima média entre 25 e 28 graus conforme pode ser observado no climograma da Figura 5.

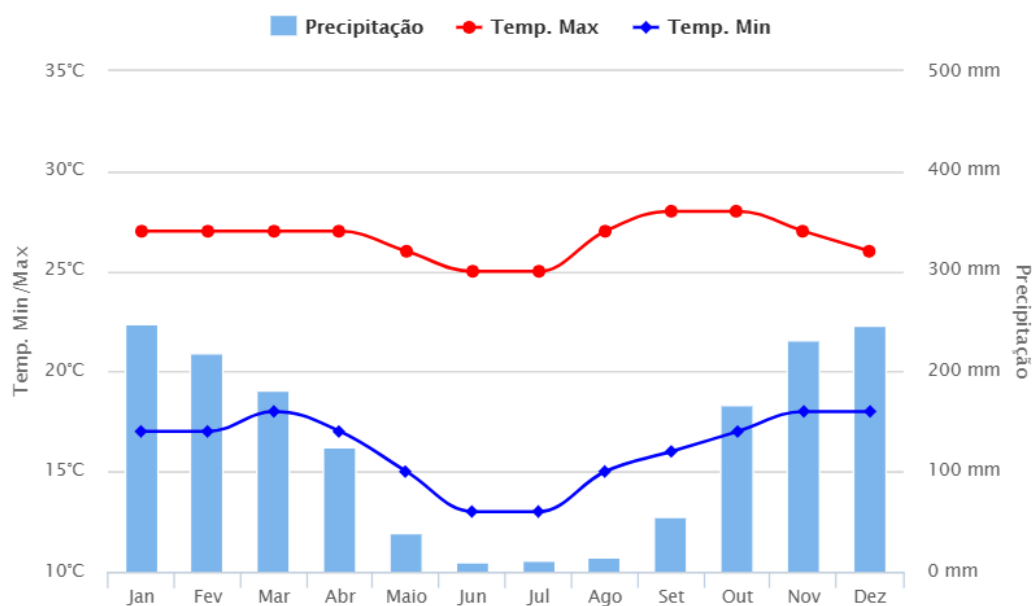


Figura 5 - Climograma de Brasília (CLIMATEMPO, 2017)

Diante desse cenário a avaliação do consumo de água torna-se evidente tendo em vista as duas estações *de facto* existentes e claramente segregadas. Embora existam estudos conclusivos a respeito do efeito da amplitude climática e da temperatura ao longo do dia afetando o consumo de água (HOFFMANN, WORTHINGTON e HIGGS, 2006), diversos outros apontam uma influência maior na variação da demanda causada pelas mudanças sazonais de temperatura (Zhou *et al.*, 2001 *apud* Fernandes Neto, 2003; Morgan, 1974; Wong, 1972).

Com a vazão macromedida total e por setores de abastecimento será possível obter correlações entre o volume consumido e a temperatura normalizada ao longo dos meses e através das estações do ano conforme detalhado na metodologia adotada.

### 3.10 ESTUDO DAS CONDIÇÕES ATUAIS

De modo a conferir uma análise objetiva que propicie insumos para um estudo de causa e consequência entre diferentes condicionantes socioeconômicas e espaciais com a demanda associada às mesmas, foram elencadas três óticas de avaliação das regiões administrativas, conforme os princípios anunciados a seguir.

#### 3.10.1 Diferenciação Espacial

Tendo em vista a setorização urbanística explicitada no item 3.8 que promove a distinção das RAs em tipologias habitacionais homogêneas. Buscou-se por meio da ótica da diferenciação

espacial das regiões selecionar representantes com tipologias predominantes e aquelas associadas à alta verticalização e elevados índices demográficos.

Vale notar que Brasília sofre com os efeitos da exclusão sócio-espacial gerada pelo seu crescimento. Essa crise urbana tem se acentuado progressivamente pelo processo de gentrificação de regiões cada vez mais distantes do seu centro (PAVIANI, 2003). Tal processo torna inconcebível a distinção entre exclusão social e econômica por sua vez inviabilizando a avaliação quanto a influencia individual desses fatores no abastecimento de água (HELLER e PÁDUA, 2006).

### **3.10.2 Ótica Econômica**

Apesar de em muitas circunstâncias a distinção entre localização e poder aquisitivo ser facilmente definida com base em outros fatores, Brasília possui enclaves que se diferenciam das regiões limdeiras tanto no espectro de alto quanto de baixo poder aquisitivo. Essa distinção parte da premissa básica que quanto maior o rendimento médio doméstico, maior a quantidade de equipamentos que consomem água no domicílio. Permitindo avaliar mais facilmente os efeitos da disparidade de renda na demanda por água.

Vale notar aqui dois fatores divergentes quanto ao consumo de água em relação à renda média habitacional: Se por um lado o rendimento acaba por propiciar lotes maiores e com mais áreas verdes consequentemente consumindo mais água (AGTHE e BILLINGS, 1987), por outro lado ela também está relacionada com um nível educacional maior, sendo responsável por uma preocupação mais elevada com medidas de redução de consumo e prevenção de perdas (CHEN e ZHANG, 2012).

### **3.10.3 Questão Socioambiental**

O avanço da urbanização nos últimos 30 anos em Brasília tem tornado cada vez mais comum a criação de núcleos de pobreza em várias regiões do DF conforme a população cresce (PAVIANI, 2003). A falta de políticas de crescimento populacional e de controle da expansão territorial fazem surgir regiões sem planejamento ou infraestrutura adequados, como FERCAL, Sol Nascente e Estrutural. Na Figura 6 estão resumidos os quesitos para a seleção de regiões para o presente estudo.

## Especificidades

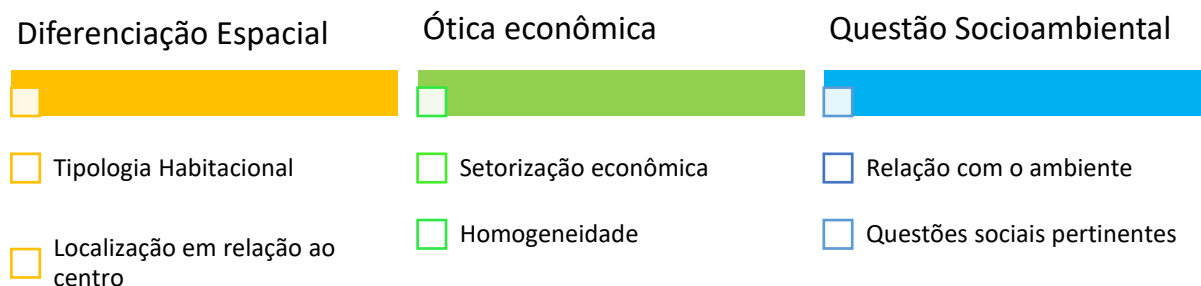


Figura 6 - Requisitos Necessários com Base nas Avaliações Socioeconômicas

Dez regiões administrativas foram escolhidas de modo a avaliar as óticas anteriormente elencadas, a correta delimitação de regiões internas como a de Águas Claras Vertical e o desmembramento das Asas Norte e Sul forneceram insumos iniciais para o processo de regionalização das bases de dados. As informações resumidas das regiões conforme a avaliação anteriormente descrita está apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Regiões Seleccionadas quanto ao atendimento dos requisitos necessários

RA	Especificidades
<b>Asa Norte e Asa Sul</b>	Região central do DF, habitacionalmente homogênea e região já consolidada socialmente (CODEPLAN, 2015).
<b>Lago Sul e Lago Norte</b>	Tipologias habitacionais singulares e elevado padrão social e econômico (CODEPLAN, 2015). São regiões com uma das maiores demandas de água do DF (CAESB, 2010).
<b>Águas Claras - Vertical</b>	Possui tipologia habitacional singular aliado a uma classe sócio-econômica de alto padrão. Altas densidades e índice de verticalização (CODEPLAN, 2015).
<b>Sudoeste/Octogonal</b>	Habitacionalmente homogênea e consolidada, distingue-se do Plano Piloto por ser predominantemente residencial, recebendo comparativamente pouca migração pendular (CODEPLAN, 2015).
<b>Estrutural</b>	Retrata bem o estrato econômico mais desfavorecido no DF. Embora possua baixa representatividade em área, a sua relação de vizinhança com o Parque Nacional confere a ela uma condição particular de interesse social e ambiental (GREENTEC, 2012).
<b>Varjão</b>	Região rodeada por setores com padrão muito mais elevado (CODEPLAN, 2015), possibilita uma avaliação comparativa entre o fator econômico e o consumo em uma mesma região.
<b>Vicente Pires</b>	É a mais recente dentre as regiões administrativas, está na sua primeira década de existência e enfrenta problemas de infraestrutura de saneamento (CAESB, 2010, p. 169).
<b>FERCAL</b>	RA com graves problemas estruturais (CAESB, 2010, p. 169), localizada a mais de 30km da região central e entre as mais pobres do DF (CODEPLAN, 2015).

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 DESCRIÇÃO**

A metodologia adotada consiste em um processo avaliativo separado em quatro grandes grupos, sendo cada um deles representado por uma cor na Figura 7 e explicitados no item 4.1.1.

O processo metodológico adotado para o presente estudo buscou alinhar os tópicos abordados na revisão bibliográfica e o procedimento a ser adotado para seleção das regiões de estudo (item 4.2) de modo a obter as correlações necessárias entre os parâmetros censitários e os parâmetros de rede.

O processo geral evidencia a avaliação de dois conjuntos de variáveis: Parâmetros da Rede e Parâmetros Censitários com o intuito de obter correlações para as Regiões Seleccionadas. O processo de escolha dessas regiões não encontra-se descrito na figura pois constitui-se de processo distinto e independente à ser avaliado no item 4.2 desse capítulo. A seguir são apresentadas as descrições das etapas.

#### **4.1.1 Etapas de Cálculo**

##### **a) Cálculo dos Parâmetros Censitários (Verde)**

Nessa etapa os dados relativos às pesquisas censitárias do PDAD (CODEPLAN, 2015) e PNAD (IBGE, 2015) foram georreferenciados e elaborados de modo a produzir os parâmetros censitários das regiões estudadas.

##### **b) Cálculo dos Parâmetros da Rede (Azul)**

Essa etapa utilizou as curvas de vazão de saída dos reservatórios fornecidos pela CAESB para o cálculo dos parâmetros da rede das regiões estudadas.

##### **c) Compatibilização e Pré-Processamento (Vermelho)**

Nessa etapa serão compatibilizados os índices que resumem as curvas dos reservatórios com os fatores que definem as regiões abastecidas com o intuito de tornar o processo de avaliação das correlações mais direto e objetivo.

##### **d) Análises e Correlações (Preto)**

Nessa etapa serão utilizados os dados que foram preparados na etapa anterior para a confecção de gráficos de dispersão comparativos e posterior avaliação dos resultados sob condicionantes estatísticas.

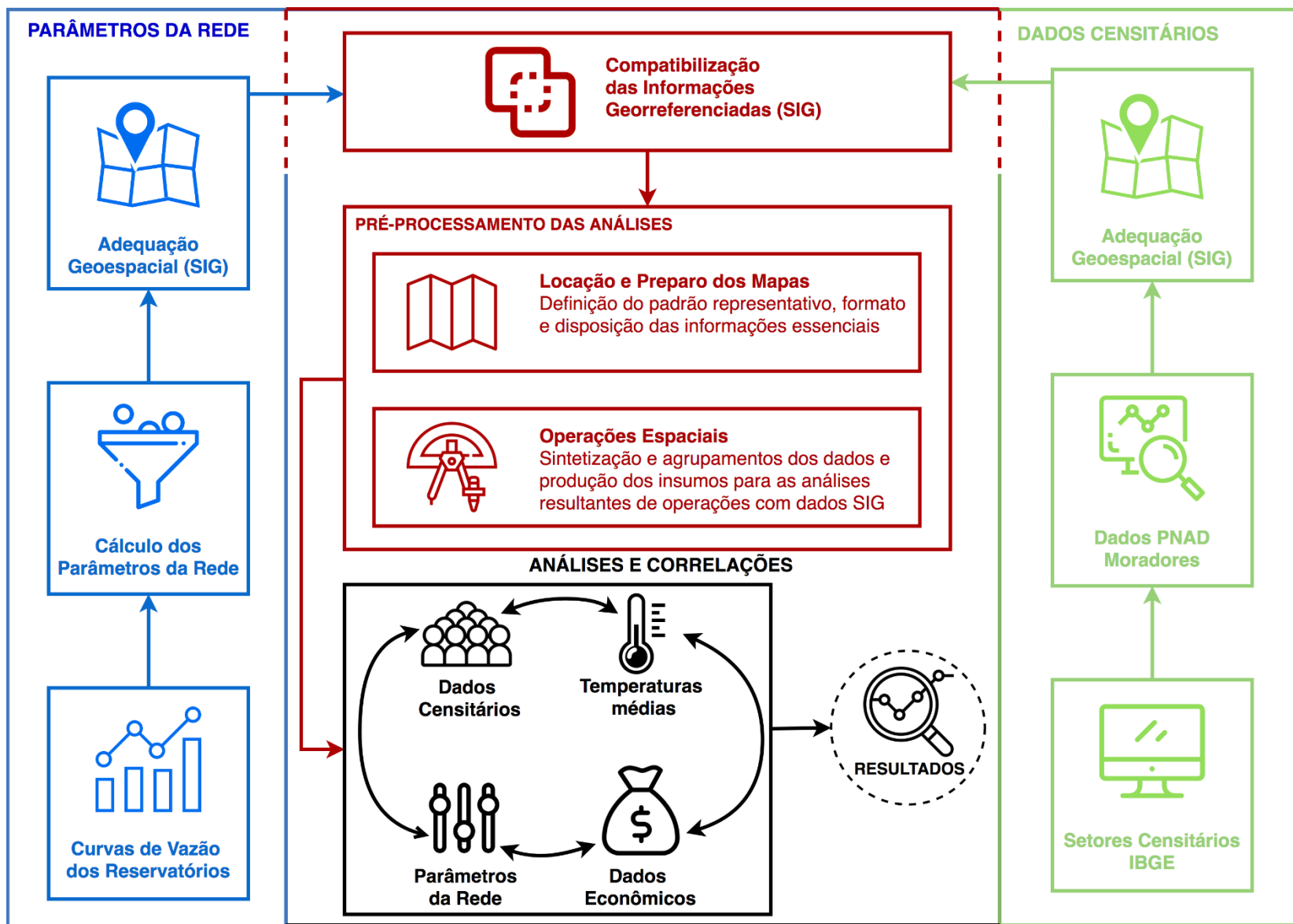


Figura 7 - Representação Esquemática da Metodologia Adotada



## **4.2 METODOLOGIA DE ESCOLHA DOS RESERVATÓRIOS**

A determinação concisa da área e escopo do estudo perpassam sobretudo a definição objetiva e inequívoca das regiões abastecidas bem como da confiabilidade e regularidade dos dados de vazão dos reservatórios a serem estudados. Tais características são desejáveis para prover uma base sólida às análises que serão desenvolvidas.

O processo de seleção dos reservatórios se baseou em uma metodologia linear qualitativa, ou seja, foi feito com base em características desejáveis àqueles objetos que seriam pré-escolhidos. A linearidade foi alcançada por meio da seleção e peneiramento por sucessivos filtros de modo que os escolhidos não só satisfizessem todas as premissas como também fossem os mais aptos.

Na Figura 8 apresenta-se a metodologia utilizada no processo de escolha dos reservatórios. É importante ressaltar que todo o processo é permeado por diversas incertezas inerentes à cada sistema, por isso as verificações e supervisão junto à CAESB possuem grande importância e foram o último passo na determinação final dos reservatórios. A seguir são apresentados em detalhes os filtros utilizados na escolha dos reservatórios.

### **4.2.1 Filtro 1 – Temporal**

O primeiro filtro diz respeito a homogeneização dos dados em espaço temporal uniforme e conciso, a utilização de dados que não estivessem em um mesmo período levaria a inconsistências na avaliação de formas que dificilmente podem ser corrigidas.

De modo geral optou-se por trabalhar com dados que estivessem relativamente próximos aos dos dados censitários utilizados – o PDAD utilizado foi o de 2015 – e que não abrangesse o período da crise hídrica devido à alteração nos padrões de consumo durante o período de forma diferencial nas diversas regiões de estudo.

O período escolhido para a avaliação foi aquele que compreende os dias 1º de janeiro à 31 de dezembro de 2016 por preencher os requisitos necessários outrora mencionados além de garantir um aumento na quantidade de informações disponíveis devido a ausência de medidores em determinados reservatórios nos anos anteriores.

### **4.2.2 Filtro 2 – Capacidade de Abastecimento**

De modo a aumentar a homogeneidade das regiões abastecidas optou-se por trabalhar com reservatórios de pequeno e médio porte. Tal premissa propicia ainda uma redução na

variabilidade das tipologias dentro das áreas de estudo, aumentando a padronização entre as regiões de estudo, de modo que se consiga manter as regiões dentro de um determinado nível de controle estatístico quanto às diferentes variáveis que a definem.

#### **4.2.3 Filtro 3 – Homogeneidade Econômica**

O principal fator e que deve levar a discrepâncias mais significativas nas correlações é a renda, enquanto uma diferença estatisticamente limitada é um atributo desejável *entre* as diversas áreas escolhidas, uma diferença interna ou externa muito grande pode distorcer outras avaliações e tornar sua correção impossível.

Como toda a região distribuída será tratada como uma única entidade com uma renda média per capita decorrente da média ponderada dentre as regiões, é importante que as rendas *dentro* da região abastecida sejam também homogêneas. Tal filtro é essencialmente excludente e portanto fora abrandado e relativizado de modo a não excluir regiões que falhem exclusivamente nesse critério devido a *regiões outliers*.

A principal aplicação do filtro na sua nuance classificatória foi a escolha de regiões com rendas distintas entre si – até certo limite – e, dentro das condicionantes apresentadas acima, com razoável homogeneidade interna.

