



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE**

**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**

SIMÃO ARAÚJO BARBOSA DE ALMEIDA

CAMPINA GRANDE - PB
MARÇO - 2007

SIMÃO ARAÚJO BARBOSA DE ALMEIDA

**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 apresentada ao Curso de Mestrado
em Engenharia Civil da Universidade Federal de
Campina Grande – UFCG, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Recursos Hídricos
Sub-área: Engenharia Sanitária e Ambiental

Orientadores: Prof. Dr. Rui de Oliveira
Prof^a. Dr^a. Mônica de Amorim Coura

CAMPINA GRANDE - PB
MARÇO - 2007

SIMÃO ARAÚJO BARBOSA DE ALMEIDA

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

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A447c

2007 Almeida, Simão Araújo Barbosa de.

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 / Simão Araújo Barbosa de Almeida.— Campina Grande: 2007.

70f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores : Dr. Rui de Oliveira, Dra. Mônica de Amorim Coura.


1. Consumo de Água. 2. Coeficientes de Variação de Consumo. 3. Coeficiente de Retorno. I. Título.

CDU – 628.1(043)


UFCG - BIBLIOTECA - CAMPUS I	
2237	08-10-07

**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**


COMISSÃO EXAMINADORA



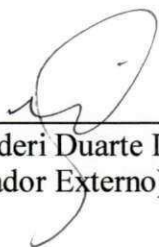
Prof. Dr. Rui de Oliveira
(Orientador)



Prof^a. Dr^a. Mônica de Amorim Coura
(Orientadora)



Prof^a. Dr^a. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
(Examinador Interno)



Prof. Dr. Valderi Duarte Leite
(Examinador Externo)

CAMPINA GRANDE - PB
MARÇO - 2007

A

**Minha esposa Edineusa
e meus filhos Simone, Isaac e Clarissa
pela compreensão quando da minha
ausência nos poucos momentos
a eles reservados.**

Às minhas tias,
Deolinda e Terezinha,
que recentemente Deus chamou; pessoas
que muito me cobraram e incentivaram
para que pudesse eu chegar
até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, que me deu força e perseverança para trilhar pelos caminhos sinuosos que me trouxeram até aqui;

À minha esposa pelo incentivo nas horas em que declinar parecia o óbvio, e aos meus filhos pela ajuda e compreensão constantes no decorrer desta tarefa;

Aos meus pais, que me ensinaram que sempre há uma saída, mesmo quando parece ter se esgotado a última delas;

Ao meu irmão Edson que, ao meu lado no trabalho, permitiu a minha ausência quando ela parecia impossível;

Aos meus orientadores Dr. Rui de Oliveira e Dra. Mônica de Amorim Coura, pela orientação, cumplicidade, incentivos e principalmente pela confiança dispensada até o último momento deste trabalho;

Aos professores da área de Engenharia Sanitária e ambiental - AESA - da UFCG, pelos ensinamentos dispensados;

Ao professor Carlos Fernandes, pela contribuição bibliográfica;

Às funcionárias Cristina e Valmaria pela assistência dispensada;

Ao meu Diretor Rubens Falcão, pela oportunidade concedida;

Aos colegas de empresa, Alba, Carolina, Célia Dalva, Francinaldo, Fred, João Paulo, Laurindo, Luciano Nóbrega, Rogaciano, Tânia Almeida e Zênia pelo apoio e pela contribuição bibliográfica;

Aos técnicos, Domingos e Ivson, profundamente, pelo auxílio na coleta de dados, pela dedicação, até em alguns momentos, colocando suas vidas em risco;

Aos técnicos Tico, Alúcio e Raquel pelo empenho;

A Edjane pelo seu imensurável apoio;

AGRADECIMENTOS

Aos companheiros de estudo, Hamilton, João, Manuela, e Kleber, pela contribuição de cada um nas discussões;

Ao companheiro de estudo, Luciano André de Freitas, especialmente, pelo exemplo de companheirismo, cumplicidade e gratidão;

A equipe do Projeto Técnico Social da CEHAP na pessoa da técnica social, Maria Eulâmpia;

Aos Professores, Francisco Barbosa de Lucena e Kenedy, pela solidariedade;

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, na pessoa do Eng^o Joaquim Almeida, pelo apoio dispensado;

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Vista geral do Conjunto Habitacional Glória I.....	21
Figura 4.2 - Vista geral do Conjunto Habitacional Glória II.....	21
Figura 4.3 - Representação das Zonas de Pressão do sistema de distribuição de água da Cidade de Campina Grande.....	25
Figura 4.4 - Croqui do Sistema de Tratamento de Esgotos da cidade de Campina Grande.....	29
Figura 4.5 - Sistema de Abastecimento de Água do Conjunto Glória I.....	31
Figura 4.6 - Interligações das unidades do sistema de distribuição dos conjuntos Glória I e II.....	32
Figura 4.7 - Rede de Distribuição de Água do Conjunto Glória II.....	34
Figura 4.8 - Válvula redutora de pressão e Macro Medidor.....	35
Figura 4.9 - Sistema de instalação das válvulas redutoras de pressão.....	35
Figura 4.10 - Sistema de coleta, transporte e tratamento de esgotos dos Conjuntos Glória I e Glória II.	37
Figura 4.11 - Tratamento preliminar.....	39
Figura 4.12 - Alimentação da lagoa anaeróbia.	40
Figura 4.13 - Vista geral das lagoas que compõem sistema de tratamento de esgotos.....	40
Figura 4.14 - Efluente escoando pelo vertedor triangular.....	41
Figura 4.15 - Efluente desaguando no riacho Cardoso.....	41
Figura 5.1- Perfil de consumo médio horário do período estudado do Conjunto Habitacional Glória I.....	45
Figura 5.2 - Gráfico GT-2 do consumo horário do Conjunto Habitacional Glória I.....	46
Figura 5.3 - Perfil de consumo diário do período estudado do Conjunto Habitacional Glória I.....	48
Figura 5.4 - Perfil de consumo <i>per capita</i> médio do período estudado do Conjunto Habitacional Glória I.....	49
Figura 5.5 - Gráfico GT-2 do consumo diário do Conjunto Habitacional Glória I.....	50
Figura 5.6 - Perfil de consumo médio horário do Conjunto Habitacional Glória II.....	52
Figura 5.7 - Gráfico GT-2 do consumo horário do Conjunto Habitacional Glória II.....	53
Figura 5.8 - Perfil de consumo <i>per capita</i> do Conjunto Habitacional Glória II.....	55
Figura 5.9 - Perfil de consumo diário do Conjunto Habitacional Glória II.....	56
Figura 5.10 - Gráfico GT-2 do consumo médio diário do Conjunto Habitacional Glória II....	57
Figura 5.11 - Perfil de consumo médio horário dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.....	59

Figura 5.12 - Perfil de consumo médio diário de água e contribuição média diária de esgotos dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.....	61
Figura 6.1- Comparação dos consumos médios <i>per capita</i> dos Conjuntos Glória I e Glória II.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Consumo per capita em cidades brasileiras.....	8
Tabela 3.2 - Evolução do consumo per capita, utilizados em projetos.....	9
Tabela 3.3 - Consumo doméstico no Brasil e consumo per capita no estado de São Paulo....	11
Tabela 3.4 - Relação entre renda per capita, tamanho da população e o consumo de água....	11
Tabela 3.5 - Consumo diário em m ³ – cidade de Campinas – SP.....	13
Tabela 3.6 - Valores de K ₁ praticados no Brasil e em alguns países.....	15
Tabela 3.7 - Valores de K ₁ adotados por algumas companhias de saneamento.....	15
Tabela 3.8 - Valores de K ₂ praticados no Brasil e em alguns países.....	16
Tabela 3.9 - Valores de K ₂ adotados por algumas companhias de saneamento.....	16
Tabela 3.10 - Utilização dos coeficientes K ₁ e K ₂	17
Tabela 4.1 - Renda <i>per capita</i> do chefe de família.....	23
Tabela 4.2 - Grau de escolaridade do chefe da família.....	23
Tabela 4.3 - Características das zonas de pressão do Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Campina Grande.....	24
Tabela 4.4 - Extensão da rede de distribuição.....	33
Tabela 4.5 - Características físicas das lagoas do sistema de tratamento.....	39
Tabela 4.6 - Características operacionais, de projeto, do sistema de tratamento.....	42
Tabela 5.1 - Resumo da análise de variância ANOVA (fator único) aplicada aos dados de consumo médio horário ao longo de todo o período experimental (02 de Dezembro e novembro de 2006 a 31 de janeiro de 2007).....	46
Tabela 5.2 - Resumo da análise de variância ANOVA (fator único) aplicada aos dados de consumo médio horário.....	53
Tabela 5.3 - Dados climatológicos da cidade de Campina Grande, entre 1961 e 1990 (latitude: 07.13 ^o S; longitude: 35.53 ^o W).....	60

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar o consumo per capita, os coeficientes de variação de consumo de água e contribuição de esgoto, da população de baixa renda dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II, na cidade de Campina Grande-PB ($7^{\circ}13'11''$ Sul, $35^{\circ}52'31''$ Oeste), que abrigaram 2304 habitantes transferidos da extinta Favela da Cachoeira. Os conjuntos são dotados de infra-estrutura básica de saneamento, drenagem, pavimentação, energia elétrica, telefonia, coleta de lixo e transporte coletivo. O sistema de abastecimento de água é composto de um alimentador (DN-150mm) transportando uma vazão de 8,38 l/s; estação elevatória (5,13 l/s), sub-adutora de recalque (DN-100mm) e reservatório elevado (100m^3) para o Glória I; e sistemas de distribuição. O sistema de esgotamento sanitário é composto de sistemas coletores (DN-100 e 150mm), dois emissários de gravidade (DN-150mm) e o sistema de tratamento, projetado para tratar também os esgotos dos bairros Belo Monte e Jardim América, dotado de tratamento preliminar, duas lagoas em série, uma anaeróbia e uma facultativa com um vertedor triangular instalado aonde sai o efluente. Entre novembro de 2006 e fevereiro de 2007 foram feitas 4152 e 744 leituras horárias de consumo de água e de vazão de contribuição de esgotos, respectivamente, para estudar as tendências das estimativas do consumo *per capita* (q), do coeficiente do dia de maior consumo (K_1), do coeficiente da hora de maior consumo (K_2) e do coeficiente de retorno esgoto/água (C). O estudo mostrou que o consumo médio *per capita* atual (90 l/hab.dia) é igual para os dois conjuntos e menor que o valor adotado no projeto (120 l/hab.dia). Com relação aos valores do coeficiente do dia de maior consumo encontrados, (1,15-Glória I e 1,25-Glória II), foi observado uma proximidade do valor de projeto (1,2). Quanto aos valores encontrados para o coeficiente da hora de maior consumo, (2,36-Glória I e 2,41-Glória II), foi verificado que os mesmos encontram-se bem acima dos valores de projeto (1,5). Em se tratando do coeficiente de retorno, o estudo realizado mostrou um valor próximo do valor adotado em projeto (0,81). O resultado dos parâmetros estudados servirá de indicadores para confecção de projetos futuros para populações em condições e características análogas a dos conjuntos estudados.

Palavras-chave: Consumo de água, coeficientes de variação de consumo, coeficiente de retorno.

ABSTRACT

The aim of this work was to study the *per capita* consumption rate (q), coefficients of water consumption variation (K_1 and K_2) and sewage to water ratio (C) for two well-structured places, Gloria I and Gloria II, in Campina Grande city ($7^{\circ}13'11''$ S, $35^{\circ}52'31''$ W), Paraíba state, northeast Brazil, where live 2,304 low-income people transferred from a slum (Favela da Cachoeira). Water for both places was taken from a main pipe of the Campina Grande Water Supply System at a flow-rate of 8.38L/s being 5.13L/s pumped to a 100m^3 -elevated reservoir for supplying Gloria I and 3.15L/s for feeding straightly Gloria II distribution system. Wastewaters from both places were sewerred to a treatment plant made up of the preliminary treatment units bar screen and grit chamber and two stabilization ponds, an anaerobic and a secondary facultative one. Water consumption readings were obtained hourly, between November 2006 and February 2007 for estimating the aimed design parameters on consumption water. Measurements of sewage flow-rate taken hourly, between november 2006 and february 2007, based estimation of sewage to water ratio. The *per capita* consumption rate of 90L/inhabitant.day was less than that of 120L/inhabitant.day adopted for designing water supply. Estimates for K_1 were 1.15 and 1.25, respectively for Gloria I and Gloria II, very close to the design value of 1.2, but the correspondent ones for K_2 of 2.36 and 2.41 were higher enough compared to that (1.5), adopted for design. Estimated sewage to water ratio of 0.81 was close to that (0.85) used in the project. Due to the short period of study, coefficients obtained herein will be useful as indicators for designing future systems of water supply and wastewater collection for low-income urban populations in tropical countries.

