



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS DETERMINANTES NO CONSUMO
URBANO DE ÁGUA DE USO DOMÉSTICO NA CIDADE DE
CAMPINA GRANDE - PB**

TESE DE DOUTORADO

GLEDSNELI MARIA DE LIMA LINS

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2011

GLEDSNELI MARIA DE LIMA LINS

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS DETERMINANTES NO
CONSUMO URBANO DE ÁGUA DE USO DOMÉSTICO
NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Érico Alberto de Albuquerque Miranda

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2011

XXXX Lins, Gledsneli Maria de Lima
2011 Análise de Variáveis Determinantes no Consumo Urbano de Água de Uso Doméstico na Cidade de Campina Grande - PB / Gledsneli Maria de Lima Lins. - Campina Grande: 2011.
92f. : il

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientador: Dr. Érico Alberto de Albuquerque Miranda.

1. Gestão da Demanda de Água. 2. Análise Fatorial 3. Análise de Regressão Linear. 4. Uso Racional de Água I. Título.

CDU xxxxxxxxx

GLEDNELI MARIA DE LIMA LINS

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS DETERMINANTES NO
CONSUMO URBANO DE ÁGUA DE USO DOMÉSTICO
NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Érico Alberto de Albuquerque Miranda
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof. Tarciso Cabral da Silva
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Dra. Zedna Mara de Castro Lucena Vieira
PNPD/CAPES/UFCG

Prof. José Dantas Neto
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Prof. Clodoaldo Roque Dalljustina Bortoluzzi
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Aos meus pais (*in memoriam*) **Luiz e Benita**, que com seu amor me receberam e me permitiram chegar onde hoje cheguei...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir viver grandes momentos e conhecer pessoas maravilhosas.

Ao meu orientador, Dr. Érico A.A. Miranda, pela competência, orientação segura e total apoio em todos os momentos deste trabalho.

A minha colega de trabalho e amiga Zedna Mara de Castro Lucena Vieira pelas ricas contribuições que foram de fundamental importância à consecução deste trabalho, e por me fazer ver a beleza ímpar de uma amizade...

Ao meu colega de trabalho e amigo Walter Santa Cruz pela preciosa ajuda no uso das ferramentas estatísticas...

Ao meu amigo João Paulo Neto, engenheiro da CAGEPA, que gentilmente viabilizou a aquisição de dados de consumo de água doméstico;

Ao técnico Joelson da EMBRAPA pela imediato fornecimento dos dados climáticos da cidade

À SEPLAN/PMCG pela cessão dos dados socioeconômicos aqui utilizados.

Ao aluno Francisco de Assis da Costa Neto pelo apoio logístico na sistematização dos dados.

Ao meu amigo Heber Pimentel Gomes pelo apoio e incentivo constantes.

Aos meus irmãos Fábria, Julita, Luiz Júnior e Normando pelo carinho e apoio incondicionais

A Dona Maria Castro e toda sua família pela amizade desprestenciosa e sincera a mim dedicada

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração desta tese.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Em um cenário mundial de crescente urbanização, a gestão urbana de água se transforma em um grande desafio a ser enfrentado por gestores de recursos hídricos e por formuladores de políticas públicas. Isto torna importante o desenvolvimento de pesquisas que apoiem a tomada de decisão e permitam a efetividade de medidas de gestão da demanda urbana de água, garantindo o uso racional desse recurso. Neste contexto, esta tese utilizou as técnicas estatísticas multivariadas Análise Fatorial e Análise de Regressão Linear Múltipla para determinar: (a) o grau de participação de variáveis socioeconômicas e climáticas no comportamento de consumidores residenciais urbanos; e (b) um modelo de regressão linear do consumo doméstico de água, que permita prever o comportamento desse consumo, a fim de subsidiar um melhor planejamento da rede de distribuição urbana de água. A cidade de Campina Grande – PB foi o caso de estudo selecionado, em função das graves crises de abastecimento que tem enfrentado ao longo da sua história. Dezesesseis bairros (32,65%) da cidade foram escolhidos como amostra, com base em suas características socioeconômicas e de distribuição espacial na área urbana (zonas Norte, Sul, Leste e Oeste, com quatro bairros por zona). Foram consideradas como variáveis: (a) socioeconômicas: população por faixa etária, renda familiar, tarifa de água e número de economias atendidas pela companhia de abastecimento de água; e (b) climáticas: temperatura máxima, temperatura média das máximas, precipitação, evaporação (ou volume evaporado), umidade relativa do ar, velocidade média do vento e insolação; utilizando uma série de dados mensais de 9 anos (2000-2008). Os resultados mostram que: (a) a *faixa etária* de 0-49 anos é a de maior influência sobre o consumo da cidade, com um consumo *per capita* de 103 l/hab.dia; (b) as *variáveis climáticas* não foram estatisticamente significativas, ao nível de significância adotado (5%); (c) a variável socioeconômica *tarifa* foi indicada como determinante do consumo residencial de água na cidade. Com base nesses resultados, foram definidos modelos de regressão linear do consumo residencial de água, por bairro e por zona. A par com a adoção de instrumentos econômicos, a estimativa da redução de consumo pela adoção de medidas de gerenciamento da demanda indicou que a medida mais efetiva, para o uso racional da água na cidade, é a redução de perdas por parte da concessionária de abastecimento de água (CAGEPA).

ABSTRACT

Within a world scenario of increasing urbanization, urban water demand management plays the role of a great challenge to be faced by water managers and public policy-makers. This makes it important to develop researches which support decision-making and allow urban water management measures to be effective, guaranteeing water rational use. At this context, this thesis utilized the multivariate statistical techniques Factor Analysis and Multiple Linear Regression Analysis in order to determine: (a) the participation level of socioeconomic and climatic variables in urban domestic consumers' behavior; and (b) a water household consumption linear regression model that allows domestic consumption behavior to be foreseen in order to subsidize a better urban water network planning. The city of Campina Grande was selected as study case, due to the severe water supply crises it has faced along its history. Sixteen districts (32.65%) of the city were selected as a sample, based on their socioeconomic characteristics and spatial distribution at the city's urban area (North, South, East and West zones, and four districts by zone). It was considered as: (a) socioeconomic variables: population by age group, family income, water tariff, and the number of economies supplied by the water supply company; and (b) climatic variables: maximum temperature, average of maximum temperatures, precipitation, evaporation (or evaporated volume), air relative humidity, average wind speed, and sunlight level; utilizing a 9-year monthly data series (2000-2008). The results show that: (a) the *0-49 age group* is the one which exerts major influence on water household consumption, presenting a 103 l/inhabitant.day *per capita* consumption; (b) the *climatic variables* were not statistically significant at the adopted significance level (5%); the socioeconomic variables *water tariff* and *family income* were pointed out as determinant variables for the city's water household consumption. Based on these results household consumption linear regression models were defined, by district and by zone. Along with economic instruments adoption, the estimation of water consumption reduction through water demand management measures adoption pointed out supply company's (CAGEPA) investments for leakage reduction as the most effective water management measure in order to achieve water rational use at the city.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS DA TESE	4
1.3 ESTRUTURAÇÃO DA TESE	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	7
2.2 A GESTÃO DA DEMANDA URBANA DE ÁGUA	17
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A DEMANDA DOMÉSTICA DE ÁGUA	22
2.4 MODELOS DE ESTIMATIVA DA DEMANDA DE ÁGUA	26
2.5 MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA	30

3	CASO DE ESTUDO	32
3.1	CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO	35
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA DE ESTUDO	35
3.2.1	Histórico do Abastecimento de Água de Campina Grande	35
3.2.2	A Situação Atual do Abastecimento de Água em Campina Grande	41
3.2.3	O Consumo Doméstico de Água em Campina Grande	44
4	METODOLOGIA	45
4.1	AQUISIÇÃO DE DADOS	50
4.2	SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS	51
4.3	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS	54
4.4	SELEÇÃO DA AMOSTRA	55
4.5	DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS	57
4.5.1	Alternativa I: População por faixas etárias x Consumo residencial de água (ano 2000).....	57
4.5.2	Alternativa II: Consumo doméstico x Variáveis Socioeconômicas e Climáticas (ano 2000)	59
4.5.3	Alternativa III: Consumo residencial de água x Tarifa e Renda (2000-2008) para 4 bairros (um em cada zona da cidade).....	61

4.6	MODELO DE REGRESSÃO LINEAR	63
4.7	ESTIMATIVA DO CONSUMO COM USO DE MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA (GDA).....	64
4.7.1	Redução de Consumo no Bairro da Glória	66
4.7.2	Redução de Consumo no Bairro Universitário	67
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
5.1	ANÁLISE DA ALTERNATIVA I	69
5.2	ANÁLISE DA ALTERNATIVA II	70
5.2.1	Zona Norte: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear	70
5.2.2	Zona Sul: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear	72
5.2.3	Zona Leste: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear	73
5.2.4	Zona Oeste: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear	74
5.3	ANÁLISE DA ALTERNATIVA III	77
5.4	ANÁLISE DA ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DO CONSUMO	78
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	81
6.1	CONCLUSÕES	81
6.2	RECOMENDAÇÕES	85
	REFERÊNCIAS	86
	ANEXO I – MAPAS (SETORES DA CAGEPA E BAIROS DA CIDADE)	
	APÊNDICE I – TABELAS DA ALTERNATIVA I	
	APÊNDICE II – TABELAS DE ANÁLISE FATORIAL (AF)	
	APÊNDICE III – TABELAS DE ANÁLISE DE REGRESSÃO (AR)	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores de tarifa, por faixa de consumo, praticadas pela CAGEPA (1997-2007)	52
Tabela 2 Classes socioeconômicas do Brasil	55
Tabela 3 Variância Total Explicada (Método das Componentes Principais)	57
Tabela 4 Valores dos Coeficientes de Correlação, de Determinação e do Erro Padrão de Estimativa para a Alternativa I	58
Tabela 5 Equações de Regressão Linear obtidas para os bairros da Zona Norte	61
Tabela 6 Matriz de Correlação (Alternativa III)	62
Tabela 7 Redução de consumo proporcionada por aparelhos poupadores	67
Tabela 8 Coeficientes da Regressão, Estatísticas F e t, Significância (Alternativa I)	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Os três pilares da Gestão Integrada de Recursos Hídricos: Ambiente Normativo, Estrutura Institucional e Instrumentos de Gestão	8
Figura 2 Composição do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH) e subordinações/relações entre os seus integrantes	10
Figura 3	
(a) Evolução da implantação dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos	11
(b) Comitês de Bacia Hidrográfica (rios de domínio estadual)	12
(c) Comitês de Bacia Hidrográfica (rios de domínio da União)	12
(d) Enquadramento dos corpos de água (rios de domínio estadual)	13
(e) Enquadramento dos corpos de água (rios de domínio da União)	13
(f) Situação de elaboração de Planos Estaduais de Recursos Hídricos.	14
Figura 4 Percentagem da população em áreas urbanas	18
Figura 5 Relações lineares e não-lineares entre consumo e preço da água	23
Figura 6 Relação entre demanda de água e renda familiar	24
Figura 7 Exemplos de técnicas de Inteligência Artificial e técnicas estatísticas convencionais, utilizadas em modelos de previsão de demanda	27
Figura 8 Localização do município de Campina Grande, no Estado da Paraíba	33
Figura 9 Mapa dos bairros de Campina Grande	34
Figura 10 Localização do Açude Velho e do Açude Novo, na cidade de Campina Grande (década de 40 do século XX)	36
Figura 11 Vista atual do Açude de Bodocongó e parte do campus da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB (em primeiro plano).	37
Figura 12 Vista aérea do Açude Velho em Campina Grande – PB	38
Figura 13 Espelho d'água do Açude Público Epitácio Pessoa (Boqueirão), referente à cota 377,55 m (cota de sangria), em Setembro/2004	40
Figura 14 Esquema do Sistema Integrado Campina Grande	42
Figura 15 Esquema do sistema adutor e da rede de distribuição de água na cidade de Campina Grande	43

Figura 16 Etapas metodológicas adotadas na pesquisa	49
Figura 17	
(a) Evolução da tarifa de água da CAGEPA, período de 1995 a 2007, indicando os valores para o consumo mensal de 10 m ³ (tarifa social e normal) e 30 m ³	53
(b) Evolução do salário mínimo, período de 2000 a 2010, indicando os valores pagos pela conta de água para o consumo mensal de 10 m ³ (tarifa normal) e 30 m ³	53
Figura 18 Bairros que compõem a amostra selecionada	56

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A água, dentre todos os recursos naturais, é o mais importante para o bem-estar da humanidade e, durante milênios, foi considerada um patrimônio inteiramente livre, de que os habitantes da Terra se serviam despreocupadamente (TROJAN *et al.*, 2005).

A água potável é um recurso natural finito, e sua quantidade disponível *per capita* diminui a cada dia, com o crescimento da população mundial e da degradação dos mananciais. A garantia de ter uma água de alta qualidade para o abastecimento das populações é o desafio maior das próximas décadas para os gestores e pesquisadores em recursos hídricos (TUNDISI, 2003).

Quando se analisa o problema de maneira global, observa-se que existe quantidade de água suficiente para o atendimento de toda a população. No entanto, a distribuição não uniforme dos recursos hídricos e da população sobre o planeta acaba por gerar cenários adversos quanto à disponibilidade hídrica em diferentes regiões (SETTI *et al.*, 2000).

Existem mais de 1.4 bilhão de pessoas que não têm acesso à água potável, e mais de 2 bilhões de pessoas não têm qualquer sistema sanitário doméstico ou de purificação da água de esgoto. Se nada for feito para reverter a tendência atual, no ano 2025 o número de pessoas sem acesso à água potável alcançará mais de 4 bilhões, a metade da população mundial (PETRELLA, 2002). De acordo com a Organização das Nações Unidas, a

situação de escassez hídrica será pior nas áreas urbanas do planeta, as quais têm crescido de forma tal que, desde o final de 2006, concentram mais da metade da população mundial (UN-HABITAT, 2006).

Quanto maior o tamanho do centro urbano, maiores são as suas demandas domésticas, industriais e comerciais por água; mas outros fatores sociais, econômicos, climáticos e técnicos podem influir nesses consumos específicos (SETTI *et al.*, 2000), de modo que, em geral, tais consumos crescem com o melhoramento do nível de vida e com o desenvolvimento do núcleo urbano.

Nas cidades, os problemas de abastecimento estão diretamente relacionados ao crescimento da demanda, ao desperdício e à urbanização descontrolada, que atinge regiões de mananciais (TUCCI, 2010). Uma questão preocupante é a baixa eficiência das empresas de abastecimento e de saneamento. Estima-se que as perdas nas redes de distribuição atinjam entre 40% e 60% por roubos e vazamentos (CAVALCANTI NETO *et al.*, 2007). No entanto, para Tucci (2010), a escassez hídrica urbana não ocorre apenas pela maior demanda de água, mas pela perda de sua disponibilidade por poluição das fontes, como ocorre na maioria das cidades brasileiras, e, portanto, a gestão de recursos hídricos é uma condição necessária para que a água tenha o valor representado pela sua importância na vida humana.

Segundo Christofidis (2006), a gestão de recursos hídricos visa a harmonizar a oferta com as necessidades de água, para atender os usos consuntivos e não consuntivos, sem que haja o risco de conflitos nem redução da quantidade ou deterioração da qualidade. A aplicação dos princípios orientadores de gestão das águas deve ordenar seu uso múltiplo e possibilitar sua preservação para as futuras gerações, minimizando ou mesmo evitando os problemas decorrentes da escassez e da poluição dos cursos de água, os quais afetam e comprometem os diversos usos dos recursos hídricos (SETTI *et al.*, 2000). Assim, a disseminação dos fatores e condicionantes para uma gestão participativa e integrada, de acordo com as evoluções conceituais, organizacionais, tecnológicas e institucionais do gerenciamento de recursos hídricos, constitui quesito fundamental para um desenvolvimento equilibrado e em consonância com a preservação do meio ambiente (TUNDISI, 2008).

Este novo modelo de gestão de recursos hídricos, ao propiciar o gerenciamento integrado da demanda e da oferta de água – contrapondo-se ao sistema tradicional de gestão exclusiva da oferta de água, aumentando-a através da exploração de novas fontes hídricas – deve promover a interação efetiva do ciclo hidrossocial com o ciclo hidrológico,

desenvolvendo processos cooperativos institucionais com enfoque sistêmico, preditivo e adaptativo, com igual ênfase em medidas estruturais e não estruturais (TUNDISI, 2003).

Assume, então, grande importância o gerenciamento da demanda de água, que pode ser compreendido como a adoção de medidas para o uso racional e a consequente redução do consumo de água (WINPENNY, 1994). De acordo com Inman e Jeffrey (2007), reduzir o consumo humano é um método mais sustentável de resolver o desequilíbrio entre oferta e demanda de água, devendo ser adotado pelas companhias de abastecimento de água, em conjunto com as ações convencionais de oferta, de maneira a reduzir falhas (falta de água) ou, mesmo, medidas de racionamento de água. Desta maneira, iniciativas de gerenciamento da demanda de água podem ajudar a amenizar a escassez de água, a exemplo de medidas como redução de vazamentos, reciclagem e reuso de água, economia de água de usos doméstico, comercial e industrial, entre outras.

Araújo *et al.* (2008) consideram que o gerenciamento do consumo das águas doces superficiais e subterrâneas é que deve ser o grande foco de ação, visto que a população mundial tenderá sempre a crescer e os recursos hídricos irão permanecer continuamente inalterados; dessa forma, governo, instituições privadas e cidadãos devem agir em conjunto, por meios de programas, de campanhas e da participação efetiva e consciente de todos, em prol da redução do consumo de água e do bem estar comum das sociedades atuais e futuras.

As condições atuais do confronto entre disponibilidades e demandas mostram que, na média, e na maior parcela do território brasileiro, não existe déficit de recursos hídricos. No entanto, observam-se condições críticas em períodos de estiagem no Semiárido Nordeste e em algumas regiões onde o uso da água é intenso, como nas cidades de médio porte e, principalmente, nas regiões metropolitanas. Importante enfatizar que a questão da demanda urbana vem se tornando premente para o país: de acordo com o IBGE (2000), no Brasil, o segmento urbano já representa 79% da população total, enquanto que, no Estado da Paraíba – que tem 90,7% do seu território inserido no Polígono das Secas (ADENE, 2007) – o fluxo migratório do campo para as cidades vem aumentando o contingente urbano, o qual já atinge 71% da população estadual (SEPLAG, 2005).

No modelo de gestão de recursos hídricos adotado no Brasil (Lei 9.433/97), bem como no Estado da Paraíba (Lei 6.308/96), a gestão da demanda de água assume o papel de elemento chave para assegurar o uso sustentável dos recursos hídricos, considerando, de forma integrada, os aspectos de disponibilidade quantitativa e qualitativa. No entanto, a definição de políticas de gestão da demanda de água para o Estado da Paraíba ainda

enfrenta obstáculos, tanto em função de aspectos institucionais da gestão hídrica, quanto em decorrência do fato de que, conforme afirmam Babel *et al.* (2007), a demanda de água é uma função complexa de características socioeconômicas e climáticas e da própria existência ou ausência de estratégias e políticas públicas.

Neste contexto, a avaliação quantitativa e qualitativa do consumo de água de uso doméstico, em núcleos urbanos, bem como a previsão dos usos futuros, é ferramenta importante no gerenciamento dos recursos hídricos.

O consumo de água doméstico é uma função complexa de vários fatores tais como: fatores socioeconômicos, fatores climáticos, estratégias e políticas públicas (incentivos financeiros, por exemplo), por isso não se pode assumir que o consumo de água seria constante para cada pessoa apenas devido ao seu estilo de vida, faixa etária, renda e nível de escolaridade. A análise dos fatores que influenciam tais consumos específicos, bem como a compreensão dos seus efeitos, pode ser facilitada pelo uso de modelos matemáticos que permitam identificar o interrelacionamento desses fatores e efeitos, objetivando tanto a previsão das demandas futuras, quanto a identificação de medidas de gerenciamento mais efetivas.

A possibilidade de utilizar técnicas estatísticas multivariadas para fazer estimativas do consumo residencial de água de uso doméstico e encontrar modelos de previsão desse consumo, a partir de dados socioeconômicos, climáticos e de consumo médio mensal, motivou esta tese, que utilizou como caso de estudo a cidade de Campina Grande – PB, localizada no semiárido Nordeste e abastecida, unicamente, pelo reservatório Epitácio Pessoa. Esta pesquisa se justifica em si mesma, pela importância do tema, vez que traz no bojo a ideia de poder consumir água sem desperdiçá-la, com justiça e equidade. E ao se estruturar como *caso de estudo* cumpre a importante função de gerar hipóteses e construir teorias para explorar novos processos e/ou comportamentos.

1.2 OBJETIVOS DA TESE

Objetivo geral :

- ✓ Analisar as interações entre variáveis socioeconômicas, climáticas e de consumo residencial de água de uso doméstico, visando à obtenção daquelas variáveis determinantes desse consumo, para a adoção de medidas de gerenciamento da demanda urbana de água na cidade de Campina Grande – PB.

Objetivos específicos:

- ✓ Selecionar as variáveis que serão utilizadas na pesquisa;
- ✓ Encontrar um modelo de Regressão Linear Múltipla para estimar o consumo residencial de água de uso doméstico;
- ✓ Identificar as variáveis determinantes para este consumo residencial de água de uso doméstico na cidade de Campina Grande – PB;
- ✓ Estimar a redução do consumo doméstico de água proporcionada pela adoção de medidas de gestão da demanda urbana de água na cidade, considerando a literatura especializada sobre o tema.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

A Tese está estruturada em seis capítulos, assim discriminados:

- Capítulo 1, esta Introdução, onde se contextualiza o problema e justifica o estudo, sendo indicados os objetivos geral e específicos;
- Capítulo 2, consistindo em uma Revisão de Literatura, onde se procura descrever o estado da arte e toda a literatura disponível no campo desta pesquisa, incluindo aqui as medidas adotadas no gerenciamento da demanda;
- Capítulo 3, o Estudo de Caso, onde se faz a caracterização da área de estudo focalizada pela pesquisa, a cidade de Campina Grande- PB, inclusive relatando os graves problemas de abastecimento de água que a cidade tem enfrentado ao longo de sua história;
- Capítulo 4, a Metodologia, que, tendo em vista os objetivos (geral e específicos), descreve as etapas metodológicas sequenciadas, as alternativas analisadas e identifica as ferramentas estatísticas utilizadas;
- Capítulo 5, a Análise de Resultados, onde são discutidos os resultados obtidos nas etapas metodológicas;
- Capítulo 6, com as Conclusões e Recomendações inerentes à pesquisa desenvolvida;
- além das Referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O início do século XXI tem sido marcado, internacionalmente, pela busca de uma maior eficiência no uso dos recursos hídricos, o que tem provocado mudanças de paradigmas para a gestão desses recursos.

Enquanto, tradicionalmente, os modelos de gestão hídrica buscavam compatibilizar a oferta com a demanda através da *expansão da oferta de água*, traduzindo-se na construção de obras hidráulicas financiadas pelo poder público, o conceito de desenvolvimento sustentável, os múltiplos usos da água, o aumento populacional concentrado nas áreas urbanas, o avanço tecnológico, entre outros fatores de igual importância, acentuaram a necessidade de uma “*abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas*” (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Essa nova abordagem, conhecida como Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), pode ser definida como um “processo que promove o desenvolvimento e a gestão coordenada da água, do solo e dos recursos relacionados, a fim de maximizar a resultante econômica e o bem-estar social, de forma equilibrada e sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais” (GWP, 2000). Desta maneira, a gestão de recursos hídricos adota o conceito de desenvolvimento sustentável, onde devem ser igualmente contempladas a integridade ambiental, a eficiência econômica e a igualdade social (YOUNG *at al*, 2001 *apud* VIEIRA, 2008), buscando o equilíbrio entre oferta e demanda através do uso eficiente da água disponível (TUNDISI, 2003). Ou, como

afirmam Savenije e van der Zaag (2008), a GIRH é uma integração do desenvolvimento socioeconômico com o planejamento físico e a proteção ambiental.

O conceito de Gestão Integrada de Recursos Hídricos tem, nos Princípios de Dublin para a Água, um relevante conjunto de diretrizes para a sua aplicação: “(i) a água doce é um recurso limitado e vulnerável, essencial à sustentação da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente; (ii) o gerenciamento da água deve estar baseado em uma abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e políticos em todos os níveis; (iii) as mulheres exercem um papel essencial na provisão, gestão e conservação da água; (iv) a água tem um valor econômico em todos os seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico” (UN, 1992).

Dada a complexidade das questões relacionadas aos usos da água na sociedade, a implantação deste novo modelo de gestão hídrica requer a construção de um novo arcabouço institucional, dentro do qual as interações entre políticas, leis, regulações, instituições e sociedade civil permitam a efetiva *governança da água*, entendida como “o conjunto de sistemas – político, social, econômico e administrativo – que objetiva o desenvolvimento e a gestão de recursos hídricos nos diferentes níveis da sociedade” (ROGERS; HALL, 2003).

Neste sentido, Jouch-Clausen (2004) considera que implantar o processo de gestão integrada de recursos hídricos necessariamente implica:

(i) na definição de um *ambiente normativo*, constituído por políticas apropriadas, estratégias e legislação, que permita o desenvolvimento e a gestão sustentável dos recursos hídricos;

(ii) na criação de uma *estrutura institucional*, através da qual as políticas, estratégias e legislação possam ser implantadas; e

(iii) no estabelecimento dos *instrumentos de gestão* requeridos para o efetivo funcionamento dessa estrutura institucional.

A Figura 1 indica como esses “três pilares” (JOUCH-CLAUSEN, 2004) relacionam as bases (eficiência econômica, equidade e sustentabilidade ambiental) e a meta (equilíbrio entre “água para subsistência”, elemento essencial à vida e direito de todos, e “água como recurso”, ou seja, como insumo de produção) da gestão integrada de recursos hídricos, enfatizando assim o caráter multidisciplinar desta.



Fonte: Adaptada de Jouch-Clausen (2004).

Figura 1 Os três pilares da Gestão Integrada de Recursos Hídricos: Ambiente Normativo, Estrutura Institucional e Instrumentos de Gestão.

Evidentemente, a forma de implantação deste modelo de gestão vai depender do estágio de desenvolvimento e das questões críticas em relação aos problemas hídricos de cada país, levando, assim, a diferentes tipos e níveis de benefícios. Por exemplo, países em desenvolvimento vão considerar a gestão de recursos hídricos como fator de combate à pobreza e à fome, de desenvolvimento econômico e de sustentabilidade ambiental; países em transição poderão ver o modelo de GIRH como uma abordagem racional que apoiará a continuidade do desenvolvimento de suas economias; enquanto os países desenvolvidos poderão inspirar-se nos processos de GIRH para projetar as suas próprias variações, de maneira a resolver bem os problemas que lhes são próprios (JOUCH-CLAUSEN, 2004).