#### **4.2.4 Filtro 4 – Desagregação Tipológica**

Como forma de garantir uma amostragem geral representativa de diferentes condições de distribuição populacional, buscou-se abranger todos os tipos de tipologias habitacionais existentes no DF. Dessa forma, tal filtro foi essencialmente verificativo, não tendo caráter eliminatório.

A escolha foi pautada ainda na adequação aos filtros anteriores, de modo que regiões internamente heterogêneas não foram priorizadas na escolha.

#### **4.2.5 Filtro 5 – Restrição Espacial**

De modo a garantir a unicidade da região abastecida e isolamento quanto à outras fontes de abastecimento a seleção visou escolher reservatórios que abasteciam regiões isoladas. Dessa forma todos os sistemas de abastecimento escolhidos contam apenas com um reservatório e uma região abastecida bem delimitada.

Dessa forma, foram desclassificadas regiões muito complexas com grau significativo de incertezas e reservatórios que abastecessem áreas muito extensas pelo mesmo motivo. O filtro apesar de eliminatório, tornou-se útil por selecionar sistemas mais simples que reduzissem as redundâncias e incertezas decorrentes da escolha de regiões com mais de um reservatório.

#### **4.2.6 Verificações e Adequação Final**

A etapa final do processo foi alimentada pelos filtros anteriormente descritos e informações dos reservatórios contidas no SIAGUA (CAESB, 2014) e ajudaram a pré-selecionar 27 reservatórios. Essa etapa final foi realizada de forma segmentada e contou com a supervisão e orientação da equipe técnica de operação dos sistemas da empresa concessionária.

Como etapa inicial da escolha definitiva dos reservatórios, reavaliaram-se os filtros utilizados com uma maior restrição de modo a remover principalmente regiões mais heterogêneas do que as já pré-selecionadas. Essa etapa foi principalmente uma revisão comparativa entre os escolhidos.

Em seguida avaliaram-se questões pontuais concernentes à cada reservatório conforme apontado pelo pessoal técnico operacional da empresa. Tal processo foi fundamentalmente eliminatório e visou remover principalmente aqueles reservatórios e regiões que apresentam um ou mais dos itens a seguir:

- i. Reservatórios com reversão do fluxo em determinados períodos;
- ii. Reservatórios de interligação ou que são alimentados por outros reservatórios;
- iii. Reservatórios sem medidores de vazão de saída ou com medidores sem dados consistentes;
- iv. Regiões com índices de perda muito variáveis ou desconhecidos.

Desse modo o processo metodológico apresentado resultou na escolha de 7 reservatórios que atendessem rigorosamente aos filtros temporal, econômico, tipológico, espacial e estivesse adequado ao estudo. Tais reservatórios e suas características são apresentadas no item 4.2.7 e o resumo da metodologia de escolha dos reservatórios está apresentada na Figura 8.



Figura 8 - Resumo da Metodologia adotada para Escolha dos Reservatórios

#### 4.2.7 Reservatórios Escolhidos

Seguindo o processo metodológico apresentado resultou na escolha de 7 reservatórios que atendessem rigorosamente aos filtros temporal, econômico, tipológico, espacial e estivesse adequado ao estudo. Tais reservatórios e suas características são apresentadas na Tabela 10 onde estão elencadas as informações básicas dos reservatórios como a sua RA, o período de disponibilidade de dados e a sua capacidade máxima.

Tabela 10 - Informações Gerais dos Reservatórios e Medidores Estudados

<b>Código do Reservatório</b>	<b>Regiões Administrativas</b>	<b>Disponibilidade de Dados</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
RAP.BRZ.001	IV – Brazlândia	01/01/2016 – 31/12/2016	3,000
RAP.STG.001	XIII – Santa Maria	01/01/2016 – 31/12/2016	1,400
RAP.PRN.002	XVIII – Lago Norte, XXVIII – Itapoã, VII – Paranoá	01/01/2016 – 31/12/2016	7,500
RAP.LSL.002	XIV – São Sebastião, XXVII – Jardim Botânico	01/01/2016 – 31/12/2016	5,000
RAP.PWY.001	XXIV – Park Way	01/01/2016 – 31/12/2016	3,000
RAP.SAM.002	XII – Samambaia	01/01/2016 – 31/12/2016	7,000
RAP.SSB.001	XIV – São Sebastião, XXVII – Jardim Botânico	01/01/2016 – 31/12/2016	4,000

No apêndice A são apresentados os mapas das regiões abastecidas pelos reservatórios, neles estão apresentados os setores censitários que compõem as regiões além de uma imagem aérea para uma melhor representação da região de estudo. O resumo das quadras e setores abrangidos pelas regiões está exposto a seguir na Tabela 11.

Tabela 11 - Regiões e Setores componentes de cada Região de Estudo

<b>Código do Reservatório</b>	<b>Quadras e Setores</b>
RAP.BRZ.001	Toda a área urbana
RAP.STG.001	Residencial Santos Dumont
RAP.PRN.002	Toda área urbana de Paranoá e Itapoã
RAP.LSL.002	Jardim Botânico III, Jardim Botânico VI, Quintas do Sol, Quintas Bela Vista, Quintas Interlagos, Jardins do Lago Quadra 09, Morada de Deus, Quatro Estações, Máximo Gardem, Belvedere Green, Chácaras Itaipú, Quintas Itaipú, Jardim da Serra, Ouro Vermelho I e II
RAP.PWY.001	Quadras de 07 a 14 (exceto Qd.8 cj 5) Quadras de 26 a 29 e Aeroporto
RAP.SAM.002	Quadras ímpares de 100 a 500, 401 (baixo), 403 (baixo), 405, 407, 409, 601 a 616
RAP.SSB.001	Bairros: Oeste, Morro Azul, Vila do Boa, São Bartolomeu, Tradicional, Centro, João Cândido, São Gabriel e Bonsucesso

## **5 RESULTADOS OBTIDOS E PARÂMETROS CALCULADOS**

### **5.1 ESCOPO DOS RESULTADOS**

As premissas que embasam as pesquisas, aqui empreendidas, a serem desenvolvidas essencialmente com coleta de dados e bibliografia, almejam estabelecer as diretrizes básicas para uma metodologia de compilação e análise de dados, onde identificam-se os principais fatores intervenientes na demanda de água para os usos múltiplos estipulados pelas diretrizes nacionais e distritais.

Apesar do presente estudo basear-se em dados relativos ao DF, a metodologia a ser empregada para compilação e análise de dados, poderá ser utilizada como um modelo para outras regiões, desde que adequado à realidade econômico-financeira, distribuição espacial, e, principalmente, a fidelidade do modelo de compilação das informações disponibilizadas.

No âmbito dos objetivos dos relatórios anuais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2015, p. 2), constam o “conhecimento e avaliação do setor saneamento” com vistas ao “aperfeiçoamento da gestão” e “orientação da aplicação de recursos” como metas nacionais. Só é possível alcançá-las, no entanto, com a correta avaliação dos fatores intervenientes, o que também significa, aferir o peso de sua contribuição na demanda por água e produção de esgoto.

Dessa forma, o objetivo principal dessa seção é a produção de dados que possam ser utilizados em correlações diretas e avaliações comparativas entre os diversos parâmetros. Para isso os parâmetros principais serão índices que resumem dados socioeconômicos e parâmetros relacionados à curva de vazão de saída do reservatório.

### **5.2 CÁLCULO DOS PARÂMETROS CENSITÁRIOS**

O processo de preparo dos parâmetros censitários se dará seguindo procedimentos padrões de agregação geoespacial dos dados e, quando necessário também serão realizados procedimentos algébricos para cômputo do parâmetros ponderados para cada região. Os parâmetros a serem utilizados para realização das correlações serão a Densidade Populacional, Renda Média per Capita (RMPC) e Área Média de Piscinas (AMP).

### **5.2.1 Procedimento Geral de Cálculo**

As informações utilizadas para compor o perfil censitário das regiões fora obtido de diferentes fontes. Enquanto as principais informações relativas a renda, população e área foram obtidas junto à CODEPLAN aquelas referentes às áreas e localização das piscinas foram obtidas junto à SEGETH.

Dada a diversidade de formatos e formas de apresentação dos diferentes dados obtidos, além do elevado volume envolvido, para cada dado sintetizado fora adotado um procedimento distinto de compatibilização dos dados. O processo apesar de ter sido otimizado para as fontes de dados dos respectivos órgãos que as forneceram são replicáveis para quaisquer dados que sejam fornecidos nos mesmos formatos desde que seja feito um condicionamento dos dados.

Nos itens a seguir serão descritos os procedimentos utilizados para cálculo dos parâmetros censitários das regiões de estudo, serão apresentados também os resultados obtidos e o produto final a ser utilizado para compatibilização com os parâmetros da rede.

### **5.2.2 Densidade e População**

Quanto à obtenção dos dados, a população foi coletada da sinopse por setores censitários realizada pelo IBGE (2010), essa informação foi agregada ao modelo produzido pela CODEPLAN contendo os setores censitários do Distrito Federal. O parâmetro utilizado para representar a população foi a variável V014 – População Residente presente na sinopse do IBGE.

A informação relativa a área do setor censitário foi obtida do próprio cálculo de área do arquivo shapefile em sistema de coordenadas projetadas SIRGAS 2000. Com essas duas informações no modelo foi possível criar o *shapefile* com a base censitária (*shapefile* BASE-CENSITÁRIA-PDAD) arquivo que serviu de base para realização das operações geoespaciais.

Utilizando o *shapefile* da base censitária em conjunto com o arquivo base das regiões abastecidas (*shapefile* BASE-REGIOES) foi possível realizar o cálculo da população residente nas regiões abastecidas. A população de cada região foi obtida pela média ponderada das populações pela áreas que ocupavam da região abastecida. A densidade populacional das regiões foi calculada fazendo a razão entre a população residente e a área total abastecida.



A Figura 9 a seguir sintetiza o procedimento adotado para cálculo das populações residentes e densidade média das regiões, no fluxograma estão representadas as bases utilizadas e as operações utilizadas no âmbito do software ESRI ArcMap 10.4.1.

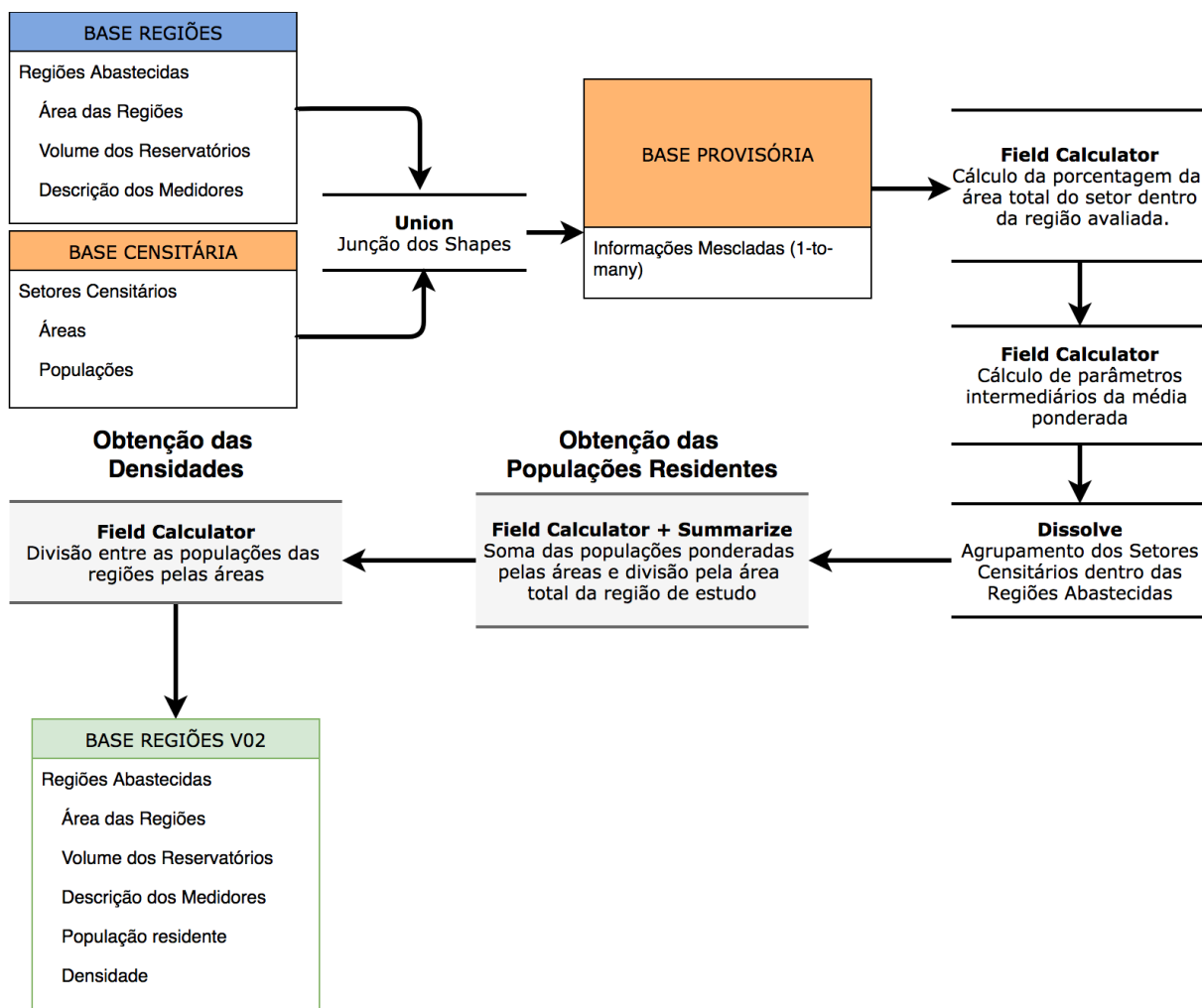


Figura 9 - Fluxograma do procedimento de Cálculo das Populações Residentes

A seguir na Tabela 12 são apresentados os resultados encontrados para as regiões estudadas.

Tabela 12 - Resumo das Populações e Densidades Calculadas para as Regiões de Estudo

<b>Reservatório</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Densidade (hab/ha)</b>
RAP.BRZ.001	41,421	870.31	47.59
RAP.STG.001	7,961	110.31	72.16
RAP.PRN.002	87,366	1,296.18	67.4
RAP.LSL.002	5,761	1,092.25	5.27
RAP.PWY.001	5,399	2,131.50	2.53
RAP.SAM.002	111,328	1,481.73	75.13
RAP.SSB.001	40,954	467.90	87.53

### 5.2.3 Renda Média per capita (RMPC)

Quanto à obtenção dos dados, foi preciso coletar a Renda Média per capita (RMPC) conforme avaliado no PDAD (CODEPLAN, 2015) e realizar um tratamento de erros de modo a compatibilizar os dados fornecidos com a base utilizada. Os dados da pesquisa distrital de renda estavam disponibilizados de forma bruta, portanto buscou-se agregar os dados seguindo o procedimento descrito a seguir:

- i. Remoção dos não respondentes quanto à renda (códigos 7777, 8888, 9999);
- ii. Filtragem dos respondentes por domicílio (com base no número de sequência);
- iii. Com base nas informações resumidas por casa, cálculo da RMPC por média simples;
- iv. Cálculo da RMPC do setor censitário como a média simples das médias dos respondentes.
- v. Composição da BASE CENSITÁRIA V02 com a adição do parâmetro RMPC aos setores censitários.