Keywords: Water consumption, coefficients of water consumption variation, sewage to water ratio.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS	4
2.1 - Objetivo geral.....	4
2.2 - Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO 3 – REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 - Fatores que determinam o consumo de água da população.....	5
3.2 - Fatores que influenciam o consumo de água.....	5
3.3 - Tipos de consumo.....	6
3.4 - Consumo per capita.....	7
3.4.1 - Aumento do consumo per capita.....	9
3.5 - Variações de Consumo.....	12
3.6 - Coeficiente de retorno (C)	17
CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODO	19
4.1 - Local e período do estudo.....	19
4.2 - Caracterização da área de origem – saúde pública.....	20
4.3 - Caracterização da população beneficiária.....	20
4.4 - Sistema de distribuição de água existente na cidade de Campina Grande.....	22
4.5 - Sistema de Esgotos Sanitários da cidade de Campina Grande.....	26
4.5.1- Histórico.....	26
4.5.2 - Descrição das unidades do sistema.....	26
4.6 - Sistema de abastecimento de água proposto.....	28
4.6.1 - Conjunto Glória I.....	30
4.6.2 - Conjunto Glória II.....	33
4.7 - Parâmetros de projeto.....	36
4.8 - O Sistema de esgotamento sanitário proposto.....	36
4.8.1 - Projeto proposto.....	36
4.8.2 - Dimensionamento da Rede.....	38
4.9 - Sistema de tratamento de esgotos proposto para os Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.	39

4.10 - Análise estatística.....	42
CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	43
5.1 - Dados de consumo.....	43
5.2 - Análise dos dados referentes ao Conjunto Habitacional Glória I	43
5.2.1 - Perfil do consumo médio horário encontrado para os meses estudados.....	43
5.2.2 - Consumo <i>per capita</i> estimado para a totalidade do período estudado.....	46
5.2.3 - Estimativa de tendência do coeficiente do dia de maior consumo (K_1)	50
5.2.4 - Estimativa de tendência do coeficiente da hora de maior consumo (K_2)	50
5.3 - Análise dos dados referentes ao Conjunto Habitacional Glória II	51
5.3.1 - Perfil do consumo médio horário encontrado para os meses estudados.....	51
5.3.2 - Consumo <i>per capita</i> encontrado para a totalidade do período estudado.....	54
5.3.3 - Estimativa de tendência do coeficiente do dia de maior consumo (K_1)	54
5.3.4 - Estimativa de tendência do coeficiente da hora de maior consumo (K_2)	57
5.4 - Análise dos dados referente ao consumo médio horário dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.....	57
5.5 - Análise dos dados referente à Contribuição de Esgotos dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.....	58
5.5.1 - Cálculo da vazão de contribuição de esgotos (Q)	58
5.5.2 - Cálculo da evaporação na área das lagoas anaeróbia e facultativa (Ev_t).....	60
5.5.3 - Volume de contribuição total.....	60
5.5.4 - Cálculo do coeficiente de retorno (C).....	61
CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO.....	62
6.1 - Sobre o consumo médio <i>per capita</i> dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II....	62
6.2 - Sobre os coeficientes de variação de consumo dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.....	64
6.3 - Sobre o coeficiente de retorno esgoto/água.....	65
6.4 - Perspectivas.....	66
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

CAPÍTULO 1

1.0 - INTRODUÇÃO

Tempos atrás, não tínhamos a consciência do risco de escassez dos recursos hídricos em virtude da má utilização e da influência do desenvolvimento industrial. Esta consciência vem, a cada dia, sendo aguçada em virtude da hipótese da não renovação e, aliada à escassez de recursos financeiros e ao crescimento da população, tem exigido dos gestores públicos políticas de austeridade visando a eliminação de danos ambientais e otimização dos recursos disponíveis, tanto naturais quanto financeiros, fazendo-os chegar ao maior número possível de habitantes.

Dados estatísticos do Ministério da Saúde revelam que, para cada real investido em saneamento básico no Brasil, são economizados quatro reais na saúde pública, ou seja, as ruas, bairros, povoados ou cidades que não dispõem de saneamento básico têm uma demanda na área de saúde curativa bem superior às populações assistidas com saneamento básico (NUVOLARI, 2003). Esta relação traduzida financeiramente expressa que, à medida que os investimentos em implantação de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário vão ocorrendo os atendimentos nos postos de saúde vão reduzindo, principalmente no que diz respeito as doenças de veiculação hídrica. Informações como esta vêm induzindo, cada vez mais, os investimentos em abastecimento d'água e esgotamento sanitário, a exemplo da cidade de São Paulo onde, nas favelas, na década de 80, apenas 32% da população era assistida com água de abastecimento público e menos de 1% com sistema de esgotamento sanitário, passando esses números na década de 90, para 99%, no atendimento com água de abastecimento público e 15% com sistema de esgotamento sanitário (SERAGELDIN, 1994). Isso exigiu, evidentemente, uma maior demanda dos recursos naturais disponíveis, ou seja, aumentando a exploração de mananciais, sejam de superfície (barragens e rios), sejam no subsolo (poços profundos tipo artesiano ou poços tipo amazonas no leito dos rios).

No caso de esgotamento sanitário, a demanda ocorre nos corpos receptores, pois com o aumento da população atendida com abastecimento de água é gerada uma maior quantidade de esgotos que, coletados, tratados ou não, são descarregados em riachos, rios e oceanos, comprometendo a qualidade de suas águas. Em consequência dessas demandas, se fez necessária a adoção de uma legislação mais eficiente com aplicação de normas e métodos visando a preservação do meio ambiente.

Assim, pensando nos recursos naturais disponíveis, e no atendimento de demandas reprimidas, não podemos omitir a relação de coeficientes utilizados em projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário que determinam as vazões a serem distribuídas ou coletadas, influenciando no dimensionamento de tubulações e equipamentos e, conseqüentemente, no custo dos projetos como um todo. Também, as perdas existentes nos sistemas oneram o custo de operação e manutenção (maior consumo de energia e materiais) e contribuem para agravar a situação de escassez da água possível de potabilização e dos recursos para torná-la acessível à população.

Em projetos de engenharia são utilizados coeficientes que são determinantes na eficiência, na segurança, na funcionalidade e, por consequência, no custo do empreendimento como um todo.

Nos projetos de sistemas de abastecimento de água não é diferente; são utilizados coeficientes com os mesmos objetivos, como o coeficiente *per capita* que prevê, o consumo de água em litro por habitante por dia; coeficiente do dia de maior consumo, que é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano; coeficiente da hora de maior consumo, que é a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo; para cálculo da vazão do sistema que é dominante na definição das demais variáveis do projeto.

Nos projetos de sistemas de esgotamento sanitário são utilizados os mesmos coeficientes aplicados em abastecimento de água, acrescidos do coeficiente de retorno, esgoto/água, que é a relação entre a quantidade de esgoto coletado e a quantidade de água consumida, para o cálculo da vazão do sistema que, analogamente, é dominante na definição das demais variáveis do projeto.

Este trabalho aborda a utilização de coeficientes de consumo e contribuição em projetos de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário para populações urbanas, de baixa renda, a exemplo da população recém transferida da antiga Favela da Cachoeira para os bairros Glória I e Glória II, providos de infra-estrutura básica, na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.

O presente trabalho reveste-se de grande importância por descrever, através da análise dos consumos de água e contribuição de esgotos efetivamente medidos, o desempenho desde o início, dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, que sendo sistemas recém implantados, estanques, com perdas mínimas, praticamente nulas, os dados coletados refletirão os consumos reais de água e contribuição de esgotos inerentes a população atendida.

Como uma primeira abordagem, o estudo representa uma pequena contribuição à adoção de coeficientes de consumo em futuros projetos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Obviamente, na aplicação de coeficientes de consumo, o projetista deve observar a realidade local, particularmente os aspectos ligados ao clima, à cultura e ao perfil sócio-econômico da população beneficiada.

A adoção de coeficientes adequados conduzirá, certamente, à projetos bem dimensionados, que bem implantados, atenderá as necessidades da população com segurança e menor custo.

CAPÍTULO 2

2.0 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo geral

- Estudar o consumo per capita e os coeficientes de variação de consumo de água e contribuição de esgoto, da população dos conjuntos habitacionais Glória I e Glória II, na cidade de Campina Grande.

2.2 - Objetivos específicos

- Comparar os resultados encontrados com os valores previstos em projeto;
- Orientar quanto à utilização dos valores encontrados, em projetos futuros para populações com características semelhantes às dos bairros estudados.

CAPÍTULO 3

3.0 - REVISÃO DE LIRERATURA

3.1 – Fatores que determinam o consumo de água da população

Define-se por sistema de abastecimento de água o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

De um modo geral, um sistema de abastecimento público de água compreende manancial, captação, adução, tratamento, reservação, estações elevatórias e distribuição.

Na implantação de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessária a elaboração de estudos e projetos visando atender as demandas de uma população, geralmente por um período de vinte anos. Para elaboração dos projetos, vários aspectos deverão ser considerados (ABNT – NBR 12211, NB-587) visando a otimização dos recursos disponíveis e maior área de cobertura dos mesmos. Estes aspectos são abordados na concepção do projeto, sendo definido o manancial a ser utilizado e determinada a quantidade de água a ser disponibilizada, diuturnamente, com o emprego de coeficientes de consumo. Para isso, precisa-se conhecer as necessidades de consumo dessa população e as variações por ela impostas ao sistema.

3.2 – Fatores que influenciam o consumo de água

O consumo de água é função de fatores inerentes à própria localidade a ser abastecida, de modo que, pode variar de bairro para bairro, cidade para cidade e de região para região. Clima, qualidade da água fornecida, hábitos da população, classe social da população, pressão da rede distribuidora, custo da tarifa, sistema de fornecimento e cobrança, existência de rede de esgoto, nível de consumo comercial, nível de consumo industrial, nível

de consumo público, entre outros, constituem os principais fatores que influenciam o consumo de água de uma população. Segundo a Alberta Environmental Protection (1996), no Canadá, a falta de medição (hidrômetros), conduz para um aumento de 25% no consumo per capita de uma população.

3.3 – Tipos de consumo

O consumo de água num sistema de abastecimento de uma localidade ocorre de várias formas e pode ser classificado como segue (AZEVEDO NETTO, 1996).

- Uso doméstico

- descargas de bacias sanitárias;
- asseio corporal;
- cozinha;
- consumo humano;
- lavagem de roupas;
- rega de jardins;
- limpeza geral;
- lavagem de automóveis.

- Uso comercial

- lojas (sanitários e ar condicionado);
- bares e restaurantes (matéria prima, sanitários e limpeza).

- Uso Industrial

- água como matéria prima (por exemplo, produção de refrigerantes);
- água consumida em processo industrial (por exemplo, polimento de granitos);
- água utilizada para resfriamento;
- água necessária para as instalações sanitárias e refeitórios.

- Uso público

- limpeza de logradouros públicos;
- irrigação de jardins públicos;
- fontes e bebedouros;
- limpeza de redes de esgotamento sanitário e de galerias de águas pluviais;
- edifícios públicos, escolas e hospitais;
- piscinas públicas e recreação.

- Usos especiais

- combate a incêndios;
- instalações desportivas;
- ferrovias e metrô;
- portos e aeroportos;
- estações rodoviárias.

- Perdas e desperdícios

- perdas na adução;
- perdas no tratamento;
- perdas na rede distribuidora;
- perdas domiciliares;
- desperdícios (uso desnecessário e em demasia).

3.4 - Consumo *per capita*

Em 1985, Saturnino de Brito, Engenheiro Sanitarista, sugeriu os seguintes valores de consumo mínimo de água por pessoa por dia, ou seja, consumo *per capita* “q”, para fins domésticos (Fundação..., 1985):

- Água para bebida 2 litros – 2,6 %
- Alimentos e cozinha 6 litros – 7,8 %
- Lavagem de utensílios 9 litros – 11,6 %
- Abluções diárias 5 litros – 6,5 %
- Banho de chuveiro30 litros – 39,0 %

- Lavagem de roupas15 litros – 19,5 %
- Aparelhos sanitários 10 litros – 13,0 %

- Total77 litros (80 litros/hab.dia)

Todavia, essa estimativa exclui qualquer variação de consumo, bem como eventuais perdas nos sistemas de abastecimento de água. Para compensar essas variáveis, são aplicados os coeficientes de consumo, citados no capítulo I e o índice de perdas, previsto para cada sistema, fazendo essa previsão de consumo assumir valores bem mais elevados.

Na cidade de São Paulo, por exemplo, em 1981, era adotado um valor mínimo para o consumo médio per capita de 200 l/hab.dia, entretanto a antiga Fundação SESP (Fundação..., 1985), para cidades de populações de características sociais semelhantes, sugeria um consumo per capita de 150 l/hab.dia, para cidades de pequeno porte, até 100 l/hab.dia e para vilas e povoados 60 l/hab.dia.

Já na cidade de Campinas, a cota per capita, sem perdas, adotada era de: 160 l/hab.dia em 1991, 180 l/hab.dia em 2000 e 190 l/hab.dia em 2005. (RELATÓRIO TÉCNICO 1 – SANASA, 2005).

Dados mais recentes (AZEVEDO NETTO, 1998), mostram que, no ano de 1980, a cidade de São Paulo tinha um consumo per capita de 282 l/hab.dia e em outras cidades brasileiras o consumo per capita (em l/hab.dia), variava entre 10 e 20 % em torno desse valor, como mostra a Tabela 3.1. A NB 587/1989, preconiza para populações de conjunto habitacional de baixa renda, um consumo de 120 l/hab.dia.

O Manual de Saneamento (1999) sugere, para população de até 6000 habitantes, um consumo per capita entre, 100 e 150 l/hab.dia, para população entre 6000 e 30000 habitantes, 150 a 200 l/hab.dia, para população entre 30000 e 100000 habitantes, 200 a 250 l/hab.dia, e para população acima de 100000 habitantes, um consumo per capita entre 250 e 300 l/hab.dia.