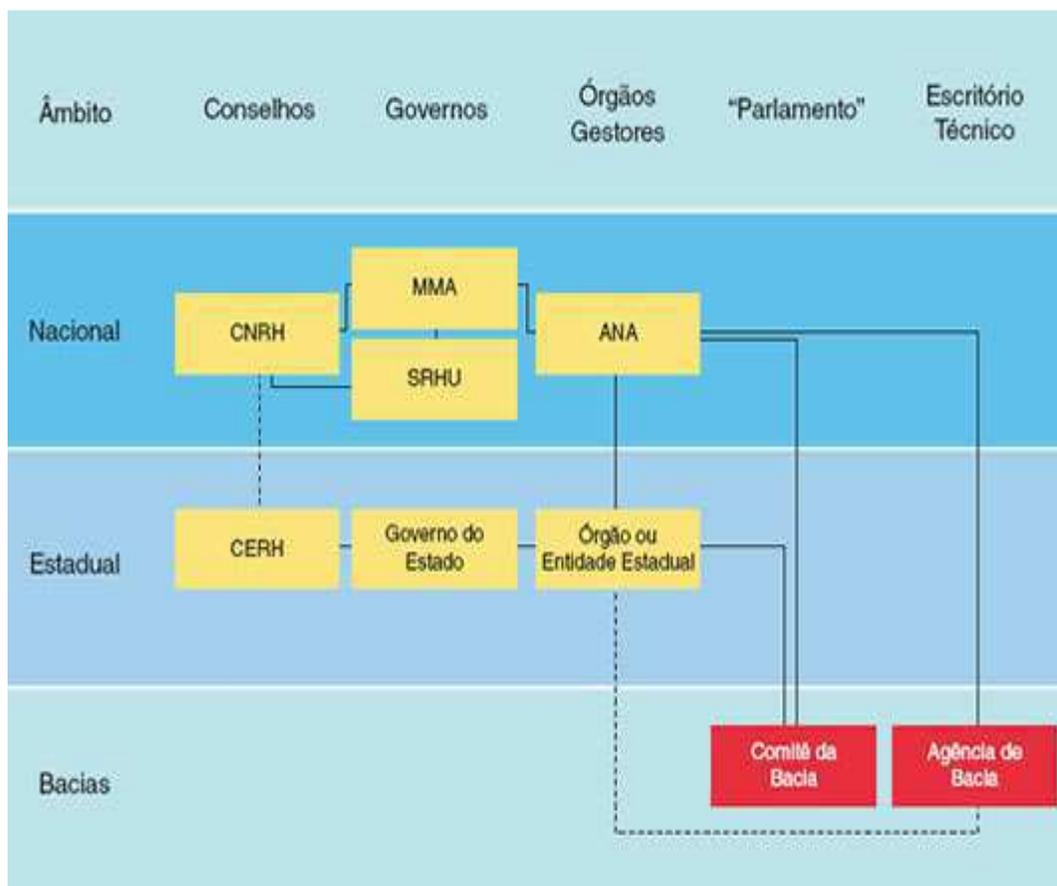
Inegavelmente, este modelo de gestão, resultante do debate internacional, fortemente influenciou a mudança do paradigma de gestão hídrica no Brasil, onde a “institucionalização das normas sobre água reflete a estrutura da Gestão Integrada de Recursos Hídricos” (CONCA, 2006). Assim, o marco legal para a implantação da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil é a Lei 9.433 (“Lei das Águas”), de 8 de

janeiro de 1997, a qual estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem como *fundamentos*: a dominialidade pública da água; o reconhecimento da água como recurso natural limitado, dotado de valor econômico; o uso prioritário para o abastecimento humano e a dessedentação de animais, em situações de escassez; a obrigatoriedade da gestão hídrica é proporcionar o uso múltiplo das águas; a definição da bacia hidrográfica como unidade territorial para implantação da PNRH e atuação do SINGREH; e a adoção de uma gestão de recursos hídricos descentralizada e participativa, definida em conjunto pelo Poder Público, os usuários de água e a sociedade civil organizada. Os *objetivos* da PNRH são: assegurar, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, visando ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, sejam de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos. Para atender a tais objetivos, estão definidos como *instrumentos* da PNRH: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) tem como *objetivos*: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos. O SINGREH tem sua *composição* integrada por: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); a Agência Nacional de Águas (ANA); os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal (CERHs); os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs); os órgãos dos poderes públicos federal (Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU)), estaduais, do Distrito Federal e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e as Agências de Água (ou Agências de Bacia). A Figura 2 indica essa composição, bem como as subordinações/relações entre os vários integrantes do SINGREH.

Tal estrutura de gerenciamento proporciona a descentralização da gestão de recursos hídricos, do centro do poder público para a realidade local da bacia hidrográfica, permitindo o compartilhamento do poder de decisão entre o poder público (que mantém o seu papel de gestor e coordenador), os usuários de água e a sociedade civil organizada. Desta forma, a tomada de decisão em recursos hídricos passa a acontecer no âmbito dos comitês de bacia hidrográfica e dos conselhos de recursos hídricos, nacional e estaduais (SCHWINGEL, 2008).

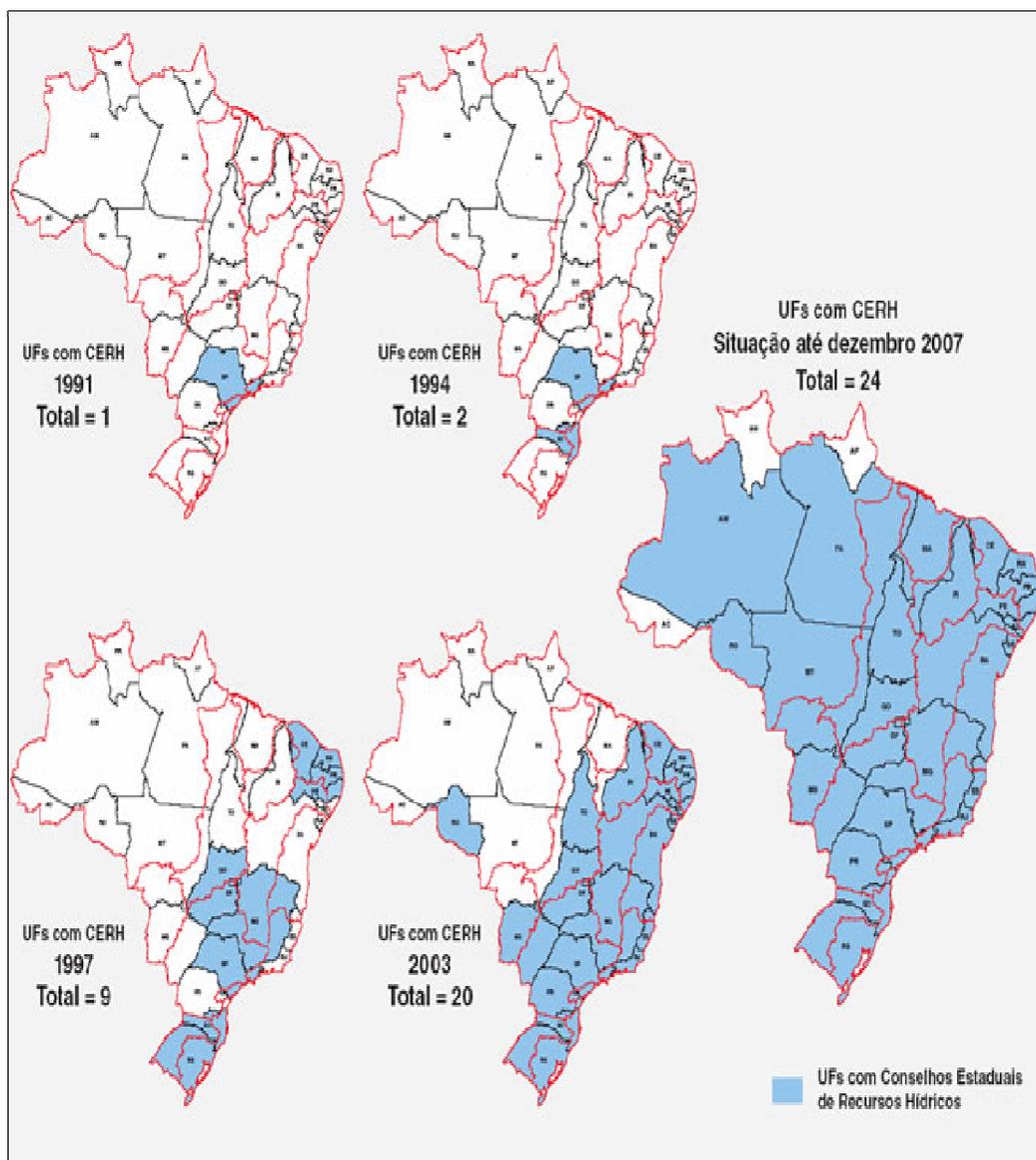


Fonte: ANA, 2010.

Figura 2 Composição do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH) e subordinações/relações entre os seus integrantes.

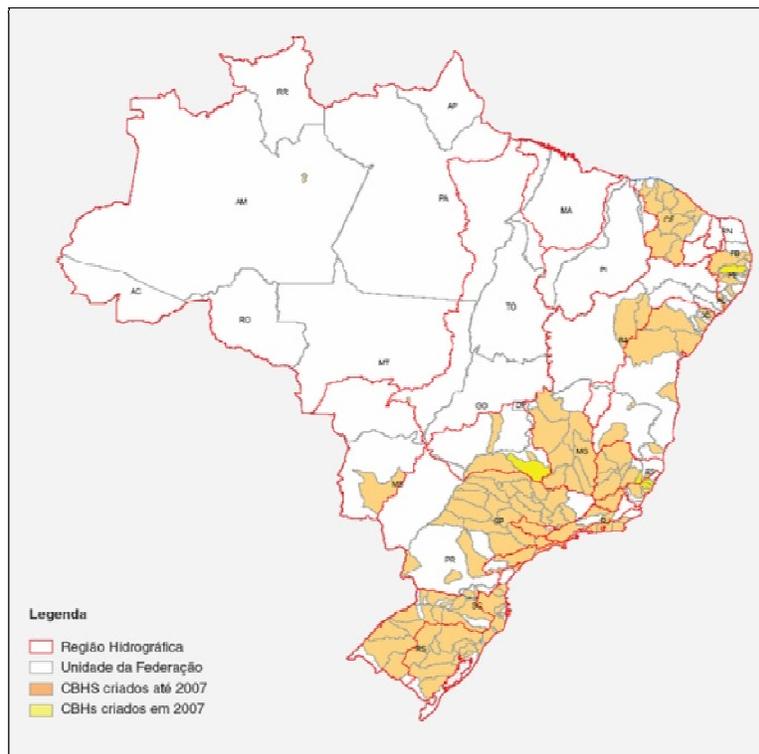
Passados treze anos da promulgação da Lei 9.433/97, muitos avanços foram realizados, podendo ser citados, conforme documento da Agência Nacional de Águas (ANA, 2010): (i) a promulgação/adequação das leis estaduais de recursos hídricos em quase todas as Unidades Federativas (24 das 27), com a consequente definição dos órgãos gestores e a instalação dos respectivos conselhos de recursos hídricos; (ii) a

instalação de Comitês de Bacia Hidrográfica, tanto em bacias de rios de domínio da União, quanto naquelas de rios de domínio dos Estados (Bahia, Ceará, Paraíba, Rio de Janeiro, São Paulo, entre outros); (iii) a elaboração e publicação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2006), bem como do Plano Estadual de Recursos Hídricos de várias Unidades Federativas; (iv) a aplicação dos instrumentos de enquadramento dos corpos de água em classes, da outorga dos direitos de uso e da cobrança pelo uso de recursos hídricos; (v) o desenvolvimento do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. A Figura 3 (a, b, c, d, e, f) apresenta alguns dos itens aqui citados.



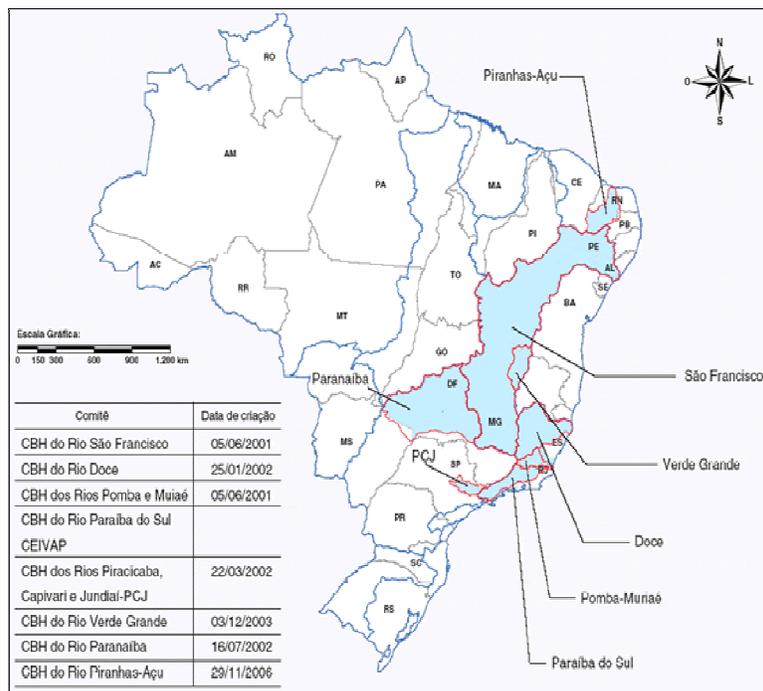
Fonte: ANA (2010).

Figura 3(a) Evolução da implantação dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.



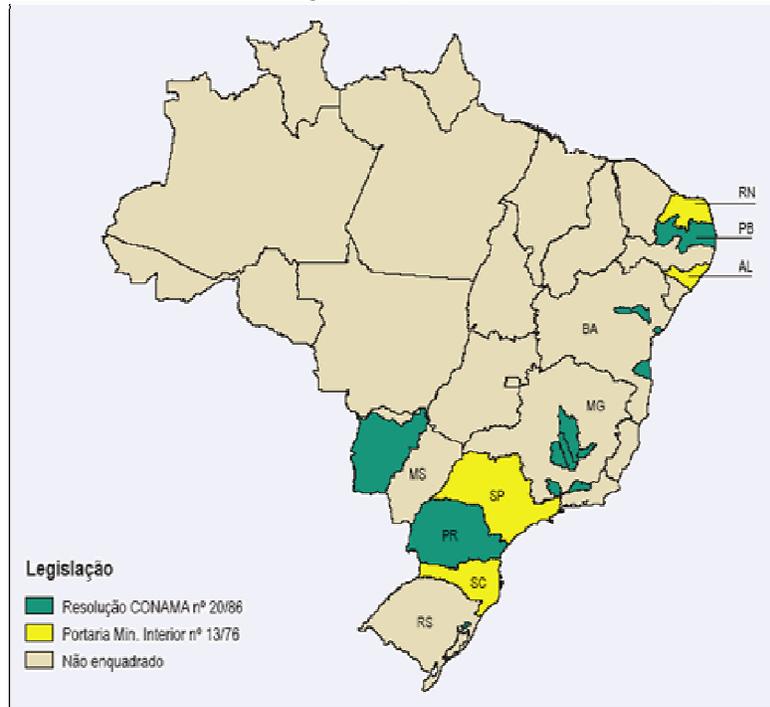
Fonte: ANA (2010).

Figura 3(b) Comitês de Bacia Hidrográfica (rios de domínio estadual).



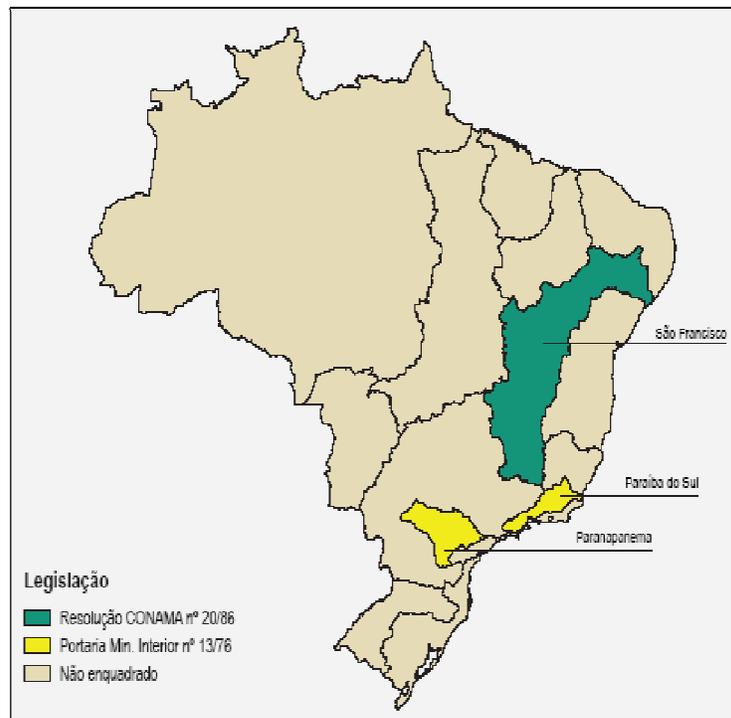
Fonte: ANA (2010).

Figura 3(c) Comitês de Bacia Hidrográfica (rios de domínio da União).



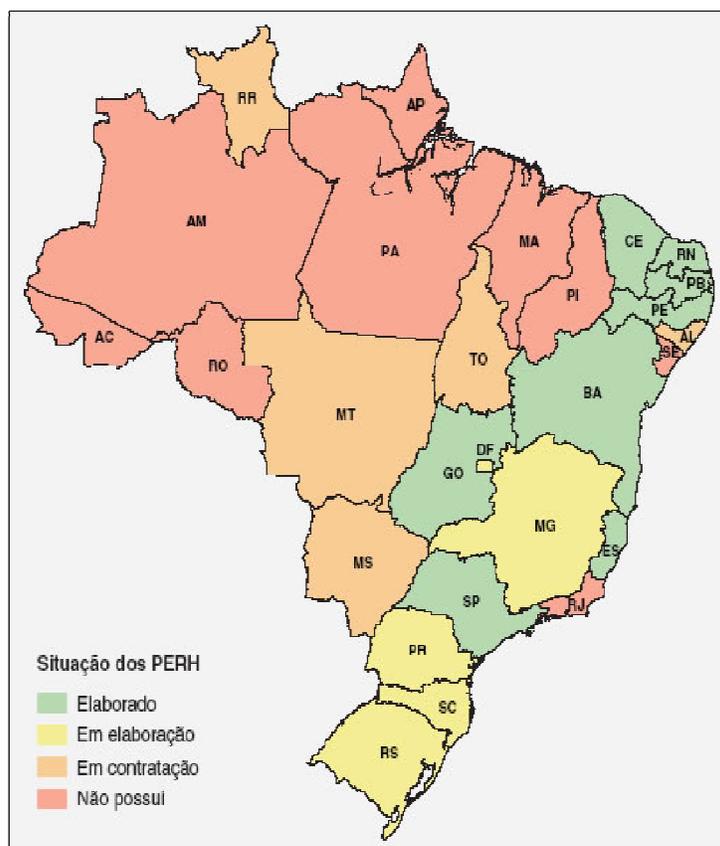
Fonte: ANA (2010).

Figura 3(d) Enquadramento dos corpos de água (rios de domínio estadual).



Fonte: ANA (2010).

Figura 3(e) Enquadramento dos corpos de água (rios de domínio da União).



Fonte: ANA (2010).

Figura 3(f) Situação de elaboração de Planos Estaduais de Recursos Hídricos.

Apesar dos avanços obtidos, muito há ainda a ser feito, visto que a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos deve superar os desafios impostos pela própria Lei 9.433/97. Neste sentido, Mascarenhas (2006) enfatiza algumas questões que dificultam o funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica, ou seja, a base de todo o SINGREH e do modelo de gestão descentralizada e participativa estabelecido pela Lei das Águas:

- (i) a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento de recursos hídricos, tendo em vista que seus limites divergem da divisão político-administrativa do país. Por exemplo, um mesmo município pode ter partes do seu território inseridas em bacias hidrográficas diferentes, cujos respectivos comitês podem adotar critérios diferenciados para um mesmo instrumento de gestão hídrica;

- (ii) a grande diversidade física, social, econômica e ambiental que pode estar contida em uma mesma bacia hidrográfica, fazendo com que interesses muito divergentes tenham de ser considerados no planejamento de recursos hídricos;
- (iii) a necessidade de compatibilização das atribuições institucionais em rios de domínio federal e estadual;
- (iv) a falta de conhecimento e percepção da sociedade quanto à importância do processo de implantação do comitê de bacia, dificultando o processo de mobilização social na bacia hidrográfica;
- (v) a necessidade de mudança cultural, especialmente no que diz respeito ao compartilhamento do poder de decisão, por parte dos poderes públicos, e ao sentimento de dependência financeira, técnica e institucional dos comitês perante aqueles poderes, evitando uma relação paternalista e passiva da sociedade;
- (vi) a falta de estruturação dos comitês de bacia, resultante, principalmente, da ausência de sustentabilidade financeira que garanta o seu pleno funcionamento, deixando-os à mercê da vontade política das instituições públicas.

Essas dificuldades podem ajudar na compreensão da Figura 3(b), por exemplo, onde se verifica, em relação aos rios de domínio dos Estados, a maior concentração de comitês de bacia nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, sabidamente as de maior desenvolvimento socioeconômico. Importante enfatizar que as dificuldades aqui listadas aplicam-se, quase que integralmente, à realidade dos comitês de bacia dos Estados do Nordeste brasileiro. Por exemplo, embora o Estado da Paraíba conte com três Comitês de Bacia Hidrográfica instalados (do rio Paraíba (CBH-PB), do Litoral Norte (CBH-LN) e do Litoral Sul (CBH-LS)), todos sofrem com esse quadro de dependência técnica, financeira e institucional em relação ao órgão gestor estadual de recursos hídricos, a AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (VIEIRA; RIBEIRO, 2007).

Essa situação tem se refletido diretamente sobre a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos: a necessidade do efetivo funcionamento do comitê de bacia para a aprovação do respectivo Plano de Bacia Hidrográfica – no qual devem constar as definições das metas de enquadramento dos corpos de água, os critérios para a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos (usos insignificantes, ordem de

prioridade das demandas), além dos mecanismos e valores a serem considerados na cobrança pelo uso de recursos hídricos – provoca atrasos na aplicação dos instrumentos de gestão (VIEIRA; RIBEIRO, 2007).

Outro aspecto importante a ser considerado – o qual não se restringe à realidade brasileira – diz respeito às dificuldades de articulação e integração das práticas de gestão urbana e de gestão das águas, ou seja, entre o planejamento urbano (notadamente nos setores de habitação e transporte público) e o gerenciamento de recursos hídricos (considerando: os usos múltiplos da água, em especial o abastecimento público, o uso industrial, o esgotamento sanitário e a drenagem pluvial; o combate à poluição das águas; e os riscos de falhas no abastecimento e/ou de inundações) (SILVA; PORTO, 2003; TUCCI, 2008). Os autores mostram que muitos dos problemas relativos aos recursos hídricos extrapolam as atribuições do sistema gestor desses recursos; é o caso, por exemplo, da ocupação irregular de áreas de proteção de mananciais, que depende (da falta) de disciplinamento do uso e ocupação do solo e, portanto, das administrações dos municípios que integram a respectiva bacia produtora.

Tucci (2006) cita a fragmentação das gestões federal, estadual e municipal como um desafio à gestão urbana da água: enquanto a gestão dos recursos hídricos é federal e estadual, o município legisla sobre o uso do solo e meio ambiente; as companhias de água e saneamento são, em sua maioria, estaduais; e os Planos de Recursos Hídricos de bacias hidrográficas não incluem os planos de saneamento básico (água, esgoto, drenagem pluvial e resíduos sólidos) de cada cidade contida na bacia hidrográfica.

Essa fragmentação faz com que, como ressaltam Molle e Berkoff (2006), em termos de gestão urbana de água ainda vigore – com raras exceções – o paradigma tradicional de aumento da oferta de água, e as cidades, valendo-se da prioridade legal dada ao abastecimento humano, têm sido bastante competentes em buscar novas fontes de abastecimento (em especial, capturando água da agricultura, através de diversos mecanismos formais e informais), de modo que as administrações urbanas não se sentem incentivadas a exercer o seu papel de atores-chave no sistema de gestão integrada de recursos hídricos.

Na medida, porém, em que aumentam os custos de transferência intersetorial/interbacias da água e crescem os impactos da atividade humana sobre os recursos hídricos (severos racionamentos no abastecimento público, pelo esgotamento

das reservas disponíveis; subsidência resultante da superexploração de aquíferos; poluição das águas superficiais, em função da ocupação das margens dos rios e do lançamento de esgotos não tratados; entre outros), as externalidades negativas sobre o nível de qualidade de vida da população urbana também aumentam (REES, 2006).

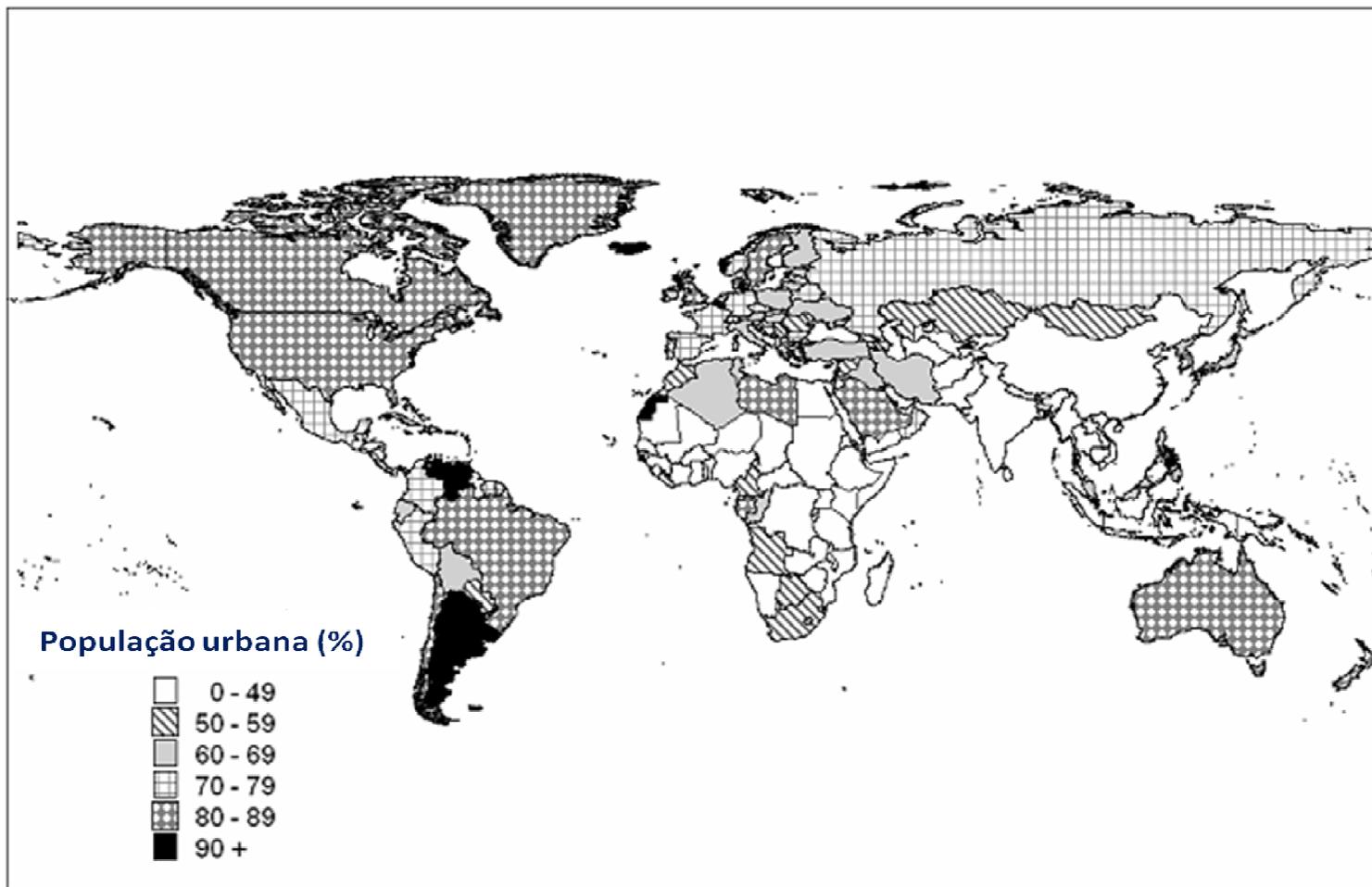
Assim, as decisões da gestão urbana de água podem transferir custos ou perdas de um setor funcional, espacial ou social para outro (por exemplo, para os setores de saúde, industrial ou de serviços), da mesma forma que as decisões (ou ausência de decisões) do planejamento urbano podem transferir custos ou negar água potável para todos os usuários e usos (DWAF, 2004), afetando criticamente as demandas por recursos hídricos. Neste sentido, “o aspecto da gestão integrada de recursos hídricos de maior relevância para os centros urbanos é a gestão da demanda de água” (UN, 2003).