Dessa forma, foi possível iniciar o procedimento de cálculo da RMPC das regiões de estudo, utilizou-se para esse propósito a ponderação das RMPCs das regiões censitárias pela população residente na região conforme apresentado na equação a seguir:

$$RMPC_{regiao} = \left( \sum_{sc} RMPC_{sc} \cdot POP_{scregiao} \right) \cdot \frac{1}{POP_{regiao}} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

*sc*: Indicador setor censitário

$RMPC_{sc}$ : Renda média per capita do setor censitário (R\$/hab);

$POP_{scregiao}$ : População do setor censitário dentro da região (hab);

$POP_{regiao}$ : População total da região (hab);

O processamento da informação disponibilizada seguiu fluxograma similar ao apresentado para o cálculo da população residente. Tomou-se como base para início o arquivo produzido anteriormente com as informações de população e densidade (BASE REGIÕES V02), nele processaram-se operações algébricas de modo a calcular a  $RMPC_{regiao}$ . A Figura 10 a seguir apresenta o procedimento utilizado para cálculo da variável e composição da terceira versão da base de dados das regiões (BASE REGIOES V03):

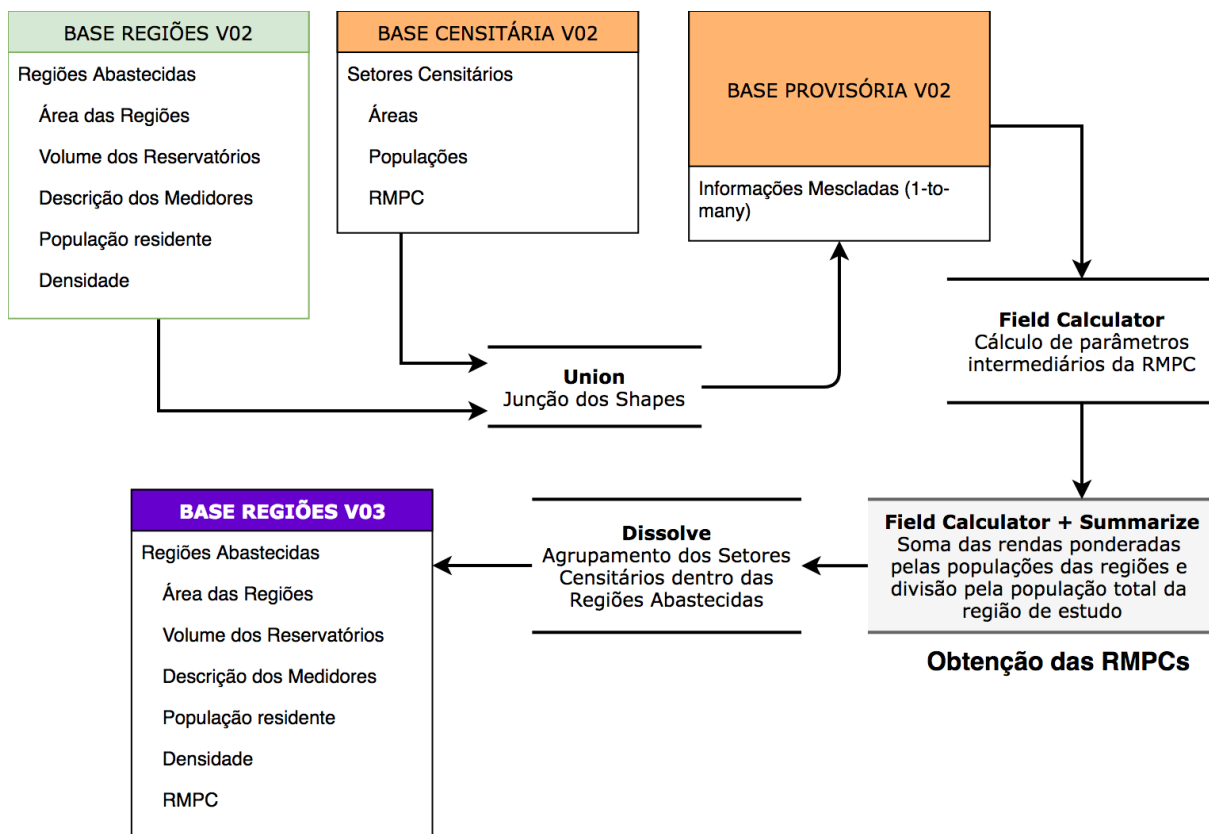


Figura 10 - Fluxograma do procedimento de Cálculo da Renda Média per capita das Regiões

A seguir na Tabela 13 são apresentados os resultados calculados para as regiões estudadas:

Tabela 13 - Resumo da Renda Média per capita para as Regiões de Estudo

Reservatório	Área (ha)	RMPC (R\$/hab)	Reservatório	Área (ha)	RMPC (R\$/hab)
RAP.BRZ.001	870.31	1141.92	RAP.PWY.001	2131.5	5521.59
RAP.STG.001	110.31	2618.38	RAP.SAM.002	1481.73	986.54
RAP.PRN.002	1296.18	852.54	RAP.SSB.001	467.9	752.26
RAP.LSL.002	1092.25	3669.26			

#### 5.2.4 Área Média de Piscinas (AMP)

Quanto à obtenção dos dados, o arquivo georreferenciado contendo a forma e localização das piscinas fora obtido junto ao Geoportal da SEGETH. Por se tratar de um *shapefile* foi possível trabalhar com o arquivo sem nenhum pré-processamento para obtenção da região em que estava localizado e área das feições.

Com essa informação em um banco de dados separado (BASE\_PISCINAS) foram realizadas operações de junção das feições e cálculo da área total de piscinas dentro de cada região estudada. Dessa forma estabeleceu-se o parâmetro Área Média de Piscinas (AMP) como sendo a área total de piscinas da região avaliada em relação à quantidade de habitantes.

O parâmetro tem, portanto, dimensão de área por habitante (m<sup>2</sup>/hab) e foi agregado à base de regiões compondo sua última versão com todos os parâmetros censitários presentes. A Figura 11 a seguir apresenta o procedimento adotado para obtenção da base censitária final (BASE REGIÕES V04).

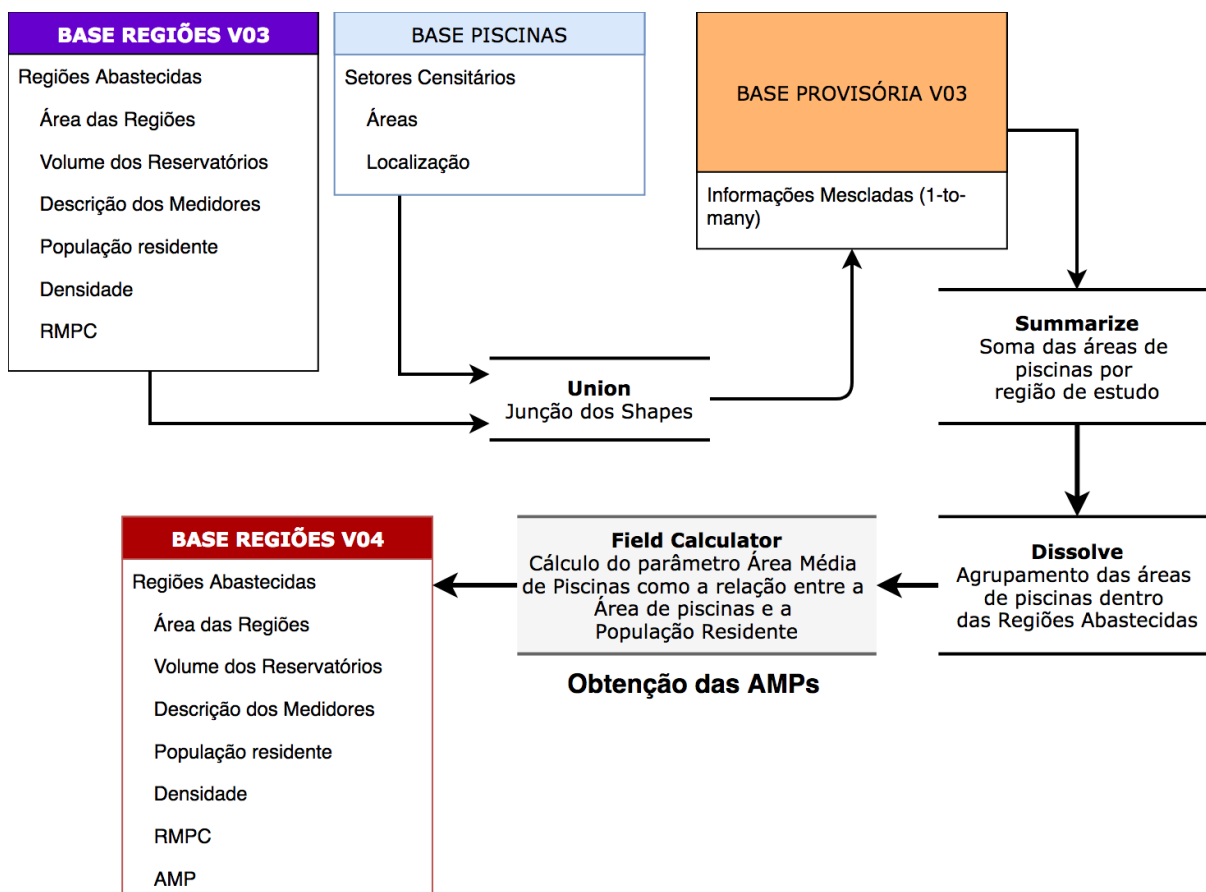


Figura 11 – Fluxograma do procedimento de Cálculo da Área Média de Piscina das Regiões. Seguindo o procedimento apresentado pode-se calcular as AMPs das regiões estudadas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 14 juntamente com os parâmetros intermediários calculados.

Tabela 14 - Resumo da Área Média de Piscinas para as Regiões Estudadas

<b>Reservatório</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Área de Piscinas (m<sup>2</sup>)</b>	<b>AMP (m<sup>2</sup>/hab)</b>
RAP.BRZ.001	41,421	2,547.32	0.06
RAP.STG.001	7,961	831.87	0.10
RAP.PRN.002	87,366	20,679.50	0.24
RAP.LSL.002	5,761	34,672.49	6.02
RAP.PWY.001	5,399	58,466.16	10.83
RAP.SAM.002	111,328	7,584.16	0.07
RAP.SSB.001	40,954	1,992.28	0.05

### 5.2.5 Resumo dos Parâmetros Censitários Calculados

Seguindo os procedimentos anteriormente descritos foi possível compor o banco de dados com as informações paramétricas das regiões de estudo. A seguir na Tabela 15 são apresentadas as informações calculadas de forma resumida e no apêndice A são apresentadas essas informações juntamente com a delimitação espacial das regiões além dos setores censitários que as compõem.

Tabela 15 - Resumo dos Parâmetros Censitários Calculados para as Regiões de Estudo

<b>Reservatório</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Densidade (hab/ha)</b>	<b>RMPC (R\$/hab)</b>	<b>AMP (m<sup>2</sup>/hab)</b>
RAP.BRZ.001	41,421	870	47.59	1141.92	0.06
RAP.STG.001	7,961	110	72.16	2618.38	0.10
RAP.PRN.002	87,366	1,296	67.4	852.54	0.24
RAP.LSL.002	5,761	1,092	5.27	3669.26	6.02
RAP.PWY.001	5,399	2,132	2.53	5521.59	10.83
RAP.SAM.002	111,328	1,482	75.13	986.54	0.07
RAP.SSB.001	40,954	468	87.53	752.26	0.05

### 5.3 CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA REDE

Dentre os principais parâmetros utilizados para definição das características de consumo de uma região, juntamente com sua curva, estão os coeficientes de variação de vazão  $k_1$  e  $k_2$  e o consumo per capita. Esses parâmetros são formas quantitativas de definição dos padrões de consumo e o seu procedimento de cálculo foi feito seguindo com certa flexibilidade o exposto na bibliografia.

Além disso foram avaliados outros dois parâmetros de forma experimental de modo a avaliar sua eficácia na sintetização dos dados das regiões de estudo. A razão entre picos (*REP*) em geral está associada com a variação do índice de perdas enquanto uma avaliação entre a relação entre as vazões *per capita* médias dos finais de semana e durante a semana – aqui concebida como Razão de Variação Intrassemanal (*RVI*) – pode indicar se tratar de uma região com populações flutuantes consideráveis.

#### 5.3.1 Cálculo de $k_1$ e $k_2$

Os coeficientes  $k_1$  e  $k_2$  representam de modo geral o formato e distribuição quantitativa das vazões de cada reservatório. O seu cálculo foi feito adaptando-se o procedimento de cálculo da NBR 12.211 (ABNT, 1992) apresentado no item 3.5. Por se tratarem de dados do período de um ano e com incertezas associadas à determinadas medições devido ao fato dos dados não terem sido tratados quanto a erros, os resultados foram analisados individualmente e quando *outliers* foram detectados os resultados foram modificados para selecionar o *n-ésimo* valor mais consistente com a observação.

Tal procedimento foi tomado em favor da segurança e de modo a relativizar a exigência do período mínimo de 5 anos de dados sugerido pelo documento (ABNT, 1992). Portanto, os coeficientes foram calculados conforme as equações 10 e 11 e os resultados estão dispostos na Tabela 16 para as regiões de estudo:

$$k_1 = \frac{\text{maior consumo diário no ano}}{\text{consumo médio diário no ano}} = \frac{Q_{md} \cdot \Delta t}{Q_m \cdot \Delta t} \quad (\text{Equação 10})$$

$$k_2 = \frac{\text{maior vazão horária no ano}}{\text{vazão média dia de maior consumo}} = \frac{Q_{maxh}}{Q_{md}} \quad (\text{Equação 11})$$

Tabela 16 - Cálculo dos Coeficientes de Variação de Vazão k1 e k2

Reservatório	$Q_{md}$ (L/s)	$Q_m$ (L/s)	$k_1$	$Q_{maxh}$ (L/s)	$k_2$
RAP.BRZ.001	98.34	90.84	1.08	167.56	1.70
RAP.STG.001	17.66	17.03	1.04	56.52 <sup>2</sup>	3.20
RAP.PRN.002	261.91	194.47	1.35	447.87 <sup>3</sup>	1.71
RAP.LSL.002	99.26	65.30	1.52	250.12	2.52
RAP.PWY.001	16.40	11.98	1.37	25.52 <sup>2</sup>	1.56
RAP.SAM.002	163.46	134.34	1.22	215.00	1.32
RAP.SSB.001	131.40	98.78	1.33	189.50	1.44

### 5.3.2 Cálculo do Consumo per capita e per capita Efetivo

De acordo com os índices de perdas para cada região fornecidos pela concessionária, foi possível obter o consumo per capita efetivamente consumido pelos cidadãos ( $q_e$ ), esse valor foi tomado como uma parcela da vazão medida e representa tanto as perdas reais quanto as aparentes. A seguir apresenta-se a equação utilizada, a mesma foi derivada das equações 01 e 02 anteriormente expostas.

$$q_e = \frac{V_{md_d}}{P_h} \cdot (1 - I) \quad \text{(Equação 12)}$$

Onde:

$q_e$ : Consumo per capita efetivo (L/hab.dia);

$V_{md_d}$ : Volume médio diário distribuído a uma dada população (L/dia);

$P_h$ : População (hab)

$I$ : Índice Total de Perdas (%);

O consumo per capita efetivo foi o valor utilizado para as análises e correlações por representar de fato uma característica associada ao consumidor, enquanto o consumo per capita *per se* leva

<sup>2</sup> O segundo maior foi utilizado pois o primeiro julgou se tratar de um outlier

<sup>3</sup> Os dados de novembro e dezembro não foram utilizados pois houve alteração nas regiões atendidas pelo reservatório.



em conta as perdas distribuídas, decorrentes mais das características físicas da rede do que de fatores socioeconômicos.

O valor utilizado para o índice de perdas de cada região fora obtido do Boletim Anual das Perdas de Água no DF (CAESB, 2016) fornecido pela CAESB com as perdas médias mensais por RA. Utilizou-se a média simples do valor aferido para a região em que a área atendida estivesse predominantemente. A Tabela 17 apresenta esses valores de perdas bem como os per capita calculados para as regiões de estudo.

Tabela 17 - Consumo per capita de cada região

Reservatório	$V_{md_d}$ (L/dia)	$I$ (%)	$P_h$ (hab)	$q$ (L/hab.dia)	$q_e$ (L/hab.dia)
RAP.BRZ.001	7,469,035	36%	41,421	180.32	115.40
RAP.STG.001	1,417,695	36%	7,961	178.08	113.97
RAP.PRN.002	19,295,655	45%	87,366	220.86	121.47
RAP.LSL.002	5,536,782	34%	5,761	961.08	634.31
RAP.PWY.001	1,000,651	33%	5,399	185.34	124.18
RAP.SAM.002	11,285,319	42%	111,328	101.37	58.80
RAP.SSB.001	8,047,461	52%	40,954	196.50	94.32

### 5.3.3 Cálculo da Razão entre Picos (REP)

A razão entre picos foi calculada como a média das razões entre os maiores e menores valores diários de vazão, tal procedimento foi seguido como forma de discretizar os resultados dando uma variância maior às amostras e reduzindo o enviesamento dos resultados decorrentes dos picos nos finais de semana na determinação do coeficiente.

Excluíram-se também os dias em que haviam dados inconsistentes e medições nulas. Além disso, todos os valores foram contabilizados com o mesmo peso para a obtenção da média para a região. A equação 13 a seguir apresenta o cálculo utilizado para obtenção do índice e a Tabela 18 apresenta a razão obtida para os reservatórios e o número de dias utilizados para isso.

$$REP = \left( \sum_{j=1}^n \frac{Q_{max_j}}{Q_{min_j}} \right) \cdot \frac{1}{n} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

$Q_{max_j}$ : Vazão máxima do dia  $j$  (L/s);

$Q_{min_j}$ : Vazão mínima do dia  $j$  (L/s);

$n$ : Quantidade total de dias (un.);

$REP$ : Razão entre Picos (adimensional)

$j$ : Indicador do dia .

Tabela 18 - Razão entre Picos de cada região

Reservatório	$n$	$REP$	Reservatório	$n$	$REP$
RAP.BRZ.001	347	3.36	RAP.PWY.001	351	2.57
RAP.STG.001	344	5.31	RAP.SAM.002	324	2.40
RAP.PRN.002	363	2.48	RAP.SSB.001	335	2.14
RAP.LSL.002	363	2.71			

### 5.3.3.1 Cálculo da Razão de Variação Intrassemanal (RVI)

A razão de variação intrassemanal foi calculada como a média entre as razões das vazões médias ao longo dos finais de semana e das vazões médias dos dias úteis para todas as semanas com dados disponíveis. De modo a reduzir o efeito de dados discrepantes ou erros de medição o procedimento adota a média das médias.

Como camada adicional de proteção contra dados inconsistentes e medições imprecisas, utilizaram-se apenas as semanas em que todos os dias apresentavam dados e esses eram diferentes de zero. A equação 14 a seguir apresenta o cálculo utilizado para obtenção do índice e a Tabela 19 os resultados para os 7 reservatórios avaliados.

$$RVI = \left( \sum_{i=1}^n \frac{Q_{fsm_i}}{Q_{sm_i}} \right) \cdot \frac{1}{n} \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

$Q_{fsm_i}$ : Consumo médio do final de semana da semana  $i$  (L/s);

$Q_{sm}$ : Consumo médio dos dias úteis da semana  $i$  (L/s);

$n$ : Quantidade total de semanas (un.);

$RVI$ : Razão entre Picos (adimensional)

$i$ : Indicador da semana.

Tabela 19 - Razão de Variação Intrassemanal de cada região

Reservatório	$n$	$RVI$	Reservatório	$n$	$RVI$
RAP.BRZ.001	42	1.02	RAP.PWY.001	44	0.93
RAP.STG.001	43	1.02	RAP.SAM.002	40	1.04
RAP.PRN.002	41	1.06	RAP.SSB.001	40	1.04
RAP.LSL.002	50	1			

## 5.4 CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA TEMPERATURA

A comparação da temperatura com os dados de vazão foi feita utilizando-se de variáveis que descrevessem valores máximos e mínimos ao longo dos dias. Tal solução foi adotada com base na revisão bibliográfica e também de modo a se adequar ao formato em que tais informações foram obtidas.