Tabela 3.1 – Consumo per capita em cidades brasileiras

Cidade	hab x1000	ano	Per capita	Fonte
S.Bernardo do Campo -SP	264	1980	250	Sabesp
Porto Alegre - RS	1123	1981	318	DMAE
Salvador - BA	1295	1979	248	Abes
Rio de Janeiro - RJ	4 410	1968	359	Cedae
Grande S.Paulo - SP	12 400	1980	282	DAE

Fonte - AZEVEDO NETTO, 1998

3.4.1 – Aumento do consumo *per capita*

Devido à melhoria progressiva das instalações sanitárias domiciliares e das informações educacionais específicas, como campanhas de asseio corporal e higienização bucal no decorrer dos anos e, ao próprio crescimento das cidades, que implica em novos usos, pressões mais elevadas que, segundo Clark *et al* (1977), para um aumento de 14 m.c.a. na rede de distribuição implica num aumento de 30% no consumo e, muitas vezes, maiores perdas nos sistemas de abastecimento de água, observa-se que o índice de consumo por habitante cresce anualmente, sendo necessário levar em conta esse incremento sempre que forem feitas projeções de longo alcance.

Para monitorar e controlar esse crescimento, além de decisões políticas, deve-se incentivar a pesquisa de equipamentos para uso em saneamento e instalações sanitárias com vazões de funcionamento mais baixas e controladas, como aparelhos sanitários com caixa de descarga acoplada, individualizar a cobrança do consumo em edifícios, conscientizar a população sobre desperdícios, combater perdas nos sistemas e introduzir a cultura de apoio à criação de condições para reuso de águas servidas.

Para ilustrar este importante aspecto da variação dos diversos consumo de água ao longo do tempo, a Tabela 3.2 mostra dados da evolução do consumo per capita estimado para a cidade de São Paulo.

Tabela 3.2 - Evolução do consumo per capita, utilizados em projetos.

Consumo <i>per capita</i> em São Paulo					
Consumo médio (l / hab.dia)	Fonte				
	Saturnino de Brito	CNSOS	DAE	SAEC	Sabesp
	São Paulo 1905	São Paulo 1951	SP 1957	SP. 1972	SP* 1990
Doméstico	100	85	140	180	120
Comercial e Industrial	50	50	100	150	90
Público	45	25	15	20	20
Perdas	25	40	45	50	70
Total	220	200	300	400	300

*Média na Região Metropolitana

Fonte: AZEVEDO NETTO, 1998

Atualmente, a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba-CAGEPA, em parceria com a empresa Embratex, está projetando um sistema de reaproveitamento do efluente das lagoas de maturação da nova estação de tratamento de esgotos da cidade de Campina Grande, para

utilização no abastecimento da empresa, na área industrial. Este sistema será pioneiro no estado da Paraíba e marcará a implantação da cultura de reaproveitamento de águas servidas com fins industriais, até então, só reaproveitadas com fins de irrigação.

A Tabela 3.3 resume alguns dados mais recentes do consumo, no Brasil e no estado de São Paulo, onde o menor valor admitido é de 200 l/hab.dia. O consumo efetivo sem perdas verificado em várias cidades é, em media, 25% menor que esse valor, em torno de 150 l/hab.dia. Em alguns estados tem sido adotado o valor mínimo de 135 l/hab.dia, excetuados os sistemas simplificados de pequenas comunidades com características rurais nos quais chegue-se a admitir 50% do valor mínimo urbano.

Em pequenas cidades do Nordeste, têm sido verificados consumos domiciliares medidos em torno de 100 l/hab.dia, a exemplo da cidade de Areia na Paraíba, que apresentou um consumo de 92 l/hab.dia, e da cidade de Palmares em Pernambuco, 109 l/hab.dia (AZEVEDO NETTO, 1996).

Estudo realizado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – Cagepa, no bairro de Tambaú na cidade de João Pessoa em 1980, apontou para um consumo per capita de 127 l/hab.dia (VIANA, 2002)

Os dados da Tabela 3.4 mostram a influência da renda e do tamanho de uma população no consumo *per capita*.

De acordo com a Tabela 3.4 a cidade de Jandira é a que apresenta o maior contingente de população com baixa renda, ou seja, 77,7 % tem renda de até cinco salários mínimos e apresentam o menor consumo per capita. A cidade de São Caetano do Sul tem a população com maior renda, apenas 50,5 % têm renda de até cinco salários mínimos, isto é, 49,5 % da população têm renda superior a cinco salários mínimos e apresentam o maior consumo *per capita* caracterizando que uma população de maior poder aquisitivo possui hábitos de higienização e instalações sanitárias que conduzem a consumos mais elevados.

Pode, ainda, ser observado que na cidade de Osasco, apesar da renda da população se aproximar da renda da população de Barueri, a diferença no consumo *per capita* é expressiva. Tal fato pode ser atribuído ao tamanho da cidade de Osasco, onde redes de maiores extensões e diâmetros transportando maiores vazões conduzem a um aumento de consumo e perdas.

O consumo dos bairros Morumbi e Jardins da cidade de São Paulo, apresentado na Tabela 3.3, é justificável, pois trata-se de bairros nobres de população de classe alta com rendimentos elevados chegando a um consumo *per capita* duas vezes maior que o da cidade de São Caetano do Sul e três vezes o da cidade de Jandira.

Tabela 3.3 – Consumo doméstico no Brasil e consumo per capita no estado de São Paulo.

O consumo doméstico no Brasil		A geografia da água	
		Consumo per capita/dia na Grande São Paulo	
Por banho/ habitante	39 a 50 litros	Jandira	90000 hab 102 litros
Pia do Banheiro	6 litros por minuto	Barueri	200000 hab 130 litros
Outras torneiras	12 a 15 litros por minuto	Osasco	600000 hab 149 litros
Descarga	8 a 12 litros por uso	São Caetano	140000 hab 169 litros
Máquina de lavar roupas	80 litros por uso	Morumbi	Classe A 309 litros
Máquina de lavar pratos	50 litros por uso	Jardins	Classe A 329 litros
650 milhões a 850 milhões de litros são gastos em banhos por dia na Grande SP.		4,3 bilhões de litros em 24 hs é o consumo doméstico na Grande SP.	

Fonte: Adaptado de AZEVEDO NETTO, 1996

Tabela 3.4 – Relação entre renda per capita, tamanho da população e o consumo de água.

	População c/renda*	% da população*	Consumo per capita**
	hab.	c/renda < 5 SM	l / hab.dia
Morumbi	-	-	309
Jardins	-	-	329
Jandira	40741	77,7	102
São Caetano do Sul	84938	50,5	169
Baruerí	91539	73,1	130
Osasco	321756	69,2	149

* Fonte - IBGE

**Fonte - Tabela 3.3

Atualmente, a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – Cagepa, utiliza em projetos um consumo *per capita*, sem perdas, de 250 l/hab.dia, para cidades com população

acima de 200000 habitantes, 150 l/hab.dia para cidades com população entre 100000 e 200000 habitantes, 120 l/hab.dia para cidades com população entre 10000 e 100000 habitantes, e 100 l/hab.dia para vilas, povoados e cidades com população de até 10000 habitantes. São adotados ainda, valores diferentes, em situações atípicas, podendo variar para mais ou para menos, de acordo com as características da população a ser abastecida e/ou o índice de micro-medição que se dispõe, ou seja, um sistema com 100% de hidrometração, leva a um consumo estritamente necessário, pois, os excessos geram contas de valores elevados e, se aliado a um sistema de cobrança eficaz, combatendo-se a inadimplência, conduz para um consumo otimizado e torna-se um dado real para ser utilizado em projetos de ampliação e/ou implantação de sistemas de populações de características semelhantes (LIMA NETO et. al., 2004).

3.5 – Variações de Consumo

Num sistema público de abastecimento, a quantidade de água consumida varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, hábitos da população, entre outros fatores.

Em países tropicais, como o Brasil, há meses em que o consumo de água é maior, como no verão. Por outro lado, num mesmo mês ou semana, existem dias em que a demanda de água assume valores maiores que nos demais, caracterizando o dia de maior consumo.

Durante o dia, a vazão de uma rede pública de distribuição de água varia continuamente; a vazão supera o valor médio atingindo valores máximos em torno de meio dia, horário em que ocorre o asseio corporal de grande parte da população, preparo de refeições e higienização que antecede e sucede as refeições, caracterizando a hora de maior consumo. No período noturno, o consumo cai abaixo da média, apresentando valores mínimos nas primeiras horas da madrugada, caracterizando a hora de menor consumo.

Podem, pois, ser consideradas as seguintes variações de consumo: mensais, diárias, horárias e instantâneas.

Consideremos, por exemplo, a cidade de Campinas (AZEVEDO NETTO, 1998): durante o ano de 1955 foram consumidos 12011800 m³ que divididos por 365 dias, correspondeu a um consumo médio diário de 32909m³. Outubro apresentou a média mensal mais elevada: 35332m³, isto é, 7,4% acima do consumo médio anual. Entretanto, o maior consumo verificado em 24 horas ocorreu no dia 24 de setembro, quando foram fornecidos 39450m³, ou seja, 20% além do consumo médio anual. Tem-se, então, para aquela cidade:

Mês de maior consumo $1,074 \times Q$ médio anual.

Dia de maior consumo $1,200 \times Q$ médio anual

Admitindo-se o consumo médio de 250 litros por habitante dia e aplicados os coeficientes encontrados, $1,074 \times 250$ e $1,200 \times 250$, encontram-se 269 litros por habitante dia para o mês de maior consumo e 300 litros por habitante dia para o dia de maior demanda, respectivamente. Os dias de menor consumo no ano foram domingos com chuva, após um período de chuvas consecutivas. Os dias de maior consumo ocorreram após longos períodos sem chuvas e coincidiram com fortes elevações de temperatura. Os grandes consumos não se verificam apenas em um dia isolado, podendo prevalecer durante vários dias consecutivos.

Retomando o caso de Campinas, foram observados, no mesmo ano, os consumos mostrados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Consumo diário em m^3 – cidade de Campinas – SP.

Data	Dia	Volume (m^3)
26.11.1955	(Sábado)	37 990
27.11.1955	(Domingo)	34 100
28.11.1955	(Segunda)	39 360
29.11.1955	(Terça)	38 750
30.11.1955	(Quarta)	38 330

Fonte: AZEVEDO NETTO, 1998.

Considerando-se os três últimos dados, encontra-se, em média, um excesso diário de 18% sobre o consumo médio anual. Portanto, as obras de captação, tratamento e adução que alimentam os reservatórios de distribuição devem ser dimensionadas para atender essas variações de consumo, levando-se em consideração a demanda dos dias de maior consumo. Do contrário, ter-se-ia que projetar reservatórios de grande capacidade para reservação do volume requerido nos dias de maior consumo, onerando os custos de implantação dos projetos.

Entretanto, como no decorrer do dia, ocorrem variações horárias de consumo atingindo valores máximos e mínimos, podendo chegar a 50% do consumo médio do dia, os reservatórios de distribuição deverão absorver essas variações.

As variações instantâneas são provocadas pelo uso simultâneo de torneiras e aparelhos e ocorrem, normalmente, nos trechos extremos das redes de distribuição, onde

valores menores de pressão e vazão são observados. As redes de distribuição deverão ser dimensionadas para fazer face a tais variações.

Neste capítulo, foram discutidas variações de consumo observadas no cotidiano de um sistema público de abastecimento de água provocadas pelos hábitos e costumes da população por ele abastecida. Essas variações são traduzidas para o dimensionamento das diversas unidades do sistema, através de coeficientes adiante descritos.

a) *Coefficiente do dia de maior consumo (K_1)* – O coeficiente do dia de maior consumo K_1 , é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano.

A Tabela 3.6, mostra valores de K_1 observados no Brasil e em alguns países, enquanto os valores adotados em projetos por algumas companhias de saneamento estaduais são os mostrados na Tabela 3.7.

b) *Coefficiente da hora de maior consumo (K_2)* – O coeficiente da hora de maior consumo K_2 é a relação entre o maior consumo horário e o consumo médio do dia de maior consumo.

A Tabela 3.8 mostra valores de K_2 observados no Brasil e em alguns países, enquanto os valores adotados em projetos por algumas companhias de saneamento estaduais são os mostrados na Tabela 3.9.

c) *Outras observações sobre os coeficientes K_1 e K_2* - Os menores valores de K_1 , são encontrados em cidades com pequenas variações climáticas que conduzem a menores variações de consumo e os maiores valores de K_2 , decorrem da inexistência de reservatórios domiciliares onde, a todo instante, torneiras são abertas e fechadas conduzindo a elevadas variações no consumo. Ocorrendo esta situação, no projeto de abastecimento de água, recomenda-se para o *Coefficiente de reforço* $K = K_1 \times K_2$, no cálculo da vazão, o valor 2,8, em substituição aos valores usuais de projetos, 1,8 a 2,5 (AZEVEDO NETTO, 1998).

Atualmente os valores mais usuais de K_1 e K_2 em projetos de sistemas públicos de abastecimento d'água são: K_1 - 1,1 a 1,4 e K_2 - 1,5 a 2,3 (AZEVEDO NETTO, 1998).

d) *Utilização dos coeficientes K_1 e K_2* - No projeto das diversas unidades que compõem um sistema público de abastecimento de água, são utilizados os coeficientes K_1 e K_2 de acordo com a Tabela 3.10.

Tabela 3.6 – Valores de K_1 praticados no Brasil e em alguns países.