2.2 A GESTÃO DA DEMANDA URBANA DE ÁGUA

De acordo com estudo da Organização das Nações Unidas (UN, 2006), atualmente cerca de metade da população mundial vive em áreas urbanas – como resultado de um processo de urbanização que se intensificou a partir da segunda metade do século XX – totalizando 3,2 bilhões de pessoas; em 2030, mantidas as atuais taxas de crescimento demográfico, a população urbana totalizará 4,9 bilhões de pessoas, representando mais de 60% da população mundial. Conforme pode ser observado na Figura 4, o Brasil está entre os países com alto percentual de população urbana (86,12%, de acordo com o IBGE (2009)).

Embora as áreas urbanas exerçam um importante papel em termos de avanços culturais, sociais e econômicos, também são responsáveis por vários problemas ambientais, visto que a rapidez com que vem se realizando o processo de urbanização (que pode ser definido como a concentração de pessoas em uma localidade, mediante a transformação do solo rural em solo urbano (LAZARO, 1990; PEREIRA, 2008)) frequentemente excede a capacidade da estrutura administrativa municipal, no que diz respeito a prover e manter a necessária infraestrutura de serviços (GIDEY, 2006).

Também, à medida que a população urbana cresce, as demandas localizadas de água aumentam, exercendo enorme pressão sobre os mananciais e fazendo surgir a escassez hídrica (*absoluta*, quando não há água suficiente para atender a todas as demandas legítimas, ou *relativa*, quando a água não é distribuída de forma equitativa (HAFTENDORN, 1999)).



Fonte: UN (2006).

Figura 4 Percentagem da população em áreas urbanas.

Este quadro se torna ainda mais crítico quando a urbanização ocorre em regiões áridas e semiáridas, onde já há escassez hídrica em função das condições climáticas, como é o caso da maior parte da região Nordeste do Brasil.

A necessidade de buscar novos mananciais, cada vez mais distantes, para atender as demandas urbanas crescentes, tem criado custos de capital adicionais para as empresas de abastecimento, ao mesmo tempo em que o aumento dos volumes captados e dos esgotos lançados, de forma concentrada, geram um maior impacto ambiental (BRANDES; FERGUSON, 2004). Deste modo, a gestão da demanda urbana de água se torna uma necessidade premente, tanto para a sustentabilidade ambiental quanto para o equilíbrio financeiro e operacional das empresas de abastecimento, permitindo a estas o atendimento eficiente, equitativo e sustentável das demandas urbanas.

Gestão de demanda é qualquer ação que modifica o nível ou a duração da demanda por um dado recurso (WHITE; FANE, 2001). Também em um sentido geral, Luten *et al.* (2004) conceituam a gestão da demanda como uma variedade de estratégias de ação que são empregadas para influenciar as decisões e o comportamento dos usuários finais de um recurso, no contexto de uma ampla matriz de aplicações.

No caso específico dos recursos hídricos, a gestão da demanda aparece como uma abordagem complementar à gestão da oferta de água, em função da crescente preocupação com a proteção ambiental e com o uso sustentável dos recursos hídricos (GIDEY, 2006). Dentro da perspectiva de gestão integrada de recursos hídricos, a gestão da demanda de água considera o uso da água como uma demanda que pode ser alterada pela adoção de medidas políticas e técnicas, traduzindo-se em ações socialmente benéficas e consistentes com a proteção e a melhoria da qualidade da água, reduzindo o seu consumo (TATE, 2001).

De acordo com Savenije e van der Zaag (2002), a gestão da demanda de água pode ser definida como o desenvolvimento e implantação de estratégias, políticas, medidas ou outras iniciativas que objetivem influenciar a demanda, de modo a permitir o uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos. Estes autores classificam as medidas de gestão da demanda em *estruturais* (que implicam na utilização de alternativas tecnológicas que propiciem a redução do consumo e o melhor controle e operação das redes de distribuição de água) e *não estruturais* (que consistem em incentivos econômicos e legais à mudança de comportamento dos usuários da água, com base em uma estrutura institucional e política que permita tal abordagem).

Considerando o uso consuntivo da água – aquele em que parte do recurso não retorna à natureza – medidas de gestão da demanda se fazem mais prementes em dois grupos principais de demanda:

- a *demanda agrícola*, com ênfase para a agricultura irrigada (segundo a FAO (2009), a retirada de água para irrigação representa cerca de 70% do consumo mundial e constitui-se no maior uso consuntivo (89%) do planeta); e
- a *demanda urbana*, que compreende o abastecimento de água para uso doméstico, industrial, comercial e público nos centros urbanos, representando 30% do consumo mundial e 11% do uso consuntivo (VIEIRA, 2002).

Entre as principais medidas de gestão da demanda urbana de água podem ser citadas:

- (i) como medidas estruturais (ou tecnológicas):
 - ✓ *captação de água de chuva*, compreendendo uma estrutura coletora e de armazenamento da água. No meio urbano, a captação de água de chuva além de reduzir a demanda por água tratada – podendo ser utilizada em usos menos nobres, que não requeiram água potável – significa a redução do volume de água que escoar pelo sistema de esgotos e galerias pluviais durante as chuvas, tornando-se um instrumento de combate a enchentes urbanas, agravadas pelo excesso de pavimentação e impermeabilização das cidades (SCHMIDT, 2001; COSTA *et al.*, 2006);
 - ✓ *controle de vazamentos em redes de abastecimento*, com o acompanhamento dos volumes macro e micro medidos, o controle da pressão na rede, programas de substituição de redes que atingiram o limite da vida útil, entre outros procedimentos (CARVALHO *et al.*, 2004);
 - ✓ *controle de vazamentos em edificações*, consistindo na detecção de vazamentos (visíveis e invisíveis nas instalações hidráulicas das edificações e podendo significar importante redução de consumo de água (TOMAZ, 2001);
 - ✓ *medição individualizada em condomínios residenciais e comerciais*, com a colocação de hidrômetros individuais nas unidades de

condomínios residenciais e comerciais, induzindo à redução do consumo de água (HACHICH; LANDI, 2009);

- ✓ *reuso de água, industrial e residencial*, que consiste no aproveitamento de esgotos sanitários tratados ou de águas servidas (de lavatórios, chuveiros, banheira e máquina de lavar roupas) para usos que não exijam água potável (LEITE, A. M. F., 2003);
- ✓ *uso de aparelhos e peças sanitárias que reduzam o consumo*, consistindo na substituição de válvulas de descarga, chuveiros e torneiras por equipamentos com redutores de vazão (aparelhos sanitários com caixa de descarga reduzida, chuveiros e torneiras com aeradores de vazão, entre outros), de maneira a permitir a redução de consumo (TOMAZ, 2001);

(ii) como medidas não estruturais:

- ✓ *medidas institucionais*, abrangendo leis e programas para indução do uso racional da água, regulamentando as várias alternativas que podem ser adotadas; por exemplo: novos códigos de obras, utilização da água em áreas externas, produção de aparelhos poupadores, entre outros (PNCDA, 2000);
- ✓ *medidas econômicas*, compreendendo a aplicação de instrumentos que permitam o reconhecimento do valor econômico da água (por exemplo, a cobrança pelo uso da água bruta) ou de incentivos fiscais/ tarifação da água tratada para induzir a redução do consumo e/ou a adoção de novas tecnologias (PRI, 2004);
- ✓ *medidas educacionais*, pela promoção de programas de educação ambiental, que conscientizem a população sobre a limitação dos recursos hídricos e a necessidade de serem evitados os desperdícios (OECD, 2002).

O tipo da(s) medida(s) a ser(em) adotada(s) depende de fatores como: as metas de redução de consumo, em curto ou médio prazo; as condições de disponibilidade ou escassez hídrica; o poder aquisitivo da população; a capacidade de investimento dos governos locais; entre outros (VIEIRA, 2002). No entanto, o sucesso da adoção de

medidas de gestão da demanda urbana de água depende, fundamentalmente, de explícito compromisso entre a empresa de abastecimento de água e os seus usuários (INMAN; JEFFREY, 2007), bem como da vontade política e capacidade de liderança dos governantes locais (READ, 2005).

Por outro lado, um bem sucedido programa de gestão da demanda de água, adotado em uma dada cidade, pode não repetir o sucesso em outro local. Isto decorre do fato de que a demanda urbana de água sofre influência de fatores diversos, podendo variar em função das condições sociodemográficas, socioeconômicas e climáticas de cada local ou região (INMAN; JEFFREY, 2007). Desta forma, a análise da demanda de água se torna essencial para o adequado projeto de uma política (ou programa) de gestão da demanda de água, visando ao uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis (BITHAS; STOFOROS, 2006).

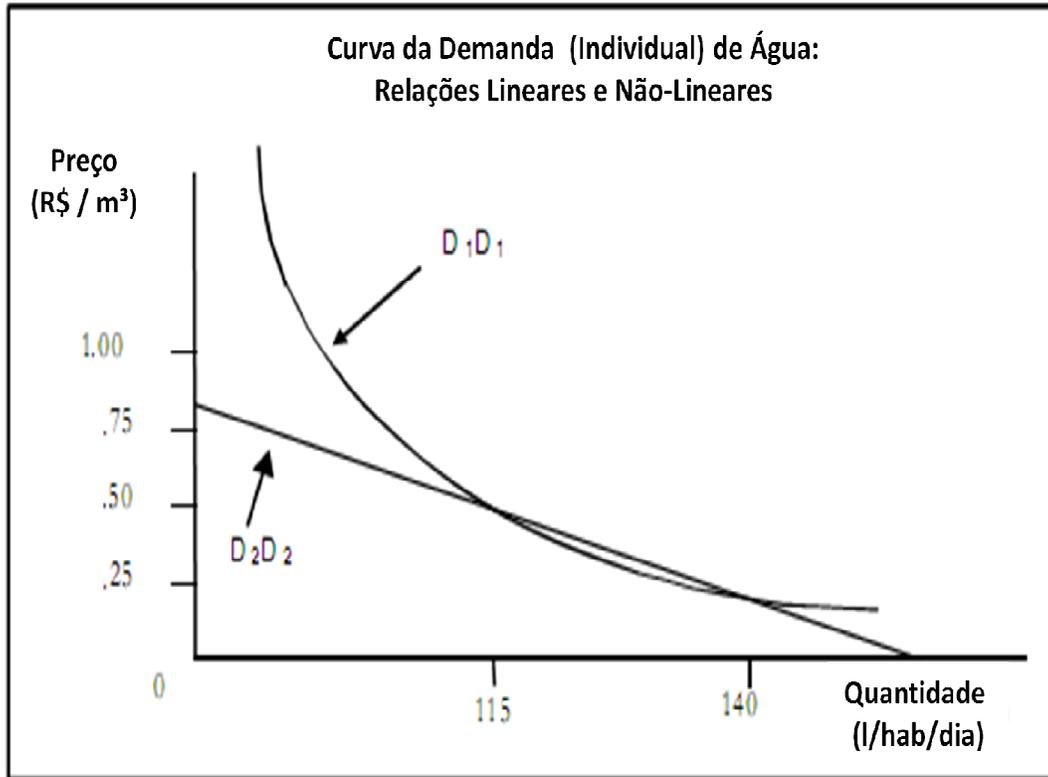
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A DEMANDA DOMÉSTICA DE ÁGUA

A demanda de água é baseada no comportamento dos consumidores. No caso específico da demanda doméstica de água, diferentes autores, entre os quais Fane (2005), Harrington (2005) e ADB (1999), afirmam que os seguintes fatores devem ser considerados quando da investigação do comportamento do consumo per capita de água:

- *Preço (ou Tarifa)*

A Figura 5 mostra a relação entre a quantidade de água consumida e o preço (tarifa) da água, na forma de uma curva que indica a variação da ‘disposição a pagar’ de um indivíduo, em função da variação do preço da água (curva de demanda). De acordo com ADB (1999), esse comportamento é indicado pela curva D_1D_1 , mostrando o ‘valor marginal decrescente’ da água: os primeiros 5 l/hab.dia têm o maior valor, pois são necessários à manutenção da vida do indivíduo; os próximos cinco litros, também são valiosos, visto serem usados, por exemplo, na higiene pessoal; os cinco litros seguintes, têm valor para o preparo de alimentos e lavagem de roupas; todos os demais fatores permanecendo iguais, para cada incremento adicional de água, o valor marginal da água tende a cair, enquanto o indivíduo utiliza a água em atividades cada vez menos importantes. Consequentemente, a disposição a pagar do indivíduo, por cada incremento adicional de água, declina de forma gradual. Desta maneira, a curva D_1D_1 indica uma relação não linear entre o consumo *per capita* e o preço da água. Pode ser visto, por

exemplo, que se o preço da água aumentar de R\$ 0,25 para R\$ 0,50, o indivíduo reduzirá o seu consumo de 140 l/dia para 115 l/dia.



Fonte: Adaptado de ADB (1999).

Figura 5 Relações lineares e não-lineares entre consumo e preço da água.

Algumas vezes, por razões práticas, a curva de demanda é representada pela reta D_2D_2 , indicada na Figura 5. No entanto, ADB (1999) considera que a curva de demanda não linear (D_1D_1) melhor representa o comportamento do indivíduo e a mudança na sua disposição a pagar pela água.

A relação entre preço e demanda pode ser definida pela elasticidade-preço da demanda, a qual descreve o grau de variação da quantidade de água em função de uma mudança no preço. Assim, a elasticidade-preço da demanda (ϵ_p) é igual ao valor do quociente entre o percentual de mudança na quantidade de água demandada e o percentual de mudança no preço unitário da água.

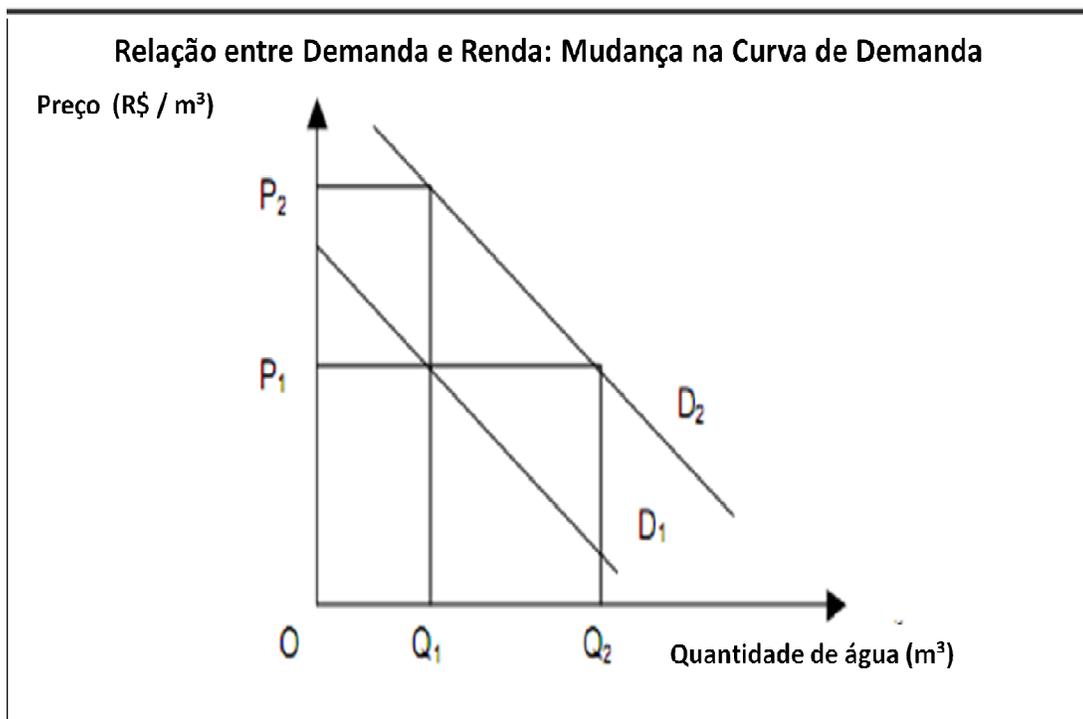
A demanda pode ser: (i) *inelástica*, quando $\epsilon_p < |1|$ (indicando que a mudança relativa na quantidade demandada é menor do que a mudança relativa no preço unitário); ou (ii) *elástica*, quando $\epsilon_p > |1|$ (ou seja, a mudança relativa na quantidade demandada é maior do que a mudança relativa no preço unitário). Considerando a curva

D_1D_1 da Figura 5, pode ser verificado que a demanda é altamente inelástica para os primeiros cinco litros diários de água, mas vai se tornando crescentemente elástica na medida em que o valor marginal da água decresce.

A maioria dos estudos referentes ao comportamento da demanda doméstica de água busca definir a elasticidade-preço da demanda para casos específicos. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Martinez-Espiñeira e Nauges (2004); Vuuren *et al.* (2004); e Strand e Walker (2003).

- *Renda Familiar*

Estudos que relacionam a demanda doméstica de água e a renda familiar mostram que famílias com maior renda mensal aceitam pagar mais por uma dada quantidade de água, do que aquelas de renda menor. No entanto, em termos relativos (ou seja, quando a conta de água é considerada como uma percentagem da renda), as famílias de maior renda aceitam pagar uma percentagem menor de sua renda do que as famílias de menor renda (HERRINGTON, 2005). Assim, um aumento na renda familiar vai deslocar a curva de demanda para a direita, conforme indicado na Figura 6.



Fonte: Adaptado de ADB (1999).

Figura 6 Relação entre demanda de água e renda familiar.

Portanto, um aumento na renda deslocará a curva de demanda de D_1 para D_2 , de modo que ao preço P_1 , a quantidade de água consumida aumenta de OQ_1 para OQ_2 . O deslocamento da curva de demanda para a direita, portanto, indica uma maior disposição a pagar (de P_1 para P_2) pela mesma quantidade de água.

A relação entre consumo de água e renda pode ser expressa em termos da elasticidade-renda da demanda (ϵ_r), a qual representa o quociente entre o percentual de mudança na quantidade de água consumida e o percentual de mudança na renda.

Renwick e Green (1999), Gunanlake *et al.* (2001) e Barkatullah (2002), entre outros, utilizaram abordagens diferenciadas para verificar como se dá a relação entre renda e demanda de água. Nesta mesma linha de pesquisa, Lins e Ribeiro (2007), considerando dois diferentes grupos de renda (*baixa*, até 3 salários mínimos e *média*, de 5 a 20 salários mínimos), verificaram que há mudanças comportamentais, relativas à demanda de água, entre os grupos considerados..

- *População*

A população, ou o crescimento populacional (mudança positiva do número de indivíduos de uma população em relação a uma unidade de tempo), é um importante fator para determinação da demanda futura de água, e pode ser *natural* (em função das taxas de natalidade e mortalidade) ou *artificial* (por exemplo, no caso de migração rural-urbana) (REPETTO; THOMAS, 1983).

Pequenas alterações nas taxas de crescimento demográfico exercem relevantes efeitos sobre a demanda de água. Por exemplo, uma taxa anual de crescimento demográfico de 2%, por um período de 20 anos, representará um aumento na demanda de aproximadamente 50% (todos os demais fatores permanecendo constantes); se a taxa de crescimento da população for de 1,5%, o aumento da demanda será de 35%, para o mesmo período (ADB, 1999).

Verifica-se, portanto, que a relação entre população e demanda de água não se concretiza de forma linear, em função das diferenças entre os indivíduos, conforme resultados dos trabalhos de Gunanlake *et al.* (2001) e Barkatullah (2002).

- *Clima*

É razoável supor que os padrões climáticos influenciam o consumo urbano de água, visto que os indivíduos tendem a consumir mais água em períodos secos, e menos

água em períodos chuvosos. De acordo com Cader *et al.* (2004), tal influência varia em função do maior ou menor aproveitamento da água de chuva nas residências (uso de cisternas, por exemplo).

Para outros autores (OTAKI *et al.* 2003; SILVA *et al.*,2008; ARBUÉS *et al.*, 2003; FERNANDES NETO *et al.* 2004), além dos fatores já descritos, outros fatores que podem influenciar a demanda são: quantidade e tamanho de residências, disponibilidade e custos de fontes alternativas de abastecimento (poços, por exemplo), densidade demográfica, utilização de tecnologias poupadoras, hábitos pessoais e influências culturais, (JANSEN; SCHULZ, 2006; INMAN; JEFFREY, 2007). No entanto, a maioria dos autores aponta como os principais pontos de consumo na residência a descarga do vaso sanitário, o banho e a lavagem de roupas.

2.4 MODELOS DE ESTIMATIVA DA DEMANDA DE ÁGUA

Os modelos de gerenciamento e previsão da demanda de água podem ser muito úteis para avaliar quais medidas devem ser tomadas, quais as decisões mais apropriadas e que políticas e estratégias podem e devem ser implantadas, ou seja, são ferramentas para auxiliar os gestores na tomada de decisão.

As técnicas mais utilizadas no gerenciamento e previsão da demanda de água são, segundo Pradhan (2003 *apud* Babel, 2007):

(i) *Métodos de Extrapolação Temporal* – onde o uso futuro da água segue a tendência do uso no passado, sendo extrapolado através de métodos gráficos ou matemáticos (funções lineares, exponenciais, logísticas, ou outra qualquer);

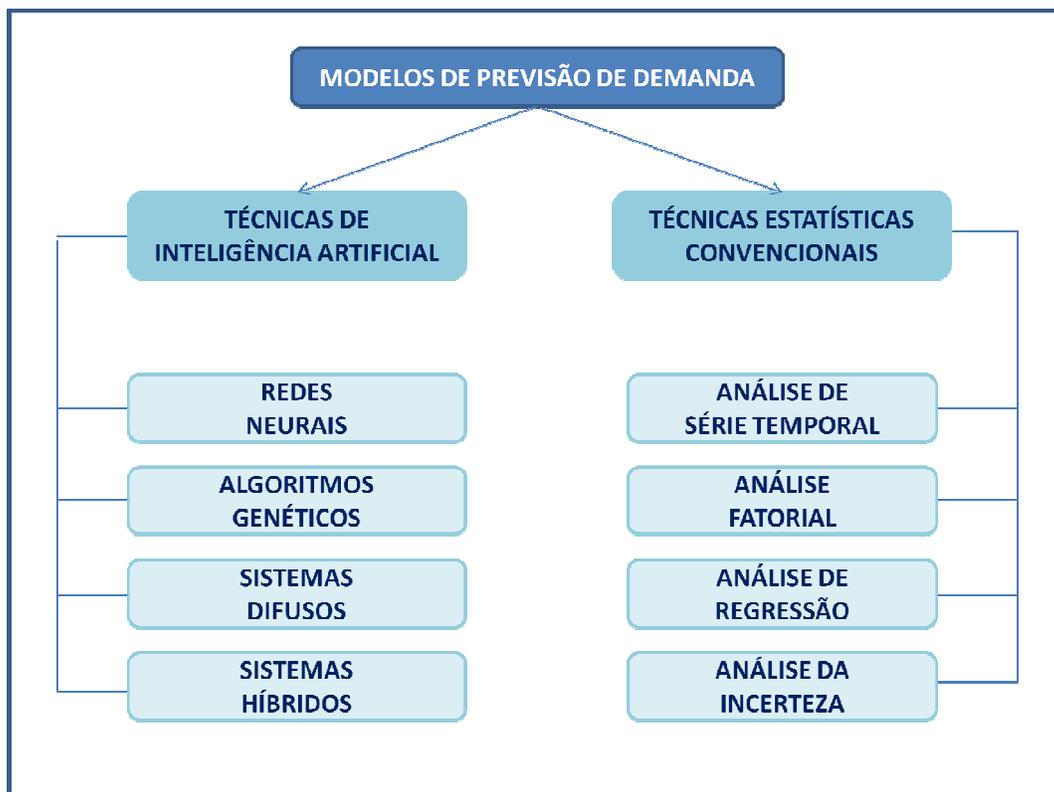
(ii) *Métodos de Coeficientes Únicos* – os requerimentos per capita (consumo atual) permitem a estimativa do uso futuro da água utilizando-se a projeção populacional e o valor projetado do consumo de água per capita;

(iii) *Métodos de Coeficientes Múltiplos* – consideram diversos parâmetros como variáveis independentes, com exceção do preço da água ou outro fator econômico;

(iv) *Modelos de Demanda de Coeficientes Múltiplos* – relacionam coeficiente múltiplo a modelos econométricos de demanda, ou seja, além de parâmetros diversos (não econômicos), consideram o preço da tarifa de água e/ou outras variáveis econômicas, como faixas de renda e elasticidade preço-demanda;

(v) *Modelos de Previsão de Uso Desagregado da Água* – especificam o consumo de água de cada setor, estação ou região separadamente, utilizando as variáveis independentes mais representativas para cada tipo de uso da água, o que resulta, geralmente, em previsões de consumo mais precisas.

De acordo com Jain e Ormsbee (2002), os modelos de previsão de demanda podem utilizar técnicas estatísticas convencionais ou técnicas baseadas em sistemas inteligentes. A Figura 7 indica algumas dessas respectivas técnicas.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 7 Exemplos de técnicas de Inteligência Artificial e técnicas estatísticas convencionais, utilizadas em modelos de previsão de demanda.

Butler e Memon (2006), além dos métodos relacionados acima, incluem a análise de cenários entre as técnicas utilizadas para previsão da demanda de água.