A coleta dos dados de temperatura máxima e temperatura mínima para Brasília no período de 01/01/2016 a 31/12/2016 foi feita junto ao BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa vinculado ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

### 5.4.1 Variáveis Descritivas

Nesse trabalho devido a disponibilidade de dados não fora possível fazer comparações com a temperatura nos mesmos moldes do que fora feito em trabalhos anteriores citados na revisão bibliográfica. Dessa forma a avaliação da influência da temperatura no consumo de água será

feita para os diferentes dias da semana de modo a reduzir as influencias dos picos máximos horários presentes nos fins de semana.

Fora avaliado também como as temperaturas máximas e mínimas influenciam no consumo de água, buscando parear valores máximos de temperatura e vazão. Os índices envolvidos e suas descrições são apresentados na Tabela 20 a seguir:

Tabela 20 - Descrição das Variáveis da Temperatura Utilizada

Variável	Descrição
$Q_{max_d}$	Máxima vazão horária no dia
$T_{max_d}$	Temperatura máxima no dia
$T_{max_{3d}}$	Média móvel simples das temperaturas máximas entre o dia e os dois dias anteriores
$T_{max_{7d}}$	Média móvel simples das temperaturas máximas entre o dia e os seis dias anteriores
$T_{min_d}$	Temperatura mínima no dia
$T_{min_{3d}}$	Média móvel simples das temperaturas mínimas entre o dia e os dois dias anteriores
$T_{min_{7d}}$	Média móvel simples das temperaturas mínimas entre o dia e os seis dias anteriores

Por se tratar de uma evolução temporal e estar se buscando uma correlação com a máxima vazão horária julgou-se razoável trabalhar apenas com a avaliação da correlação entre as variáveis, trabalhando portanto com todos os dados disponíveis em vez de utilizar índices que resumem o comportamento das curvas.

## 5.5 COMPARAÇÕES E CORRELAÇÕES

A seguir serão apresentadas as principais correlações avaliadas, mostrando os gráficos resultantes, equações de ajuste, coeficientes de determinação e uma análise descritiva das relações encontradas. Por fim, no item 6.1 será apresentado um resumo das relações entre índices e por fim, antes da análise detalhada e conclusões do item 0 serão avaliadas as relações entre o consumo de água e a temperatura.

É importante aqui, apontar qual foi o procedimento de cálculo utilizado para obtenção dos parâmetros descritivos das comparações. Para todas as variáveis avaliadas, serão traçados gráficos tais que maximizem o coeficiente de determinação  $R^2$ , não nos limitando assim a polinômios de segundo ou terceiro grau. Para que os resultados sejam comparáveis entre si, buscou-se utilizar equações de regressão na forma:

$$Y = m \cdot x^k + b$$

Onde m, b e k assumem valores quaisquer tais que  $R^2$  é máximo. Isso significa dizer que, para o formato do gráfico em questão,  $(R^2)\%$  da variável dependente consegue ser explicada pelos regressores calculados para a equação e esse é o valor máximo que se pode obter de tal forma.

Para garantir a melhor a equação que melhor representasse a relação entre as variáveis avaliaram-se ainda regressões polinomiais quanto ao coeficiente de determinação sendo, portanto a maximização de  $R^2$  sempre a principal premissa para escolha da regressão.

### 5.5.1 $q_e$ vs. $RMPC$

O primeiro par de variáveis a ser estudado é a relação entre o consumo per capita efetivo e a renda média per capita das regiões. A Tabela 21 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 12 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 22

Tabela 21 - Estudo da Relação entre Renda Média per Capita e Consumo per capita efetivo

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$q_e$	115.40	113.97	121.47	634.31	124.18	58.80	94.32
$RMPC$	1141.92	2618.38	852.54	3669.26	5521.59	986.54	752.26

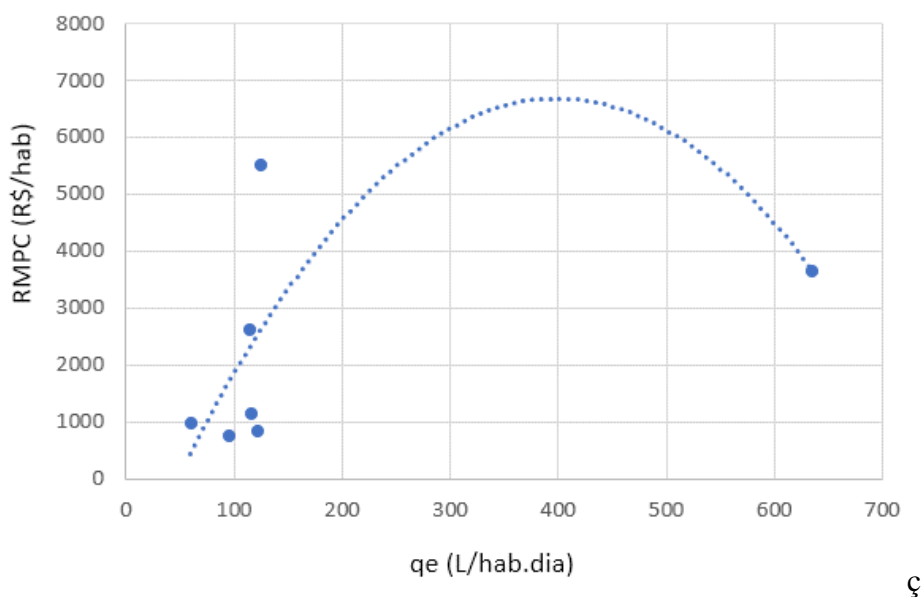


Figura 12 - Gráfico de Dispersão entre o Consumo per capita efetivo e a Renda Média per capita

Tabela 22 - Resumo da Correlação entre Consumo per capita efetivo e Renda Média per Capita

Parâmetro	Resultado
Equação	$RMPC = -0.004qe^3 + 2.93qe^2 - 404.981qe + 15495.42$
Coefficiente de Determinação (R <sup>2</sup> )	0.853
Comportamento	Diretamente proporcionais

### 5.5.2 $q_e$ vs. Densidade

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a densidade das regiões. A Tabela 23 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 13 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 24.

Tabela 23 - Estudo da Relação entre Renda Média per Capita e Densidade

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$q_e$	115.40	113.97	121.47	634.31	124.18	58.80	94.32
Densidade	47.59	72.16	67.40	5.27	2.53	75.13	87.53

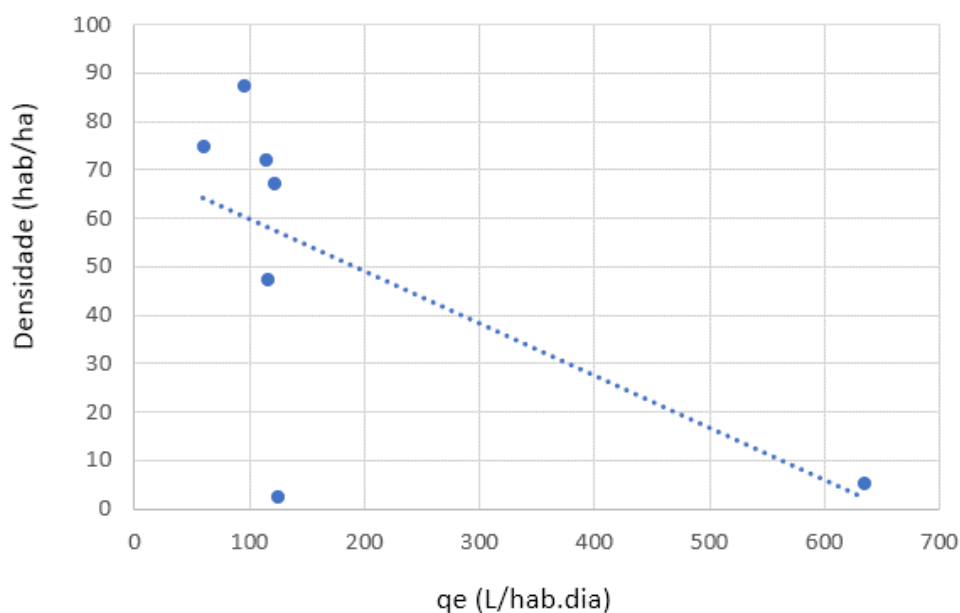


Figura 13 - Gráfico de Dispersão entre o Consumo per capita efetivo e Densidade

Tabela 24 - Resumo da Correlação entre Consumo per capita efetivo e Densidade

Parâmetro	Resultado
Equação	$-0.11q_e+75.27$
Coefficiente de Determinação (R <sup>2</sup> )	0.876
Comportamento	Inversamente proporcionais

### 5.5.3 $k_1$ vs. RMPC

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a densidade das regiões. A Tabela 25 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 14 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 26.

Tabela 25 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e Renda Média per capita

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$k_1$	1.08	1.04	1.35	1.52	1.37	1.22	1.33
RMPC	1141.92	2618.38	852.54	3669.26	5521.59	986.54	752.26

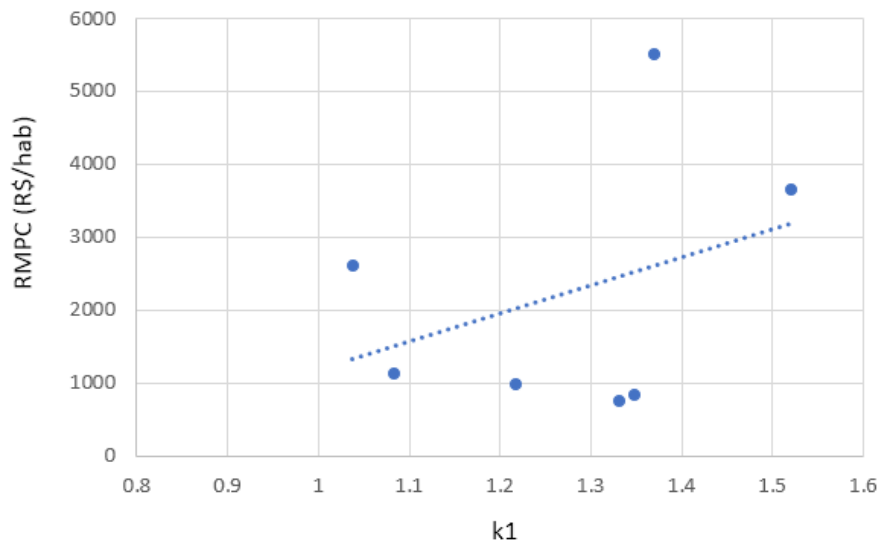


Figura 14 - Gráfico de dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e Renda Média per Capita

Tabela 26 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e Renda Média per Capita

Parâmetro	Resultado
Equação	$2267k_1 - 756$
Coefficiente de Determinação ( $R^2$ )	0.927
Comportamento	-

#### 5.5.4 $k_1$ vs. Densidade

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a densidade das regiões. A Tabela 27 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 15 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 28.

Tabela 27 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e Densidade

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$k_1$	1.08	1.04	1.35	1.52	1.37	1.22	1.33
Densidade	47.59	72.16	67.40	5.27	2.53	75.13	87.53

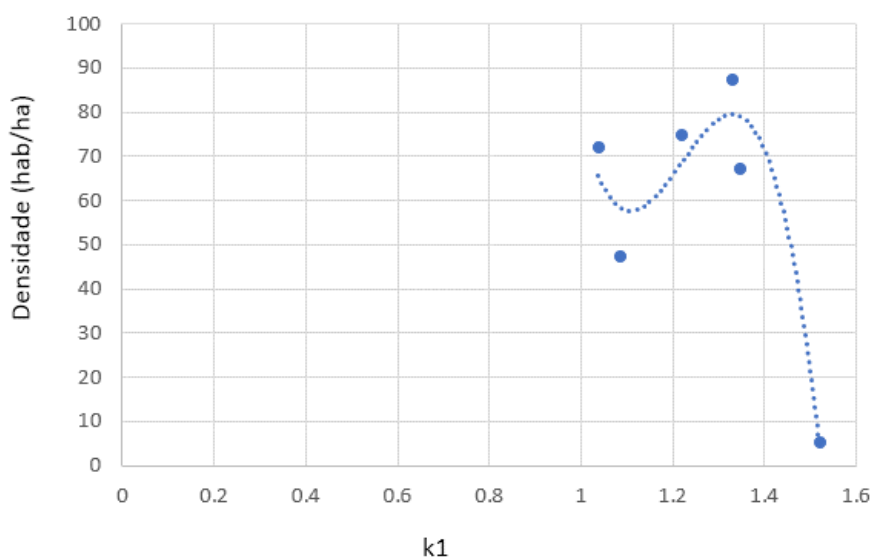


Figura 15 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e Densidade



Tabela 28 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e Densidade

Parâmetro	Resultado
Equação	$dens = 349.9k_1^3 + -1943.6k_1^2 + 3113.3k_1 + -1469.15$
Coefficiente de Determinação ( $R^2$ )	0.463
Comportamento	Inversamente proporcionais

### 5.5.5 $k_2$ vs. *RMPC*

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a densidade das regiões. A Tabela 29 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 16 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 30.

Tabela 29 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e Renda Média per capita

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$k_2$	1.70	3.20	1.71	2.52	1.55	1.32	1.44
<i>RMPC</i>	1141.92	2618.38	852.54	3669.26	5521.59	986.54	752.26

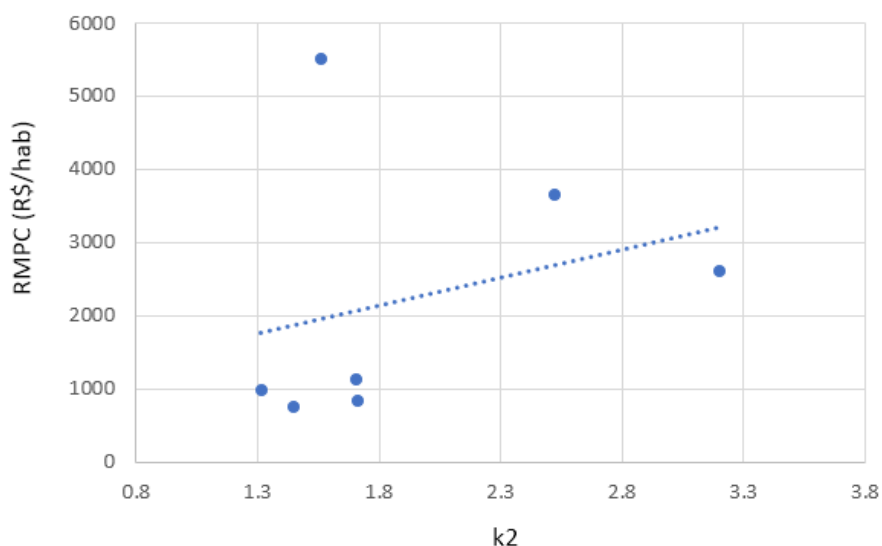


Figura 16 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e Renda Média per capita

Tabela 30 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e Renda Média per capita

Parâmetro	Resultado
Equação	$RMPC = 1356k_2 - 1026$
Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )	0.993
Comportamento	Diretamente proporcionais

### 5.5.6 $k_2$ vs. Densidade

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a densidade das regiões. A Tabela 31 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 17 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 32.

Tabela 31 - Estudo da Relação entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e Densidade

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY. .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$k_2$	1.70	3.20	1.71	2.52	1.56	1.32	1.44
Densidade	47.59	72.16	67.40	5.27	2.53	75.13	87.53

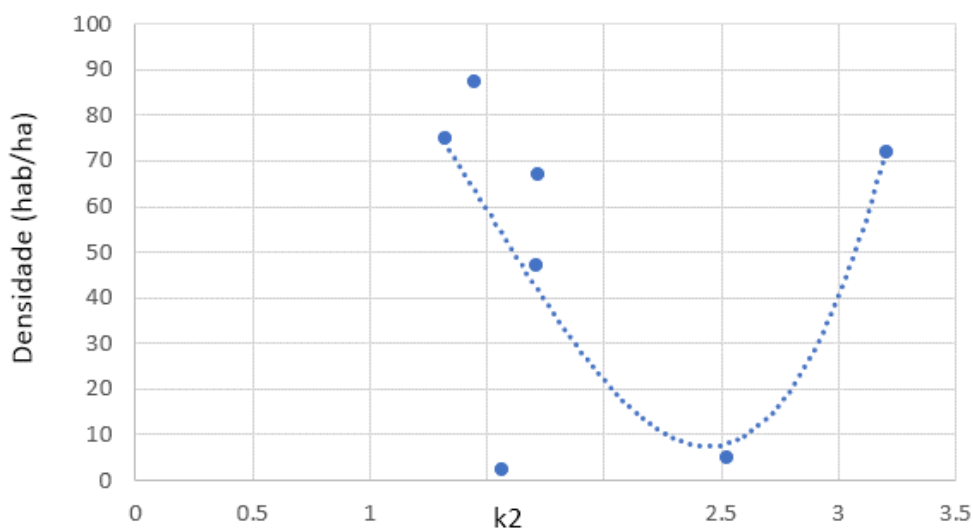


Figura 17 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e Densidade

Tabela 32 - Resumo da Correlação entre Coeficiente de Variação de Vazão k2 e Densidade

Parâmetro	Resultado
Equação	$66.7k^3 + -382.6k^2 + 643.7k - 255.59$
Coefficiente de Determinação (R <sup>2</sup> )	0.939
Comportamento	-

### 5.5.7 REP vs. RMPC

A correlação a seguir busca avaliar como a relação entre os picos está relacionada com a renda média das regiões. Usualmente costuma-se associar uma razão pequena a índices de perdas elevados portanto a avaliação se torna indiretamente um indicativo das perdas em relação à renda. Nessa correlação buscou-se avaliar o valor médio da REP obtido pelo procedimento descrito no item 5.3.3 com relação às RMPCs das regiões.