Autor/Entidade	Local	Ano	Coefficiente K_1	Condições de obtenção do valor
DAE	São Paulo -Capital	1960	1,5	Recomendação para projeto
FESB	São Paulo-Interior	1971	1,25	Recomendação para projeto
Azevedo Netto et al.	Brasil	1998	1,1 - 1,5	Recomendação para projeto
Yassuda e Nogami	Brasil	1977	1,2 – 2,0	Recomendação para projeto
CETESB	Valinhos e Iracemápolis	1978	1,25 - 1,42	Medições em sistemas operando há vários anos
PNB-587-ABNT	Brasil	1977	1,2	Recomendação para projeto
Orsini	Brasil	1996	1,2	Recomendação para projeto
Azevedo Neto et al.	Brasil	1998	1,1 - 1,4	Recomendação para projeto
Tsutiya	PMSP-Setor Lapa	1989	1,08 - 3,8	Medições em sistemas operando há vários anos
Saporta et al.	Barcelona - Espanha	1993	1,10 - 1,25	Medições em sistemas operando há vários anos
Walski et. Al.	EUA (*)	2001	1,2 - 3,0	Recomendação para projeto
Hammer	EUA (*)	1996	1,2 - 4,0	Medições em sistemas norte-americanos
AEP	Canada (*)	1996	1,5 - 2,5	Recomendação para projeto
Hammer		1996	1,2 - 4,0	Medições em sistemas norte-americanos
AEP	Canada (*)	1996	1,5 - 2,5	Recomendação para projeto

(*) Nesses sistemas não há reservatórios domiciliares

Fonte: TSUTIYA, 2004.

Tabela 3.7 – Valores de K_1 adotados por algumas companhias de saneamento

ESTADO	Valores adotados	
	K_1	Fonte
São Paulo	1,2 a 1,5	Sabesp
Bahia	1,2 a 1,3	Embasa
Paraíba	1,2	Cagepa
Pernambuco	1,2	Compesa
Ceará	1,2	Cagece
Pará	1,2	Cosanpa

Fonte: Consulta aos Departamentos de Projetos através de e-mail, no período entre dez/2006 e jan/2007.

Tabela 3.8 - Valores de K_2 praticados no Brasil e em alguns países

Autor/Entidade	Local	Ano	Coefficiente K_2	Condições de obtenção do valor
Azevedo Netto	Brasil	1973	1,5	Recomendação para projeto
Yassuda e Nogami	Brasil	1976	3	Recomendação para projeto
CETESB	Valinhos e Iracemápolis	1978	2,08 - 2,35	Medições em sistemas operando há vários anos
PNB-587-ABNT	Brasil	1977	1,5	Recomendação para projeto
Orsini	Brasil	1996	1,5	Recomendação para projeto
Azevedo Neto et al.	Brasil	1998	1,5 - 2,3	Recomendação para projeto
Tsutiya	RMSP-Setor Lapa	1989	1,5 - 4,3	Medições em sistemas operando há vários anos
Saporta et al.	Barcelona - Espanha	1993	1,3 - 1,4	Medições em sistemas operando há vários anos
Walski et. Al.	EUA (*)	2001	3,0 - 6,0	Recomendação para projeto
Hammer		1996	1,2 - 4,0	Medições em sistemas norte-americanos
AEP	Canada (*)	1996	3,0 - 3,5	Recomendação para projeto
Hammer		1996	1,2 - 4,0	Medições em sistemas norte-americanos
AEP	Canada (*)	1996	1,5 - 2,5	Recomendação para projeto

Fonte: TSUTIYA, 2004.

Tabela 3.9 - Valores de K_2 adotados por algumas companhias de saneamento

ESTADO	Valores adotados	
	K_2	Fonte
São Paulo	1,5 a 2,5	Sabesp
Paraná	1,5 a 2,5	Sanepar
Pernambuco	1,5	Compesa
Bahia	1,5 a 2,5	Embasa
Paraíba	1,5	Cagepa
Ceará	1,5	Cagece
Pará	1,5	Cosanpa

Fonte: Consulta aos Departamentos de Projetos através de e-mail, no período entre dez/2006 e jan/2007.

Tabela 3.10 – Utilização dos coeficientes K_1 e K_2 .

Unidades do Sistema	Coeficiente utilizado	
	k_1	k_2
Captação	x	
Estação Elevatória	x	
Adução	x	
Estações de tratamento	x	
Reservação	x	
Rede de Distribuição	x	x

Fonte: AZEVEDO NETTO, 1998

3.6 – Coeficiente de retorno (C)

O Coeficiente de retorno C é dado pela relação entre o volume de esgoto coletado e o volume de água consumido num sistema de abastecimento de água seguido de um sistema de esgotamento sanitário.

O projeto de um sistema de esgotamento sanitário depende fundamentalmente dos volumes de líquido a serem coletados ao longo da rede coletora, volumes estes que dependerão de uma série de fatores e circunstâncias, tais como: tipo e condições do sistema de abastecimento de água, características da população usuária, contribuições industriais entre outros, que a partir das suas definições, serão dimensionadas as unidades constitutivas do sistema.

As vazões de contribuição de um sistema de esgotamento sanitário são formadas de três parcelas bem distintas, a saber: contribuições domésticas, normalmente a maior e a mais importante do ponto de vista sanitário, vazões concentradas, geralmente de origem industrial e a parcela de águas de infiltrações.

O consumo contínuo de água potável na prática diária das atividades domésticas produz águas residuárias, ditas servidas, quando oriundas de atividades de limpeza, e as negras quando contém matéria fecal. Como esses despejos têm normalmente origem na utilização da água dos sistemas públicos de abastecimento, uma maior ou menor demanda de água conduz, proporcionalmente, para uma maior ou menor vazão a esgotar de contribuição doméstica.

É natural que uma parcela da água fornecida pelo sistema público de abastecimento de água não retorne à rede coletora, como por exemplo, a água utilizada na rega de jardins, lavagens de pisos externos, lavagem de automóveis entre outras. No entanto, na rede coletora poderão chegar vazões procedentes de outras fontes de abastecimento, como do consumo de água de chuva acumulada em cisternas e de poços particulares.

Essas considerações mostram que, embora haja uma nítida correlação entre o consumo de água do sistema de abastecimento público e a contribuição de esgotos, alguns fatores poderão torná-la maior ou menor, dependendo da situação a que os sistemas estejam submetidos.

De acordo com a intensidade e a frequência desses fatores de desequilíbrio, o coeficiente de retorno pode variar entre 0,60 a 1,30 (FERNANDES, 1997). De um modo geral estima-se que 70 a 90% da água consumida nas edificações residenciais retorna a rede coletora pública na forma de despejos domésticos. No Brasil, os valores do coeficiente de retorno usualmente adotados em projetos, variam entre 0,75 e 0,85, podendo ser adotado outros valores, quando se dispõe de indicadores mais precisos (JORDÃO & PESSÔA, 2005).

Nos projetos de sistemas de esgotamento sanitário o coeficiente de retorno é aplicado no cálculo das vazões de contribuição da rede coletora, que conjuntamente com o consumo *per capita* “q”, permitem que se possa calcular com coerência o volume de despejos produzidos.

A definição destes coeficientes é de extrema importância, pois a partir da contribuição *per capita*, produto “C.q”, será definida a vazão de projeto e conseqüentemente, o diâmetro dos coletores e especificação dos demais equipamentos das unidades do sistema, como por exemplo, conjuntos motor-bombas de estações elevatórias entre outros, que influenciam diretamente no custo de implantação e de operação do sistema como um todo.

CAPÍTULO 4

4.0 - MATERIAIS E MÉTODO

4.1 - Local e período do estudo

Este trabalho foi desenvolvido nos conjuntos habitacionais Glória I e Glória II localizados na Zona Leste da cidade de Campina Grande ($7^{\circ}13'11''$ Sul, $35^{\circ}52'31''$ Oeste), ilustrados nas Figuras 4.1 e 4.2, 540 metros acima do nível médio do mar, conjuntos estes que abrigam os moradores transferidos da Favela da Cachoeira, constituídos por 410 e 260 unidades habitacionais e população de 1410 e 894 habitantes, respectivamente. Os conjuntos são dotados de infra-estrutura básica, ou seja, sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, pavimentação, energia elétrica, telefonia, coleta de lixo e sistema de transporte coletivo, estando prevista a construção de equipamentos comunitários como, escola, posto de saúde e creche, entre outros; seu acesso se dá pela rua Santo Antonio, saída para o município de Massaranduba. No período de novembro de 2006 a janeiro de 2007 foram efetuadas medições de vazão através de macro medidores magnéticos instalados na saída do reservatório de distribuição do conjunto Glória I e no alimentador da rede de distribuição do conjunto Glória II, do sistema de distribuição de água.

Foi adquirido um medidor de vazão de contribuição de esgotos do tipo ultra-sônico para instalação na calha parshall que sucede a caixa de areia do tratamento preliminar localizado na entrada da Estação de Tratamento de Esgotos. No entanto, não foi possível sua instalação em virtude da área da Estação de Tratamento não oferecer segurança, tendo em vista que as obras do muro de contorno ainda não foram realizadas.

As medições de vazão de contribuição de esgotos foram realizadas através de um vertedor triangular instalado na saída da Lagoa Facultativa.

Ambos os sistemas, de abastecimento de água e esgotamento sanitário, são operados pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba.

4.2 - Caracterização da área de origem – saúde pública

A Favela da Cachoeira era servida por um posto do Programa Saúde da Família (PSF), situado na própria comunidade, implantado desde 1998 e dispo de clínica médica, pediatria, pré-natal e planejamento familiar, dando assistência a hipertensos, gestantes, idosos e diabéticos, capacitado para aplicação de nebulização, vacinação, curativos, exames ginecológicos e dispo de um Conselho Local de Saúde. Atendia uma demanda média diária de até 60 pessoas da comunidade, perfazendo um atendimento mensal a 658 famílias.

Segundo dados do posto do Programa Saúde da Família (2003), de cada 1000 nascidos vivos na Favela da Cachoeira, 83,33% (833 crianças) sobreviviam e 16,67 % (167) morriam antes de completar um ano de idade, tendo como causa mais freqüente a prematuridade. As doenças mais freqüentes nos atendimentos eram verminoses (25,6%), problemas respiratórios (24,3%), diarreia (20,4%) e doenças de pele (14,5%).

Todas essas doenças podem ter suas causas associadas à falta de saneamento básico, principalmente as verminoses e a diarreia, pois segundo dados do Projeto Técnico Social da Cehap (2003), apenas 74% das famílias eram servidas com abastecimento público de água, 89,7% tinham os esgotos jogados a céu aberto, 7,5% utilizavam fossa séptica e 2,6% fossa negra. A previsão é que, como a população está servida de toda a infra-estrutura nos conjuntos Glória I e Glória II, sejam desenvolvidos hábitos de higiene mais apropriados que conduzam a um nível de saúde satisfatório reduzindo, no decorrer do tempo, os atendimentos no posto de saúde, pois a população foi removida do convívio com focos de doenças de veiculação hídrica.

4.3 - Caracterização da população beneficiária

- ✓ Número de habitantes: **2304**
- ✓ Número de beneficiários: **2304**
- ✓ Média de beneficiários por imóvel: **3,44**

Na Tabela 4.1 são apresentadas as características da população quanto à renda *per capita* do chefe de família, e a Tabela 4.2 mostra as características da população quanto ao grau de escolaridade.

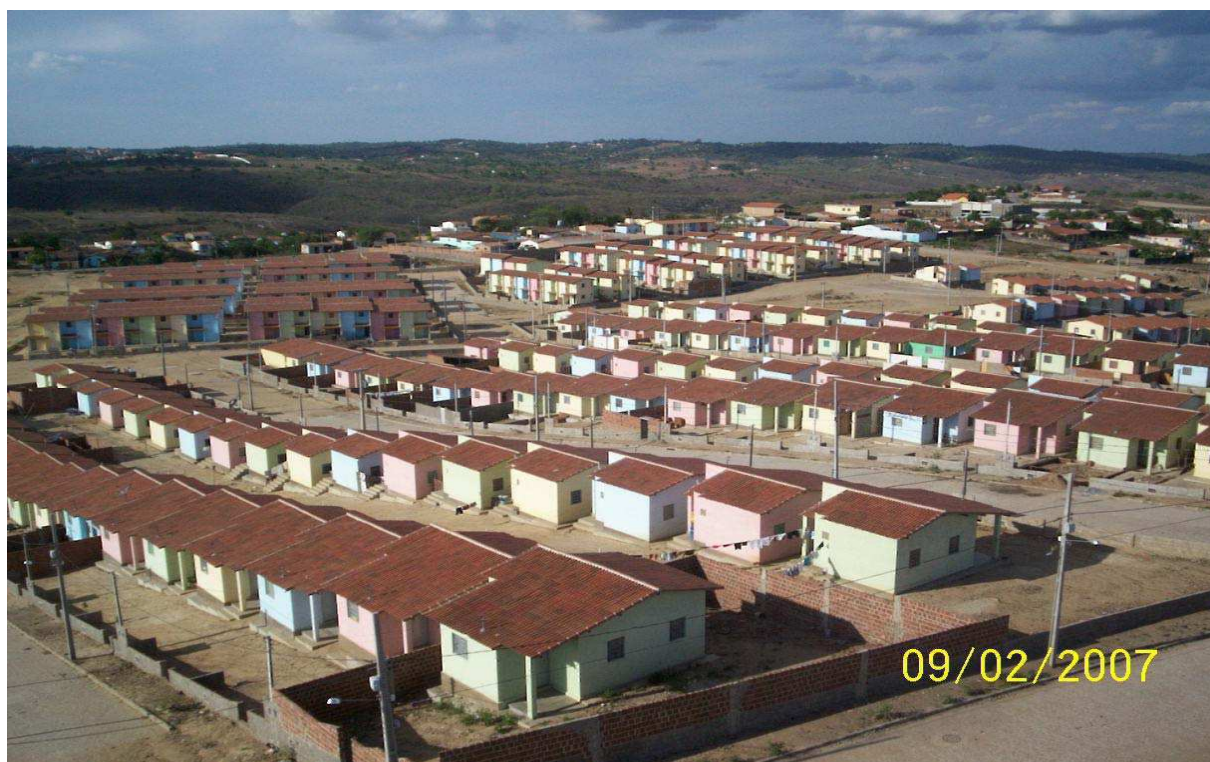


Figura 4.1 – Vista geral do Conjunto Habitacional Glória I



Figura 4.2 – Vista geral do Conjunto Habitacional Glória II

Os dados da Tabela 4.1 revelam que os moradores dos Conjuntos Glória I e Glória II possuem características de uma população de baixa renda, pois, 70,60%, ou seja, 473 famílias, estão entre famílias que não têm renda ou a renda familiar atinge somente um salário mínimo mensal. De acordo com os dados da Tabela 4.2, 64,03% (429 chefes de famílias) são analfabetos ou alfabetizados, em consequência, 43% (288) vivem de subemprego (CEHAP, 2003), o que justifica o nível baixo de remuneração que, associado às condições sanitárias em que viviam, citadas na seção 4.2, descreve as péssimas condições de vida a que estava submetida à população.