Como exemplos de aplicação de técnicas de inteligência artificial na previsão da demanda urbana de água, podem ser citados:

- Tabesh e Dini (2009), que utilizaram redes neurais artificiais para previsão da demanda urbana diária de água da cidade de Teerã;

- Liu *et al.* (2003), que aplicaram redes neurais artificiais para previsão de consumo residencial por habitante para a cidade de Weinan, China, utilizando como dados de entrada informações residenciais como número de moradores, consumo mensal da família, preço da tarifa de água, renda anual per capita dos moradores; e
- Lin *et al.* (2009), que desenvolveram um modelo de previsão de demanda urbana de água, baseado na Teoria dos Conjuntos Difusos.

No entanto, ainda é predominante, na literatura especializada, a utilização de técnicas estatísticas para a previsão da demanda urbana de água, como pode ser verificado a partir dos trabalhos abaixo relacionados. A preferência pode ser explicada pelo fato de ser o consumo doméstico de água uma função complexa de vários fatores, de modo que a utilização de modelos com coeficientes multivariados permite a ordenação, segundo o grau de influência de cada fator, e a integração de todos (ou dos mais relevantes) fatores.

- Howe e Linaweaver (1967) avaliaram o impacto do preço da água sobre o consumo residencial de água, analisando a relação entre o impacto e a estrutura de preços adotada;
- Whitford (1972) utilizou técnicas de distribuição de probabilidades e análise de cenários para estimar a futura demanda urbana de água das cidades de Baltimore e Phoenix (EUA), considerando seis fatores com influência sobre o consumo doméstico de água, a saber: a legislação vigente, a política de preços adotada para a água, a política de educação pública, o padrão futuro das moradias, o custo do abastecimento de água e mudanças no uso de tecnologias poupadoras de água;
- Katzman (1977) enfatizou a importância da renda e da elasticidade dos preços para a projeção da demanda;
- Malla e Gopalakrishnan (1977) utilizaram procedimentos do Generalized Least Squares (GLS) para modelar o consumo doméstico de água como uma função do preço, renda familiar e precipitação no Havaí;
- Dandy *et al.* (1997), trabalhando com dados da cidade de Adelaide na Austrália, verificaram que o consumo de água acima de uma taxa mínima gratuita seria sensível ao preço;

- Billings e Agthe (1998) desenvolveram um modelo de regressão para previsão de demanda, utilizando fatores como temperatura e precipitação mensal, preço marginal da água, incentivos financeiros e renda per capita;
- Lahlou e Colyer (2000) analisaram tipos de abordagem para o gerenciamento sustentável da água utilizando modelos de Regressão Linear Múltipla;
- Protopapas *et al.* (2000) investigaram a relação entre as condições climáticas e o consumo de água na cidade de Nova York (EUA), objetivando verificar quais as medidas de conservação de água mais passíveis de efetividade;
- Babel *et al.* (2003), recomendam a adequação das abordagens econométricas multivariadas na previsão e gerenciamento da demanda de água em áreas urbanas;
- Cader *et al.* (2004) utilizam técnicas estatísticas de agregação da demanda para verificar a relação entre o consumo doméstico de água e uma estrutura de preços em blocos/faixas, em oito regiões urbanas do Estado do Kansas (EUA);
- Gato (2006), em sua tese de doutorado, busca a relação entre consumo doméstico de água, a temperatura e a precipitação, para a cidade de Melbourne, Austrália;
- Bhitas e Stoforos (2006) utilizam técnicas estatísticas multivariadas para definir os fatores determinantes do comportamento do consumo urbano de água na cidade de Atenas (Grécia), e fazem a projeção da demanda urbana de água para o período 2000-2010;
- Pedroso (2008), em sua tese de doutorado, estudou um conjunto de variáveis determinantes no consumo de água em escolas públicas da rede municipal de Campinas – São Paulo. Os resultados obtidos indicaram como variáveis mais representativas a temperatura máxima diária, a área impermeável total e o número de bacias sanitárias com válvula de descarga;
- Rosa *et al.* (2006) determinaram uma função demanda por água residencial no estado do Ceará utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) e estimando diversas regressões lineares. As variáveis explicativas da demanda por água que apresentaram significação estatística foram: renda, preço, número de cômodos e número de moradores por domicílio;
- Lins *et al.* (2008) utilizando técnicas estatísticas multivariadas como Análise Fatorial e Análise de Regressão Múltipla, analisaram as possíveis relações entre

a variável população por faixa etária e o consumo doméstico de água na cidade de Campina Grande – PB, encontrando resultados estatisticamente significantes;

- Weekes (2008) analisou, na sua dissertação de mestrado, utilizando a metodologia Q, as atitudes dos habitantes da cidade de Gibson- British Columbia frente ao gerenciamento do consumo de água, identificando pontos de vistas bastante diversos dos comumente encontrados na literatura e políticas canadenses no quesito demanda de água residencial;

- Schleich e Hillebrand (2007) analisaram econometricamente o impacto de variáveis econômicas, ambientais e sociais determinantes na demanda *per capita* média de água e esgoto, em cerca de 600 áreas de abastecimento na Alemanha. Além do preço, renda e tamanho da família, também consideraram os efeitos da idade da população, os tipos de poços, a precipitação e as temperaturas de verão sobre a demanda de água. Os resultados obtidos mostraram que o tamanho da família, os tipos de poços e as chuvas de verão tiveram um impacto negativo no consumo de água, no entanto, a idade avançada da população apareceu associada a uma alta demanda de água. Quanto à temperatura, não teve influencia significativa no consumo de água;

- Lins *et al.* (2010), utilizando o pacote estatístico SPSS, determinaram equações de regressão linear entre o consumo doméstico de água e variáveis socioeconômicas (renda, tarifa e numero de economias) e climáticas (precipitação, temperatura máxima, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evaporação), em dois bairros da cidade de Campina Grande. Os resultados obtidos evidenciaram como variáveis determinantes no consumo residencial para esses bairros, apenas as variáveis *tarifa e renda*.

2.5 MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Diversas medidas vêm sendo implementadas, continuamente, com o objetivo de checar o crescimento da demanda de água de uso doméstico, para assegurar que a água seja usada eficientemente. O maior desafio é sensibilizar os usuários dos serviços de água a reduzirem o consumo em períodos de ausência de chuvas e, mais tarde, motivá-los a aprender a viver com menos água. Neste contexto, são os seguintes os aspectos abrangidos:

- ✓ Programas de educação pública e de divulgação;
- ✓ Instalações obrigatórias de aparelhos poupadores;

- ✓ Práticas de reciclagem de água pelos consumidores;
- ✓ Reuso de águas não potáveis;
- ✓ Captação de água de chuva;
- ✓ Medição individualizada da água em edifícios.

Nesse enfoque podem ser citados os trabalhos de Santana (2001), Braga (2001), Albuquerque (2004), Cantin *et al.* (2005), Falkenberg (2005), Aguiar (2006), Tamaki *et al.* (2006), Almeida (2007), Silva *et al.* (2007), Pizaia *et al.* (2008), Guedes (2009), Simões e Reda (2009), Santos (2010), entre outros.

Diminuir a demanda de água é tão importante quanto desenvolver novos recursos de fornecimento. Desde que se possa conservar a água, essas medidas, em longo prazo, irão ratificar que sempre se terá água suficiente para as necessidades essenciais dos indivíduos.

A preservação e o “uso eficiente” da água devem tanto reduzir os consumos individuais, como a retirada total. É desejável que as reduções nos consumos, aliadas à eficiência nas operações dos sistemas de abastecimento, possam satisfazer aos usuários não servidos atualmente (compensar as falhas na cobertura e descontinuidades de fornecimento), sem a necessidade de ampliar a capacidade das fontes. Em outras palavras, garantir a proteção integral do meio ambiente, da economia cidadã e da qualidade de vida das futuras gerações (BUENFIL, 2004).

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO

Tendo em vista os objetivos definidos para esta pesquisa, a cidade de Campina Grande, segundo maior centro urbano do Estado da Paraíba, foi escolhida como caso de estudo. As razões de tal escolha decorrem tanto da importância da cidade como polo econômico, industrial, tecnológico, educacional e cultural do Nordeste brasileiro, quanto dos problemas de abastecimento de água que a cidade tem enfrentado ao longo de sua história.

3.1 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO

Localizado na região semiárida do Nordeste brasileiro, na latitude Sul de 7°13'50" e longitude Oeste de 35°52'52", o município de Campina Grande situa-se na mesorregião do Agreste Paraibano, no trecho mais alto das escarpas orientais do Planalto da Borborema (altitude média de 551 m); apresenta clima do tipo equatorial semiárido, com temperaturas médias em torno de 25°C e precipitação pluviométrica média anual de 730 mm (PMCG, 2010).

A Figura 8 indica a localização do município de Campina Grande no mapa do Estado da Paraíba, detalhando a mesorregião Agreste-Brejo.



Fonte: PMCG (2010).

Figura 8 Localização do município de Campina Grande, no Estado da Paraíba.

Em 2009, a população do município totalizava 383.764 habitantes (densidade demográfica de aproximadamente 618 habitantes/km²), apresentando uma taxa de urbanização de 92,5% (IBGE, 2010).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) de 0,721, referente ao ano 2000, indica médio desenvolvimento humano, sendo o IDH-Longevidade de 0,641, o IDH-Educação de 0,844 e o IDH-Renda igual a 0,678, conforme Vieira (2008). Verifica-se, portanto, a grande influência do fator Educação no valor final do IDH do município.

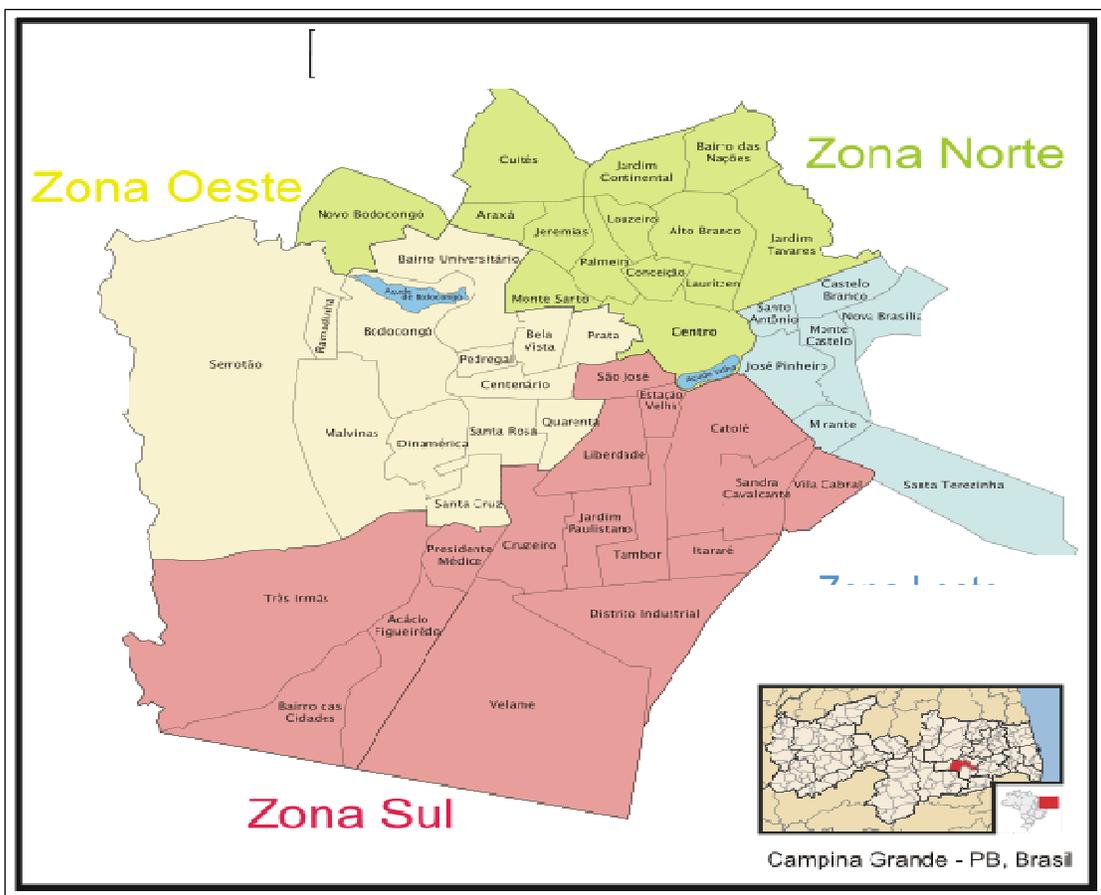
Segundo a Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP, 2010), a sede do município, a cidade de Campina Grande, apresenta três eixos dinâmicos que contribuem significativamente para o seu crescimento econômico:

- o eixo das *atividades comerciais*, segmento que sempre ocupou papel relevante no contexto socioeconômico da cidade e que, em uma visão atualizada, continua a contribuir para a geração de emprego e renda;
- o eixo das *atividades industriais*, cuja dimensão repercute em efeitos positivos que extrapolam os limites do conglomerado urbano de Campina Grande, contemplando todo o Estado da Paraíba; e
- o eixo das atividades do *setor de serviços*, o que mais cresce na economia, com a cidade polarizando a produção de serviços especializados que utilizam tecnologia de

ponta e disseminação do conhecimento, fatores que a transformam em centro de referência tecnológica em âmbito nacional e internacional.

Como resultado dessas atividades econômicas, o Produto Interno Bruto – PIB de Campina Grande, no ano de 2007, foi superior a 3 bilhões de reais, implicando em um PIB *per capita* de R\$8.349,00 (oito mil e trezentos e quarenta e nove reais), de acordo com o IBGE (2010), com a participação predominante dos setores industrial (29,69%) e de serviços (59,00%).

A cidade está dividida em 49 bairros, distribuídos em quatro zonas, conforme indicado na Figura 9.



Fonte: SEPLAN/PMCG (2010).

Figura 9 Mapa dos bairros de Campina Grande.

- Zona Norte (14):
Alto Branco, Araxá, Bairro das Nações, Conceição, Cuités, Jardim Continental, Jardim Tavares, Jeremias, Lauritzen, Louzeiro, Monte Santo, Novo Bodocongó, e Palmeira, além do Centro;

- Zona Leste (7):
Castelo Branco, José Pinheiro, Mirante, Monte Castelo, Nova Brasília, Santa Terezinha e Santo Antônio;

- Zona Sul (15):
Acácio Figueiredo, Bairro das Cidades, Catolé, Cruzeiro, Estação Velha, Itararé, Jardim Paulistano, Liberdade, Presidente Médici, Sandra Cavalcante, São José, Tambor, Três Irmãs, Velame e Vila Cabral;

- Zona Oeste (13):
Bela Vista, Bodocongó, Centenário, Dinamérica, Malvinas, Pedregal, Prata, Quarenta, Ramadinha, Santa Cruz, Santa Rosa, Serrotão e Universitário.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 Histórico dos Problemas de Abastecimento de Água de Campina Grande

Campina Grande encontra-se inserida na bacia hidrográfica do rio Paraíba, mas localiza-se nas proximidades do divisor da bacia e não é banhada pelo rio principal ou por qualquer dos seus afluentes maiores, fato que, juntamente com a sua situação geográfica (que a posiciona no semiárido paraibano, região sujeita a secas periódicas), contribui para os problemas de abastecimento de água que a cidade, historicamente, tem enfrentado (RÊGO *et al*, 2000). As informações a seguir são baseadas, principalmente, em MP-PB (1998) e PMCG (2002, 2010).

O Açude Velho foi o primeiro reservatório destinado ao abastecimento de água em Campina Grande, tendo sido construído em 1829, no riacho das Piabas. Na década seguinte, foi construído o Açude Novo, com o objetivo de complementar o atendimento das demandas locais por água potável. Na seca ocorrida em 1888, porém, ambos os açudes secaram, levando o pânico à população da cidade. A Figura 10 apresenta uma vista aérea da cidade de Campina Grande, na década de 40 do século XX, sendo indicada a localização dos dois açudes, que foram responsáveis pelo abastecimento da cidade por quase um século.

O início do século XX veio acompanhado de um crescimento acelerado da cidade – principalmente após a inauguração da linha férrea e com a expansão do beneficiamento e exportação do algodão –, fazendo recrudescer o problema da escassez de água.



Fonte: Barbosa (2008).

Figura 10 Localização do Açude Velho e do Açude Novo, na cidade de Campina Grande (década de 40 do século XX).

Em 1917, foi inaugurado o Açude de Bodocongó, mas as suas águas, devido ao alto teor de salinidade, não puderam ser utilizadas para o abastecimento de água potável, embora tenham cumprido um importante papel para a infraestrutura do bairro industrial de Bodocongó, permitindo a instalação de indústria têxtil e de curtumes. A Figura 11 mostra a situação atual do Açude Bodocongó.

No entanto, continuava o desequilíbrio entre a oferta e as crescentes demandas por água, obrigando as autoridades a buscarem novos mananciais. Assim, em 1927, surgiu o primeiro sistema de abastecimento de água da cidade: o sistema Puxinanã, que captava água dos açudes Puxinanã e Grota Funda – ambos localizados no atual município de Puxinanã, à época, distrito de Campina Grande – e aduzia, por gravidade (desnível de 68

m), ao longo de 15,5 km, o equivalente a 478.000 m³/ano. A distribuição era feita a partir de uma caixa d'água, com capacidade de 500 m³, para chafarizes construídos na sua proximidade, e a população recebia aproximadamente 67 l/habitante.dia de água bruta (água não tratada). [A partir desta época, os açudes Velho e Novo deixaram de ser utilizados para o abastecimento de água da cidade: o açude Novo foi extinto na década de 70 do século passado, dando lugar a um parque público, enquanto o Açude Velho transformou-se em “cartão postal” da cidade (Figura 12), apesar de receber esgotos não tratados das edificações próximas].



Fonte: Acervo pessoal do fotógrafo Luiz Felipe Caetano (2007).

Figura 11 Vista atual do Açude de Bodocongó e parte do campus da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB (em primeiro plano).



Fonte: Acervo pessoal do fotógrafo François Tabosa (2008).

Figura 12 Vista aérea do Açude Velho em Campina Grande – PB.

Porém, o desenvolvimento econômico que a cidade experimentava, acelerando o seu crescimento, logo tornou o sistema Puxinanã insuficiente para o atendimento da demanda, de modo que, em 1936, foi construído o sistema Vaca Brava, com captação no açude de mesmo nome, localizado no município de Areia, sendo a água aduzida para Campina Grande, por aproximadamente 30 km, até a estação de tratamento; após o tratamento convencional, era distribuída, para o consumo, através de uma rede com cerca de 35 km. Esse sistema funcionou bem até 1945, quando novas crises no abastecimento de água voltam a atormentar a população campinense, principalmente pela inserção de outras localidades ao sistema Vaca Brava.

Em 1952, o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas iniciou a construção do Açude Público Eptácio Pessoa, também conhecido como Açude de

Boqueirão, sendo feito o barramento do rio Paraíba. O açude foi inaugurado em 1956, com o principal objetivo de resolver os crônicos problemas de abastecimento de Campina Grande, além de perenizar o Médio Curso do rio Paraíba. A bacia hidráulica do reservatório se estende pelos municípios de Boqueirão, Barra de São Miguel e Cabaceiras.

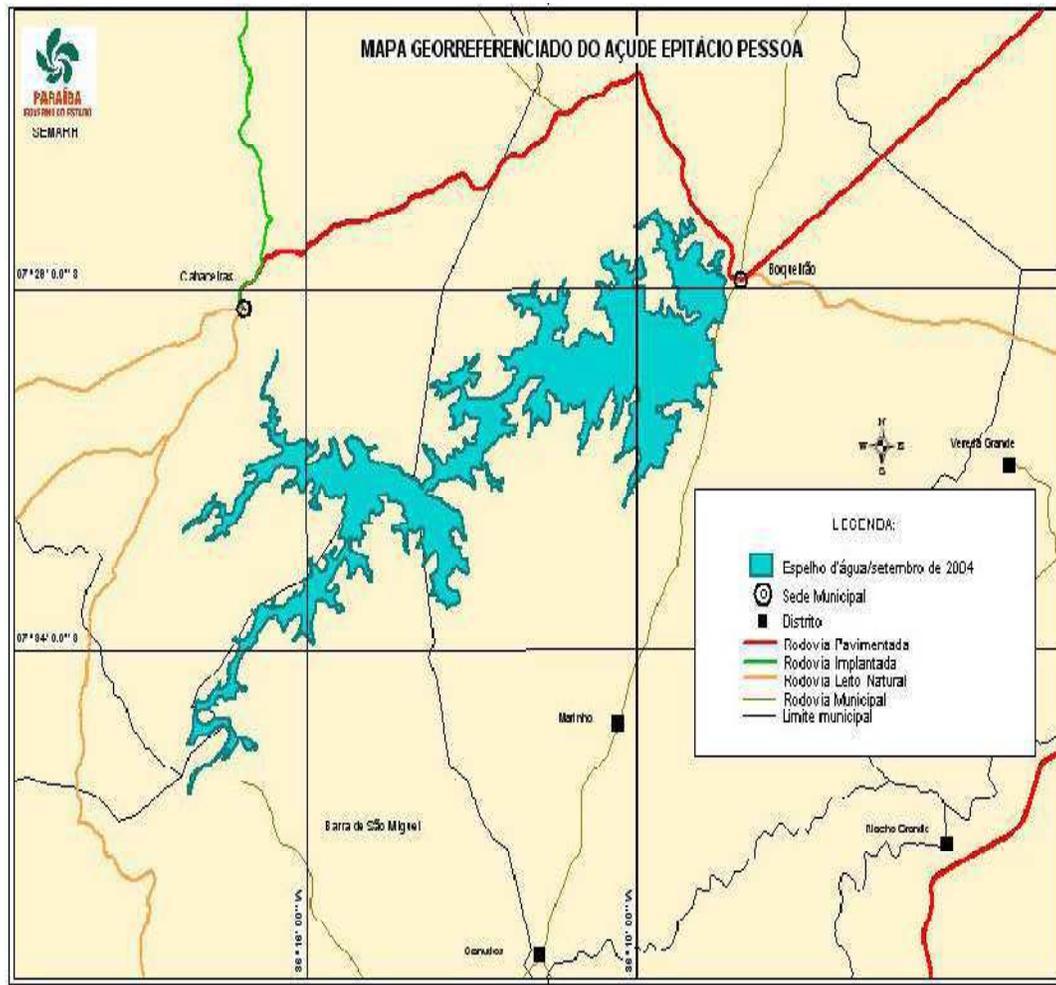
A capacidade total de acumulação do Açude de Boqueirão, no projeto original, foi estimada em 536.000.000 m³, quando o espelho d'água atinge a cota de 378,36 m, na soleira do vertedor, com área inundada de 47 km² correspondente a esta cota (RÊGO *et al.*, 2000). Segundo estes autores, essa capacidade máxima não corresponde à realidade, visto que foram encontrados erros na relação cota-área-volume original.

Levantamento batimétrico feito em 1998, na cota atingida pelo espelho d'água na ocasião, inferior à cota da soleira do vertedor, e “uma temerária extrapolação até a cota do vertedor, feita com base nos gradientes das curvas antigas, estimou o volume máximo do reservatório em 450.421.552 m³”, volume que passou a ser considerado oficialmente como a capacidade do reservatório (LMRS, 2002).

No entanto, novo levantamento batimétrico automatizado, realizado entre os meses de agosto e setembro de 2004 (SEMARH, 2004 *apud* VIEIRA, 2008), levou à correção da capacidade máxima de acumulação do reservatório para 411.686.287 m³, com vazão regularizada (oficial) de 1,23 m³/s (Figura 13).

Apesar da redução da capacidade de armazenamento, creditada ao assoreamento, o Açude de Boqueirão ainda se mantém como a segunda maior reserva hídrica do Estado da Paraíba, constituindo-se, também, no maior reservatório da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Embora não oficialmente autorizada, a partir de 1970 a prática da irrigação foi iniciada nas propriedades (de particulares e de concessionários do DNOCS) localizadas ao longo dos 197,7 km do perímetro do reservatório. O sucesso obtido com as culturas de hortaliças e frutas, irrigadas por inundação, gradativamente levou ao aumento da área irrigada e ao crescimento da demanda de irrigação, que atingiu 1,0 m³/s, em 1998. Na mesma época, também era de 1,0 m³/s a captação para o abastecimento de água de Campina Grande e outras cinco cidades do Compartimento da Borborema. Desta forma, a demanda de irrigação igualava aquela necessária ao abastecimento de cerca de 500.000 pessoas (RÊGO *et al.*, 2000). Importante assinalar que essas demandas, acrescidas dos 0,15 m³/s utilizados para a perenização do Médio Curso do rio Paraíba, ultrapassavam a vazão regularizada do reservatório.



Fonte: SEMARH (2004 *apud* VIEIRA, 2008).

Figura 13 Espelho d'água do Açude Público Epitácio Pessoa (Boqueirão), referente à cota 377,55 m (cota de sangria), em Setembro/2004.

Aliando-se a isto, a ocorrência de uma década das mais secas em todo o Nordeste brasileiro, com dois períodos de seca centrados nos anos de 1993 e 1998, teve-se como resultado uma redução alarmante do nível do reservatório, levando à adoção de severo racionamento de água em todos os centros urbanos abastecidos pelo Açude de Boqueirão, de novembro de 1998 a abril de 2000, apesar de a irrigação ter sido suspensa, por ordem da Justiça Federal, a partir de fevereiro de 1999.

Após novo racionamento (novembro de 2001 a março de 2002), a situação só veio realmente a se normalizar a partir de janeiro de 2004, quando chuvas intensas elevaram o nível da água no reservatório à cota máxima, fazendo-o transbordar (VIEIRA, 2008), o que voltou a ocorrer nos anos de 2005 e 2006, não tendo havido necessidade de novos

rações de água nestes últimos seis anos, visto que o reservatório tem conseguido manter níveis satisfatórios de armazenamento.

3.2.2 A Situação Atual do Abastecimento de Água em Campina Grande

Sendo o Açude Público Epitácio Pessoa, o único manancial que abastece a cidade de Campina Grande, faz-se importante considerar a situação atual da utilização de suas águas.