A utilização desse parâmetro no entanto é mais expedita e não está sujeita a inferências como é o caso quando se utilizam índices de perdas médios para regiões. A Tabela 33 a seguir mostra os valores utilizados no Figura 18 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 34

Tabela 33 - Estudo da Relação entre a Renda Média per capita e a Razão entre Picos

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
REP	3.36	5.31	2.48	2.71	2.57	2.40	2.14
RMPC	1141.92	2618.38	852.54	3669.26	5521.59	986.54	752.26

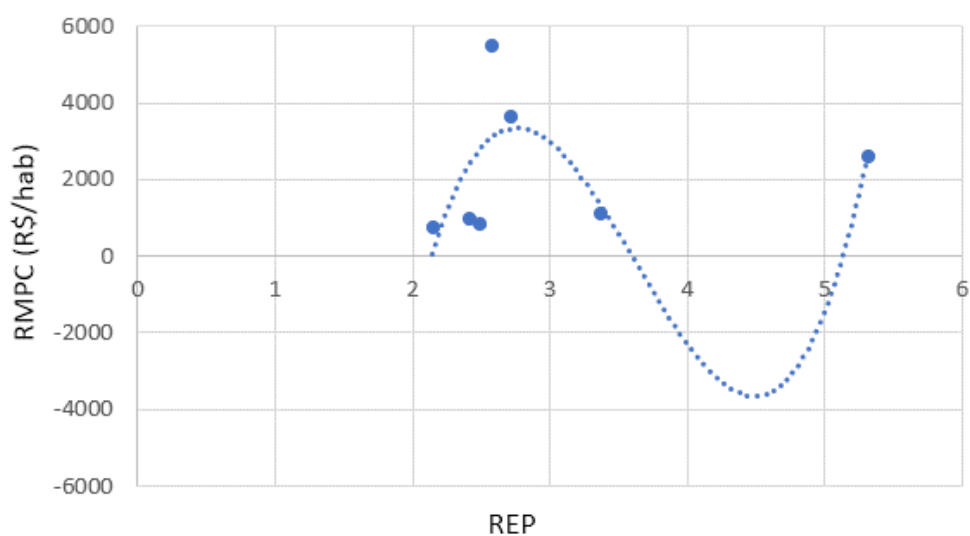


Figura 18 - Gráfico de Dispersão entre a Renda Média per capita e a Razão entre Picos

Tabela 34 - Resumo da Correlação entre a Renda Média per capita e a Razão entre Picos

Parâmetro	Resultado
Equação	$7290.4REP^3 - 80586.4REP^2 + 281515.3REP - 311529.34$
Coefficiente de Determinação (R <sup>2</sup> )	0.606
Comportamento	Diretamente proporcionais

### 5.5.8 REP vs. Densidade

De modo análogo ao que fora feito para a comparação da REP com a Renda Média per capita, aqui busca-se avaliar como esse dois parâmetros sintetizadores de características de fácil obtenção se relacionam para as regiões estudadas e se os parâmetros estão relacionados no modelo estudado. Assim como no item anterior, foram comparados os valores médios de REP com as médias de densidade das regiões estudadas. A Tabela 35 a seguir mostra os valores utilizados no Figura 19 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 36.

Tabela 35 - Estudo da Relação entre a Densidade e a Razão entre Picos

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
REP	3.36	5.31	2.48	2.71	2.57	2.40	2.14
Densidade	47.59	72.16	67.40	5.27	2.53	75.13	87.53

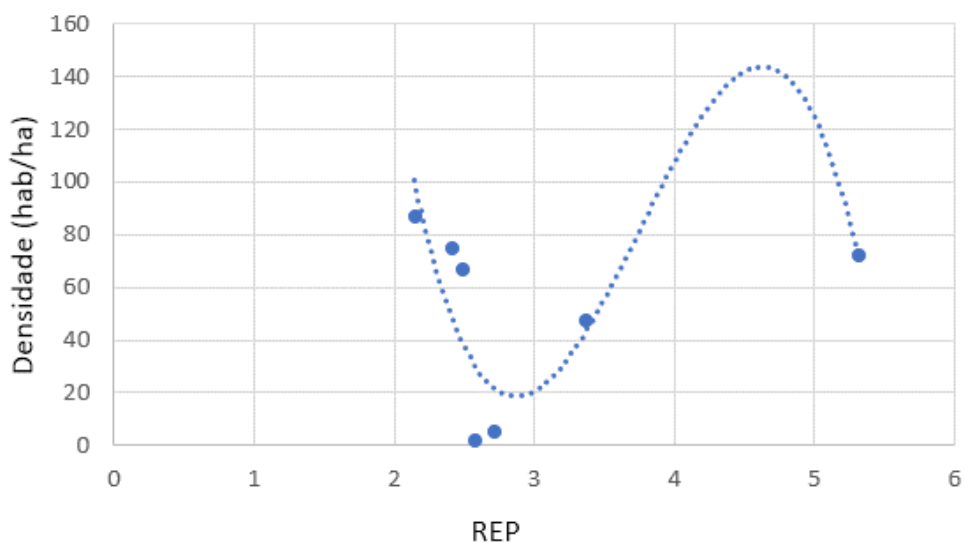


Figura 19 - Gráfico de Dispersão entre a Densidade e a Razão entre Picos

Tabela 36 - Resumo da Correlação entre a Densidade e a Razão entre Picos

Parâmetro	Resultado
Equação	$-134REP^3 + 1500.3REP^2 + -5310.5REP + 6037.45$
Coefficiente de Determinação ( $R^2$ )	0.861
Comportamento	-

### 5.5.9 *RVI* entre as regiões estudadas

Com o intuito de identificar possíveis cidades-dormitório a avaliação foi feita com cada uma das amostras de forma visual e estabelecendo-se um valor limiar  $RVI_L$  ao parâmetro de modo que valores acima seriam considerados como relativo àqueles com características de cidades-dormitório.

A avaliação é subjetiva e devido ao tamanho reduzido das amostras a incerteza na determinação do limite é sujeito a imprecisões. A seguir na Figura 20 são apresentados os gráficos que mostram como varia a vazão ao longo da semana para as regiões estudadas.

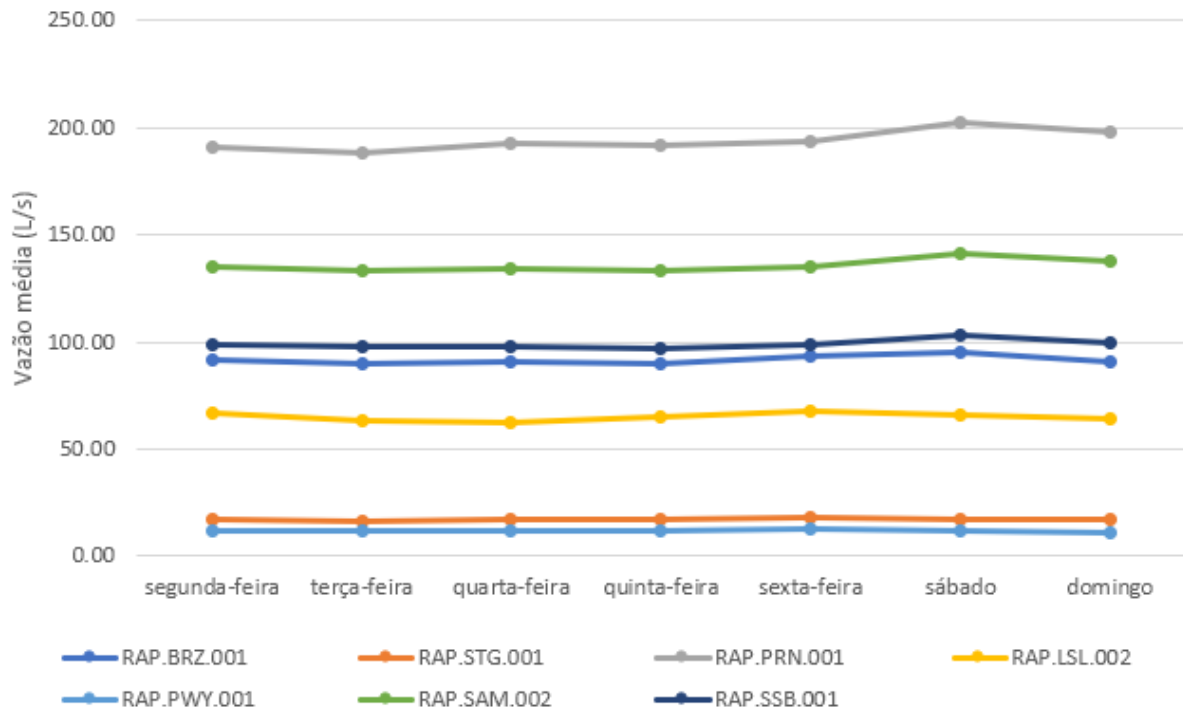


Figura 20 - Vazões Médias para os dias da semana

Nos gráficos anteriores são apresentadas as vazões médias para cada dia da semana, para todas as semanas no período avaliado. Nela, estão destacados os finais de semana (sábados e domingos), é possível observar claramente que em determinadas regiões ocorre substancial aumento da vazão nesses dias.

Adicionalmente, verificou-se para cada região abastecida qual era a significância dessa razão pois a mesma depende consideravelmente de condições espaciais e de localização, não contempladas nesse estudo. A Figura 21 a seguir resume o índice médio RVI encontrado para cada região e como ele se compara com o patamar estabelecido.

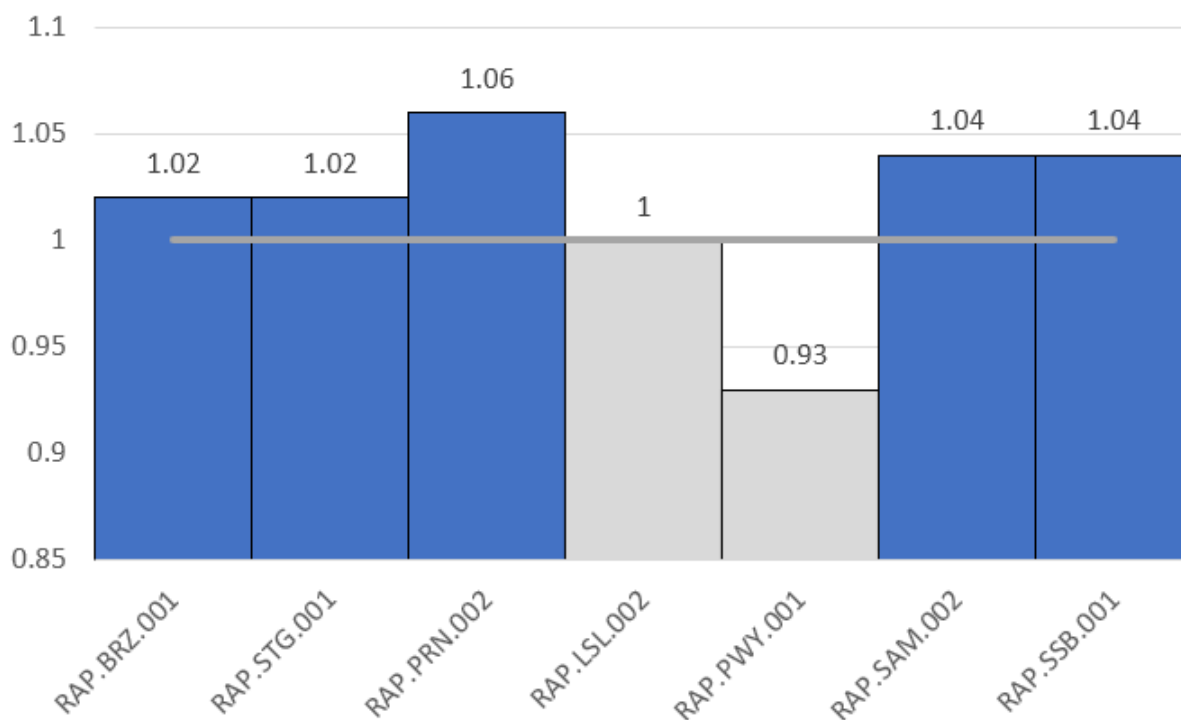


Figura 21 - RVI para as regiões estudadas

### 5.5.10 $q_e$ vs. *AMP*

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a área média de piscinas das regiões. A Tabela 37 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 17 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 38.

Tabela 37 - Estudo da Relação entre o Consumo per capita Efetivo e a Área Média de Piscinas

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$q_e$	115.40	113.97	121.47	634.31	124.18	58.80	94.32
<i>AMP</i>	0.06	0.10	0.24	6.02	10.83	0.07	0.05

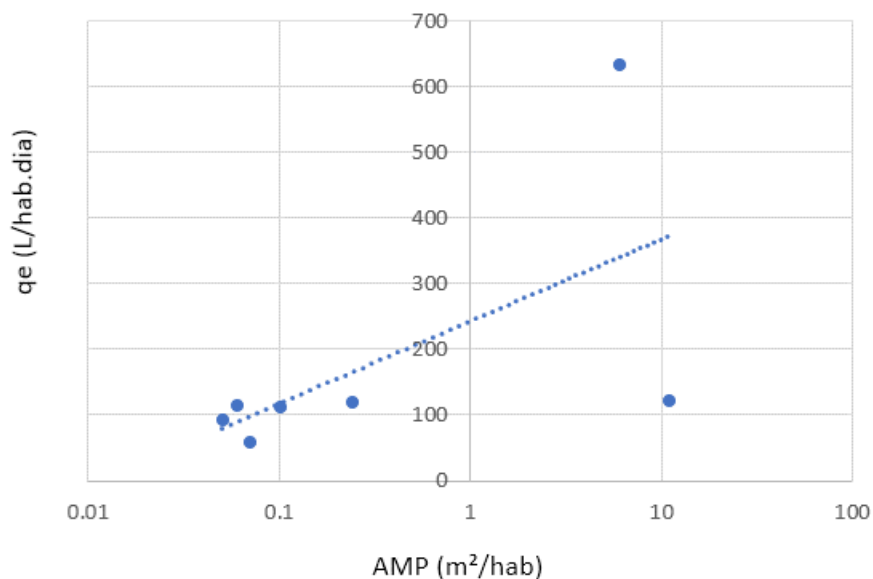


Figura 22 - Gráfico de Dispersão entre Consumo per capita Efetivo e a Área Média de Piscinas

Tabela 38 - Resumo da Correlação entre o Consumo per capita Efetivo e a Área Média de Piscinas

Parâmetro	Resultado
<b>Equação</b>	$18.88 \cdot AMP + 133$
<b>Coefficiente de Determinação (R<sup>2</sup>)</b>	0.994
<b>Comportamento</b>	Diretamente proporcionais

### 5.5.11 $k_1$ vs. AMP

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a área média de piscinas. A Tabela 39 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 23 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 40.

Tabela 39 - Estudo da Relação entre o Coeficiente de Variação de Vazão  $k_1$  e a Área Média de Piscinas

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
$k_1$	1.08	1.04	1.35	1.52	1.37	1.22	1.33
AMP	0.06	0.10	0.24	6.02	10.83	0.07	0.05



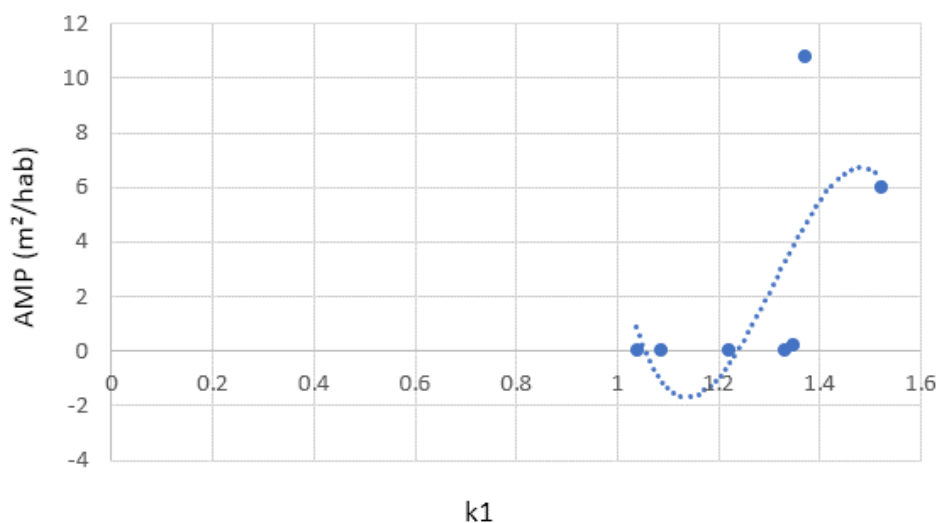


Figura 23 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão k1 e a Área Média de Piscinas

As variáveis apresentaram alto coeficiente de determinação possivelmente resultante da baixa variabilidade dos dados associado a simetria em relação à curva de interpolação calculada. Resultado mais influenciado por casualidade do que propriamente pela correlação dentre as variáveis.

Tabela 40 - Resumo da Correlação entre o Coeficiente de Variação de Vazão k1 e a Área Média de Piscinas

Parâmetro	Resultado
Equação	$AMP = 2.19 \cdot 10^{-5} \cdot k_1^{30} + 0.08$
Coeficiente de Determinação (R <sup>2</sup> )	0.9999
Comportamento	-

### 5.5.12 k<sub>2</sub> vs. AMP

Avalia-se a seguir a relação entre o consumo per capita efetivo e a área média de piscinas. A Tabela 41 a seguir mostra os valores utilizados na Figura 24 e a função otimizada encontra-se descrita na Tabela 42.