De acordo com os dados da micro-medição da CAGEPA, no mês de dezembro de 2006, dos 410 domicílios do Conjunto Glória I, 110 apresentaram consumo acima de 10m^3 e dos 260 domicílios do Conjunto Glória II, 51 excederam o mesmo consumo. No mês de Janeiro de 2007, os dados revelaram que nos conjuntos Glória I e Glória II apenas 45 e 35 domicílios, respectivamente, excederam o consumo de $10\text{m}^3/\text{mês}$.

O pré-requisito adotado pela CAGEPA para concessão ao consumidor do benefício da Tarifa Social, cujo valor, 25% menor que a tarifa normal é [R\$(9,09 + 2,27) água + esgoto], é está inscrito no cadastro único para programa social do governo federal, instituído pelo decreto Nº 3.877, de 24/07/01, isto é, seja beneficiário do programa bolsa família. Em caso de não ser beneficiário deste programa, a certificação de sua condição de baixa renda deve ser feita mediante a apresentação de documentação que comprove, cumulativamente, o atendimento das seguintes exigências:

- Ter renda mensal de até um salário mínimo;
- Ser morador de habitação com área construída de no máximo 50m^2 ;
- Ser consumidor de energia elétrica monofásica com consumo de até 80KWh por mês.

4.4 - Sistema de distribuição de água existente na cidade de Campina Grande

Levando em consideração os condicionantes do relevo da cidade (desníveis geométricos), foi necessária a divisão do sistema de distribuição em quatro zonas de pressão, denominadas A, B, C e D, conforme Figura 4.1, de forma que as pressões na rede atendam aos limites de valores, estático máximo de 50 m.c.a. e dinâmico mínimo de 10 m.c.a., estabelecidos pela ABNT, (NB 12218-JULHO/1994), conforme descrição a seguir:

Zona de Pressão “A”

A distribuição da Zona de Pressão A se faz por gravidade através do reservatório R9.

Tabela 4.1 – Renda *per capita* do chefe de família.

Caracterização quanto a renda			
Renda do chefe	%	Número de chefes de família	Fonte
Até 1 Salário Mínimo	55,22	370	CEHAP
De 1 a 2 Salários Mínimos	24,48	164	CEHAP
Aposentados - única renda	4,63	31	CEHAP
Não tem renda	10,75	72	CEHAP
Não respondeu	4,93	33	CEHAP

Fonte: CEHAP, 2003.

Tabela 4.2 – Grau de escolaridade do chefe da família.

Caracterização quanto ao grau de escolaridade			
Escolaridade	%	Número de chefes de família	Fonte
Analfabetos	32,99	221	CEHAP
Alfabetizados	31,04	208	CEHAP
Ensino fundamental incompleto	28,96	194	CEHAP
Ensino fundamental completo	4,03	27	CEHAP
Ensino médio incompleto	1,34	9	CEHAP
Ensino médio completo	1,19	8	CEHAP
Superior completo	0,15	1	CEHAP
Não respondeu	0,30	2	CEHAP

Fonte: CEHAP, 2003.

Zona de Pressão “B”

Os Reservatórios responsáveis por esta zona de pressão são: R-5, R-2 e R-1. A tubulação que interliga os reservatórios R-5 e R-2, em aço carbono com diâmetro DN 550mm, numa extensão de 1878 metros, encontra-se desativada por não suportar mais a pressão de trabalho, motivo pelo qual as zonas de pressão B e C hoje, operam como uma só zona de pressão, pois o reservatório R-4, zona de pressão C, está abastecendo parte da zona de pressão B. A tubulação que interliga os reservatórios R-5 e R-2 será substituída por tubos de ferro fundido DN 600 mm, permitindo a conclusão da separação das zonas de pressão B e C.

Zona de Pressão “C”

Na Zona de Pressão “C” a distribuição se faz através do R-4, no Bairro da Palmeira. A separação das zonas de pressão “B” e “C” só poderá ser feita após a intervenção citada no parágrafo anterior, Zona de Pressão “B”. Tal procedimento deverá ser realizado no primeiro semestre de 2007.

Zona de Pressão “D”

Atende, entre outros, aos bairros de Bodocongó e Ramadinha, o distrito de São José da Mata e a cidade de Pocinhos.

O sistema de distribuição da cidade de Campina Grande conta com 30 reservatórios totalizando um volume de reservação de 72800 m³, conforme Figura 4.3.

A Tabela 4.3 resume algumas características das zonas de pressão do sistema de abastecimento d’água da cidade de Campina Grande.

Tabela 4.3 - Características das zonas de pressão do Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Campina Grande.

Zona de Pressão	Área (ha)	Nível do Terreno (RN)		Unidade de Reservatório	Bairros Principais
		Máx.	Mín.		
“A” sub-zona A ₁ A ₂ A ₃ A ₄ A ₅	3493	535	414	R-9; R-8; R-6 R-16; R-19; R-15 R-20; R-18; R-17 R-21	- Liberdade, Catolé, - José Pinheiro - Medici, Distrito Industrial - Conjunto Habitacional Álvaro Gaudêncio - Distrito de Galante - Mutirão, Ligeiro
“B”	1025	545	475	R-1; R-2; R-5	- Centro, Santo Antônio - São José - Prata - Glória I e II
“C” sub-zona C ₁ C ₂ C ₃ C ₄ C ₅ C ₆	988	600	520	R-4; R-7; R-29	- Palmeira, Alto Branco - Bairrodas Nações, Conceição - Bairro dos Cuités, Jeremias - Bairro da Bela Vista - Povoado Jenipapo
“D” sub-zona D ₁ D ₂ D ₃	1645	640	510	R-10; R-11; R-13 R-14	- Bairro de Bodocongó - São José da Mata - Pocinhos - Ramadinha

Fonte: (CAGEPA, 2003b)

4.5 - Sistema de Esgotos Sanitários da cidade de Campina Grande

A cidade de Campina Grande possui um sistema de esgotamento sanitário que atende grande parte da cidade. Aonde não há rede coletora, predominam as soluções individuais, sendo os despejos lançados em fossas sépticas, a céu aberto, nas valetas, córregos e riachos que circundam as áreas periféricas da cidade.

O sistema existente possui, aproximadamente 340000 metros de rede coletora e 60000 ligações prediais, atendendo a cerca de 76% da população da cidade, sendo os esgotos tratados num sistema inicialmente projetado com lagoas aeradas e que, atualmente, funciona como uma série de duas lagoas de estabilização anaeróbias.

4.5.1– Histórico

Em 1936 foi elaborado o primeiro Projeto de Esgotos Sanitários da cidade de Campina Grande, pelo Escritório de Projetos Saturnino de Brito. As obras então projetadas contemplavam duas pequenas bacias de esgotamento, uma cobria o centro da cidade e a outra os bairros da Prata e São José, tendo sido as referidas obras executadas no período de 1937 a 1938. Esse projeto previa rede coletora, ligação predial, um emissário que ligava a rede coletora à estação de tratamento a qual, posteriormente, ao longo dos anos, ficou conhecida simplesmente como Depuradora, situada à margem da Avenida Cônsul José Noujáim Habib.

Em 1972, a CAGEPA contratou o projeto de ampliação do sistema de esgotos com a PLANIDRO – Engenharia e Consultoria, o qual cobria toda a área edificada da cidade e atendia a uma população de 250.000 habitantes na 1ª etapa, com alcance de plano fixado em 25 anos. As obras foram iniciadas em 1973 e concluídas em 1974.

Outros projetos isolados foram desenvolvidos pela Prefeitura Municipal e pela própria Cagepa, para saneamento de alguns bairros da cidade não contemplados no projeto da Planidro.

4.5.2 - Descrição das unidades do sistema

▪ Coletores Troncos e Interceptores

A configuração topográfica da cidade de Campina Grande permite o esgotamento sanitário de sua área edificada, através de coletores troncos bem definidos e de três emissários principais. O Emissário da Depuradora, construído em tubos de concreto armado

com diâmetro de 1200 mm, extensão de 4970 metros e transporta por gravidade, uma vazão de 495 l/s, correspondente a 75% da área urbana. O segundo emissário é o de Bodocongó, construído em tubos de concreto armado com diâmetro de 1100mm e extensão de 1.167 metros, conduz, também por gravidade, uma vazão de 165 l/s, relativa ao restante da área urbana da cidade. O terceiro emissário transporta uma vazão de 36 l/s, por recalque, tem comprimento de 918m, em tubos de ferro fundido e está inserido na hidro - bacia do emissário da Depuradora.

- **Rede Coletora**

O Sistema de Campina Grande conta com duas bacias de esgotamento sanitário; a Bacia da Depuradora e a Bacia de Bodocongó. A rede coletora tem uma extensão total de, aproximadamente, 340000 metros, em tubos cerâmicos, de PVC rígido e concreto, com diâmetros variando entre 150 e 500 mm.

- **Ligações Prediais**

Existem atualmente 60000 ligações prediais conectadas à rede de esgotos, permitindo o bom índice de 5,67 metros de rede por ligação.

- **Estação Elevatória**

O sistema de esgotos de Campina Grande conta com uma única elevatória construída às margens do canal do bairro de José Pinheiro, no cruzamento das Ruas Marinheiro Agra e Paraná. A elevatória é constituída de três conjuntos motor-bomba, instalados em paralelo, sendo (um) de reserva, com vazão de 36 l/s. São unidades de eixo horizontal, automatizadas e que funcionam de acordo com os níveis mínimo e máximo do poço de sucção. O emissário de recalque foi construído em ferro fundido, com diâmetro de 200mm e comprimento de 918 metros, vazão de 36 l/s e velocidade de escoamento de 1,15 l/s.

Com a implantação das obras de ampliação do sistema, atualmente em andamento, o sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande ganhará mais quatro elevatórias nos bairros Mirante, Jardim Tavares, Jardim Verdejante e Ligeiro, além da elevatória que elevará o efluente da segunda lagoa anaeróbia da atual estação de tratamento até as lagoas facultativas secundárias prevista no projeto de ampliação.

▪ Tratamento

Construída entre os anos de 1973 e 1974, no bairro da Catingueira, a Estação de Tratamento de Esgotos foi projetada com duas lagoas aeradas mecanicamente, em série, medindo 2,90 ha e com dimensões médias de 105 x 140 metros, para cada lagoa.

A estação foi projetada com capacidade para tratar uma vazão nominal de 360 l/s, sendo precedida de tratamento preliminar, ou seja, grade de barras, caixa de areia e calha parshall, contando, inicialmente, com dez aeradores com potência de 40cv cada um. Ao longo do tempo, todos os aeradores foram desativados pela Cagepa, em virtude da baixa eficiência motivada pelo acréscimo de vazão além da capacidade da estação.

Atualmente, encontra-se em construção a primeira etapa da nova estação de tratamento de esgotos de Campina Grande que consta de, tratamento preliminar (gradeamento mecanizado, caixa de areia e calha Parshall), lagoa anaeróbia, aproveitando as lagoas existentes, anteriormente aeradas, de onde seu efluente será recalcado através de um emissário com diâmetro de 700 mm para lagoas facultativas em série, duas, seguida de uma lagoa de maturação, dois módulos no total, conforme Figura 4.4.

4.6 - Sistema de abastecimento de água proposto

Os loteamentos Glória I e II são abastecidos a partir da rede de distribuição existente, com diâmetro de 300 mm, na rua Francisco Antonio do Nascimento, dando-se sua derivação no cruzamento com a rua Olga de Azevedo, conforme indicado na Figura 4.3. Uma linha tronco (alimentador) de 150 mm de diâmetro deriva da tubulação de 300 mm e se estende até o loteamento Glória II com uma derivação, também de 150 mm, para alimentar o poço de sucção da estação elevatória que alimenta o reservatório de distribuição do Conjunto Glória I. A demanda para estes loteamentos, 8,73 l/s, está prevista na distribuição da Zona de Pressão B, com vazão e pressão disponíveis de 14,16 l/s e 31,76 m.c.a (metros de coluna de água), respectivamente (Projeto AQUAPLAN – Prancha 19 ANEL XVIII– Nó 125 – Esquema dos Anéis e Linhas Principais).