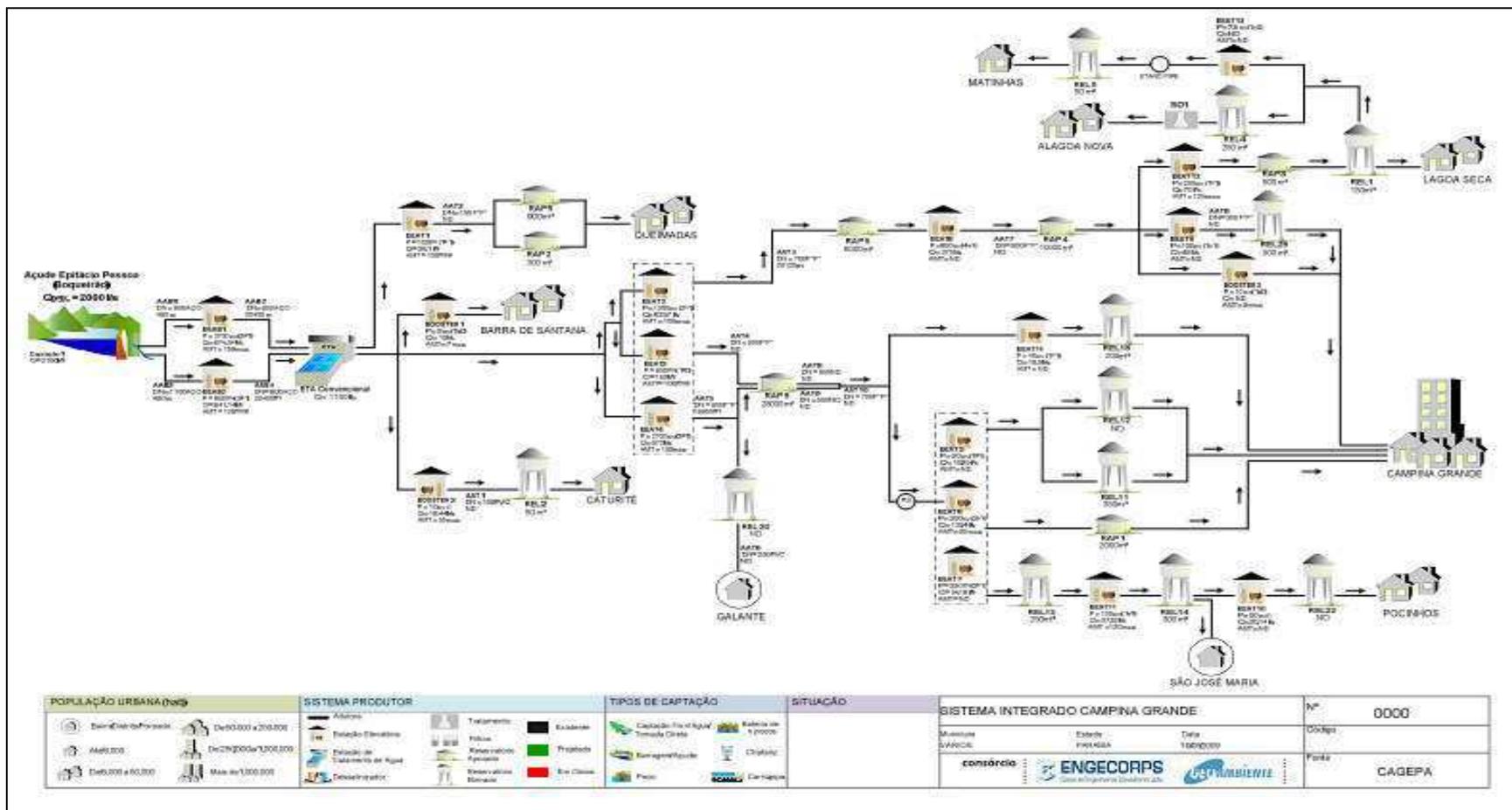
Como já mencionado, a vazão de regularização do reservatório é oficialmente considerada igual a 1,23 m³/s. Embora a prática da irrigação tenha sido definitivamente proibida pela Justiça Federal, na faixa de preservação do reservatório (100 metros a partir do limite do espelho de água), a partir de dezembro de 2007, sabe-se que tal proibição ainda não está sendo cumprida. A adoção da técnica de irrigação por microaspersão (que demanda menos água), por parte de vários irrigantes, diminuiu a demanda, mas ainda existem aqueles que utilizam a técnica de irrigação por inundação. A falta de dados oficiais (resultante da ausência de fiscalização) não permite uma estimativa correta da vazão captada para irrigação, mas é possível assumir que esta não seja inferior a 0,5 m³/s, de acordo com Vieira (2008).

Em abril de 2002, foi inaugurada a Adutora do Cariri, com vazão de projeto de 0,11 m³/s, para abastecer dez cidades situadas na sub-bacia do rio Taperoá. Atualmente, no entanto, esta adutora já abastece 17 cidades do Cariri paraibano.

A adução de água do reservatório Epitácio Pessoa para a cidade de Campina Grande é feita pela CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, através do Sistema Integrado Campina Grande.

Até 2007, além de Campina Grande, o Sistema Integrado atendia as seguintes localidades: Barra de Santana, Queimadas, Caturité, Pocinhos, Galante e São José da Mata. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), a partir de 2007 passaram a ser, também, atendidas as localidades de Lagoa Seca e Matinhas; em 2009, a localidade de Alagoa Nova foi incluída no Sistema. Desta maneira, o Sistema já atende a uma demanda de 1,699 m³/s. A Figura 14 apresenta o esquema do Sistema Integrado Campina Grande.

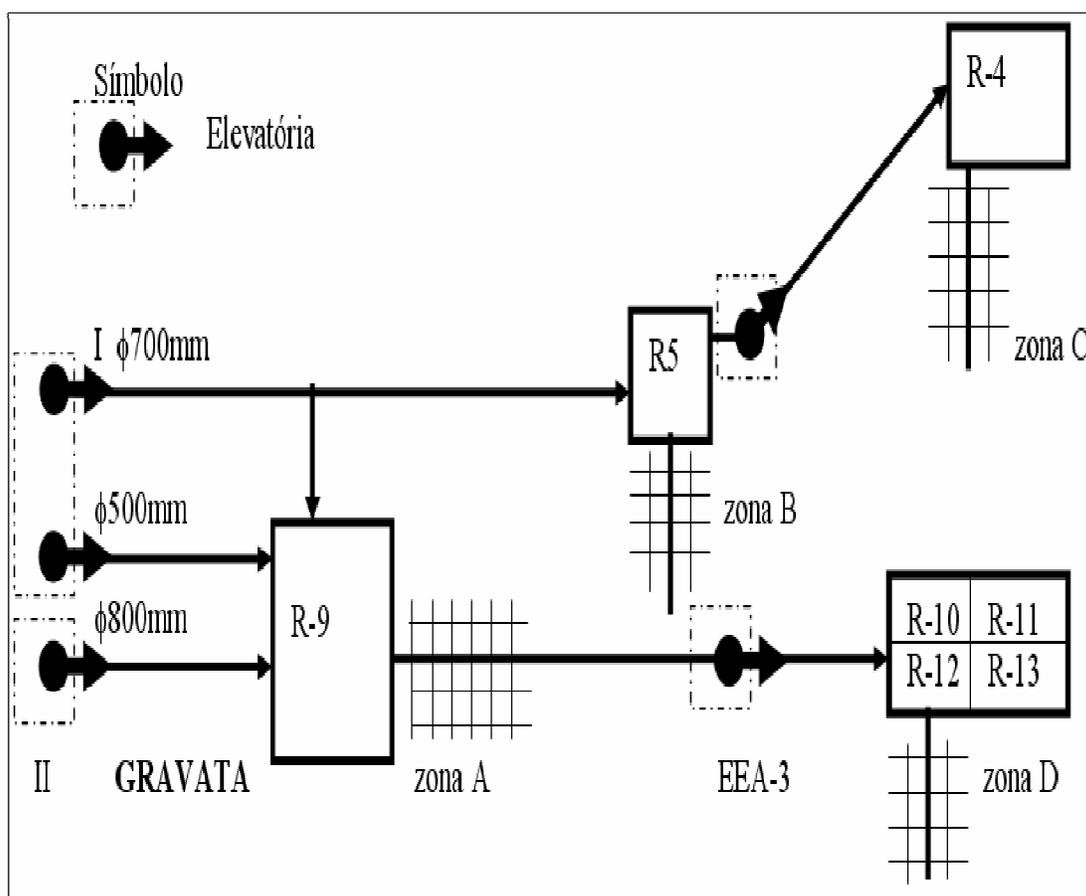
Importante observar que se encontra paralisada, em função de irregularidades detectadas pelo Tribunal de Contas da União, a obra de uma quarta adutora, a adutora São José, que visa a complementar o abastecimento de Campina Grande (CAGEPA, 2010).



Fonte: ANA (2010).

Figura 14 Esquema do Sistema Integrado Campina Grande.

O Sistema inicia com a captação no reservatório, de onde, através de uma junção, partem duas adutoras de água bruta de 1100 e 900 mm, por gravidade, até duas estações elevatórias de água bruta, de onde saem duas adutoras de 900 e 800 mm (fornecendo água bruta para a Estação de Tratamento de Água (ETA) em Gravatá, a qual tem a capacidade de tratamento máxima de 5.344,56 m³/h), com comprimento de 21km e vazão máxima de 61000 m³/dia (ALBUQUERQUE *et al.*, 2004). A partir da ETA de Gravatá, um conjunto de três estações elevatórias e três adutoras (com diâmetros nominais (DN) de 500, 700 e 800 mm, respectivamente) transporta a água já tratada até Campina Grande (Figura 15).



Fonte: Cavalcanti Neto *et al.* (2007).

Figura 15 Esquema do sistema adutor e da rede de distribuição de água na cidade de Campina Grande.

O projeto da rede de distribuição de água de Campina Grande foi elaborado em 1980 e dividiu a cidade em quatro zonas de pressão, denominadas A, B, C e D, conforme esquema apresentado na Figura 15. O reservatório R9 recebe água das três adutoras e distribui para as zonas de pressão A e D. O abastecimento das zonas de pressão B e C, que compreende o centro da cidade e os bairros de maior poder aquisitivo, fica alimentado

apenas pela adutora de DN 700. Esta configuração leva ao desabastecimento de 42% da cidade, quando ocorrem serviços de manutenção (CAVALCANTI NETO *et al*, 2007).

Considerando a vazão aduzida pelas adutoras que se encontram em funcionamento ($1,699 \text{ m}^3/\text{s}$), a vazão que deveria estar sendo fornecida para perenização do Médio Curso do rio Paraíba ($0,15 \text{ m}^3/\text{s}$) e a vazão estimada para a irrigação no entorno do reservatório, verifica-se que a retirada de água do reservatório totaliza $2,349 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa quase o dobro da vazão de regularização (oficial) do Açude Epitácio Pessoa e aumenta o risco de ocorrência de novas e graves crises no abastecimento de água de Campina Grande.

3.2.3 O Consumo Doméstico de Água em Campina Grande

A rede de distribuição de água de Campina Grande tem uma extensão aproximada de 500 km e atende a 113.619 ligações, as quais correspondem a um total de 126.632 economias; destas, 117.293 são economias residenciais (CAGEPA, 2009). De acordo com a CAGEPA (2008), as perdas físicas na rede de distribuição de água na cidade estão próximas da metade da água tratada aduzida da ETA de Gravatá (49,58%).

O consumo médio mensal de água na cidade, em volumes micromedidos para o ano de 2009 (CAGEPA, 2010), totaliza $1.345.592 \text{ m}^3/\text{mês}$. O consumo residencial (médio mensal) corresponde a $1.267.547 \text{ m}^3/\text{mês}$, representando aproximadamente 94% do consumo total da cidade.

Tal valor enfatiza a importância de ser considerado o consumo residencial para o planejamento de medidas de gestão da demanda urbana de água em Campina Grande.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

A ideia central desta tese é, a partir da análise de determinadas variáveis socioeconômicas e climáticas, identificar qual ou quais variáveis são determinantes para o comportamento dos consumidores residenciais de água na cidade de Campina Grande – PB, caso de estudo selecionado.

Para Mendes (2002), um estudo de caso representa uma estratégia de investigação que examina um fenômeno em seu estado natural, empregando múltiplos métodos de coleta e tratamento de dados sobre uma ou algumas entidades (pessoas, grupos ou organizações). Nesse sentido, o estudo de caso tem a importante função de gerar hipóteses e construir teorias (Hartley, 1994).

A metodologia deste trabalho consiste na utilização das técnicas estatísticas multivariadas – Análise Fatorial e Análise de Regressão Linear – aplicadas aos bancos de dados disponibilizados para a área de estudos previamente selecionada, considerando-se possíveis correlações entre o consumo de água de uso doméstico ou consumo residencial, definido como variável dependente, e um conjunto de variáveis socioeconômicas e climáticas, que se constituem nas variáveis explicativas ou independentes. Esta metodologia pode ser utilizada, também, para a avaliação dos efeitos das variáveis explicativas como *previsoras* das variáveis de resposta.

Análise Fatorial (AF)

A Análise Fatorial (AF) é uma técnica de análise estatística multivariada criada para identificar estruturas em conjuntos de variáveis observadas (HAIR *et al.*, 2005), explicitando a interrelação entre as variáveis, com o objetivo de identificar novas variáveis

(fatores) e estabelecer dimensões. Sua utilização supõe que as variáveis podem ser agrupadas de acordo com as suas correlações. Os modos mais comuns da análise fatorial são os exames das relações entre itens ou variáveis e das relações entre pessoas ou observações.

Existem dois tipos de análise fatorial que devem ser adequadas aos objetivos de cada estudo em que forem aplicadas (HAIR *et al*, 2005). São eles: 1) Análise Fatorial Exploratória – realizada quando pouco se sabe sobre as relações subjacentes entre os conjuntos de dados; e 2) Análise Fatorial Confirmatória – procedimento desenvolvido para se testar hipóteses a respeito da estrutura de um conjunto de dados, caso do estudo em pauta. Este tipo de análise é útil para a construção de teorias (STEWART, 1981).

Sendo a AF uma técnica estatística multivariada que transforma o conjunto formado pelas variáveis originais em outro conjunto menor de variáveis, formado pelos fatores, a ordem de obtenção desses fatores corresponde às suas importâncias quanto à quantidade de variância do conjunto de dados originais, que cada um deles consegue explicar. Isto significa dizer que o primeiro fator explica a maior quantidade possível da variância do conjunto de dados, o segundo fator a maior quantidade possível da variância remanescente e, assim, sucessivamente. As cargas fatoriais obtidas são, com efeito, reduções de dados muito mais complexos a tamanho manuseável para que o pesquisador possa interpretar melhor os resultados (KERLINGER, 1980). Nesse trabalho o método de extração utilizado foi o das componentes principais.

O propósito da análise fatorial é a redução do número de variáveis pela construção de “fatores” - novas variáveis, com o mínimo de perda de informações. Isto é, objetiva-se a eliminação da redundância, se existir, do grupo original de variáveis (HEIM *et al.*, 2008). Um segundo critério de seleção consiste em incluir somente aquelas componentes cujos autovalores sejam superiores a 1 (CRUZ, 1983; CORRAR, 2007). Ele tende a incluir poucas componentes quando o número de variáveis originais é inferior a vinte e em geral, utilizam-se aquelas componentes que conseguem sintetizar uma variância acumulada em torno de 70%.

Geralmente, os fatores assim extraídos não são fáceis de serem interpretados. Para facilitar essa interpretação, opta-se por realizar uma rotação nos eixos coordenados, que são a representação gráfica dos fatores. De acordo com o método de rotação adotado – ortogonal ou oblíquo - as coordenadas das variáveis, também chamadas carregamento dos fatores, representam, nesse novo sistema de eixos, a projeção da variância das variáveis.

Um dos métodos mais usados é o chamado método de rotação Varimax, que objetiva maximizar a projeção da variância de cada variável, nos fatores. Esse foi o tipo de rotação aqui utilizado.

Análise de Regressão Linear

As informações a seguir estão baseadas em Matos (2000), Hair (2005) e Gujarati (2006).

A Regressão Linear Múltipla é um dos inúmeros modelos estatísticos explanatórios causais referentes ao tratamento de séries temporais de dados. Sua base estatística advém da Regressão Linear, que se restringe a duas variáveis e a apenas uma equação funcional do primeiro grau ($Y = a + bX$) de ajustamento. A análise de Regressão Linear Múltipla é uma metodologia estatística de previsão de valores de uma ou mais variáveis de *resposta* (Dependentes) através de um conjunto de variáveis *explicativas* (Independentes). Esta metodologia pode ser utilizada também para a avaliação dos efeitos das variáveis explicativas como *previsoras* das variáveis de resposta. O objetivo da Regressão Linear Múltipla é de estabelecer uma relação quantitativa entre um grupo de variáveis preditivas (X) e uma resposta (Y).

É bastante comum, em uma Regressão Linear, que a Variável Dependente (Y) se relacione com a Variável Independente (X), mas é incorreto afirmar que o valor da primeira depende *em causa e efeito* das alterações no valor da segunda. Neste caso a interrelação entre as variáveis é demonstrada através da correlação.

O coeficiente de correlação, r , é a medida de interrelação entre a variável dependente e a variável independente, podendo variar de 0 (que indica ausência de correlação) a ± 1 (que indica correlação perfeita). Quando o coeficiente de correlação é maior que 0, as duas variáveis são positivamente correlacionadas; em contrapartida, quando é menor que 0, as duas variáveis são negativamente correlacionadas. O sinal do coeficiente de correlação numa Regressão Linear é sempre o mesmo sinal do coeficiente de regressão, b .

A Matriz de Correlação possui grande significado informativo para a Regressão Múltipla porque estabelece como os pares de variáveis dependentes (Y) e independentes (X_1, X_2, \dots, X_k) se correlacionam. Esta informação é utilizada na seleção das variáveis que deverão fazer parte da equação de regressão - ou seja, variáveis com correlação elevada e positiva deverão ser incluídas no modelo proposto, enquanto que as variáveis na condição

inversa deverão ser descartadas. A Correlação Múltipla e o Coeficiente de Determinação (R^2) também indicam como a relação expressa através da equação de regressão explica as variações da Variável Dependente (Y).

O formato geral da equação de Regressão Linear Múltipla é :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde :

Y é a Variável Dependente;

a corresponde a um coeficiente técnico fixo, a um valor de base a partir do qual começa Y ;

b_k corresponde aos coeficientes técnicos atrelados às Variáveis Independentes; e

X_k representa as Variáveis Independentes.

Com o desenvolvimento de programas computacionais na área de estatística, os cálculos necessários para efetuar uma análise ficaram muito rápidos e relativamente fáceis, além de outros benefícios terem sido alcançados, como por exemplo: utilização de métodos de base teórica e cálculos complexos, possibilidade de diferentes tentativas de análise, verificação com rapidez se os dados satisfazem às pressuposições das análises, criação de novas variáveis além das avaliadas e execução de análises com grandes números de dados de variáveis.

A ferramenta utilizada para executar as técnicas estatísticas escolhidas foi o pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences – SPSS*, face à expectativa de que a massa de dados erigida teria o tratamento adequado neste *software*.

A sequência das etapas metodológicas adotadas nesta pesquisa (Figura 16) encontra-se discriminada abaixo:

- Aquisição dos Dados – compreendendo a coleta das informações necessárias à utilização das ferramentas estatísticas selecionadas;
- Sistematização dos Dados – onde foram adaptadas as informações (em termos de periodicidade, de unidades, entre outras tarefas), de maneira a permitir a sua homogeneidade;
- Seleção das Variáveis – em que foram escolhidas aquelas variáveis para as quais havia disponibilidade de informações;
- Seleção da Amostra – onde foram escolhidos os bairros da cidade, para os quais os dados existentes eram suficientes à aplicação das ferramentas estatísticas;

- Definição de Alternativas – em que foram escolhidos, em função da disponibilidade de informações, as variáveis e os bairros (todos os bairros da cidade ou apenas aqueles selecionados na amostra) que seriam considerados para aplicação das técnicas estatísticas;

- Análise Fatorial – consistindo na aplicação da técnica estatística aos dados devidamente sistematizados e relativos às variáveis e à amostra selecionadas;

- Análise de Regressão Linear – em que, com base nos resultados obtidos pela Análise Fatorial, foram identificadas as correlações estatisticamente mais significativas, em relação às diversas variáveis consideradas; O nível de significância adotado foi de 5%.

- Análise dos Resultados – em que foram analisadas as significâncias estatísticas identificadas na etapa anterior, de maneira a permitir a identificação das variáveis determinantes do consumo residencial para os vários bairros da cidade de Campina Grande;

- Escolha do Modelo de Regressão Linear – onde foram identificadas as equações que melhor simulam o comportamento do consumo residencial nos bairros selecionados na amostra, de maneira a permitir a previsão desse comportamento com alterações nos valores das variáveis determinantes (modelo de previsão de demanda).



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 16 Etapas metodológicas adotadas na pesquisa.

As etapas metodológicas encontram-se detalhadas nos itens seguintes deste Capítulo.

4.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS

Inicialmente, foram definidos quais os dados socioeconômicos e ambientais que seriam utilizados. Desta maneira, como dados socioeconômicos foram selecionados: população por faixa etária, renda familiar média e tarifa mensal de água. Como dados climáticos, foram considerados: temperatura máxima, em °C; temperatura média das máximas, em °C; precipitação, em mm; evaporação (ou volume evaporado), em ml; umidade relativa do ar, em %; velocidade média do vento, em m/s; e insolação, em número de horas. No caso do consumo de água, foram considerados os consumos micromedidos residenciais, em m³, e o número de economias (uma economia é a unidade de consumo sobre a qual será imputado o consumo de água registrado pelo hidrômetro. Se este estiver atendendo a uma única residência, ou seja, uma ligação para uma economia, toda a água por ele medida será cobrada desta economia, pois ela a despendeu; mas, por exemplo, em um prédio de apartamentos, pode haver um único hidrômetro (ligação) servindo a todas as economias (apartamentos) do prédio). Todos os dados dessa base estão expressos em valores mensais.

Todos os dados – socioeconômicos, climáticos e de consumo de água – referentes à cidade de Campina Grande foram solicitados, oficialmente, no primeiro semestre de 2009, junto à: (a) Secretaria de Planejamento de Campina Grande – SEPLAN, órgão da Prefeitura Municipal de Campina Grande – PMCG; (b) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/PB; e (c) Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, respectivamente. Os dados climáticos e de consumo de água foram disponibilizados para o período de 2001 – 2008. No caso dos dados socioeconômicos, a SEPLAN/PMCG pode disponibilizar, apenas, os do ano 2000, uma vez que esses dados somente serão atualizados após o censo demográfico de 2010.

A coleta de dados, neste trabalho, foi do tipo ocasional, ou seja, realizada sem a preocupação de continuidade ou periodicidade, utilizando dados já existentes, os ditos dados secundários, sendo os dados obtidos pela própria pesquisadora.

Para atender aos propósitos da pesquisa, os dados devem ser representativos, consistentes e confiáveis, condição presumível aceita pela importância e idoneidade das Instituições consultadas. Um fator limitante observado durante esta etapa foi a demora, em torno de cento e oitenta dias, na obtenção dos dados de consumo de água de uso doméstico, doravante dito consumo residencial de água, junto à CAGEPA.

Todos os dados foram obtidos em planilha Excel, em valores mensais, o que possibilitou a composição de bancos de dados mais consistentes.

4.2 SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

Segundo a CAGEPA, a cidade de Campina Grande é dividida em oitenta setores, e os dados são sempre relativos aos valores de consumo de água por setor, ao número de economias de cada setor e às tarifas por faixas de consumo e por categoria. Assim, a empresa disponibilizou informações de comercialização e micromedição, por setor, no período de 2000 a 2008, em quatro categorias: residencial, comercial, industrial e pública, sendo os volumes micromedidos registrados em metros cúbicos/mês. No Anexo I encontra-se mapa da cidade de Campina Grande, apresentando os setores de abastecimento de água da CAGEPA.

Vê-se, portanto, que a CAGEPA fornece água à população, através de uma rede de distribuição setorizada. Os setores da cidade podem conter um ou mais bairros, partes de um bairro ou, ainda, um bairro, pela sua área e densidade demográfica, pode estar contido em dois ou mais setores. Isto tornou a sistematização dos dados de consumo bastante árdua, obrigando à separação manual (com uso de planímetro e da ferramenta computacional AUTOCAD) das áreas dos bairros, dentro de cada setor; a partir daí, foi feito o cruzamento das informações de área e densidade demográfica dos bairros e do consumo total de cada setor.

Na parte da comercialização, a tarifa é aplicada por faixas de consumo, em valores mensais, tendo sido, também, necessário, um tratamento adequado desses dados (tendo sido feito o cruzamento entre tarifa e consumo residencial, de forma a definir a o valor cobrado para um dado grupo de economias).

A título de ilustração, a Tabela 1 apresenta os valores da tarifa praticada, com as respectivas faixas de consumo, para o período de 1997 - 2007.

Também, no mesmo sentido, é apresentada a Figura 17:

(a) indicando a evolução da tarifa de água (2000-2007), considerando os valores cobrados para o consumo até 10 m^3 (tarifa social e normal) e de 30 m^3 ;

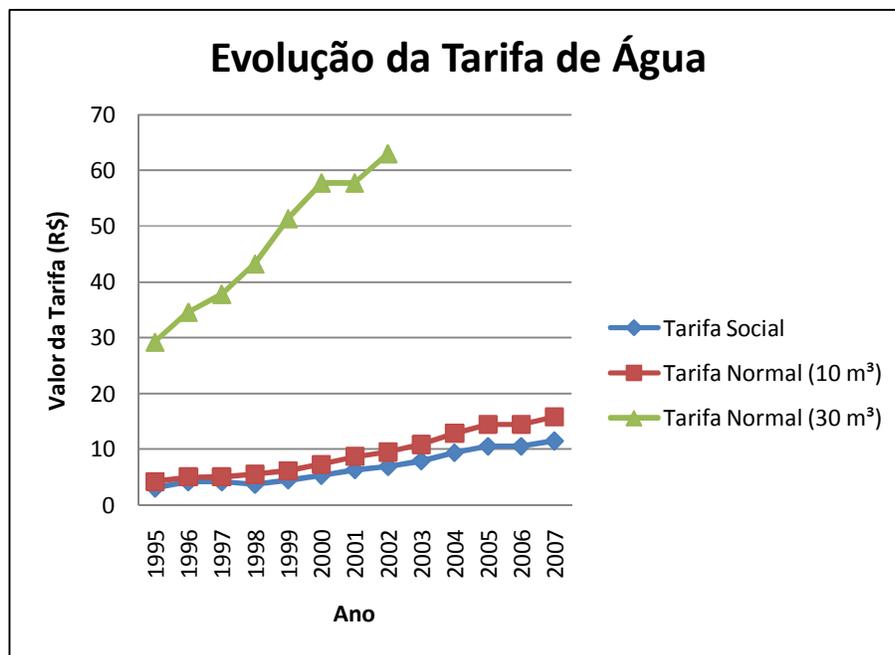
(b) indicando a evolução do salário mínimo (2000 – 2010) e os valores gastos com a conta de água (10 m^3 , com tarifa normal, e 30 m^3).

Tabela 1 Valores de tarifa, por faixa de consumo, praticadas pela CAGEPA (1997-2007).