Tabela 41 - Estudo da Relação entre o Coeficiente de Variação de Vazão k2 e a Área Média de Piscinas

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
k <sub>2</sub>	1.70	3.20	1.71	2.52	1.56	1.32	1.44
AMP	0.06	0.10	0.24	6.02	10.83	0.07	0.05

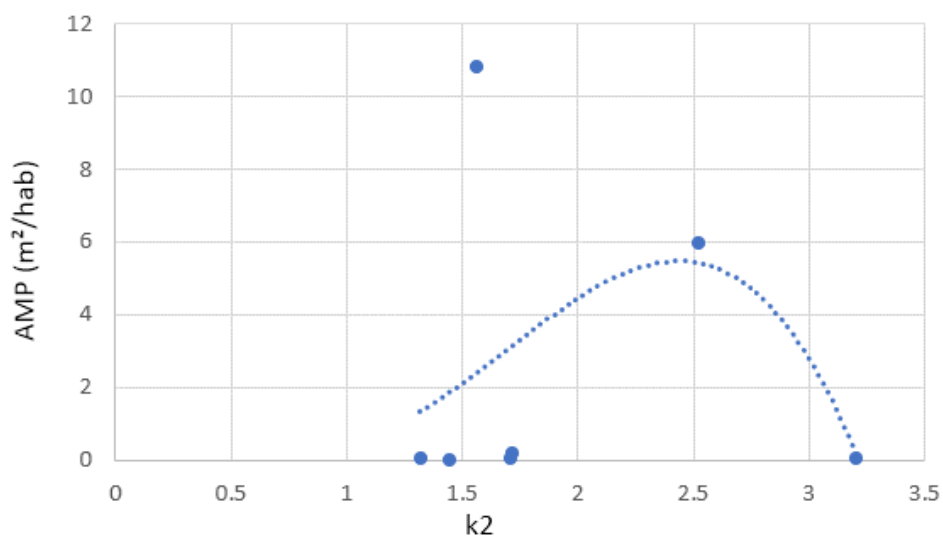


Figura 24 - Gráfico de Dispersão entre Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e a Área Média de Piscinas

De forma análoga ao que ocorreu com o caso anterior em relação ao coeficiente  $k_1$ , o fator determinante parece ter sido a baixa variabilidade da variável  $AMP$ .

Tabela 42 - Resumo da Correlação entre o Coeficiente de Variação de Vazão  $k_2$  e a Área Média de Piscinas

Parâmetro	Resultado
Equação	$AMP = -10.66 \cdot k_2^2 + 52.31 \cdot k_2 - 58.06$
Coefficiente de Determinação ( $R^2$ )	0.999
Comportamento	-

## 6 ANÁLISES E CONCLUSÕES

Espera-se, com as análises que seguem, delimitar corretamente a influência dos fatores avaliados para a região do Distrito Federal, como guia a pesquisas futuras, que dependam de tais resultados, e possam, inclusive, complementá-los. Onde for cabível será avaliado também a representatividade das correlações encontradas, de modo a definir a escalabilidade das conclusões obtidas.

Pretende-se também comparar os resultados para os fatores avaliados com as hipóteses iniciais apresentadas na revisão bibliográfica como forma de validação dos resultados. Por fim, com base nos fatores que forem julgados mais importantes e representativos para cada uma das regiões avaliadas propor a expansão da metodologia aqui empregada a outras amostras como forma de validar os procedimentos adotados ou como forma de produzir um refinamento das correlações encontradas.

### 6.1 RESUMO DAS COMPARAÇÕES ENTRE ÍNDICES CENSITÁRIOS E PARÂMETROS DA REDE E VALIDAÇÃO DAS CORRELAÇÕES

Das correlações apresentadas anteriormente entre os índices censitários e os parâmetros da rede, foram extraídos os resultados e avaliados os comportamentos para concluir, com base em um critério essencialmente quantitativo qual a validade da relação com base no coeficiente de determinação obtido.

A forma de se avaliar a relação entre as variáveis foi escolhida de modo a descrever o comportamento avaliado e o resultado esperado para as correlações. Portanto, para responder as perguntas:

*um aumento em X gera, estatisticamente, com uma intensidade relativa à um aumento Y?*

Tal questionamento balizou a escolha da estatística utilizada, seguindo o procedimento adotado por Normando & Tjäderhane (2010) decidiu-se pela utilização do teste estatístico de Spearman para avaliação da intensidade de correlação entre os pares de variáveis.

A importância do coeficiente de Spearman em comparação com o de Pearson ou com a estatística  $R^2$  está no tipo de comportamento avaliado pelos testes, enquanto a estatística  $R^2$  e o

teste de Pearson buscam relações lineares ou com taxas constantes, o coeficiente de Spearman permite avaliar a correlação entre variáveis com taxas distintas mas com comportamento de crescimento ou decrescimento similares (HAUKE e KOSSOWSKI, 2011).

Como premissa básica da avaliação, assumem-se funções essencialmente monótonas, de modo que as avaliações foram feitas para períodos que respeitassem tal condição, excluído portanto variações intersemanais. O resultado da avaliação classifica o grau de correlação entre as variáveis numa escala de -1 (monótona identicamente oposta) a 1 (monótona completamente idêntica).

Assim, de forma análoga a qualquer outra correlação estatística, uma vez calculado o indicador  $r_s$  de Spearman para a relação, normaliza-se esse valor em relação ao desvião padrão e se compara com o p-valor correspondente da distribuição normalizada t-student com n-2 graus de liberdade, distribuição bicaudal e grau de confiança de 95% ( $\alpha = 0.05$ ) (GARCIA, 2010). As expressões avaliadas estão apresentadas a seguir:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (p_x - p_y)^2}{n^3 - n} \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

- $p_x$ : Posto da variável x ;
- $p_y$ : Posto da variável y ;
- $n$ : Quantidade total de amostras ;
- $r_s$ : Coeficiente de Correlação de Spearman;

$$t_{calc} \sim \frac{r_s}{s_r} \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

- $t_{calc}$ : Estimador do teste t-student com n-2 graus de liberdade;
- $s_r$ : Desvio padrão amostral com n-2 graus;
- $r_s$ : Coeficiente de Correlação de Spearman;

Quanto à validade do teste, supõem-se dois cenários:

- i. Hipótese nula ( $H_0$ ) não há associação monotônica entre as duas variáveis na população observada.
- ii. Hipótese alternativa ( $H_1$ ) existe uma associação monotônica entre as variáveis na população observada.

Importante notar que, independentemente da intensidade obtida da estatística, apenas podemos inferir a existência ou não de uma associação com base no teste de hipóteses. Desse modo, resume-se o teste às seguintes condições:

$$\text{Quanto à validade} = \begin{cases} H_0, & t_{calc} \leq t_\alpha \\ H_1, & t_{calc} > t_\alpha \end{cases}$$

Para casos especiais já apontados serão apresentadas as justificativas e conclusões acerca da avaliação realizada de modo a fornecer os insumos necessários para as análises a serem realizadas no item 0. A tabela 16 a seguir sumariza os resultados obtidos e sua validade com base no critério adotado.

Tabela 43 – Tabela Resumo das Relações Avaliadas para os Reservatórios

Correlação	R <sup>2</sup>	Proporcionalidade	r <sub>s</sub>	Teste de Hipóteses
<b>q<sub>e</sub> vs. RMPC</b>	0.458	Diretamente	0.64	não rejeita
<b>q<sub>e</sub> vs. Densidade</b>	0.876	Inversamente	-0.89	rejeita nula
<b>k<sub>1</sub> vs. RMPC</b>	0.927	Diretamente	0.29	não rejeita
<b>k<sub>1</sub> vs. Densidade</b>	0.463	Inversamente	-0.54	não rejeita
<b>k<sub>2</sub> vs. RMPC</b>	0.993	Diretamente	0.39	não rejeita
<b>k<sub>2</sub> vs. Densidade</b>	0.939	Inversamente	-0.36	não rejeita
<b>REP vs. RMPC</b>	0.606	Diretamente	0.64	não rejeita
<b>REP vs. Densidade</b>	0.861	Inversamente	-0.50	não rejeita
<b>q<sub>e</sub> vs. AMP</b>	0.994	Diretamente	0.79	rejeita nula
<b>k<sub>1</sub> vs. AMP</b>	0.999	Diretamente	0.64	não rejeita
<b>k<sub>2</sub> vs. AMP</b>	0.999	Diretamente	0.39	não rejeita

As correlações avaliadas em que não fora possível rejeitar a hipótese nula não deixam de serem descritas pelas equações apresentadas para as amostras avaliadas com o erro R<sup>2</sup> apresentado.

No entanto não é possível inferir que exista uma associação monotônica entre as variáveis na população.

Dessa forma as correlações em que foram rejeitadas a hipótese nula definem ao nível de significância de 5% para a população a existência de uma associação monotônica entre as variáveis, sendo elas as que serão apresentadas a seguir em avaliações detalhadas em relação ao que fora apresentado na revisão bibliográfica.

## 6.2 RESUMO DAS COMPARAÇÕES COM A TEMPERATURA

Nos mesmos moldes e parâmetros do que foi feito para com os índices censitários, buscou-se verificar a validade das relações encontradas com a temperatura principalmente pelo teste de hipóteses apresentado anteriormente. A seguir na Tabela 44 é apresentado o resultado do teste de hipóteses entre a vazão máxima diária do reservatório RAP.SAM.002 e as variáveis da temperatura adotadas. A escolha desse reservatório foi feita com base na disponibilidade e consistência das informações do mesmo serem as melhores dentre os fornecidos.

Tabela 44 - Tabela Resumo das Relações com a Temperatura Avaliadas

Correlação	Proporcionalidade	$r_s$	Teste de Hipóteses
$Q_{max_d}$ vs. $T_{max_d}$	Direta	0.48	Rejeita-nula
$Q_{max_d}$ vs. $T_{max_{3d}}$	Direta	0.42	Rejeita-nula
$Q_{max_d}$ vs. $T_{max_{7d}}$	Direta	0.41	Rejeita-nula
$Q_{max_d}$ vs. $T_{min_d}$	Direta	0.14	Rejeita-nula
$Q_{max_d}$ vs. $T_{min_{3d}}$	Direta	0.21	Rejeita-nula
$Q_{max_d}$ vs. $T_{min_{7d}}$	Direta	0.16	Rejeita nula

## 6.3 AVALIAÇÃO DAS CORRELAÇÕES

### 6.3.1 Avaliação das Correlações com a Temperatura

Por se tratarem de dados muito extensivos e com variações diárias, a sistematização da avaliação pelo teste de hipóteses conferiu uma padronização às análises além de propiciar um resultado objetivo comparável e mensurável.

Dentre os parâmetros utilizados para avaliação da influencia da temperatura, todos apresentaram influencia no comportamento da vazão ao nível de significância de 5%. A influencia apesar de estar presente na população sua presença só se fez notada em determinados índices.

Dentre os que apresentaram melhor resultado destacam-se as médias móveis das temperaturas máximas diárias ( $T_{max_d}$ ) com coeficiente de correlação superior àqueles das médias móveis para as temperaturas mínimas. Pode-se supor portanto que valores máximos e mínimos de temperatura máxima tem uma influencia maior na vazão consumida do que os valores de temperatura mínima.

Dentre os indicadores notou-se que a média móvel diária das temperaturas máximas apresentou maior correlação com o consumo de água dentre as variáveis, com coeficientes de correlação maiores quanto menor o período prévio avaliado. Tal comportamento supõe portanto que o efeito da temperatura no consumo é instantâneo – em contraposição com o efeito deletério em geral relatado.

Os dados obtidos para as temperatura mínimas são inconsistentes uma vez que parecem ser mais influentes os dois dias prévios ( $T_{min_{3d}}$ ), em relação à 6 ( $T_{min_{7d}}$ ), ou o diário ( $T_{min_d}$ ).

### 6.3.2 Avaliação da RVI das Regiões estudadas

Esperava-se com a avaliação da variação da vazão ao longo da semana classificar as áreas de estudo como cidades dormitório ou não. A Tabela 45 a seguir apresenta o resumo dos valores médios obtidos para o parâmetro bem como sua caracterização em relação ao limite estabelecido conforme a Figura 21.

Tabela 45 - Estudo da Relação entre os parâmetros censitários Densidade e Renda Média per Capita e a Razão de Variação Intrasemanal

Índice	RAP.BRZ. 001	RAP.STG. 001	RAP.PRN. 002	RAP.LSL. 002	RAP.PWY .001	RAP.SAM. 002	RAP.SSB. 001
RVI	1.02	1.02	1.06	1.00	0.93	1.04	1.04
Classificação	Inconclusivo	Inconclusivo	Inconclusivo	Inconclusivo	Inconclusivo	Inconclusivo	Inconclusivo

A avaliação do parâmetro para as vazões médias ao longo da semana se tornou inconclusivo devido a pequena variação na vazão média nos finais de semana conforme evidenciado pelos

índices com pequena variação da Tabela 45 e verificado visualmente na Figura 20, de forma contrária ao que foi esperado inicialmente. Essa diferença se deu devido a presença de *picos* mais acentuados de vazão que não influenciaram significativamente a vazão médias nos finais de semana.

Importante ressaltar que o parâmetro não foi submetido ao teste de hipóteses por apresentar diversos valores repetidos, situação que não é permitida como premissa do teste de Spearman.

### **6.3.3 Avaliação da Correlação entre $q_e$ e Densidade**

Tendo sido dentre os parâmetros avaliados aquele com maior coeficiente de correlação de spearman e daqueles que não foram dispensados a única correlação em que foi possível rejeitar a hipótese nula e assumir na população um comportamento análogo ao aqui observado: ou seja, pode-se supor ao nível de significância de 5% que a relação entre o consumo per capita efetivo e densidade é regido por uma relação montônica decrescente.

O resultado revela ainda a forte correlação entre as variáveis conforme representado pelo  $r_s = -0.89$ . Tal comportamento é condizente com a equação encontrada pela regressão polinomial e com o esperado e relatado na bibliografia.

### **6.3.4 Avaliação da Correlação entre $q_e$ e AMP**

O resultado do teste de hipóteses apontou uma forte tendência do consumo per capita efetivo afetar positivamente a AMP no entanto tal resultado só fora alcançado removendo um dos dois resultados significativos das amostras. Tal procedimento enviesou os dados utilizados e é um indicativo de que em amostras maiores tal correlação pode se tornar menos intensa, todavia avaliando a amostra em questão pode-se afirmar que ao nível de significância de 5%, um aumento na área média de piscinas está relacionado ao aumento no consumo per capita efetivo de uma dada região.

O resultado revela ainda, conforme observado também na regressão linear, uma elevada correlação entre as variáveis ( $r_s = 0.79$ ) mesmo considerando o valor aparentemente díspar da região abastecida pelo RAP.PWY.001. Importante ressaltar também que os resultados da regressão estão em concordância com o esperado para a relação, inclusive resultando em equação linear com elevado  $R^2$ .



### **6.3.5 Avaliação das demais Correlações com AMP**

Grande parte dos resultados foi mais influenciado pela baixa variabilidade de dados em determinadas regiões em relação a outras do que pela correlação entre as mesmas. O parâmetro se mostrou ineficaz para sintetizar relações de consumo de água quando regiões tipologicamente distintas são avaliadas.

Estudos futuros devem ser conduzidos de modo a avaliar uma quantidade maior de regiões que apresentem AMP elevada. Apesar do indicador provavelmente se relacionar com o consumo per capita, sua representatividade é dependente de um universo amostral pré-selecionado.

### **6.3.6 Avaliação da Correlação entre $q_e$ e RMPC**

A relação entre a Renda Média per capita e o consumo per capita efetivo é, dentre as bibliografias consultadas, a que possui a melhor e mais bem estudada correlação. No presente estudo no entanto não foi possível garantir a rejeição da hipótese de que as variáveis não se relacionam com base nas amostras estudadas.

Tal inconsistência ocorreu principalmente devido à dois fatores:

- i. Espaço amostral reduzido e,
- ii. Possíveis erros sistemáticos nas informações cedidas

Tal parâmetro reflete bem as condições dos dados que foram fornecidos pois, mesmo com todos os filtros utilizados para eliminação de erros e inconsistências nos dados ainda sim não fora possível obter uma correlação razoável entre a renda e o consumo. O ponto preponderante nessa avaliação foi a disparidade do consumo per capita observado no Lago Sul em relação à renda média.

No entanto, estudos anteriores da CODEPLAN (2017) já haviam apontaram elevado consumo na região e tornaram a desconsideração de tal dado incondizente com a realidade.

## 7 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Tendo em mente os principais problemas combatidos nesse estudo além das falhas que foram apontadas nas análises buscou-se sintetizar as principais recomendações e procedimento a serem adotados em trabalhos futuros com o intuito de ampliar a base e refinar os resultados encontrados:

### i. Pré-tratamento dos Dados de Vazões

No âmbito das vazões dos reservatórios muitos dados foram desconsiderados devido a dúvidas relativas a medição, séries de dados repetidos e grandes períodos sem medições ou com valores incompatíveis. Sugere-se portanto solicitar previamente à concessionária cedente um estudo de tratamento de erros dos dados com vistas a reduzir as incertezas associadas à erros inerentes aos dados.

### ii. Delimitação mais precisa das Regiões

De modo a obter dados censitários mais precisos sugere-se utilizar a metodologia aqui empregada para cálculo dos parâmetros censitários no entanto com uma precaução maior na delimitação das regiões: sugere-se que tal processo seja feito pela própria cedente.

Além disso é importante verificar se a delimitação é limitada temporalmente pois alterações no funcionamento dos reservatórios em geral estão associados com mudanças nas regiões abastecidas implicando em áreas abastecidas que variam no tempo.

### iii. Quantidade em vez de qualidade

Do caos, a ordem (*ordo ab chao*) é um conceito que se aplica quando da avaliação de dados tão sistemáticos, recorrentes e com periodicidade tão bem definida. Uma quantidade maior de dados reduz enormemente os erros pontuais e propicia forte base para correlações.

Enquanto nesse estudo trabalhou-se com dados do período de 1 ano devido a limitações da concessionária sugere-se a utilização de períodos de ao menos 2 anos de modo a contemplar regimes climáticos bianuais e reduzir influências não-socioeconômicas nos dados.