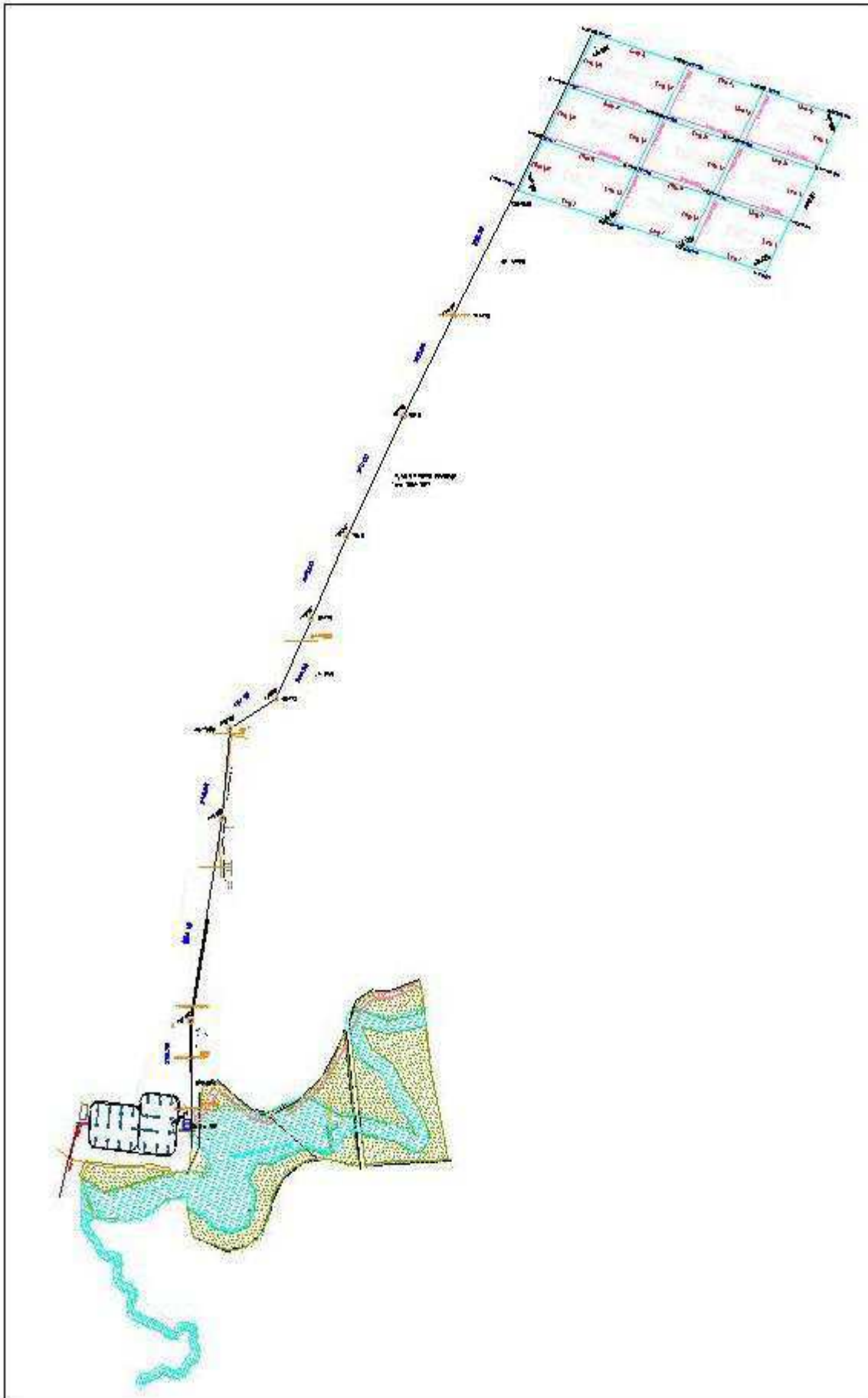


Figura 4.4 – Croqui do Sistema de Tratamento de Esgotos da cidade de Campina Grande.

4.6.1 - Conjunto Glória I

Conforme medição efetuada pelo Serviço de Pitometria da CAGEPA, a pressão dinâmica disponível atualmente variou entre 50 e 55 m.c.a, obtendo-se uma pressão média de 52 m.c.a. A CAGEPA, no entanto, não concluiu a separação das zonas de pressão B e C, como citado anteriormente, não se dispondo de informações sobre a pressão real para o abastecimento dos loteamentos. Por essa razão, para garantir o abastecimento do Conjunto Glória I, foi feita a opção pela construção de um reservatório elevado, alimentado através de uma estação elevatória projetada na área do loteamento. A estação elevatória é alimentada a partir de um ramal derivado do alimentador na entrada do loteamento sendo a água conduzida até o poço de sucção da estação elevatória por meio de uma tubulação em PVC Vinilfer de 150 mm de diâmetro e 48,00 m de comprimento.

A estação elevatória é constituída de duas bombas centrífugas de eixo horizontal, sendo uma de reserva, com capacidade para recalcar, cada uma, a vazão nominal de 18,47 m³/h com pressão de trabalho de 34,00 m.c.a.

O recalque interligando a estação elevatória ao reservatório de distribuição, é efetuado através de uma tubulação de 100m em PVC Vinilfer com 330 metros de extensão e desnível geométrico de 31,28 metros.

O reservatório projetado é do tipo elevado, localizado no loteamento, com 100 m³ de capacidade e em cota suficiente para abastecer o loteamento por gravidade. A tubulação de entrada tem diâmetro de 75 mm, e a de saída de 150 mm.

A rede de distribuição, do tipo ramificada, atenderá ao sistema através de uma única zona de pressão, tendo sido dimensionada para suprir a vazão de 5,13 l/s, numa extensão total de 3620 metros com diâmetros que variam entre 50 e 150mm. Para os trechos com diâmetros de 50 a 100mm, foi recomendada a utilização de tubos PVC PBA CL 15 e para os de 150 mm tubos de PVC Vinilfer, pressão máxima de trabalho de 1 MPa.

Foram implantadas 410 ligações domiciliares com hidrômetro. A Figura 4.5, mostra a planta baixa da rede de distribuição de água do loteamento Glória I com as unidades que compõem o sistema, elevatória e reservatório.



Figura 4.5- Sistema de Abastecimento de Água do Conjunto Gloria I.

A Figura 4.6 detalha as interligações das unidades do sistema:

Detalhe A - Interligação para alimentação dos loteamentos;

Detalhe B - Alimentação do poço de sucção da elevatória e recalque para o reservatório;

Detalhe C - Alimentação do reservatório e saída para rede de distribuição com localização da do macro medidor;

Detalhe D - Alimentação do loteamento Glória II com localização da válvula redutora de pressão e do macro medidor.

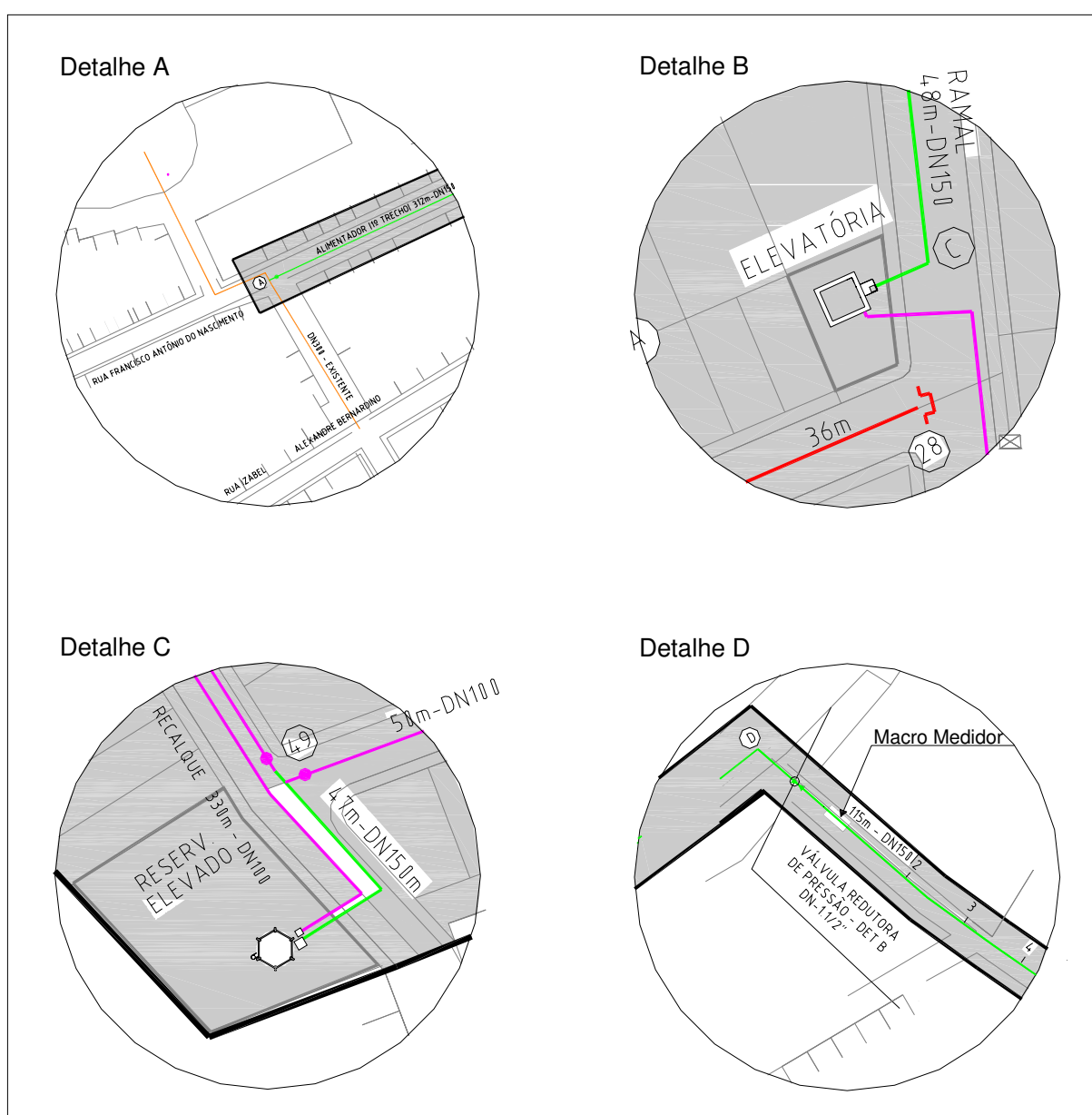


Figura 4.6 - Interligações das unidades do sistema de distribuição dos conjuntos Glória I e II.

4.6.2 - Conjunto Glória II

O Loteamento Glória II, por apresentar condições favoráveis, mesmo ocorrendo mudança futura na pressão disponível, é abastecido por gravidade, com alimentação direta pelo alimentador.

Para garantir as pressões recomendadas por norma foram implantadas válvulas redutoras de pressão na rede de distribuição nos nós “D” e “12”, conforme indicado na Figura 4.7, observando-se que, quando do isolamento definitivo das Zonas de Pressão B e C, a regulagem das válvulas deve ser verificada e ajustada, se for o caso.

A rede de distribuição é do tipo ramificada e atenderá ao sistema através de uma única zona de pressão que foi dimensionada para atender à vazão de 3,25 l/s, numa extensão total de 2753 metros.

Para os trechos com diâmetros de 50 a 100mm, foi recomendada a utilização de tubos de PVC PBA CL 15 e para os de 150 mm tubos de PVC Vinilfer 1 MPa. Foram implantadas 260 ligações domiciliares com hidrômetro. A Figura 4.6, mostra a planta baixa da rede de distribuição de água do loteamento Glória II .

A Tabela 4.4, a seguir, indica as extensões por diâmetro da rede de distribuição dos dois loteamentos.

Tabela 4.4 – Extensão da rede de distribuição.

Diâmetro (mm)	Extensão (m)		
	GLÓRIA I	GLÓRIA II	TOTAL
50	2981	2245	5226
75	334	287	621
100	258	106	364
150	47	115	162
TOTAL	3620	2753	6373

Fonte: CAGEPA, 2003

A Figura 4.8, mostra a posição de instalação da válvula redutora de pressão e Macro medidor do loteamento Glória II.

A Figura 4.9 mostra o sistema de instalação das válvulas redutoras de pressão da rede de distribuição do loteamento Glória II.



Figura 4.7 - Rede de Distribuição de Água do Conjunto Gloria II.