Consumo - faixas		Até 10 m ³			Acima de 10 m ³			
1997-2003 a partir de 2004	Medido	Não medido	0-10	11-20	21-30	31-45	>45	
		medido	0-10	11-20	21-30	>30		
Anos	Tarifa mínima			Tarifa normal				
	R\$	R\$	R\$	R\$ por m ³				
1995	3,02	3,02	4,21	0,54	0,72	0,84	1,10	
1996	4,11	4,11	5,04	0,65	0,86	1,01	1,32	
1997	4,11	4,11	5,04	0,65	0,86	1,01	1,32	
1998	3,70	4,50	5,52	0,71	0,94	1,11	1,45	
1999	4,50	5,52	6,17	0,79	1,05	1,24	1,62	
2000	5,34	6,55	7,32	0,94	1,25	1,47	1,92	
2001	6,33	7,77	8,68	1,11	1,48	1,74	2,28	
2002	6,93	8,50	9,50	1,21	1,62	1,90	2,50	
2003	7,93	9,73	10,87	1,39	1,85	2,17	2,86	
2004	9,39	11,53	12,88	1,66	2,19	2,98	2,98	
2005	10,56	12,96	14,48	1,87	2,46	3,35	3,35	
2006	10,56	12,96	14,48	1,87	2,46	3,35	3,35	
2007	11,52	14,14	15,80	2,040731	2,684598	3,655855	3,66	
Adicional de ESGOTO								
1997-2002 a partir de 2003	50%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	
	25%	25%	80%	80%	90%	100%	100%	
A partir de 2004 a faixa 31-45 foi excluída								

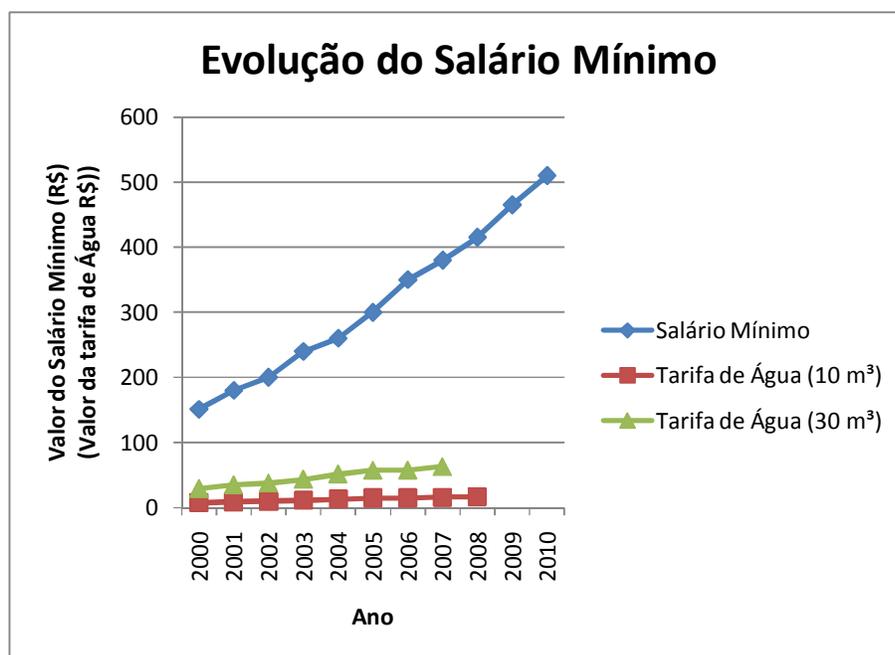
Fonte: CAGEPA (2009).

Os dados socioeconômicos, disponibilizados pela SEPLAN/PMCG, estão restritos ao ano 2000, (população, renda mensal, escolaridade, entre outros) e estão discriminados por bairro. Além disso: (a) não contemplam dados detalhados de escolaridade, impossibilitando a consideração dessa variável; (b) no tocante à renda familiar, referem-se, apenas, à pessoa responsável pelo domicílio, o que pode implicar em valores subdimensionados. No entanto, como foram disponibilizados em termos do salário mínimo vigente, foi possível efetuar o cálculo para os demais anos do período considerado (2000-2008); (c) os dados de população, por faixa etária, em cada bairro, só permitiram a avaliação mais detalhada do consumo de água, para o próprio ano 2000.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 17(a) Evolução da tarifa de água da CAGEPA, período de 1995 a 2007, indicando os valores para o consumo mensal de 10 m³ (tarifa social e normal) e 30 m³.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 17(b) Evolução do salário mínimo, período de 2000 a 2010, indicando os valores pagos pela conta de água para o consumo mensal de 10 m³ (tarifa normal) e 30 m³.

No caso da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, os dados climáticos são da Estação Climatológica Principal, disponibilizados em valores mensais para toda a cidade, no período de 2000 – 2008. As planilhas de dados, no Excel, trazem uma sequência de informações, incluindo a localização da estação em coordenadas geográficas. A planilha é composta de dados de Pressão Atmosférica (mb), Temperatura do ar (°C), Precipitação (mm), Umidade Relativa do ar (%), Evaporação (volume evaporado) (ml), velocidade do vento (m/s) e insolação (h). Em relação à Temperatura, a planilha informa os dias de temperaturas máximas e mínimas absolutas, as médias das temperaturas máximas e mínimas e ainda as médias compensadas; para a Precipitação, são informados a altura máxima (mm) e os dias de precipitação máxima medida em 24 horas. A planilha ainda informa os valores médios e totais de todas as variáveis medidas.

A utilização conjunta de todos esses dados, quando do emprego das técnicas estatísticas, requereu a total sistematização dos mesmos, uma vez que foram disponibilizados em bases diferenciadas. Por outro lado, uma quantidade exorbitante de dados, a exemplo dos dados contidos na série de nove anos de consumo de água, em valores mensais, por setor, exigiu a adoção de uma amostra representativa desses dados, para viabilizar as análises pretendidas nessa pesquisa.

4.3 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

A literatura consultada sugere uma gama de variáveis socioeconômicas (renda, tarifa, população, faixas etárias, nível de escolaridade, tamanho da família, entre outras).

Nesta pesquisa, face à limitação dos dados socioeconômicos disponibilizados, foram consideradas: a *população por faixa etária* (dados do ano 2000), a *renda mensal familiar* (dados de 2000 a 2008) e a *tarifa por faixa de consumo* (também numa série de dados de 2000 a 2008).

Com relação às variáveis climáticas foram selecionadas todas aquelas disponibilizadas pela EMBRAPA, a saber: *temperatura máxima, temperatura média das máximas, precipitação média, evaporação, umidade relativa do ar, velocidade média do vento e insolação*, no período de 2000 a 2008, ou seja, uma série de nove anos de dados.

Nos dados de consumo de água da cidade, as variáveis selecionadas foram o *consumo residencial de água* (variável dependente) e o *número de economias*, também disponíveis no período de 2000 a 2008, numa série de nove anos.

4.4 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Estimação é o processo de inferência ou estimativa de um parâmetro populacional (tal como a média ou desvio padrão) de uma estatística correspondente, a partir de uma amostra extraída da população. Para ser válida, a estimação deve ser baseada numa amostra representativa, que pode ser obtida por métodos probabilísticos, como o da amostragem ao acaso, onde cada elemento da população tem igual probabilidade de ser incluído na amostra, ou por métodos não probabilísticos, como o de amostragem intencional ou de conveniência (MORETTIN; BUSSAB, 2006).

Assim, considerando-se o método de amostragem intencional, foi selecionada uma amostra entre os quarenta e nove bairros da cidade. Os critérios para essa seleção foram a classe socioeconômica (classes alta, média e baixa) e a distribuição espacial na cidade (zonas Norte, Sul, Leste e Oeste). Segundo dados do IBGE, as Classes Sociais são divididas conforme a renda total familiar, também utilizando como base a renda total de uma família de quatro pessoas, em termos de quantidade de salários mínimos, conforme a Tabela 2, abaixo.

Tabela 2 Classes socioeconômicas do Brasil.

Classe social	Renda total familiar – família com 04 pessoas (total de Salários Mínimos – SM)
Classe A (alta)	Acima de 30 SM
Classe B (média alta)	de 15 SM até 30 SM
Classe C (média)	de 4 SM até 15 SM
Classe D (média baixa)	de 2 SM até 4 SM
Classe E (baixa renda)	Até 2 SM.

Fonte: IBGE (2009).

Pensando em uma amostra o mais representativa possível, foram selecionados dezesseis bairros, quatro bairros em cada zona, de classes sociais diversas, que representam aproximadamente 33% do total de bairros da cidade. Em termos estatísticos, essa amostra pode ser considerada representativa, porque representa mais de um quarto dos bairros da cidade.

Os bairros selecionados para a amostra são identificados a seguir (Figura 18).

4.5 DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS

Considerando as informações disponibilizadas, quatro alternativas de combinação de variáveis foram consideradas.

4.5.1 Alternativa I: População por faixas etárias x Consumo residencial de água (ano 2000)

Com o objetivo de definir quais as variáveis determinantes para o consumo da água de uso doméstico ou residencial, as técnicas estatísticas multivariadas Análise Fatorial e Análise de Regressão Linear Múltipla foram aplicadas aos dados de *população* e de *consumo residencial* de água, para todos os bairros da cidade de Campina Grande. A matriz dos dados é do tipo (49 x 17), em que as linhas representam os quarenta e nove bairros da cidade e as colunas, as dezessete faixas etárias da sua população (SEPLAN 2000).

Para a utilização dos dados de população por faixas etárias na Análise Fatorial, foi elaborado o Quadro A1 (Apêndice I), com o percentual de cada faixa etária em relação à população total de cada bairro. Os resultados mostraram que a cidade de Campina Grande possui a grande maioria de sua população compreendida na faixa etária de 0 a 49 anos.

Os dados foram submetidos à Análise Fatorial através do SPSS e pode-se observar que, dos dezessete fatores extraídos, os dois primeiros (fatores 1 e 2), explicam cerca de 70% da variância do conjunto de dados originais, o que é estatisticamente significativo. A Tabela 3 apresenta um extrato do Quadro A2 (Apêndice I) e mostra o total da variância explicada pelos fatores de maior carregamento.

Tabela 3 Variância Total Explicada (Método das Componentes Principais).

Fator	Autovalor	% Variância	% Variância Acumulada
1	9,032	53,132	53,132
2	2,865	16,850	69,982

Fonte: Elaboração própria.

A matriz rotacionada através do método Varimax, mostra que as faixas etárias compreendidas entre 50 a ≥ 80 anos apresentam um carregamento alto no fator 1 e, como consequência, as faixas etárias de 0 a 49, no fator 2, conforme o Quadro A3 (Apêndice I).

Como a grande maioria da população está compreendida na faixa etária de 0 a 49 anos, essa faixa será utilizada na Análise de Regressão Linear, a fim de se determinar a relação entre consumo de água residencial por economia e a população de cada faixa.

Neste caso, a variável dependente Y é o consumo de água residencial por economia, em m³/mês, e a variável explicativa X_i, onde i = 0 a 3, ou seja, além da faixa etária de 0 a 49 anos, foram consideradas duas subfaixas – de 0 a 19 anos e de 20 a 49 anos –, permitindo a definição de equações de Regressão Linear Simples, segundo os modelos mostrados na Tabela 4 abaixo, onde se pode observar, também, os valores do coeficiente de determinação e do erro padrão de estimativa para as três equações consideradas.

Tabela 4 Valores dos Coeficientes de Correlação, de Determinação e do Erro Padrão de Estimativa para a Alternativa I.

Modelo	R	R ²	S _e
1: $Y = a_1 + b_1 X_1$ ¹	,997	,994	40,8232
2: $Y = a_2 + b_2 X_2$ ²	,990	,980	78,0129
3: $Y = a_3 + b_3 X_3$ ³	,998	,996	34,5514

Fonte: Elaboração própria.

Onde: Y = consumo de água em m³/hab.dia;

X₁= total da população na faixa etária de 0 a 49¹ anos, por bairro;

X₂= total da população na faixa etária de 0 a 19² anos, por bairro;

X₃= total da população na faixa etária de 20 a 49 anos, por bairro;

R = coeficiente de correlação;

R²= coeficiente de determinação;

S_e= erro padrão de estimativa.

As equações obtidas foram:

$$Y = 25,563 + 0,103X_1 \quad \text{Eq. 2}$$

$$Y = 41,021 + 0,209X_2 \quad \text{Eq. 3}$$

$$Y = 18,011 + 0,200X_3 \quad \text{Eq. 4}$$

O Quadro A4 (Apêndice I) mostra os resultados da análise de variância ANOVA para as equações obtidas. Pode-se observar que as três equações são estatisticamente significantes ao nível de 5% adotado, bem como a estatística F - Fisher tem valores

significativos. Da mesma forma, o Quadro A5 (Apêndice I) mostra os coeficientes e outras informações importantes na análise da qualidade das equações mencionadas, possibilitando, através dos resultados, a constatação da relação entre consumo residencial de água e faixa etária, porque os resultados são estatisticamente válidos, ao nível de significância de 5%, adotado nesta pesquisa.

Os coeficientes de regressão das equações obtidas podem ser interpretados como possíveis indicadores do consumo residencial de água para as faixas etárias correspondentes a cada uma das equações obtidas.

4.5.2 Alternativa II: Consumo doméstico x Variáveis Socioeconômicas e Climáticas (ano 2000)

Nesta alternativa são analisadas possíveis interrelações entre variáveis socioeconômicas e climáticas e o consumo residencial de água da cidade de Campina Grande, ano 2000. As variáveis socioeconômicas consideradas foram tarifa por faixa de consumo, renda mensal familiar e o número de economias; as variáveis climáticas foram temperatura máxima, temperatura média das máximas, precipitação, evaporação, umidade relativa do ar, velocidade média do vento e insolação.

Considerando a amostra dos dezesseis bairros, previamente selecionada (item 4.5), foram avaliadas as possíveis interrelações entre essas variáveis e o consumo residencial de água da cidade de Campina Grande nestes bairros.

A utilização da Análise Fatorial supõe que as variáveis podem ser agrupadas de acordo com as suas correlações. Isto possibilita verificar o grau de relação mútua existente entre as variáveis explicativas e a dependente, indicando não apenas a intensidade, mas também se a relação é positiva ou negativa (HAIR *et al.*, 2005). A partir dos dados disponibilizados e considerando-se valores mensais para o ano de 2000, obteve-se uma matriz de (12 x 11) onde as linhas representam os valores numéricos da cada variável e as colunas representam as variáveis adotadas neste trabalho.

A Análise Fatorial foi utilizada nos quatro bairros de cada zona da cidade, sendo todos os resultados analisados e registrados, para cada zona. Optou-se pelo uso do método de análise de componentes principais, com rotação Varimax, que permite a redução de variáveis ou a redução de fatores. Desta forma, conforme é defendido por Hair *et al.* (2005), buscou-se uma seleção de cargas fatoriais mais significativas, escolhendo as que apresentaram valores acima de 0,500 (corte das cargas fatoriais), para que os resultados

não fossem muito distribuídos. O Quadro A6 (Apêndice II), por exemplo, mostra um resumo dos primeiros resultados para os bairros da Zona Norte (Alto Branco, Centro, Jardim Tavares e Monte Santo), onde estão contemplados os autovalores e as percentagens das variâncias de cada fator. A tabela A1 (Apêndice II) mostra a matriz rotacionada com o carregamento, por fator, das variáveis estudadas.

Esta análise indicou que as variáveis com maior grau de relação ou correlação com o consumo residencial de água são a renda média mensal, a tarifa e as economias, variáveis socioeconômicas (apresentaram cargas fatoriais acima de 0,500). No conjunto das variáveis climáticas podem-se considerar possíveis e mais significativas estatisticamente, as correlações entre consumo residencial de água, precipitação e umidade relativa do ar.

Em alguns bairros foi possível observar as influências das variáveis climáticas evaporação, insolação e velocidade do vento, mas, nestes casos, com um grau de correlação muito fraco. Segundo Cohen (2003), um coeficiente de correlação (positivo ou negativo) acima de 0,70 indica forte correlação; entre 0,30 e 0,70, indica correlação moderada, e entre 0 e 0,30, fraca correlação.

Todos os resultados para a Zona Norte estão mostrados nos Quadros A6 – A9 e nas tabelas A1 – A4 do Apêndice II. Todo esse procedimento foi repetido para os quatro bairros de cada uma das zonas. Os resultados da aplicação da Análise Fatorial para os bairros das Zonas Norte, Sul, Leste e Oeste, estão devidamente registrados nos quadros A6 até A21 (autovalores e percentagens das variâncias por fator) e nas tabelas A1 até A16 (matrizes fatoriais rotacionadas) do Apêndice II.

Dessa forma, a partir dos resultados da Análise Fatorial foram realizadas as Análises de Regressão Linear Múltipla, considerando o consumo residencial por economia em m³/mês (variável dependente) e as possíveis relações com as variáveis mais representativas obtidas.

O resultado da Análise Fatorial apontou as variáveis tarifa, renda, economias, precipitação e umidade relativa do ar como mais significativas para explicar o consumo residencial por economia. Assim, as regressões lineares múltiplas foram aplicadas para cada zona da cidade, utilizando o SPSS (técnica *stepwise*). Em todos os casos analisados foi verificada a questão da multicolineariedade, em especial no caso das variáveis climáticas.

Os resultados das Regressões Lineares, as equações obtidas para a Zona Norte, estão listados na Tabela 5 (resumo da tabela A17 do Apêndice III), ficando constatado que

as variáveis determinantes para o consumo residencial de água foram tarifa e renda, para os quatro bairros da amostra. A variável número de economias não apresentou resultados significativos e, das variáveis climáticas, apenas a precipitação apresentou alguma correlação, mas os coeficientes de regressão não foram significativos.

Tabela 5 Equações de Regressão Linear obtidas para os bairros da Zona Norte.

Bairro	Variáveis	R ²	Equações de Regressão Obtidas
Alto Branco	X ₁	1,00	Y = 2,201 + 1,065 X ₁ (Eq. 5)
	X ₁ , X ₂	1,00	Y = 2,136 + 1,064 X ₁ + 5,25.10 ⁻⁵ X ₂ (Eq. 6)
Centro	X ₁	0,975	Y = 0,543 + 1,251 X ₁ (Eq. 7)
	X ₁ , X ₂	0,988	Y = -01,71 + 1,174 X ₁ + 1,957.10 ⁻³ X ₂ (Eq. 8)
Jardim Tavares	X ₁	0,998	Y = 2,94 + 1,011 X ₁ (Eq. 9)
	X ₁ , X ₃	0,998	Y = 2,325 + 0,997 X ₁ + 9,96.10 ⁻⁴ X ₃ - 3,98. 10 ⁻⁴ X ₄ (Eq. 10)
Monte Santo	X ₁	0,848	Y = -1,609 + 1,511 X ₁ (Eq.11)

X₁= tarifa; X₂ = renda; X₃ = economias; X₄ = precipitação.

O apêndice III (Tabela A4) traz todo o conjunto das equações de Regressão Linear obtidas para os dezesseis bairros (quatro por zona) da amostra selecionada. Os resultados obtidos mostram que as variáveis determinantes, para o consumo residencial de água nos dezesseis bairros selecionados, são *tarifa* e *renda*, por apresentarem valores estatisticamente significativos ao nível de significância de 5%, considerado neste trabalho.

4.5.3 Alternativa III: Consumo residencial de água x Tarifa e Renda (2000-2008) para 4 bairros (um em cada zona da cidade)

Esta alternativa considera a utilização da Análise de Regressão Linear Múltipla para verificação das possíveis interrelações entre as variáveis determinantes selecionadas no item anterior (Alternativa II), tarifa e renda, e o consumo residencial de água da cidade

de Campina Grande, usando dados amostrais para uma subamostra (04 bairros) dos dezesseis bairros, no período de 2000 a 2008.

Para este caso foram selecionados quatro bairros, sendo um bairro de cada uma das zonas da cidade, bem como de cada classe socioeconômica. O banco de dados foi construído com a variável dependente consumo residencial de água, por economia e as variáveis independentes tarifa e renda, para os quatro bairros abaixo listados:

- 1- Zona Norte: Alto Branco (Classe Média Alta);
- 2- Zona Sul: Liberdade (Classe Baixa);
- 3- Zona Leste: Mirante (Classe Alta);
- 4- Zona Oeste: Dinamérica (Classe Média).

O objetivo dessa análise é confirmar os resultados obtidos com a Análise de Regressão Linear Simples e/ou Múltipla, feita a partir do banco de dados do ano 2000, onde as variáveis determinantes encontradas para o consumo residencial de água, para a amostra de bairros da cidade de Campina Grande-PB, foram as variáveis socioeconômicas *tarifa e renda*. A Tabela 6, abaixo, indica os valores do coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis.

Tabela 6 Matriz de Correlação (Alternativa III).

Correlação de Pearson	Consumo por economia (m³/mês) *	Tarifa mensal por faixa de consumo	Renda média (R\$/mês)*
Consumo por economia m³/mês (*)	1,00		
Tarifa mensal por faixa de consumo	0,861**	1,00	
Renda média mensal (*)	0,720**	0,878**	1,00

*Bairros: 1 – Alto Branco; 2 – Liberdade; 3 – Mirante; 4 – Dinamérica; ** correlação significativa ao nível de 1%
Fonte: Elaboração própria.

A Análise de Regressão Linear foi, então, realizada para os bairros do Alto Branco, Liberdade, Mirante e Dinamérica, da subamostra selecionada, em três etapas:

Etapa 1: consumo residencial por economia (m³/mês) x tarifa mensal por faixa de consumo (R\$/m³);

Etapa 2: consumo residencial por economia (m³/mês) x renda média mensal (R\$/mês);

Etapa 3: consumo residencial por economia (m³/mês) x tarifa mensal por faixa de consumo (R\$/m³) e renda média mensal (R\$/mês).

As equações encontradas para essa subamostra foram:

$$Y = 8,23 + 0,389X_1 \quad \text{Eq.(12)}$$
$$\mathbf{R^2 = 0,742}$$

$$Y = 9,643 + 2,138.10^{-3} X_1 \quad \text{Eq.(13)}$$
$$\mathbf{R^2 = 0,519}$$

$$Y = 8,35 + 0,451X_1 - 4,643.10^{-4} X_2 \quad \text{Eq.(14)}$$
$$\mathbf{R^2 = 0,748}$$

Sendo : X_1 = tarifa; X_2 = renda.

4.6 MODELO DE REGRESSÃO LINEAR

Os resultados obtidos nas etapas anteriores mostram que o consumo residencial mensal, por economia, varia, em todos os bairros da amostra selecionada (com dados do ano 2000), principalmente em função da *tarifa*, embora a *renda*, em alguns bairros, tenha apresentado um grau (de fraco a moderado) de correlação com o consumo.

A Alternativa III mostrou que, para os quatro bairros da subamostra selecionada, um bairro por zona da cidade (com dados do período de 2000 – 2008), o consumo residencial mensal, por economia, também variou em função principalmente da variável socioeconômica *tarifa*, com a *renda* apresentando um grau fraco de correlação com o consumo (apenas na Equação 14).

4.7 ESTIMATIVA DO CONSUMO COM USO DE MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA (GDA)

Nesta etapa metodológica, foram considerados dois bairros de Campina Grande – o Bairro da Glória e o Bairro Universitário, não inseridos na amostra selecionada para as etapas anteriores, mas para os quais foram adquiridos os dados necessários à estimativa do potencial de redução de consumo, mediante a adoção de medidas de redução do consumo residencial de água.

Para a estimativa da redução de consumo que poderia ser atingida, em função da adoção de medidas de gerenciamento da demanda, foram considerados dados dos trabalhos de:

(i) Albuquerque (2004), que, utilizando o conceito de “bairro sustentável” – ou seja, aquele onde se possa desenvolver uma gestão participativa (sociedade e autoridades locais) para manter um desenvolvimento urbano baseado no uso racional dos recursos naturais, através da redução de custos e desperdícios aliada ao desenvolvimento de práticas sociais e de tecnologias urbanas sustentáveis –, desenvolveu uma pesquisa abordando o estudo das alternativas de gerenciamento da demanda de água sob aspectos econômicos, sociais, ambientais e técnicos. Respondendo a questões do tipo “*o que fazer?*” e “*como fazer?*” em escalas macro (possíveis soluções tomadas pelos decisores, poder público e sociedade) e micro (estudos realizados em um bairro da cidade de Campina Grande) supõe que a água possa ser utilizada de forma racional. A área escolhida para o estudo foi o Bairro Universitário (setor 37 no cadastro comercial da CAGEPA) e a meta a alcançar seria o gerenciamento da demanda através das alternativas tecnológicas: Aparelhos Poupadores, Reúso de Água, Medição Individual e Captação de Água de Chuva.

(ii) Almeida (2007), que fez um estudo detalhado sobre a utilização de coeficientes de consumo e contribuição em projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário para populações urbanas de baixa renda (classe baixa) em locais providos de infra-estrutura básica. O estudo se desenvolveu no Bairro da Glória, setores I e II, da cidade de Campina Grande, e procurou descrever, através da análise dos consumos de água e contribuição de esgotos (efetivamente medidos), o desempenho, desde sua implantação, de sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário estanques, com perdas mínimas, praticamente nulas, onde os dados vão refletir os consumos reais de água e conseqüente contribuição de esgotos da população atendida.

De acordo com Almeida (2007), a CAGEPA utiliza, em projetos de redes de abastecimento, o consumo *per capita*, sem perdas, de: (i) 250 l/hab.dia, para cidades com população superior a 200.000 habitantes (caso da cidade de Campina Grande); (ii) 150 l/hab.dia, para cidades com população entre 100.000 e 200.000 habitantes; (iii) 120 l/hab.dia, para cidades com população entre 10.000 e 100.000 habitantes; e (iv) 100 l/hab.dia, para vilas, povoados e cidades com população de até 10.000 habitantes.

No caso de Campina Grande, os dados da micromedição da CAGEPA, para o mês de setembro/2007, mostram um consumo médio de 111 l/hab/dia, sem perdas, e 166 l/hab.dia, com perdas, aqui considerados todos os usos, e toda a população. Em se considerando apenas o consumo doméstico deste mês na cidade, para toda a população, obtém-se o valor de 90 l/hab/dia, sem perdas, e 134,78 l/hab.dia, com perdas.

Embora esses valores se encontrem abaixo dos consumos médios paraibano e brasileiro (200 l/hab.dia e 310 l/hab.dia, respectivamente, conforme Lanna (1999)), e os valores sem perdas estejam bastante próximos dos 100 l/hab.dia recomendados por Falkenmark e Widstrand (1992), os quais consideram que 100 l/hab/dia são suficientes para satisfazer as necessidades domésticas e de saúde dos indivíduos (sendo, inclusive inferiores quando só considerado o consumo médio doméstico), verifica-se o quanto poderia ser reduzida a média de consumo per capita real, caso fossem controladas as perdas na rede de distribuição de água da CAGEPA.

O *Bairro da Glória*, de classe baixa, está localizado na Zona Leste da cidade de Campina Grande e é constituído de 670 unidades habitacionais – dividido em dois setores, com 410 unidades no setor I e 260 unidades no setor II, e uma população de 1.410 e 894 habitantes, respectivamente –, abrigando moradores transferidos da Favela Cachoeira. O bairro é dotado de infra-estrutura básica, ou seja, possui sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, pavimentação, energia elétrica, telefonia, coleta de lixo e sistema de transporte coletivo. Segundo dados da CEHAP (2007), 70,6 % da população – 473 famílias – estão entre famílias sem renda ou com renda familiar de um salário mínimo, o que caracteriza uma população de classe baixa ou baixa renda. O consumo médio per capita é de 89,58 l/hab.dia para o setor I e 89,55 l/hab.dia para o setor II, tendo sido arredondado para 90 l/hab.dia (ALMEIDA, 2007). Segundo esse autor, a explicação para os valores encontrados está, principalmente, na baixa renda da população, o que não permite a existência de alguns usos da água, como, por exemplo, a lavagem de carros, a rega de jardins, a utilização de máquinas de lavar roupa e pratos, entre outros. Um dado importantíssimo refere-se ao fato de que, dadas as características da

população (pessoas transferidas de uma favela, sem qualquer acesso anterior a água encanada, ou, mesmo, a sanitários), o consumo sofreu grande redução após o pagamento da primeira conta à concessionária de abastecimento de água. Isto indica o grande potencial de instrumentos econômicos para a gestão da demanda hídrica.