### iv. Caracterização socioeconômica completa

Por questões acadêmicas e didáticas algumas variáveis socioeconômicas foram negligenciadas nesse estudo de modo a torna-lo mais objetivo e menos maçante. Em uma avaliação futura sugere-se uma avaliação detalhada da evolução econômica das regiões estudadas além da determinação precisa dos vetores de crescimento populacional ajustados aos dados utilizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 12.211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 14. 1992.

ABNT. **NBR 12.218 - Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público - Procedimento.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2017.

AGTHE, D. E.; BILLINGS, R. B. Equity, Price Elasticity, and Household Income under Increasing Block Rates for Water. **The American Journal of Economics and Sociology**, n. Vol. 46, 1987.

ANA. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.** Agência Nacional de Águas. Brasília. 2005.

ANA. **ATLAS Brasil - Abastecimento Urbano de Água.** Agência Nacional de Águas. Brasília. 2010.

ARBUÉS, F.; VILLANÚA, I.; BARBERÁN, R. Household size and residential water demand: an empirical approach. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics** , p. 61-80, 2010.

AWWA. **Sizing Water Service Lines and Meters.** 2ª. ed. [S.l.]: American Water Works Association, 2004.

AWWARF. **Residential End Uses of Water.** American Water Works Association Research Foundation. Denver, CO - EUA. 1999.

AZEVEDO NETTO, J. M. D. **Manual de Hidráulica.** 8ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de Janeiro de 1997.

BRASIL. Lei n. 9984/2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.**, Brasília/DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Lei n. 11.445/2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978;**, 5 jul 2007. 2007.

CAESB. **Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal.** Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Brasília. 2000.

CAESB. **Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal.** Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Brasília. 2010.

CAESB. **SIÁGUA - Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal**. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Brasília, DF, p. 147. 2014.

CHEN, H.; ZHANG, Y. Change of water consumption and its potential influential factors in Shanghai: A cross-sectional study. **BMC Public Health**, Xangai, 2012.

CLIMATEMPO. Climatologia - Brasília - DF. **Climatempo**, 30 de Novembro de 2017. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/61/brasil-ia-df>>.

CODEPLAN. **PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília. 2011.

CODEPLAN. **PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília. 2013.

CODEPLAN. **PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília. 2015.

CODEPLAN. Eixo Vegetação e Água - Consumo de Água Residencial, p. 9, 2017.

CRH/DF. Resolução nº05/2006. **Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal**, 2006.

EEA. **Water Stress in Europe - can the challenge be met?**. European Environment Agency. Copenhagen. 2008.

EEA. Use of freshwater resources. **European Environment Agency**, 2016. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-freshwater-resources-2/assessment-2>>. Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

FERNANDES NETO, M. L. **AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS INTERVENIENTES NO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA ESTUDO PARA 96 MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS**. Belo Horizonte: [s.n.], 2003.

GAGE, E.; COOPER, D. J. **The Influence of Land Cover, Vertical Structure, and Socioeconomic Factors on Outdoor Water Use in a Western US City**. Springer Science+Business Media. Fort Collins, CO, EUA. 2015.

GALVÃO, A. D. C.; XIMENES, M. M. **Regulação: Normatização da Prestação de serviços de Água e esgoto**. Fortaleza: Pouchain Ramos, v. 1, 2008.

GARCIA, E. A Tutorial on Correlation Coefficients. **Minerazzi**, p. 13, 2010.

GDF. Lei n. 3.557, 18 de Janeiro de 2005. **Dispõe sobre a individualização de instalação de hidrômetro nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal, e dá outras providências**, 2005.

GDF. **Lei de Uso e Ocupação do Solo - LUOS**. Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação. Brasília. 2017.

GDF. **Plano Distrital de Saneamento Básico**. Brasília. 2017.

GREENTEC. **Planos de Manejo das Áreas de Proteção da Vila Estrutural: Produto 4 – Plano de Manejo ARIE da Cabeceira do Valo**. ADASA. Brasília – DF. 2012.

HAUKE, J.; KOSSOWSKI, T. COMPARISON OF VALUES OF PEARSON'S AND SPEARMAN'S CORRELATION COEFFICIENTS ON THE SAME SETS OF DATA. **QUAESTIONES GEOGRAPHICAE**, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. D. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859 p.

HOFFMANN, M.; WORTHINGTON, A.; HIGGS, H. Urban water demand with fixed volumetric charging in a large municipality: the case of Brisbane, Australia. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, 2006. 347-359.

HOUSE-PETERS, L.; PRATT, B. Effects Of Urban Spatial Structure, Sociodemographics, And Climate On Residential Water Consumption In Hillsboro, Oregon. **Journal of the American Water Resources Association**, p. 12, 2010.

IBGE. **Mapa de Clima do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília. 2003.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília. 2015.

IBGE. Cidades IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/panorama>>. Acesso em: Novembro de 2017.

LEE, J.; TANVERAKUL, S. A. Price elasticity of residential water demand in California. **Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA**, San José - CA, EUA, p. 8, 2015.

LRM. Swimming Pools & Water Use. **Australian Northern Territory Government Department of Land Resource Management**, 2010. Disponível em: <[https://denr.nt.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/269330/WaterResNT\\_Factsheet\\_Swimming-Pools-CA.pdf](https://denr.nt.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/269330/WaterResNT_Factsheet_Swimming-Pools-CA.pdf)>. Acesso em: 10 de Novembro de 2017.

MAKWIZA, C.; JACOBS, H. E. Assessing the impact of property size on residential water use for selected neighbourhoods in Lilongwe, Malawi. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, Londres, 2016. 11.

MORGAN, W. D. Residential Water Demand: the case from micro data. **Water Resources Research**, v. 9, n. 4, p. 1065 - 1067, 1973.

MORGAN, W. D. A time series demand for water using data and binary variables, 1974. 697-702.

NORMANDO, D.; TJÄDERHANE, L.; CARDOSO ABDO QUINTÃO, C. A escolha do teste estatístico - um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint. **Dental Press Journal of Orthodontics**, 2010.

OMEGA. Equipamentos de Medição de Vazão e Nível. **OMEGA Engineering - Sensing Incredible Things**, 2017. Disponível em: <<https://br.omega.com/flow-level/>>. Acesso em: 17 de Novembro de 2017.

PAVIANI, A. Brasília no contexto local e regional: urbanização e crise. **Revista Território**, Rio de Janeiro, 2003.

PNCDA. **Documento Técnico de Apoio A2 - Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água**. [S.l.]. 2003.

PNCDA. **Documento Técnico de Apoio nº3 - Micromedição**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, p. 93. 2003.

SABESP. **Manual do Usuário**. São Paulo. 2007.

SABESP. **NTS 181**. [S.l.]. 2012.

SANT'ANA, D. R. **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwellings**. Oxford: Oxford Institute for Sustainable Development, 2011.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Brasília. 2015.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

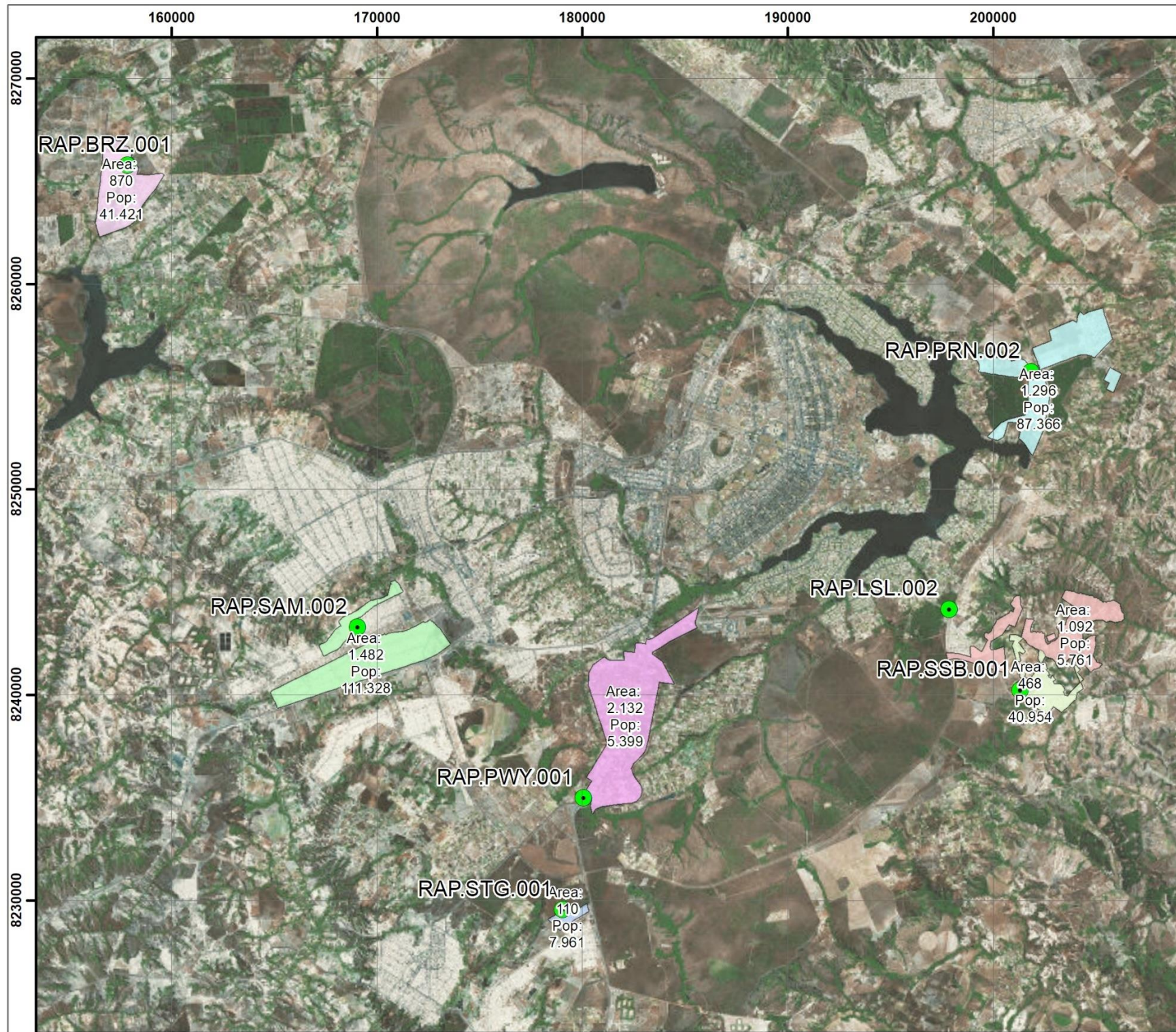
WENTZ, E. A.; GOBER, P. Determinants of Small-Area Water Consumption for the City of Phoenix, Arizona. **Water Resources Management**, Tempe, AZ, EUA, 2007.

WFC. Outdoor Water Use at Home. **Water Footprint Calculator**, 2017. Disponível em: <<https://www.watercalculator.org/water-use/outdoor-water-use-at-home/>>.

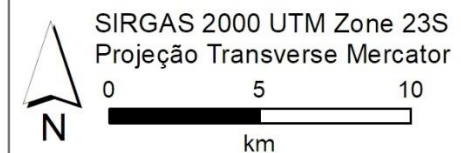
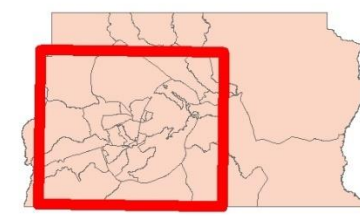
WONG, S. T. A model on municipal water demand: a case-study of Northeastern Illinois. **Land Economics**, 1972. 34-44.

YASSUDA, E.; NOGAMI, P. S. **Consumo da água**. São Paulo: [s.n.], 1976.

## **APÊNDICE A – MAPAS RELATIVOS À METODOLOGIA**



**Localização no DF**



SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Projeção Transverse Mercator

Escala 1:250.000

**Legenda**

- Reservatório
- Regiões Abastecidas**
- RAP.BRZ.001
- RAP.LSL.002
- RAP.PRN.002
- RAP.PWY.001
- RAP.SAM.002
- RAP.SSB.001
- RAP.STG.001



156000

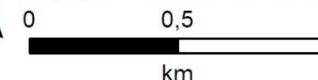
158000

160000

### Localização no DF



SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
Projeção Transverse Mercator



Escala 1:25.500

### Legenda

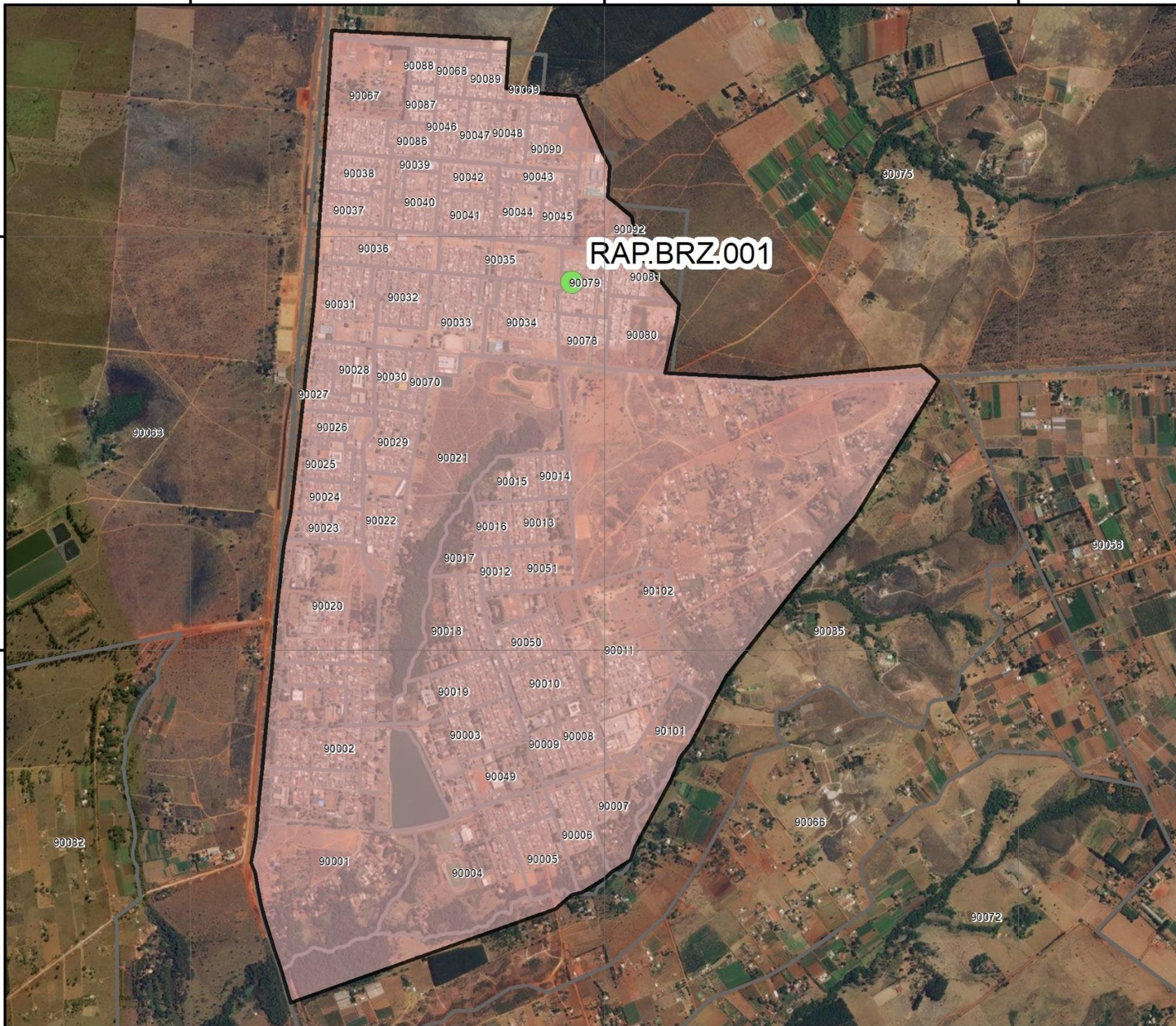
-  Piscinas
-  Reservatório
-  Setores Censitários
-  Região Abastecidas