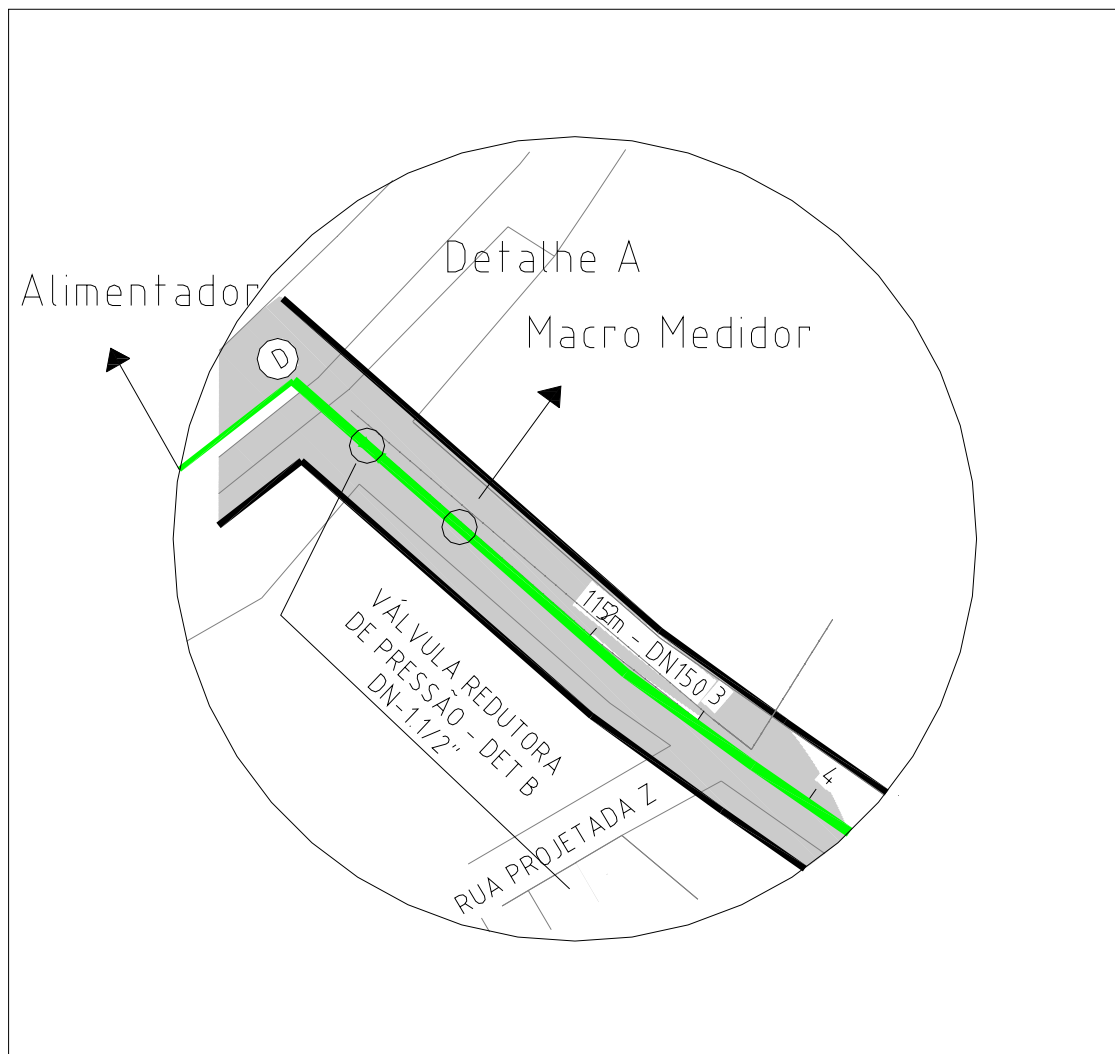


Figura 4.8 – Válvula redutora de pressão e Macro Medidor

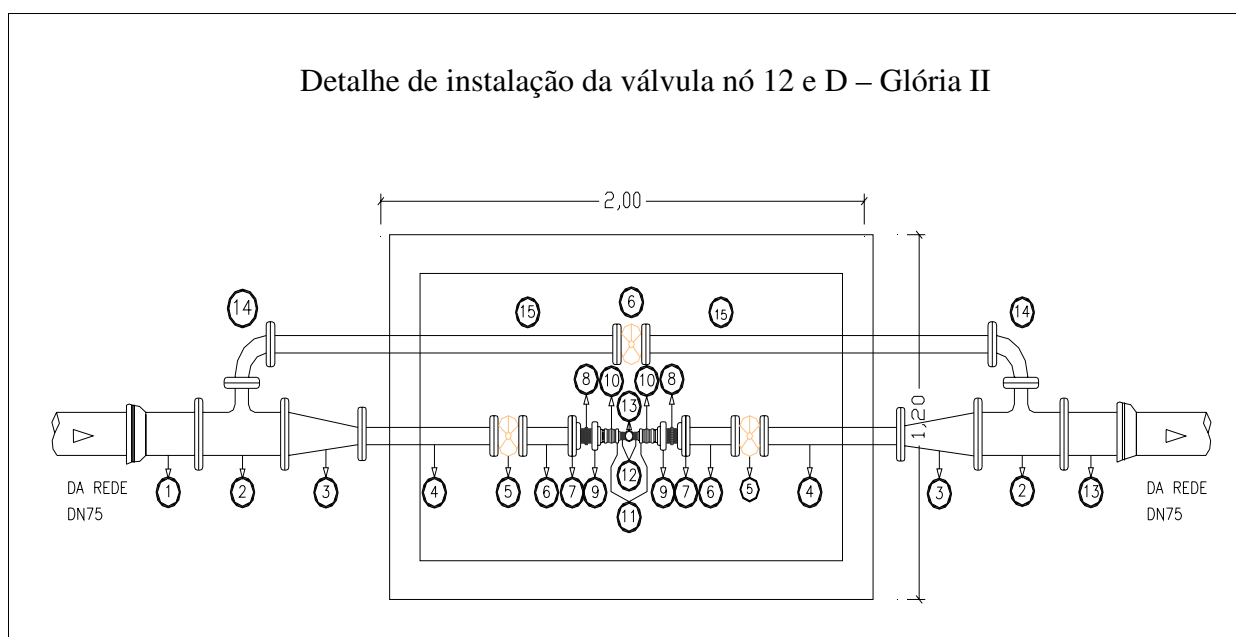


Figura 4.9 – Sistema de instalação das válvulas redutoras de pressão

4.7 - Parâmetros de projeto

Os valores adotados para o cálculo das vazões do sistema de abastecimento de água foram os adiante descritos (CAGEPA, 2003b):

Quota per capita (q) – considerando-se 25 % de perdas	150 l/hab dia
Taxa de ocupação	4 hab / domicílio
Coeficientes de variação de consumo:	
Coeficiente do dia de maior consumo (K_1)	1,20
Coeficiente da hora de maior consumo (K_2)	1,50

4.8 – O Sistema de esgotamento sanitário proposto

A falta de serviços de saneamento básico, como sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, contribui para aumentar os riscos da população de contrair doenças de veiculação hídrica pelo contato direto ou indireto com os esgotos *in natura* que, comumente, correm a céu aberto, refletindo diretamente na qualidade de vida dessas comunidades.

O projeto propõe a implantação da rede de esgotamento sanitário, do tipo convencional nos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II, com extensão de 7663 metros, beneficiando uma população 2680 habitantes, conforme ilustrado na Figura 4.10.

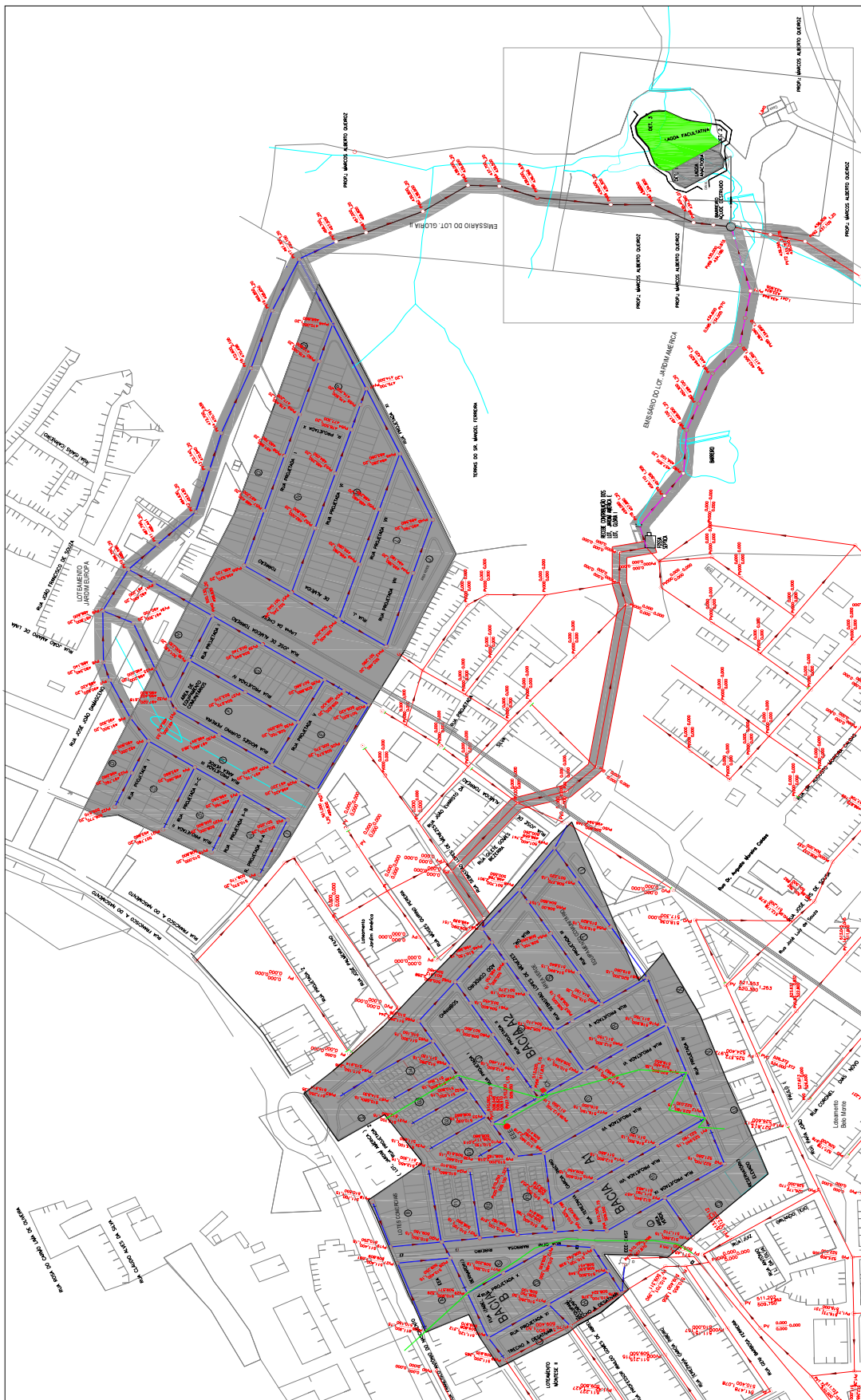
Para a elaboração do projeto foram levados em consideração alguns parâmetros, dentre os quais, a densidade populacional e o limite de hidrobasias.

4.8.1 - Projeto proposto

O projeto beneficiará as famílias relocadas da Favela da Cachoeira. A rede projetada é do tipo convencional em tubos de PVC VINILFORT com diâmetro mínimo de 150mm, que conduzirá as águas residuárias até o emissário, por gravidade, e este, à estação de tratamento de esgotos.

As ligações domiciliares foram implantadas através de caixas de inspeção pré-moldadas nas calçadas com diâmetro de 0,60 m e interligadas à rede por meio de tubos de PVC VINILFORT com diâmetro DN 100mm e selim de PVC.

As ligações intra-domiciliares foram executadas em tubos de PVC rígido DN 100 mm numa extensão média de 10,00 m por residência e caixa de inspeção pré-moldada com diâmetro de 0,40 m.



† Figura 4.10 - Sistema de coleta, transporte e tratamento de esgotos dos Conjuntos Glória I e Glória II.

4.8.2 - Dimensionamento da Rede

Para o dimensionamento da rede foram adotados os seguintes critérios:

- A contribuição dos esgotos foi determinada com base no consumo de água previsto, acrescida de uma parcela correspondente a prováveis infiltrações nas tubulações, de 0,0005 l/s.m;
- A seção útil de cada coletor foi dimensionada pelo clássico método das vazões de contribuição obedecendo aos limites de lâminas e velocidades recomendados na NBR 9.649/86 da ABNT, sendo considerado, para cada trecho, o número atual e futuro de fachada de contribuintes;
- A população da área beneficiada foi calculada com base no número de residências com 4,0 habitantes, em média, por domicílio;
- A contribuição doméstica para cada fachada beneficiada foi calculada pela fórmula:

$$Q_{esg} = \frac{p \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot c}{86400}$$

onde,

Q_{esg} = vazão a esgotar (l/s)

c = relação esgoto/água = 0,85

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo = 1,2

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo = 1,5

q = *per capita* de consumo d'água = 150 l/hab.dia

p = população a ser beneficiada

A vazão de distribuição de esgotos ao longo de cada coletor foi calculada por:

$$Tx = \frac{Q_{esg}}{L} + Q_{inf}$$

onde,

Tx = vazão de distribuição de esgotos (l/s.m)

Q_{esg} = vazão a esgotar (l/s)

Q_{inf} = vazão de infiltração (l/s.m) = 0,0005 l/s.m

L = comprimento da rede (m)

4.9 – Sistema de tratamento de esgotos proposto para os Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.

O sistema, em implantação, conta com um tratamento preliminar composto por grade e caixa de areia, ilustrado na Figura 4.11. A calha parshall com garganta de 15,4cm, situada a jusante do desarenador, projetada para uma vazão máxima de 18,6 l/s, permitirá a monitoração das vazões afluentes do sistema. Duas lagoas, uma anaeróbia, alimentada por um tubo de ferro fundido DN 250mm conforme ilustrado na Figura 4.12, e uma facultativa secundária, em série, caracterizadas nas Tabelas 4.5 e 4.6, completam o sistema, ilustrado na Figura 4.13, cujo efluente tratado após passar pelo vertedor triangular é lançado no riacho Cardoso, conforme ilustrado nas Figuras 4.14 e 4.15.

Tabela 4.5 - Características físicas das lagoas do sistema de tratamento.

Lagoas	Dimensões (m)			Área (m ²)	Volume (m ³)
	Comprimento	Largura	Profundidade		
Anaeróbia	variável	variável	3,50	1020	3570
Facultativa	variável	variável	2,00	3362	6724

Fonte: CAGEPA, 2003b.