O *Bairro Universitário*, de classe média, localizado na Zona Oeste da cidade tem uma área total de 2,38 km², 336 casas e 16 edifícios residenciais, e uma população residente de 3.718 habitantes, em sua maioria professores, funcionários e alunos da Universidade Federal de Campina Grande (SEPLAN/PMCG, 2006), com renda mensal média superior a 5 salários mínimos. O bairro é conhecido como Conjunto dos Professores e foi selecionado por apresentar um padrão aquisitivo e cultural homogêneo. É dotado de infra-estrutura básica – abastecimento de água e esgotamento sanitário, drenagem pluvial, pavimentação, energia elétrica, telefonia, coleta de lixo, transporte coletivo – além de panificadoras, farmácias, clínicas, postos de combustíveis, restaurantes, bares, academias, supermercados e escolas. Para o consumo *per capita* doméstico, considerando apenas as 336 casas do bairro, foi encontrada a média de 117 l/hab.dia. Pode-se considerar que este seja o valor real de consumo, visto que a rede de distribuição do bairro é relativamente pequena, dando melhores condições de operação e redução de perdas. Assim, o valor encontrado é superior ao consumo médio doméstico de Campina Grande (sem perdas), mas ainda inferior ao consumo médio com perdas.

Para estimar a redução de consumo, foram considerados os percentuais de Tomaz (2001) em relação ao consumo diário *per capita*, nas diferentes atividades domésticas. Assim, a bacia sanitária responde por 27,7% do consumo diário *per capita*; o lavatório (torneira de pia) equivale a 15,3% desse consumo; a lavagem de pratos (pia de cozinha) a 1,3%; a lavagem de roupas (torneira de tanque) a 20,9%; e o banho (chuveiro) equivale a 17,3% do consumo. Não estão sendo aqui consideradas as demais atividades diárias indicadas por Tomaz (2001).

4.7.1 Redução de Consumo no Bairro da Glória

Para o Bairro da Glória, tendo em vista o baixo poder aquisitivo da população, foi utilizada a hipótese de programas do Poder Público municipal ou estadual, no sentido de incentivar a construção de cisternas nas casas. Com base em dados do Programa Fome Zero – Semi-Árido, uma cisterna de placas, com 16 m³ de capacidade de armazenamento, tem um custo médio de R\$1.000,00 (FEBRABAN, 2008).

Considerando que a água da chuva fosse usada apenas para a descarga em bacias sanitárias e a lavagem de roupas, haveria uma economia de água tratada de 48,6% do consumo, equivalendo a uma redução de 43,73 l/hab.dia no consumo. Desde que a média familiar do bairro é de 4 pessoas/família (ALMEIDA, 2007), este consumo proporcionaria uma redução de 5,20 m³/família.mês.

Na pior das hipóteses, considerando um ano seco, em que a captação de água de chuva enchesse a cisterna uma única vez, durante o ano, a água captada seria suficiente para responder por essa fração do consumo familiar durante 3 meses do ano. Admitindo-se que todas as casas passem a ser dotadas de cisterna, economizando 16 m³/casa.ano, haveria uma redução total do consumo de água tratada de 10.720 m³/ano para o bairro, equivalendo a uma redução de 14% do consumo total de 75.416,3 m³/ano (medido para os dois setores).

4.7.2 Redução de Consumo no Bairro Universitário

Foram consideradas as alternativas para gerenciamento da demanda que obtiveram a maior preferência (ALBUQUERQUE, 2004), por parte da população do Bairro Universitário: aparelhos poupadores e o reuso de água.

De acordo com Fischer (2001), *aparelhos poupadores* podem reduzir o consumo conforme valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 Redução de consumo proporcionada por aparelhos poupadores.

Equipamento convencional	Consumo do equipamento convencional	Equipamento poupador	Consumo do equipamento poupador	Economia (%)
Bacia com válvula hidráulica	20 l/descarga	Bacia VDR ¹	6 l/descarga	70
Ducha, até 6 m.c.a. ²	0,19 l/s	Redutor de vazão de 8 l/min	0,13 l/s	32
Torneira de pia, até 6 m.c.a	0,23 l/s	Arejador de vazão de 6 l/min	0,10 l/s	57
Torneira de uso geral/tanque, pia de cozinha, até 6 m.c.a	0,26	Regulador de vazão	0,13 l/s	50

¹ VDR – Válvula de Descarga Reduzida; ² m.c.a – metro de coluna de água.

Fonte: Fischer (2001).

Os gastos individuais em bacias sanitárias, lavagem de pratos e de roupas, lavatórios e chuveiros, de acordo com os dados de Tomaz (2001), totalizam 96,24 l/hab.dia nas casas

do bairro. A utilização dos aparelhos poupadores reduz esse consumo para 52,39 l/hab.dia (44,78% de redução do consumo total por habitante.dia). Desta forma, o consumo final seria de 64,61 l/hab.dia, e não mais os 117 l/hab.dia atuais.

Considerando que o consumo das casas do bairro atinge 57.288 m³/ano, e admitindo-se que todas as casas adotem os equipamentos poupadores, a redução total ficaria em torno de 25.654 m³/ano.

O *reuso de água* consiste no aproveitamento de águas previamente utilizadas, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos. Desta forma, fica subentendido o aproveitamento de esgotos sanitários tratados (TOMAZ, 2001). A água de reuso, de maneira geral, não é potável, podendo ser utilizada em descargas de bacias sanitárias, irrigação, uso industrial, etc., conforme o nível de tratamento.

Nesta tese, a adoção do reuso de água foi considerada para a descarga em bacias sanitárias, de modo que equivaleria a uma redução de 27,7% no consumo diário *per capita*. Assim, a água de reuso responderia por 32,41 l/hab.dia, reduzindo o consumo *per capita* de água tratada, nas casas do bairro, para 84,6 l/hab.dia. Em termos globais, para o Bairro Universitário, considerando que todas as casas adotassem o reuso de água, isto corresponderia a uma redução de consumo da ordem de 15.868,78 m³/ano.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DA ALTERNATIVA I

Observa-se que, nas três equações obtidas (Eq. 2, 3 e 4), o valor do Coeficiente de Determinação (R^2) ficou próximo da unidade, indicando forte correlação linear das faixas etárias consideradas com o consumo residencial de água.

Na equação 2, por exemplo, o valor do coeficiente de determinação $R^2 = 0,994$ significa que 99,4% do consumo residencial de água são explicados pela faixa da população de 0 a 49 anos. As estatísticas F – Fisher e t – Student, nas três equações, apresentaram valores estatisticamente significativos ao de nível de 5% adotado, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 Coeficientes da Regressão, Estatísticas F e t, Significância (Alternativa I).

Equação de Regressão	B	Fisher – F	Sig.p/F	Student – t	Sigp/t
Eq. 2: $Y=25,563 + 0,103 X_1$	0,103	8458,280	0,000	91,969	0,005
Eq.3: $Y=41,021 + 0,209X_2$	0,209	2282,000	0,000	47,770	0,000
Eq. 4: $Y =18,011 + 0,200 X_3$	0,200	11826,291	0,000	108,749	0,000

Faixas etárias: $X_1= 0$ a 49 anos; $X_2 = 0$ a 19 anos; $X_3 = 20$ a 49 anos.

Os testes de significância das três equações obtidas apresentaram valores inferiores a 5%, indicando que deve ser aceita a hipótese de que as variáveis *faixas etárias* da população são explicativas do consumo residencial de água, o que mostra a adequação desses modelos. Os coeficientes de regressão das equações citadas podem ser vistos como indicadores do consumo de água para as faixas etárias correspondentes a cada equação.

Portanto, o consumo *per capita* para a população na faixa etária entre 0 e 19 anos é 209 l/hab.dia, que corresponde a um consumo de 25,08 m³/mês por economia, enquanto o

consumo *per capita* de água para a faixa etária de 20 a 49 anos é de 200 l/hab.dia, que corresponde a um consumo de 24,00 m³/mês por economia, aqui considerando-se famílias de quatro pessoas e consumo residencial de água sem perdas.

Em se considerando 25% de perdas na rede de distribuição de água, fator de correção utilizado pela CAGEPA nos seus projetos, os valores dos consumos residenciais acima passam a ser de 261 l/hab.dia (ou 31, 35 m³/mês por economia), na faixa etária de 0 a 19 anos e de 250 l/hab.dia (ou 30,00 m³/mês por economia), para a faixa etária de 20 a 49 anos.

Quando a faixa etária de 0 a 49 é analisada, o indicador de consumo *per capita* de água para essa faixa é de 103 l/hab.dia (ou 12,36 m³/mês por economia), sem perdas e de 129 l/hab.dia (ou 15,45 m³/mês por economia), considerando 25% de perdas totais na rede de distribuição. Esses valores são compatíveis com os valores praticados por algumas companhias de abastecimento de água, salientando-se que, no caso da faixa etária de 0 a 49 anos, mesmo considerando todas as perdas na distribuição, o valor do consumo ficou abaixo dos valores diários de projeto, praticados pela CAGEPA.

5.2 ANÁLISE DA ALTERNATIVA II

5.2.1 Zona Norte: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear

A Análise Fatorial aplicada aos bairros da Zona Norte mostrou que, considerando-se a matriz de correlações, foram extraídos dois fatores, os quais explicam mais de 80% (entre 84% e 87%) da variância do conjunto de dados originais. A matriz rotacionada, em cada um dos bairros, mostra que as variáveis tarifa e renda têm um maior carregamento no Fator 2, enquanto as variáveis precipitação e umidade relativa do ar aparecem mais carregadas no Fator 1. Pode ser constatado que as variáveis climáticas, na Zona Norte, apareceram mais no Fator 1, enquanto as socioeconômicas no Fator 2.

Uma outra informação da AF para os quatro bairros, a matriz de correlação, mostrou que o coeficiente de correlação entre o consumo residencial de água e a variável tarifa apresentou valores acima de 0,7 (correlação forte); entre o consumo residencial de água e a variável renda, apresentou valores próximos de 0,6 (correlação moderada). No caso das climáticas, as variáveis que apresentaram maiores coeficientes de correlação em relação ao consumo residencial foram a precipitação (Alto Branco e Jardim Tavares) e a evaporação (Centro e Jardim Tavares). A variável economias aparece com uma correlação

moderada nos bairros do Alto Branco, Jardim Tavares e Centro. O Quadro A7 (Apêndice II) mostra esses resultados para os bairros da Zona Norte.

Com base nestas informações, foram feitas Análises de Regressão Linear Múltipla considerando-se o consumo residencial por economia e as variáveis mais representativas obtidas, no caso, as variáveis socioeconômicas tarifa, renda e economias, e as variáveis climáticas precipitação e evaporação. Os resultados mostraram que o consumo residencial de água apresentou uma melhor correlação quando foi associado à tarifa praticada pela companhia de abastecimento e à renda média familiar, conforme se vê na Tabela A4 do Apêndice III. Resumo desta Tabela está apresentado na Tabela 5 (Capítulo 4).

No bairro do Alto Branco, por exemplo, pode se constatar que a variável determinante para o consumo residencial é a tarifa ($R^2 = 1,00$), porque as análises da qualidade da equação de regressão obtida mostraram que a equação foi estatisticamente significativa ao nível de significância de 5% adotado (Tabelas ANOVA e dos Coeficientes, por bairro – apêndice III).

Nos bairros Jardim Tavares, Monte Santo e Centro, as equações de Regressão Linear Simples obtidas apresentaram resultado semelhante à do bairro do Alto Branco, como se pode constatar na Tabela 5. Da mesma forma, a análise da qualidade dessas equações mostrou que elas são estatisticamente significativas ao nível de significância adotado. No bairro do Monte Santo foram obtidas duas equações de regressão linear simples entre o consumo residencial e tarifa; neste caso, a equação a ser escolhida deve ser a de menor erro padrão de estimativa, ou maior coeficiente de correlação (KASZNAR; GONÇALVES, 2000). A Tabela 5 mostra esses resultados.

Os resultados obtidos com as análises das variáveis ‘consumo residencial x precipitação’ e ‘consumo residencial x evaporação’ mostraram que essas equações não foram estatisticamente significativas ao nível de significância de 5% adotado, e os coeficientes de regressão para essas variáveis se aproximaram do valor zero.

Os resultados da Análise Fatorial e da Análise de Regressão Linear Múltipla mostraram que, para os bairros da Zona Norte, a variável determinante para o consumo residencial por economia é a variável socioeconômica *tarifa*, que é praticada pela companhia de abastecimento local CAGEPA, e que é calculada por faixa de consumo.

As análises Fatorial e de Regressão Linear para as variáveis socioeconômicas renda e número de economias, e para as variáveis climáticas precipitação e evaporação, mostraram que estas variáveis não foram estatisticamente significativas ao nível de 5% adotado nesta tese.

5.2.2 Zona Sul: Resultados da Análise Fatorial e de Regressão Linear

A Análise Fatorial aqui aplicada mostrou que, considerando-se a matriz de correlações, também foram extraídos dois fatores, que explicam mais de 80% (entre 84% e 88,8%) da variância do conjunto de dados originais. A matriz rotacionada, em cada um dos bairros, mostra que as variáveis tarifa e número de economias têm um maior carregamento no Fator 2, enquanto as variáveis renda, precipitação, umidade relativa do ar e evaporação aparecem mais carregadas no Fator 1. Pode ser constatado também, que as variáveis climáticas, na Zona Sul, apareceram mais no Fator 1, enquanto as socioeconômicas apareceram no Fator 2 (Apêndice II).

A matriz de correlação mostrou que nestes bairros existe uma forte correlação entre o consumo residencial de água e a variável tarifa (acima de 0,8), e entre o consumo residencial e número de economias (acima de 0,7); mostrou, também, que existe uma correlação moderada entre consumo residencial e renda (em torno de 0,6) e que em relação às variáveis climáticas, existe uma correlação moderada entre consumo residencial e evaporação (em torno de 0,6). Foi também observado que, no bairro Sandra Cavalcante, existe uma correlação moderada entre o consumo de água e a velocidade do vento (em torno de 0,6) e que no bairro do Tambor, as variáveis evaporação e umidade relativa do ar apresentaram uma correlação fraca em relação ao consumo residencial de água.

Com base nestas informações foram realizadas as Análises de Regressão Linear Múltipla considerando-se o consumo residencial de água, por economia, e as variáveis mais representativas obtidas, no caso, as variáveis socioeconômicas tarifa, renda e economias. Os resultados mostraram que o consumo residencial de água apresentou uma melhor correlação quando foi associado às variáveis tarifa e renda, mas o coeficiente de regressão para a variável renda apresentou um valor próximo de zero.

No caso das variáveis climáticas evaporação e velocidade do vento, os resultados da Análise de Regressão Linear não foram significativos estatisticamente ao nível de significância adotado, embora o coeficiente de determinação, R^2 , tenha apresentado valores em torno de 0,6, pois os coeficientes da equação de regressão apresentaram valores próximos de zero. A Tabela A4 do Apêndice III mostra todos os resultados para esses bairros.

Os resultados da Análise de Regressão Linear mostraram então que para os bairros da Zona Sul, a variável determinante é a variável socioeconômica *tarifa*, que é

praticada pela companhia de abastecimento local CAGEPA, e calculada por faixa de consumo. Aqui também as variáveis climáticas não foram significativas estatisticamente.

5.2.3 Zona Leste: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear

Os resultados da Análise Fatorial para os bairros da Zona Leste (Castelo Branco, José Pinheiro, Mirante e Santo Antonio), mostraram que, considerando-se a matriz de correlações, foram extraídos dois fatores, os quais explicam mais de 85% (entre 85% e 93%) da variância do conjunto de dados originais. A matriz rotacionada, em cada um dos bairros, mostra que a variável tarifa tem um maior carregamento no Fator 1; as variáveis renda, economias e umidade relativa do ar são mais carregadas no Fator 2. As demais variáveis (temperatura máxima, temperatura média das máximas, evaporação, velocidade do vento e insolação) têm maior carregamento no Fator 1.

Os resultados da matriz de correlação indicam que, em alguns bairros dessa Zona, existe uma forte correlação entre o consumo residencial de água e a variável tarifa (acima de 0,80), e uma correlação moderada (em torno de 0,60) entre o consumo residencial e as variáveis renda, economias, evaporação, insolação e velocidade do vento. No entanto, no bairro do Mirante, o coeficiente de correlação entre o consumo residencial e a renda foi inferior a 0,30 ($r = 0,244$), o que indica, segundo Cohen (2003), uma fraca correlação.

A partir destas informações, foram então realizadas as Análises de Regressão Linear considerando o consumo residencial de água, por economia, e as variáveis explicativas tarifa, renda, economias (as socioeconômicas) e evaporação, insolação e velocidade do vento (as climáticas). Os resultados obtidos mostraram que entre as variáveis socioeconômicas, as melhores equações, do ponto de vista estatístico, foram equações de regressão linear simples, entre o consumo residencial de água e a variável tarifa, nos bairros do Mirante, Santo Antonio e Castelo Branco, com coeficientes de determinação próximo da unidade e estatisticamente significativas ao nível de 5% adotado (Tabela A4, do Apêndice III).

No bairro de José Pinheiro, bairro de baixa renda, a maior parte da população consome em torno de 10 m³/mês de água, o que acarreta tarifas mensais constantes (faturamento por faixa de consumo de água) praticadas pela CAGEPA. Assim, neste caso particular, não foi possível calcular a equação de regressão do consumo residencial com a tarifa (valores constantes, no SPSS, são considerados inexistentes).

Neste bairro, as equações de Regressão Linear, obtidas considerando as variáveis climáticas evaporação, insolação e velocidade do vento, não foram estatisticamente significativas ao nível de significância adotado. Considerando, então, as variáveis renda e economias, foram feitas regressões simples entre o consumo residencial de água e renda e entre o consumo residencial de água e economias; Os resultados obtidos mostraram a equação de regressão linear simples (Eq. 15) entre o consumo residencial de água e a variável economias abaixo:

$$Y = - 69, 201 + 3,128.10^{-2} X_3 \quad (\text{Eq.15})$$

Sendo: X_3 = economias.

$$R^2 = 0,671$$

O valor do coeficiente de determinação mostra que 67% do consumo residencial de água, no bairro de José Pinheiro, são explicados pela variável *número de economias*. Para este bairro seria recomendável a utilização de novas variáveis socioeconômicas, bem como séries de dados mais longas. A Tabela A4 (Apêndice III) mostra estes resultados.

Os resultados da Análise de Regressão Linear para a Zona Leste sugerem que a variável tarifa e a variável número de economias poderiam ser consideradas variáveis determinantes para o consumo residencial de água, uma vez que, nesta Zona, a grande maioria dos bairros é de baixa renda; no entanto, é, também, nesta Zona da cidade, que se localiza o bairro do Mirante, bairro de classe econômica mais abastada da cidade.

5.2.4 Zona Oeste: Resultados da Análise Fatorial e Regressão Linear

Os bairros da Zona Oeste (Bodocongó , Dinamérica, Malvinas e Prata) foram submetidos à Análise Fatorial e, considerando-se a matriz de correlações, foram extraídos dois fatores para os bairros de Bodocongó, Dinamérica e Malvinas, observando-se que esses fatores explicam mais de 87% (entre 83% e 87,9%) da variância do conjunto de dados originais. No caso do bairro da Prata foram extraídos três fatores verificando que esses fatores explicam 93% da variância do conjunto de dados originais.

A matriz rotacionada, em cada um dos bairros, mostrou que a variável tarifa tem um maior carregamento no Fator 2, enquanto as variáveis climáticas aparecem mais carregadas no Fator 1. As variáveis renda e economias apresentaram maior carregamento no Fator 1. A matriz de correlação indica que existe uma forte correlação entre o consumo residencial de água e a variável tarifa (acima de 0,80) em alguns bairros dessa zona e uma

correlação moderada (em torno de 0,60) entre o consumo residencial e as variáveis renda, economias, evaporação, insolação e velocidade do vento.

Com base nessas informações foram realizadas as Análises de Regressão Linear Múltipla entre o consumo residencial de água e as variáveis tarifa, renda, economias, evaporação, insolação e velocidade do vento nos bairros aqui considerados. Os resultados mostraram equações de regressão linear múltipla não significativas estatisticamente, com vários coeficientes próximos de zero e algumas variáveis excluídas.

Foram então calculadas, em todos os bairros da zona oeste, equações de Regressão Linear Simples entre os pares de variáveis, tanto as socioeconômicas, quanto as climáticas, ou seja, entre o consumo residencial de água e tarifa, entre consumo residencial de água e renda, entre consumo residencial de água e economias, e também entre o consumo residencial de água e cada uma das variáveis climáticas acima citadas.

Os resultados dessas Regressões Lineares Simples, que podem ser vistos na Tabela A4 (Apêndice III), mostraram que, no bairro das Malvinas, de baixa renda, a equação de regressão para a variável tarifa apresentou um coeficiente de determinação muito baixo ($R^2 = 0,337$) e não foi estatisticamente significativa ao nível de significância adotado. Com relação às variáveis renda e economias, o resultado foi semelhante, ou seja, as equações de regressão linear não foram estatisticamente significativas ao nível de significância adotado. Com relação às variáveis climáticas – evaporação, insolação e velocidade do vento –, as equações de Regressão Linear Simples apresentaram os valores dos coeficientes de determinação e de regressão muito baixos, ou seja, não significativos estatisticamente ao nível de significância adotado.

Para o bairro de Bodocongó, classe média, os resultados foram mais satisfatórios, isto é, a equação de Regressão Linear Simples entre o consumo residencial de água e a tarifa apresentou um coeficiente de determinação estatisticamente significativo ao nível de significância adotado, ($R^2 = 0,669$), que indica que cerca de 70% desse consumo são explicados pela tarifa. As equações de Regressão Linear Simples, entre o consumo residencial de água e a variável renda e entre o consumo residencial e a variável economias, apresentaram resultados estatisticamente significativos ao nível de significância adotado.

Observou-se, também, no bairro de Bodocongó, que as equações de Regressão Linear Múltipla, entre o consumo residencial de água e as variáveis tarifa e renda e entre o consumo residencial e as variáveis tarifa, renda e economias, apresentaram valores do coeficiente de determinação estatisticamente significativos ao nível de significância

adotados. O coeficiente de determinação R^2 foi igual a 0,887, o que significa que 88,7% do consumo residencial de água, no bairro, seriam explicados por essas três variáveis. No entanto, os coeficientes de regressão das variáveis renda e economias tenderam para zero, mostrando que o consumo residencial de água estaria correlacionado, apenas, aos valores da variável tarifa. A Tabela A4 (Apêndice III) mostra esses resultados.

No bairro de Dinamérica, os resultados foram semelhantes aos do bairro de Bodocongó, ou seja, nas equações de Regressão Linear Múltipla, entre o consumo residencial de água e as variáveis tarifa, renda e economias, as variáveis renda e economias apresentaram coeficientes de regressão tendendo a zero e a equação ficou basicamente em função da variável tarifa.

As equações de Regressão Linear Simples, entre os pares de variáveis – consumo residencial de água e as variáveis evaporação, velocidade do vento e insolação –, mostraram que o consumo residencial de água, neste bairro, estaria correlacionado com a variável insolação, pois a equação de regressão, neste caso apresentou um coeficiente de determinação $R^2 = 0,618$, ou seja, 61,8% do consumo residencial de água poderiam ser explicados por essa variável. As variáveis evaporação e velocidade do vento apresentaram resultados não significativos estatisticamente, ao nível de significância adotado.

Para o bairro da Prata, os resultados das equações de Regressão Linear mostraram que o consumo residencial de água está altamente correlacionado aos valores da tarifa. A equação de regressão apresentou um coeficiente de determinação ($R^2 = 1,0$) o que indica uma forte correlação. A equação de Regressão Linear Múltipla, considerando o consumo residencial de água e as variáveis tarifa, renda e economias, mostrou que somente a tarifa apresenta correlação com o consumo residencial. As variáveis renda e economias foram excluídas da equação de regressão.

As equações de Regressão Linear considerando o consumo residencial de água e as variáveis climáticas evaporação, velocidade do vento e insolação, não foram significativas ao nível de significância adotado. Em resumo, neste bairro, a variável tarifa poderia ser considerada como variável determinante do consumo residencial de água. A Tabela 6* (extrato da Tabela 6 do Apêndice III), mostra esses resultados.

A Análise de Regressão Linear desenvolvida para os bairros da zona oeste mostrou que a variável socioeconômica tarifa poderia ser considerada com variável determinante do consumo residencial de água nestes bairros.

O resultado das Análises de regressão Linear para os dezesseis bairros das quatro zonas da cidade (amostra selecionada), com dados do ano 2000, mostra que para as quatro

zonas da cidade, zonas norte, sul, leste e oeste, a variável socioeconômica *tarifa* poderia ser considerada como variável determinante do consumo residencial de água nestes bairros.

Outro resultado a que se chegou é que na zona leste da cidade, pelas especificidades socioeconômicas inerentes, a variável número de economias também poderia ser considerada, juntamente com a variável tarifa, como variável determinante do consumo residencial de água nesta zona da cidade.

Como atividade final nesta alternativa, foi selecionada, para cada Zona da cidade, a melhor equação de Regressão Linear Simples (em função do menor Erro Padrão da estimativa e/ou do maior Coeficiente de Correlação). Desta forma, foram selecionadas as equações: (a) para a Zona Norte, aquela referente ao bairro do Monte Santo; (b) para a Zona Sul, a equação referente ao bairro Sandra Cavalcante; (c) para a Zona Leste, a equação referente ao bairro Castelo Branco; e (d) para a Zona Oeste, a equação referente ao bairro da Prata. As equações encontram-se apresentadas no Apêndice III.

5.3 ANÁLISE DA ALTERNATIVA III

Nesta alternativa de combinações, propositalmente, não foram escolhidos como subamostra os quatro bairros que apresentaram a melhor equação de Regressão Linear Simples na Alternativa II. O objetivo disto foi tentar confirmar o comportamento do consumo dos bairros, com a representação de cada Zona da cidade e de cada classe socioeconômica considerada. Por exemplo, enquanto na alternativa II, para a Zona Leste, a equação de melhor qualidade foi a do bairro Castelo Branco (baixa renda), nesta alternativa III, para esta Zona foi escolhido o bairro de maior renda, ou seja, o Bairro do Mirante (classe alta).

Os bairros selecionados foram Alto Branco (classe média alta), Liberdade (baixa renda), Mirante (classe alta) e Dinâmica (classe média). Para esta alternativa, os resultados da Análise de Regressão Linear mostraram que a variável socioeconômica *tarifa* apresenta uma maior correlação com o consumo residencial de água nestes bairros, o que confirma os resultados encontrados no cenário II.