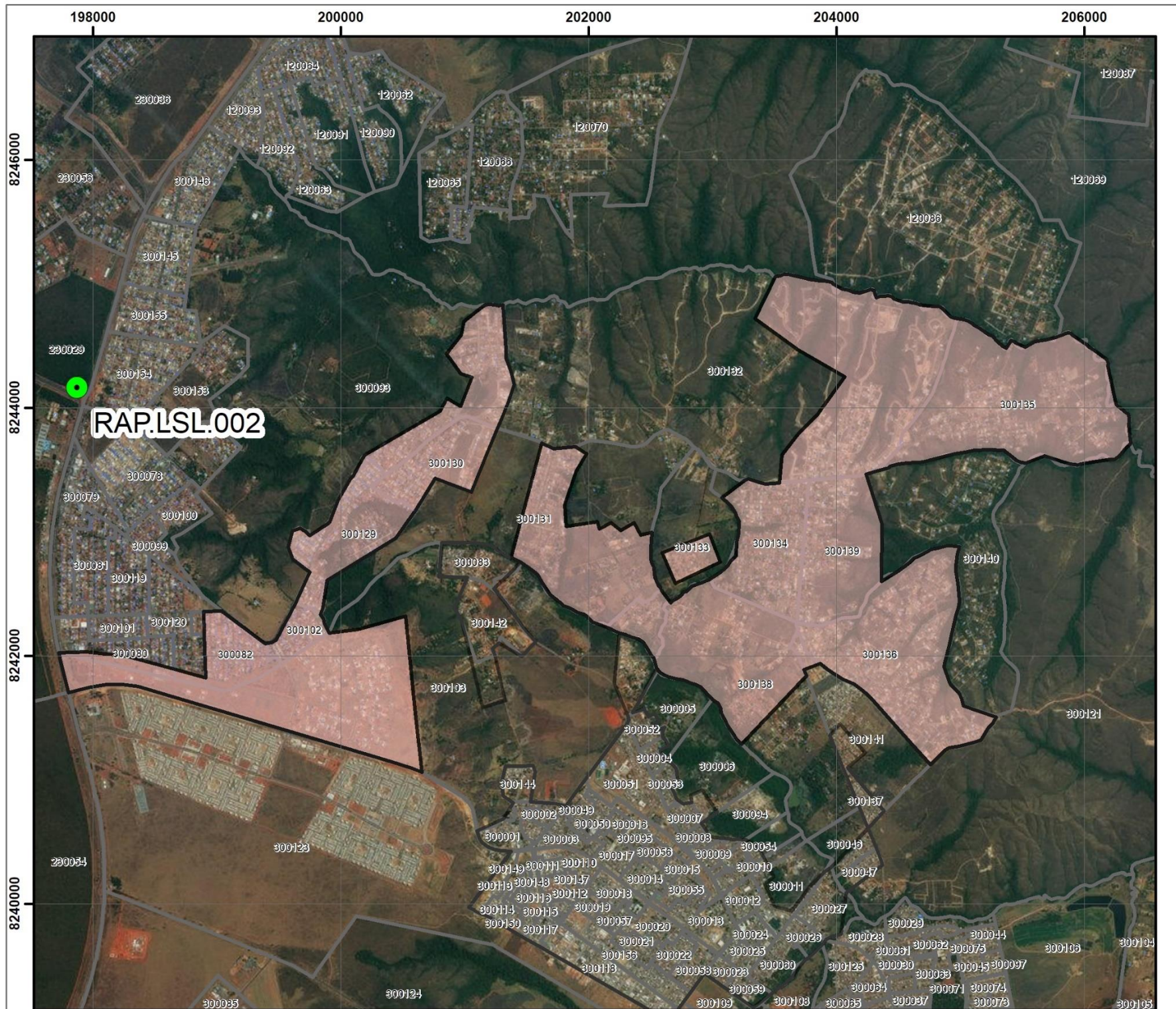
### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m<sup>3</sup>): 3.000  
 Área (ha): 870,31  
 População (hab): 41.421  
 Densidade (hab/ha): 47,59  
 RMPC (R\$/hab): 1.141,92  
 AMP (m<sup>2</sup>/hab): 0,06

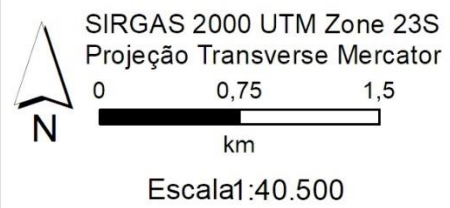
8266000

8264000





### Localização no DF



### Legenda

- Piscinas
- Reservatório
- Setores Censitários
- Região Abastecidas

### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m³): 5.000  
 Área (ha): 1.092,25  
 População (hab): 5.761  
 Densidade (hab/ha): 5,27  
 RMPC (R\$/hab): 3.669,26  
 AMP (m²/hab); 6,02

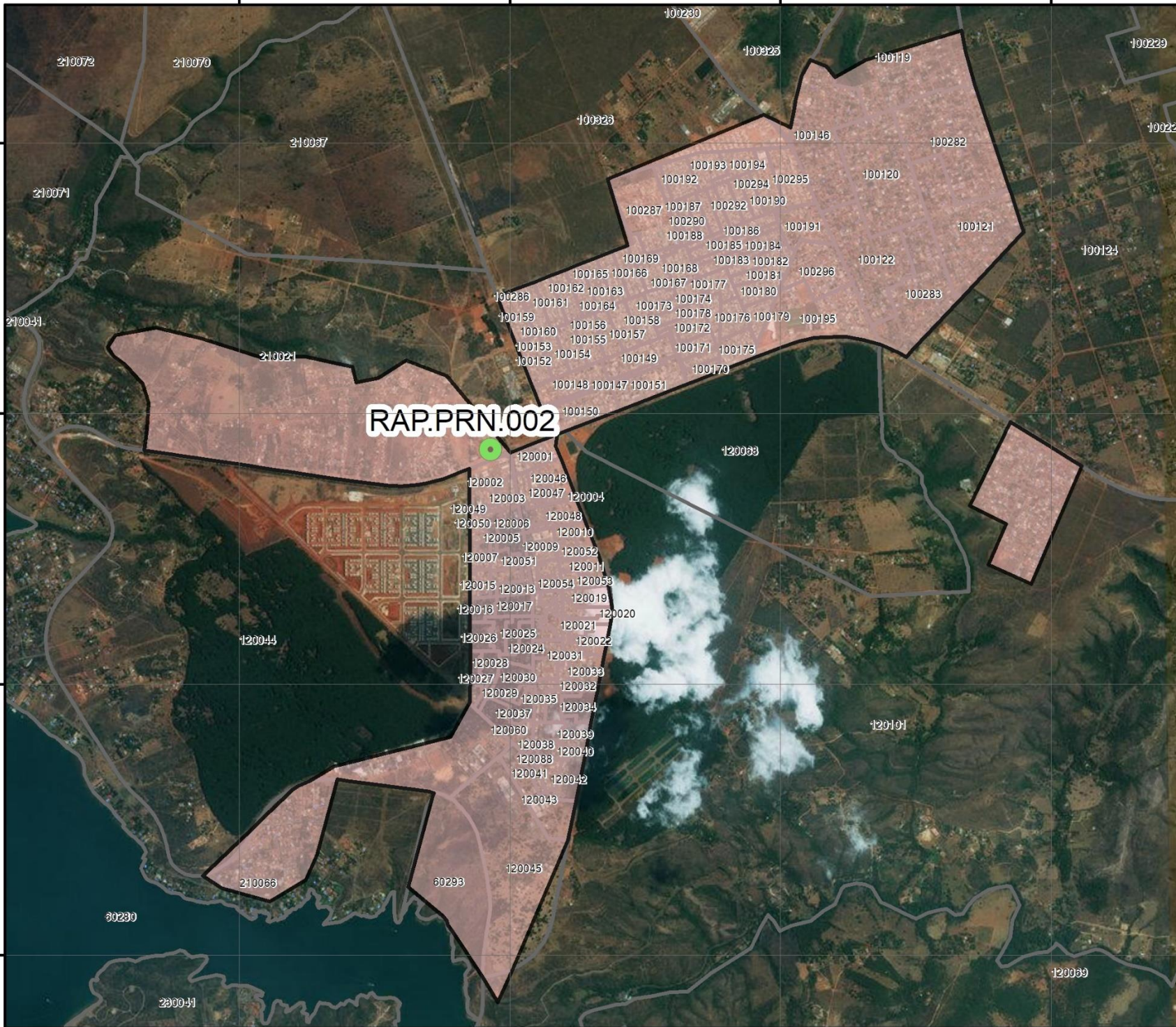
200000 202000 204000 206000

8258000

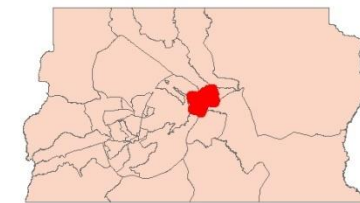
8256000

8254000

8252000



### Localização no DF



SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
Projeção Transverse Mercator  
0 0,75 1,5  
km

Escala 1:39.000

### Legenda

-  Piscinas
-  Reservatório
-  Setores Censitários
-  Região Abastecidas

### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m<sup>3</sup>): 5.000  
Área (ha): 1.296,18  
População (hab): 87.366  
Densidade (hab/ha): 67,4  
RMPC (R\$/hab): 852,54  
AMP (m<sup>2</sup>/hab): 0,24



### Localização no DF



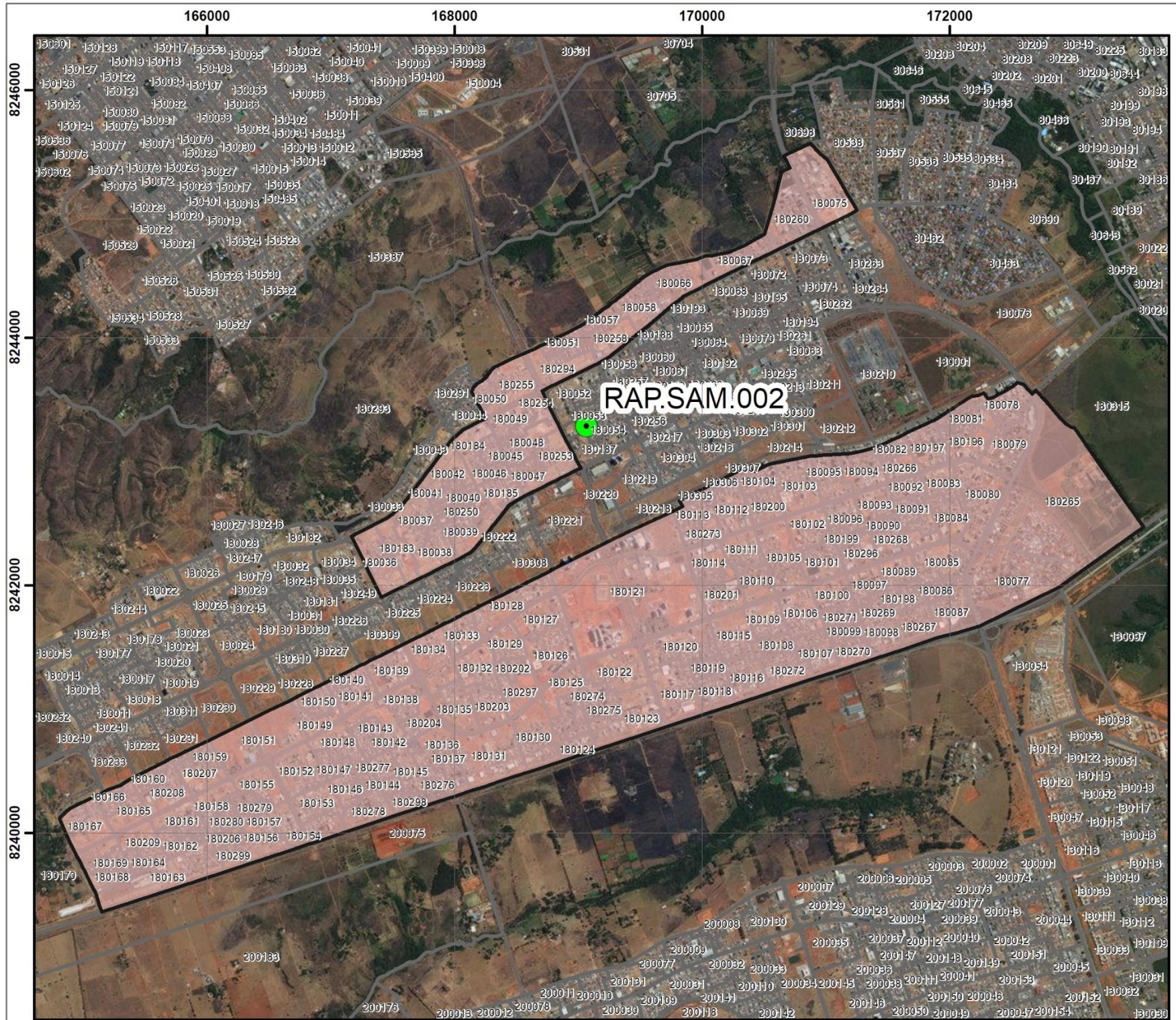
Escala 1:54.500

### Legenda

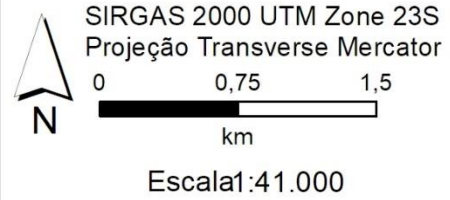
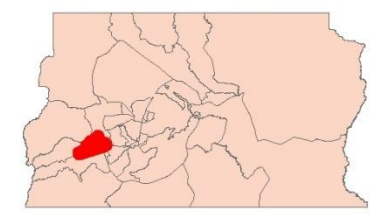
- Piscinas
- Reservatório
- Setores Censitários
- Região Abastecidas

### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m³):	3.000
Área (ha):	2.131,5
População (hab):	5.399
Densidade (hab/ha):	2,53
RMPC (R\$/hab):	5.521,59
AMP (m²/hab):	10,83



### Localização no DF



### Legenda

- Piscinas
- Reservatório
- Setores Censitários
- Região Abastecidas

### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m³): 7.000  
 Área (ha): 1.481,73  
 População (hab): 111.328  
 Densidade (hab/ha): 75,13  
 RMPC (R\$/hab): 986,54  
 AMP (m²/hab): 0,07

202000

204000

### Localização no DF



SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
Projeção Transversa Mercator



0 0,45 0,9  
km

Escala 1:21.000

### Legenda

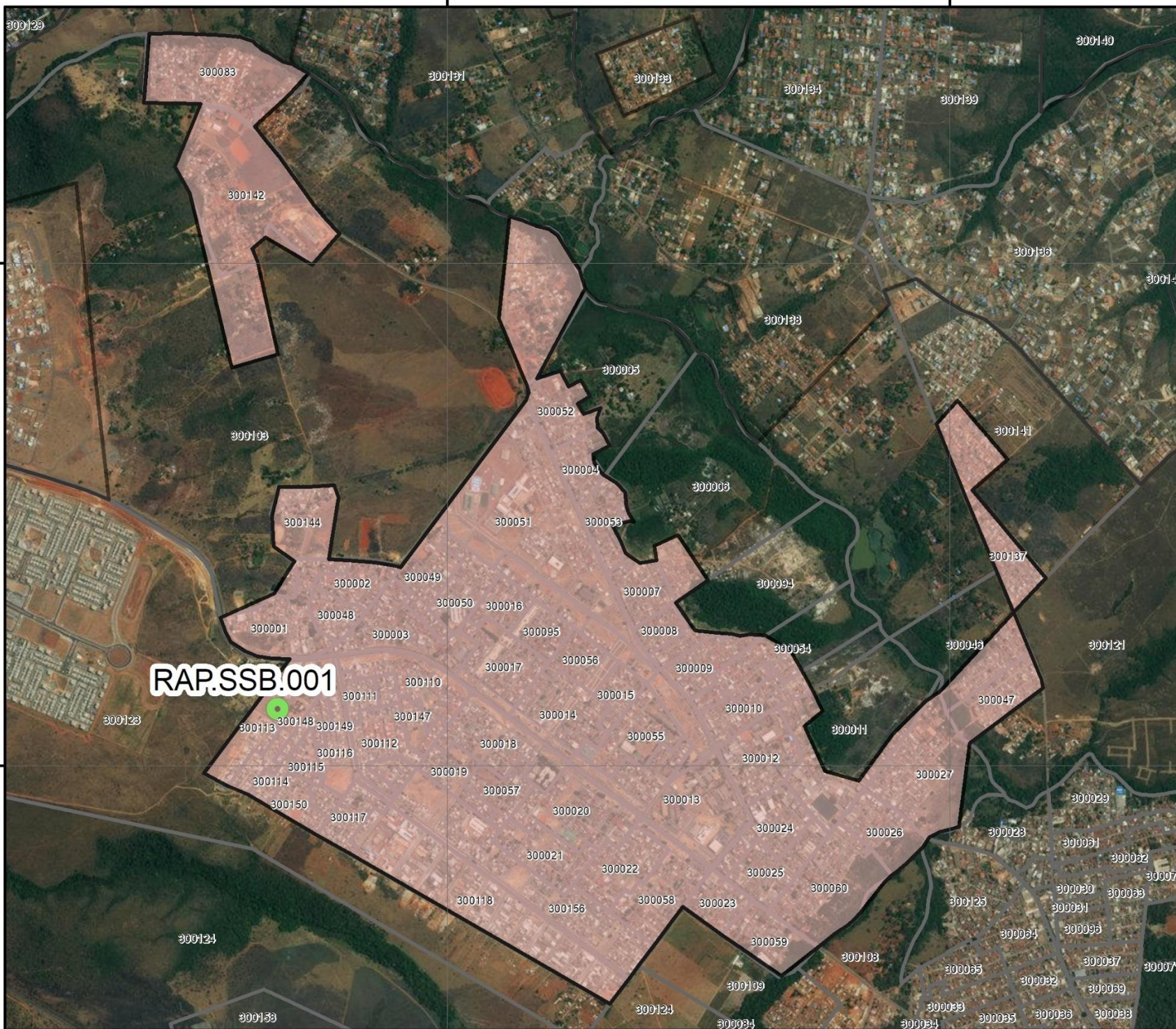
-  Piscinas
-  Reservatório
-  Setores Censitários
-  Região Abastecidas

### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m<sup>3</sup>): 4.000  
 Área (ha): 467,9  
 População (hab): 40.954  
 Densidade (hab/ha): 87,53  
 RMPC (R\$/hab): 752,26  
 AMP (m<sup>2</sup>/hab): 0,05

8242000

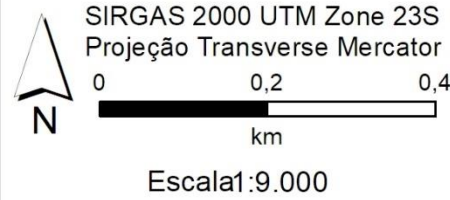
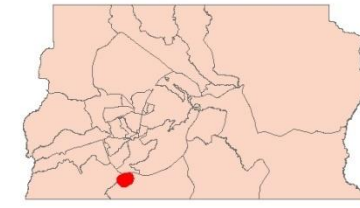
8240000



**RAP.SSB.001**



### Localização no DF



### Legenda

-  Piscinas
-  Reservatório
-  Setores Censitários
-  Região Abastecidas

### Região Abastecida

Vol. Reservatório (m<sup>3</sup>): 1.400  
 Área (ha): 110,31  
 População (hab): 7.961  
 Densidade (hab/ha): 72,16  
 RMPC (R\$/hab): 2.618,38  
 AMP (m<sup>2</sup>/hab): 0,1