As equações encontradas para essa subamostra foram :

$$Y = 8,23 + 0,389 X_1 \quad \text{Eq.(16)}$$

$$R^2 = 0,742$$

$$Y = 9,643 + 2,138.10^{-3} X_2 \quad \text{Eq.(17)}$$

$$\mathbf{R^2 = 0,519}$$

$$Y = 8,35 + 0,451X_1 - 4,643.10^{-4} X_2 \quad \text{Eq.(18)}$$

$$\mathbf{R^2 = 0,748}$$

Sendo : X_1 = tarifa; X_2 = renda.

Na Análise de Regressão Linear Múltipla realizada com as variáveis socioeconômicas tarifa e renda, nestes bairros, o resultado foi basicamente o mesmo encontrado na Alternativa II, ou seja, como mostra a Equação 18, o coeficiente de determinação, $R^2 = 0,748$, tem um valor estatisticamente significativo, ao nível de significância adotado. Este valor indica que 74,8% do consumo residencial de água nestes bairros são explicados pelas variáveis tarifa e renda; no entanto, o coeficiente de regressão da variável renda tem um valor tendendo para zero, resultado semelhante ao encontrado em outros bairros da amostra analisada.

Observando-se a Equação 17, onde o consumo residencial de água foi analisado em relação à variável renda, tem-se o coeficiente de determinação $R^2 = 0,519$, valor esse que indica que cerca de 50% do consumo residencial de água é explicado pela variável renda.

Por outro lado, a equação 16 mostrou que a variável tarifa, isolada, explicaria 74% ($R^2 = 0,742$) do consumo residencial de água nestes bairros. Isto leva à constatação de que a variável determinante para o consumo residencial de água nestes bairros é, de fato, a variável *tarifa*, que é o valor estabelecido pela companhia de abastecimento local - CAGEPA, calculado em função das faixas de consumo.

5.4 ANÁLISE DA ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DO CONSUMO

Os resultados encontrados para o consumo *per capita*, em ambos os bairros considerados, demonstram que os valores de projeto adotados pela CAGEPA (250 l/hab.dia, sem considerar as perdas) são bastante superiores à realidade de consumo, ora praticada na cidade de Campina Grande.

Com base nos resultados de consumo *per capita* para um bairro de classe baixa (Bairro da Glória) e um bairro de classe média (Bairro Universitário), verifica-se que há distinção entre os padrões de consumo em função da classe de renda. Desta maneira, os

habitantes de classe média consomem cerca de 30% a mais de água do que os habitantes de baixa renda.

A estimativa de redução de consumo para o Bairro da Glória, considerando a construção de cisternas em todas as unidades habitacionais e a hipótese de que cada cisterna só seria cheia uma vez por ano, atingiria 14% do consumo total anual do bairro, equivalendo a 10.720 m³/ano.

Para o Bairro Universitário, a estimativa foi feita: (a) com base na troca de todas as bacias sanitárias, torneiras e chuveiros por equipamentos poupadores: resultando em uma redução da ordem de 45% do consumo *per capita*, equivalente à economia de 25.654 m³/ano para o bairro; (b) na adoção do reuso das águas servidas de lavatórios e chuveiros (que totalizam 32,6% do consumo diário *per capita*), exclusivamente para uso em descargas de bacias sanitárias (27,7% do consumo diário *per capita*): resultando em redução de 32,41 l/hab.dia e, em nível de bairro, em economia de 15.868,78 m³/ano.

Segundo o IBGE (2007), são os seguintes os percentuais da população campinense dentro das faixas de renda:

- Baixa (até 3 salários mínimos): 34% da população, totalizando 121.032 habitantes;
- Média (de 5 a 20 salários mínimos): 5,2% da população, totalizando 18.554 habitantes.

Uma projeção das estimativas feitas para os Bairros da Glória e Universitário, com base em tais percentuais da população, indica a possibilidade de ser reduzido o consumo total da cidade de Campina Grande:

(i) em 724.387,80 m³/ano, considerando a adoção de cisternas, em todas as residências de baixa renda;

(ii) em 356.106,60 m³/ano, considerando a substituição de todas as torneiras e chuveiros nas casas de classe média;

(iii) em 219.419,60 m³/ano, considerando a adoção do reuso de água em todas as casas de classe média;

(iv) em 1.080.494,40 m³/ano, no caso de serem adotadas as opções (i) e (ii);

(v) em 943.807,40 m³/ano, no caso de serem adotadas as opções (i) e (iii);

(vi) em 575.526,20 m³/ano, no caso de serem adotadas as opções (ii) e (iii);

(vii) em 1.299.914 m³/ano, no caso de serem adotadas as opções (i), (ii) e (iii).

O consumo atual (micromedido) da cidade atinge 15.218.232 m³/ano, de forma que a redução do consumo nessas duas faixas de renda representaria 7,1% desse valor (para a opção iv), 6,2% desse valor (para a opção v), 3,78% desse valor (para a opção vi) e 8,54% desse valor (para a opção vii).

Por outro lado, as perdas físicas na rede de distribuição de água na cidade atingem, em média, 49,76% do volume macromedido (30.291.066,88 m³/ano, com base no mês de setembro de 2006), equivalendo a uma perda de 15.072.834,88 m³/ano.

Admitindo-se que fossem feitos os investimentos necessários, para a redução das perdas físicas na rede de distribuição a níveis aceitáveis (por exemplo, 25% do volume macromedido), a captação de água no reservatório Epitácio Pessoa seria reduzida em cerca de 10.000.000 m³/ano (mantendo-se o atual nível de consumo micromedido). Observe-se que este valor equivale a 7,7 vezes a redução proporcionada pelo esforço conjunto de quase 40% da população da cidade de Campina Grande, adotando todas as medidas consideradas (conforme demonstrado acima).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Esta tese analisa interrelações entre o atual consumo doméstico de água e variáveis socioeconômicas e climáticas, para a cidade de Campina Grande – PB, identificando quais as variáveis determinantes deste consumo e gerando informações que podem subsidiar a adoção de medidas de gerenciamento da demanda urbana de água, as quais venham a possibilitar o uso racional deste importante recurso.

Técnicas estatísticas multivariadas (Análise Fatorial e Análise de Regressão Linear) foram aplicadas a quatro alternativas de combinações de variáveis, considerando: (i) a população da cidade, por faixa etária; (ii) dez variáveis (3 socioeconômicas e 7 climáticas), relacionadas a um grupo de 16 bairros (33% do número total de bairros) da cidade, separados por Zona (Norte, Sul, Leste e Oeste), considerando os dados do ano 2000; (iii) duas variáveis (tarifa e renda), relacionadas a um grupo de 4 bairros (subamostra), um de cada Zona da cidade e de cada classe de renda, com dados referentes ao período 2000-2008.

A seleção dessas variáveis foi feita com base na literatura especializada e, principalmente, na (in)disponibilidade de informações. Apesar das limitações referentes à base de dados disponibilizada [por exemplo, embora tenha sido fornecida uma série de 9 anos (2000 – 2008) de dados de consumo residencial mensal de água, a CAGEPA só os disponibilizou por setor de abastecimento; por outro lado, a Prefeitura Municipal, através da Secretaria de Planejamento, embora tenha fornecido os dados socioeconômicos por

bairro da cidade, só dispunha daqueles referentes ao ano 2000; por sua vez, os dados climáticos, apesar de relativos a 9 anos (2000 – 2008), referiam-se à cidade como um todo], a análise foi feita, a partir da sistematização dos dados, com o cruzamento de informações e a necessária simplificação das hipóteses iniciais.

Na primeira alternativa (I), os resultados indicaram a variável socioeconômica *faixa etária de 0 a 49 anos* como predominante na cidade, além de apresentar um consumo inferior à média brasileira e paraibana. Além disso, os resultados obtidos indicam que:

(a) o nível de consumo praticado pode se dever a uma conscientização da necessidade do uso racional da água, tendo em vista a experiência vivenciada no período de 1998-2000, com a grave crise no abastecimento de água de Campina Grande;

(b) a equação de Regressão Linear Simples, correspondente a essa faixa da população pode ser considerada, para a cidade como um todo, um modelo de regressão linear, que permitiria estimar o consumo residencial de água associando-o à faixa etária.

Na segunda alternativa (II):

(a) para 14 bairros da amostra considerada (com exceção dos bairros de José Pinheiro e Malvinas, ambos de baixa renda), a variável socioeconômica *tarifa* (valor praticado pela concessionária de abastecimento, a CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba) foi identificada como determinante do comportamento do consumo residencial de água;

(b) as variáveis socioeconômicas renda e número de economias não apresentaram correlação estatisticamente significativa com o consumo, para 15 dos bairros (93,7%) da amostra; a única exceção foi o bairro de José Pinheiro (Zona Leste), para o qual a variável número de economias apresentou-se como variável explicativa de cerca de 60% do consumo;

(c) não foram encontradas correlações, estatisticamente significativas, entre o consumo residencial e as variáveis climáticas consideradas (exceção feita a dois bairros, que apresentaram correlações, muito fracas). Isto pode ser explicado pela não consideração dos microclimas sabidamente existentes na cidade de Campina Grande. Por exemplo, a única estação climatológica da EMBRAPA (situada na área urbana de Campina Grande e onde foram originados os dados fornecidos por essa empresa) está situada na Zona Oeste da cidade. A topografia acidentada da cidade faz com que, mesmo em bairros situados em uma mesma Zona, haja diferenças de altitude que, evidentemente, interferem com os

efeitos dos ventos, da umidade relativa do ar, das temperaturas máximas, e assim por diante. Não é coincidência, portanto, que os únicos bairros que apresentaram alguma correlação (fraca), entre o consumo e a precipitação e/ou entre o consumo e a insolação, estejam situados na Zona Oeste;

(d) para cada bairro da amostra, foram encontradas equações de Regressão Linear Simples, relacionando o consumo residencial de água e a tarifa praticada pela concessionária;

(e) para cada Zona da cidade, foi escolhida a melhor equação de Regressão Linear Simples (em função do menor Erro Padrão de Estimativa e/ou do maior Coeficiente de Correlação). Conseqüentemente, para cada Zona ficou definida uma equação relacionando o consumo residencial de água e a tarifa praticada pela concessionária.

Para a terceira alternativa (III), buscou-se verificar o comportamento do consumo em relação às variáveis tarifa e renda, para o período de 2000 a 2008. Os resultados indicam que:

(a) a variável socioeconômica tarifa pode ser considerada como variável determinante para o consumo de água residencial em todos os bairros da subamostra selecionada;

(b) a variável socioeconômica renda média familiar apresentou, para os bairros da subamostra, uma fraca correlação com o consumo residencial de água;

(c) novamente, as equações obtidas, estatisticamente significativas, foram equações de Regressão Linear Simples, confirmando, assim, os resultados da alternativa anterior (II).

Considerando que uma única variável determinante foi identificada (entre as dez variáveis consideradas), torna-se inviável a seleção de uma equação de Regressão Linear que possa servir como modelo para estimativa do consumo residencial de água da cidade de Campina Grande, como um todo.

Entretanto, apesar de tal limitação, pode-se inferir que a tarifa praticada pela concessionária de abastecimento de água é uma ferramenta que deve ser considerada, no momento da definição de políticas e medidas de gestão da demanda de água para a cidade.

Para a quarta alternativa (IV), a análise dos resultados permite concluir que:

(a) a adoção de medidas estruturais de gerenciamento da demanda urbana de água pode promover uma redução de consumo de 14% para a população de baixa renda (captação de água de chuva, com a construção de cisterna em cada unidade habitacional) e

de 45% (equipamentos poupadores em todas as residências) e 27,7% (reuso de água) para a população de classe média;

(b) a projeção da redução de consumo, calculada para os dois bairros, considerando os percentuais da população da cidade que se situam nas faixas de renda baixa (até 3 salários mínimos) e média (de 5 a 20 salários mínimos), totalizando cerca de 40% da população total de Campina Grande, promoveria uma redução de 7,1% do consumo (micromedido) da cidade, para a adoção simultânea das cisternas e dos aparelhos poupadores, 6,2% do consumo para a adoção simultânea das cisternas e do reuso de água, 3,78% para a adoção simultânea de aparelhos poupadores e reuso, e 8,54% para a adoção simultânea das três medidas consideradas; e

(c) a redução das perdas físicas na rede de distribuição de água, de 49,76% para 25% do volume macromedido, representaria uma redução de 33% na captação de água no reservatório Eptácio Pessoa (considerando o atuais padrões de consumo da população), e proporcional redução nas despesas com o tratamento da água bruta.

Essas constatações permitem concluir que, mesmo sendo sempre desejável a conscientização da população quanto à necessidade de adaptação às condições da região do Agreste/Semiárido paraibano, em que se localiza a cidade de Campina Grande – evitando desperdícios e a necessidade de racionamentos de água –, a medida de gerenciamento da demanda urbana de água com resultados mais efetivos, em termos da sustentabilidade do reservatório Eptácio Pessoa, único manancial que abastece a cidade (e que está sendo superexplorado, com retiradas superiores à vazão de regularização), seria o controle das perdas físicas na rede de distribuição de água.

Tal conclusão permite que seja abordada uma outra questão, crucial para a sustentabilidade do abastecimento de água de Campina Grande (assim como da maioria dos municípios paraibanos, atendidos pela CAGEPA), qual seja a patente falta de gerenciamento operacional e de planejamento estratégico dessa empresa: não há um sistema de informações que permita o acesso a uma base de dados confiável; não existe um programa de combate ao desperdício de água, que viesse a permitir a instalação de válvulas de redução de pressão, a modernização da rede de distribuição, o controle de ligações clandestinas, e assim por diante; não há transparência em relação às planilhas de custos, que baseiam os aumentos de tarifa de água, bem como em relação aos critérios utilizados para definição das várias faixas tarifárias. Outro grave problema que a empresa (estatal) enfrenta, decorre da ingerência política sobre o seu quadro de pessoal, repleto de cargos

comissionados preenchidos por indicação política, a qual nem sempre é vinculada à capacitação técnica do indicado. Apesar das informações deverem ser de caráter público (conforme explicitado na Lei 11.445/2007, a chamada Lei do Saneamento Básico), a dificuldade de acesso a quaisquer informações referentes ao abastecimento público de Campina Grande, é mais uma prova de que medidas urgentes se fazem necessárias, no sentido de adequar a gestão da companhia de abastecimento público do Estado às novas exigências legais.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Em função dos resultados obtidos nesta tese, necessário se fazem algumas recomendações visando, essencialmente, dar uma contribuição aos processos de gestão da demanda de água, ainda incipiente nesta região.

Primeiramente, há que se recomendar a continuidade da pesquisa ora apresentada, no sentido de buscar o seu aprofundamento em alguns aspectos. Por exemplo, a iminente publicação dos dados do Censo 2010, muito provavelmente se constituirá em nova fonte de dados socioeconômicos atualizados.

Ainda com relação aos dados utilizados, seria importante a utilização de uma base de dados mais homogênea (em especial, os dados climáticos, separados por bairro/setor), que evitasse/reduzisse inconsistências e permitisse uma melhor representação da realidade.

Outro aspecto a ser considerado é a necessidade de serem pesquisadas as variáveis determinantes para o consumo residencial das famílias de baixa renda, além dos outros setores usuários urbanos de água (indústria, comércio e público).

Finalmente, e mais importante, fornecer subsídios aos órgãos gestores municipais e estaduais, através de mais pesquisas nessa linha de gerenciamento da demanda, através da realização de outros trabalhos de investigação com a inclusão de todos os bairros e/ou setores da cidade de Campina Grande-PB, objetivando encontrar modelos que possam absorver as variabilidades existentes com relação ao consumo de água na cidade, visando um consumo eficiente e racional de água, seja a de uso doméstico, seja a de uso industrial, comercial, ou público.

REFERÊNCIAS

- ADB – ASIAN DEVELOPMENT BANK. Demand Analysis and Forecasting. In: ADB (Ed.). *Handbook for the economic analysis of water supply projects*. 1999. Disponível em: <<http://www.adb.org>>. Acesso em: 02 mai. 2010.
- ALBUQUERQUE, T.M.A. (2004). “*Seleção Multicriterial de Alternativas para o Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de Bairro*”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 215 p.
- ALBUQUERQUE, A. A.; FIRMINO, M. B. M.; CURI, W. F. Uso racional de energia no bombeamento de água em sistemas de abastecimento, via programação não-linear. In: *Anais do IV SEREA – SEMINÁRIO HISPANO-BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA*, João Pessoa (Brasil), 8-10 Novembro de 2004.
- ALMEIDA, S.A.B. (2007). “*Contribuição à Aplicação de Coeficientes de Consumo em projetos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário em Comunidades Urbanas de Baixa Renda do Nordeste do Brasil – Estudo de Caso*”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 71 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009*. Relatório Técnico 2010. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 20 jul 2010.
- BARKATULLAH, N. OLS and instrumental variable elasticity estimate for water in effect models under multipart tariff. Sydney, Australia: University of Sydney, 2002.
- BITHAS, K.; STOFOROS, C. estimating Urban Residential Water Demand Determinants and Forecasting Water Demand for Athens metropolitan Area, 2000-2010. *South-Eastern Europe Journal of Economics*, n.1, 2006. p. 47-59.
- BRANDES, O. M.; FERGUSON, K. *The future in every drop: The benefits, barriers, and practice of urban water demand management in Canada*. Summary Report of the POLIS Project on Ecological Governance. University of Victoria, British Columbia. Disponível em: <<http://www.polisproject.org>>. Acesso em: 19 abr. 2010.

- CADER, H. A.; MARSH, T. L.; PETERSON, J. M. Predicting Household Water Consumption Under a Block-Price Structure. In: *Proceedings of the Western Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Honolulu, Hawaii, June 30 – July 02, 2004.
- CARVALHO, F. S.; PEPLAU, G. R.; CARVALHO, G. S.; PEDROSA, V. A. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. In: *Anais do VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, São Luiz – MA, 30 Novembro-03 Dezembro, 2004.
- CAVALCANTI NETO, A. F.; MONTENEGRO, L. L. B.; BEZERRA, S. T. M.; GOMES, H. P. Estudo da viabilidade econômica para melhorar a eficiência energética e hidráulica do sistema de adução de água de Campina Grande, PB, Brasil. In: *Anais do 24º CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, Belo Horizonte – MG, 02-07 de Setembro de 2007.
- CONCA, K. *Governing Water: Contentious Transnational Politics and Global Institution Building*. Cambridge, MA: MIT Press, 2006.
- COSTA, I. Y. L. G.; SANTOS, C. A. G.; BURITY, F. A. Captação de água de chuva em condomínios horizontais. In: *Anais do VI SEREA – SIMPÓSIO INTERAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA*, João Pessoa (Brasil), 5-7 Junho, 2006.
- FALKENMARK, M. WIDSTRAND, C. (1992). “*Population and water resources: A delicate balance*”. Population Bulletin. Population Reference Bureau.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION. *Agricultural withdrawals: indicators*. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/naturalresources/indicators>>. Acesso em: 14 abr. 2010.
- FISCHER, N. (2001). Desperdício: conheça os componentes que prometem reduzir o consumo de água nas edificações. *Revista Construção Norte/Nordeste*, vol.337, pp. 14-48.
- GIDEY, K. B. *Managing a Scarce Resource: DSM in Urban Water Governance*. 122 p. Thesis (Master of Science in Environment, Technology and Social Studies), Roskilde University, Copenhagen, Denmark, 2006.
- GUJARATI, D. N. *Econometria Básica*. 4ª Edição. São Paulo: Campus, 2006.

- GUNATILAKE, H.; GOPALAKRISHNA, C. CHANDRASENA, I. The economics of households demand for water: the case of Kandy Municipality, Sri Lanka. *Water Resources Development*, v. 17, n. 3, 2001. p. 277-288.
- GWP – GLOBAL WATER PARTNERSHIP. *Integrated Water Resources Management*. TAC Background Papers n. 4. Stockholm, Sweden: GWP Technical Advisory Committee, 2000.
- HACHICH, V. F.; LANDI, P. Soluções para redução do consumo de água em edifícios e residências. *Techné*, ano 17, n. 142, Janeiro 2009.
- HAFTENDORN, H. Water and international conflict. In: *Proceedings of the 40th ANNUAL CONVENTION OF THE INTERNATIONAL STUDIES ASSOCIATION*, Washington, DC, 1999.
- HAIR, J. *et al.* Multivariate Data Analysis. Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA, 2005
- HERRINGTON, P. The economics of water demand management. In: BUTLER, D. A. M. (Ed.). *Water demand management*. London, UK: IWA, 2005.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores demográficos*. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br/paises>>. Acesso em: 14 abr. 2010.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Estimativas da População 2006-2007*. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 14 nov. 2010.
- INMAN, D.; JEFFREY, P. A review of residential demand-side tool performance and influences on implementation effectiveness. *Urban Water Journal*, v. 3, n. 3, 2007. p. 127-143.
- JANSEN, A.; SCHULZ, C. E. *Water Demand in the Urban Poor: A study of the factors influencing water consumption among households in Cape Town, South Africa*. Working Paper Series in Economics and Management n. 02/06. University of Tromso, Norway, 2006.
- JOUCH-CLAUSEN, T. *Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005: Why, What and How?* Stocholm, Sweden: GDP Technical Committee, 2004.

- LAZARO, T. R. *Urban hydrology: A multidisciplinary perspective*. Basel, Switzerland: Technomic Publishing, 1990.
- LINS, G. M. L.; CRUZ, W. S.; MIRANDA, E. A. A. O uso de técnicas estatísticas multivariadas na determinação de indicadores de consumo doméstico urbano de água. In: *Anais do IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*. Salvador, Bahia: ABRH, 2008.
- LINS, G. M. L.; CRUZ, W. S.; VIEIRA, Z. M. C. L.; NETO, F. A. C.; MIRANDA, E. A. A. Determining indicators of urban household water consumption through multivariate statistical techniques. *JUEE*, Jul-Dez 2010. p. 1-7.
- LUTEN, K.; BINNING, K.; DRIVER, D.; HALL, T.; SCHREFFLER, E. *The Role of Demand-Side Strategies*. Washington, D.C.: US Department of Transportation, 2006.
- MARTINEZ-ESPIÑEIRA, R.; NAUGES, C. Is really all domestic water consumption sensitive to price control? *Applied Economics*, v. 36, n. 15, 2004. p. 1697-1703.
- MASCARENHAS, A. C. Comitê de bacia hidrográfica: o que é, como funciona, e que papel representa na gestão dos recursos hídricos. *Revista Plenarium*, Ano III, n. 3, setembro 2006. p. 134-145.
- MATOS, O. C. *Econometria Básica: Teoria e Aplicações*. 3ª Edição. São Paulo: Atlas, 2000.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília, DF: MMA/SRHU, 2006.
- MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. *Estatística Básica*. 5ª Edição. São Paulo: Editora Saraiva (Paradidáticos/Técnicos), 2006.
- OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *Policy case studies on consumption and the environment*. 2002. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 27 mai. 2007.
- PMCG – PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE. *Perfil do Município de Campina Grande*. 2010. Disponível em: <<http://www.pmcg.gov.pb.br>>. Acesso em: 14 nov. 2010.
- PNCDA – PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPÉDÍCIO DE ÁGUA. *Caracterização da demanda urbana de água*. DTA – Documento Técnico de Apoio

- n.3. Secretaria de Política Urbana. 2000. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acesso em: 27 mai. 2007.
- PRI – POLICY RESEARCH INITIATIVE. *Economic Instruments for Water Demand Management in an Integrated Water Resources Management Framework*. Synthesis Report 2004. Disponível em: <<http://policyresearch.gc.ca>>. Acesso em: 20 abr. 2010.
- READ, C. *Better buildings-design for water efficiency*. London, UK: Green Alliance, 2005.
- REES, J. A. *Urban Water and Sanitation Services: an IWRM Approach*. TEC Background Papers n. 11. Stockholm, Sweden: GWP Technical Committee, 2006.
- REPETTO, R.; THOMAS, H. The role of population in resource depletion in developing countries. *Population and Development Review*, v. 9, n. 4, 1983. P. 609-632.
- RENWICK, M; GREEN, D. Do residential water demand side management policies measure up? An analysis of eight water agencies. *Journal of Economics and Management*, n. 40, 1999. p. 37-55/
- ROGERS, P.; HALL, A. *Effective Water Governance*. TEC Background Papers n. 7. Stockholm, Sweden: GWP Technical Committee, 2003.
- SAVENIJE, H.; VAN DER ZAAG, P. Water as an economic good and demand management: paradigms with pitfalls. *Water International*, v. 27, n. 1, 2002. p. 98-104.
- SAVENIJE, H.; VAN DER ZAAG, P. Integrated water resources management: concepts and issues. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 33, n. 5, 2008. p. 290-297.
- SCHMIDT, M. Rainwater Harvesting in Germany – New Concepts for the Substitution of Drinking Water, Flood Control and Improving the Quality of the Surface Waters. In: *Anais do 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO*, Campina Grande, 2001.
- STRAND, J. WALKER, I. *Water markets and demand in Central American cities*. Working Paper. Washington, DC: Inter-American Development Bank, 2003.
- SCHWINGEL, A. C. F. S. *Breves Considerações sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos*. Estudo da Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados (Área XI – Meio Ambiente). Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2008.

- SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, v. 17, n. 47, 2003. p. 129-145.
- TATE, D. *Vision 21 – An Overview of Water Demand Management and Conservation*. 2001. Disponível em: <<http://www.wsscc.org>>. Acesso em: 13/04/2010.
- TOMAZ, P. *Economia de Água para Empresas e Residências: Um Estudo Atualizado Sobre o Uso Racional da Água*. São Paulo: Navegar Editora, 2001.
- TUCCI, C. E. M. Gestão Estratégica de Recursos Hídricos. *ABRH Notícias*, n. 10, Março 2006. p. 23-25.
- TUNDISI, J. G. *Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez*. RiMa, IIE, São Carlos – SP, 2003, 248 p.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.
- UN – UNITED NATIONS. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. In: *Proceedings of the INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT*, Dublin, Ireland, 26-31 January 1992.
- UN – UNITED NATIONS. *Water and Sanitation in the World's Cities*. London, UK: UN Human Settlements Programme, 2003.
- UN – UNITED NATIONS. *World Urbanization Prospects: The 2005 Revision*. New York, USA: United Nations, 2006.
- VIEIRA, Z. M. C. L. *Análise de conflitos na seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água*. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.
- VIEIRA, Z. M. C. L. *Metodologia de Análise de Conflitos na Implantação de Medidas de Gestão da Demanda de Água*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008. 237 p.
- VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. A Gestão de Recursos Hídricos no Estado da Paraíba: Aspectos legais e institucionais. In: *Anais do XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS e 8º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E*

RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA,
São Paulo – SP, 25-29 Novembro, 2007.

VUUREN, D. S.; VAN ZYL, M. J. D.; VECK, G. A.; BILL, M. R. *Payment strategies and Price elasticity of demand for wáter in different income groups in three selected urbana reas*. WRC Report n. 1296. Pretoria: Water Research Commission, 2004.

WHITE, S. B.; FANE, S. A. Designing Cost Effective Water Demand Management Programs in Australia. *Water Science and Technology*, v. 46, n. 6-7, 2001. p. 225-232.

ANEXO I

APÊNDICE 1

APÊNDICE 2

APÊNDICE 3