Figura 4.11 – Tratamento preliminar



Figura 4.12 – Alimentação da lagoa anaeróbia.



Figura 4.13 – Vista geral das lagoas que compõem sistema de tratamento de esgotos



Figura 4.14 – Efluente escoando pelo vertedor triangular



Figura 4.15 – Efluente desaguando no riacho Cardoso

Tabela 4.6 - Características operacionais, de projeto, do sistema de tratamento.

Lagoas	Vazão média do afluente (m ³ /dia)	TDH (dia)	Carga de DBO ₅	
			Superficial (kgDBO ₅ /ha.dia)	Volumétrica (gDBO ₅ /m ³ .dia)
Anaeróbia	1019,52	3,5	-	-
Facultativa	1019,52	6	410	-

Fonte: CAGEPA, 2003b.

4.10 – Análise estatística

Foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov a todas as amostras a fim de verificar-se a distribuição dos dados, sendo utilizado para tal, o programa de estatística SPSS para Windows.

A fim de verificar-se a existência de valores que não fazem parte do conjunto de dados, foi aplicado o teste de Grubbs (Sokal & Rohlf, 1981).

A análise de variância ANOVA (fator único) também foi aplicada ao conjunto dados com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre a média dos consumos horários e consumos diários. Esta análise fornece os elementos F, F_{crítico} e P que mostram a existência de diferenças significativas para (F>F_c), (P<0,05) ou não, para (F<F_c), (P>0,05). Quando se trata de um conjunto de dados com apenas um grau de liberdade entre os grupos, a simples observação do valor de F é suficiente para explicar a existência de diferença significativa entre os grupos de dados. Por outro lado, quando o conjunto de dados possui dois ou mais graus de liberdade entre os grupos, é imprescindível à utilização de um método que demonstre a comparação simultânea entre as várias médias (SOKAL & ROHLF, 1981, 1995), a fim de se verificar em que grupo existe ou não diferença significativa. Neste trabalho foi utilizado o método gráfico do GT-2.

A análise de parâmetros estatísticos descritivos dos consumos, bem como a análise de variância, foi realizada mediante o uso da planilha eletrônica do Microsoft Excel 2003.

CAPÍTULO 5

5.0 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente faz-se necessário estabelecer que todos os conjuntos de dados analisados neste trabalho apresentaram distribuição normal, não sendo necessária a utilização de artifícios matemáticos, como a aplicação de transformação aos dados, para normalizar as variáveis estudadas.

5.1 – Dados de consumo

Entre os dias 02 de novembro de 2006 e 31 de janeiro de 2007, período tipicamente de estiagem na região em que se situa a cidade de Campina Grande, foram obtidas 4152 leituras de consumo de água potável e entre os dias 09 de janeiro e 10 de fevereiro de 2007, 744 leituras de vazão de contribuição de esgoto para, com base nesses conjuntos de dados, estudar as tendências das estimativas do consumo *per capita* (q), do coeficiente do dia de maior consumo (K_1), do coeficiente da hora de maior consumo (K_2), e do coeficiente de retorno esgoto/água (C), para os bairros estudados.

5.2 – Análise dos dados referentes ao Conjunto Habitacional Glória I

5.2.1 – Perfil do consumo médio horário encontrado para os meses estudados

A Figura 5.1 ilustra a evolução do consumo médio horário ao longo do ciclo diário para os meses de novembro 2006, dezembro 2006 e janeiro 2007, bem como para a totalidade do período (novembro 2006 a janeiro 2007) estudado. Para cada mês, os dados de consumo referentes às medidas feitas em cada horário particular constituíram uma sub-amostra de dados cuja média aritmética foi utilizada para representar o consumo naquele determinado horário particular. A comparação das curvas de consumo, hora a hora, para os três meses

estudados permite verificar uma grande similaridade, em termos de valores, particularmente no intervalo entre as 18 e às 4 horas da manhã. Mas, é perceptível que os consumos horários do mês de dezembro tenderam a ser maiores que os de novembro e janeiro podendo isto ter sido influenciado por fatores diversos, entre os quais um maior consumo por causa das festas de fim de ano, em dezembro, e uma tentativa de redução de consumo por parte da população, em janeiro, após o recebimento da primeira conta de água.

Os dados de consumo referentes às medidas obtidas em cada horário particular do ciclo diário ao longo da totalidade do período de amostragem constituíram uma sub-amostra cuja média aritmética foi usada para representar o consumo médio daquele determinado horário particular. A curva obtida para representar o consumo médio ao longo do período todo apresenta um perfil bastante representativo de cada um dos meses analisados.

Analisando o perfil de consumo médio horário referente ao período total, verifica-se que o mesmo se inicia partindo do valor nulo nas três primeiras horas do dia, entra numa curva ascendente, atingindo seu valor máximo ($10,6\text{m}^3$) às 11 horas, valor este que está associado ao horário que antecede o almoço, passando, a partir desse horário, a configurar uma curva descendente, até as 16 horas, quando se inicia, novamente, um período de ascensão, em virtude do preparo da próxima refeição do dia e prática dos hábitos de higiene que antecedem o horário de descanso da população, voltando a decair até as 24 horas, quando se inicia um novo ciclo.

O conjunto de todas as sub-amostras de dados de consumo médio horário foi submetido à análise de variância [ANOVA (fator único)], ao nível de significância de 5%, cujos resultados demonstraram a existência de diferenças significativas ($F > F_{\text{crítico}}$), conforme pode ser observado na Tabela 5.1. Essa constatação, no entanto, não é suficiente para demonstrar que um determinado consumo horário é significativamente diferente de um outro consumo horário particular, isto é, a resposta da ANOVA apenas indica a existência de diferenças significativas podendo, dentro do conjunto de dados existirem subconjuntos onde os consumos não apresentam diferenças significativas. A demonstração de diferenças significativas e igualdades estatísticas pode ser feita com base no método gráfico GT-2 (Sokal & Rohlf, 1995), conforme ilustrado na Figura 5.2, através da qual uma igualdade entre um par de valores médios de consumo é demonstrada pela intercessão dos respectivos intervalos de comparação e uma diferença significativa fica evidenciada pela não intercessão.

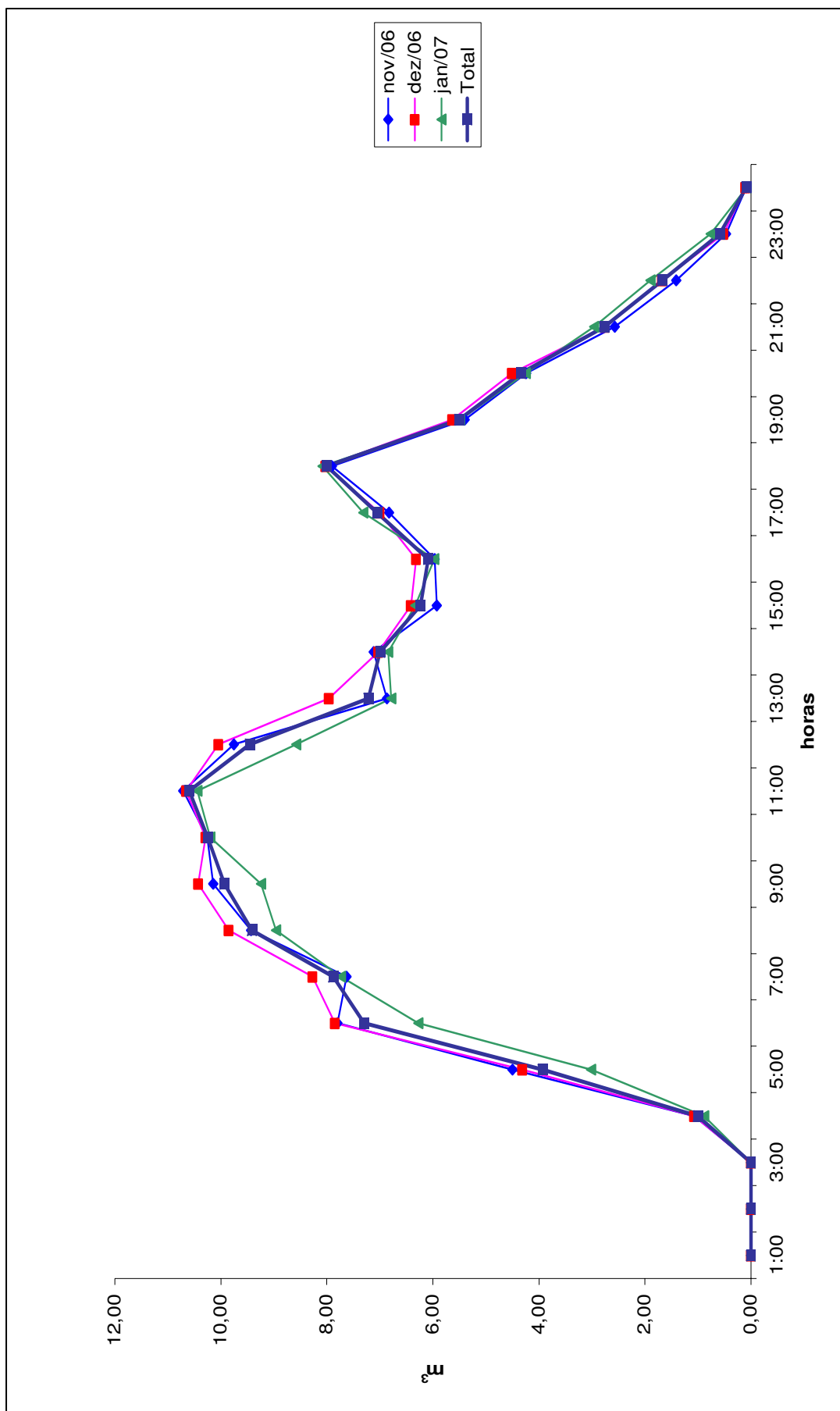


Figura 5.1- Perfil de consumo médio horário do período estudado do Conjunto Habitacional Glória I

Tabela 5.1 - Resumo da análise de variância ANOVA (fator único) aplicada aos dados de consumo médio horário ao longo de todo o período experimental (02 de novembro de 2006 a 31 de janeiro de 2007).

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	28367,32	23	1233,362	957,2417	0	1,534254
Dentro dos grupos	2783,06	2160	1,288454			
Total	31150,38	2183				

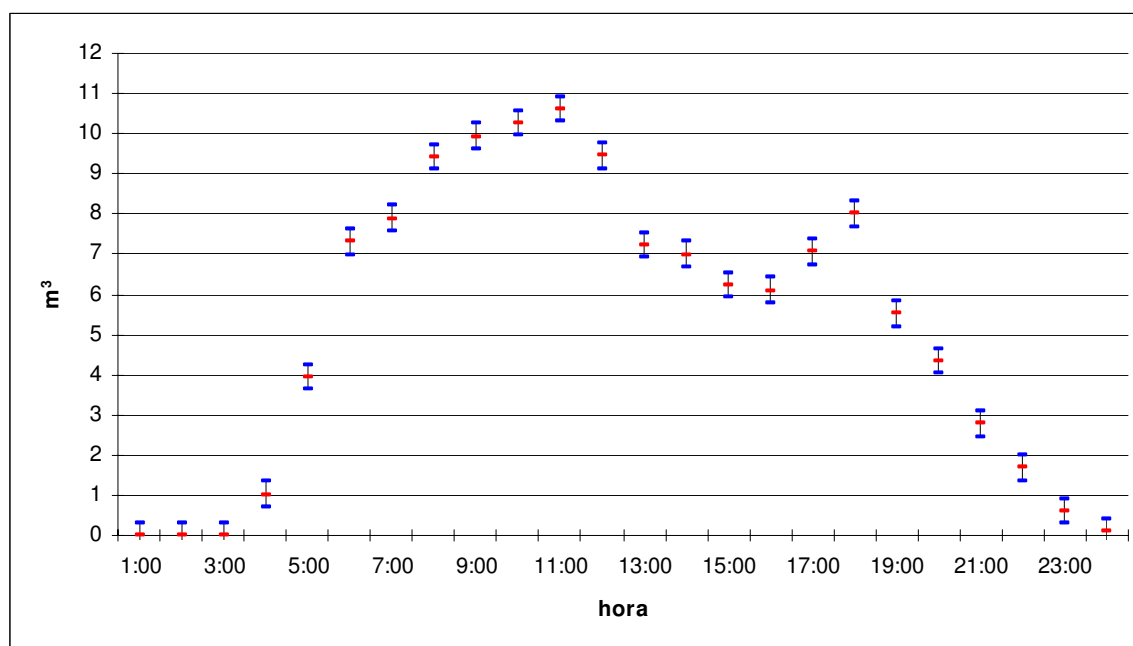


Figura 5.2 - Gráfico GT-2 do consumo horário do Conjunto Habitacional Glória I

5.2.2 - Consumo *per capita* estimado para a totalidade do período estudado

Para o período total de noventa e um dias, foram efetuadas 2184 leituras horárias, no macro medidor instalado na saída do reservatório de distribuição, cujo valor médio de consumo diário calculado a partir das leituras, foi de 126308,00 litros que dividido pela população, 1410 habitantes, proporcionou um valor médio para o consumo *per capita* de 89,58 l/hab.dia, que se situa abaixo do valor de projeto, que é de 120 l/hab.dia, sem considerar as perdas prevista para o sistema, 25% (CAGEPA, 2003b). O desvio padrão encontrado foi de 4,60 l/hab.dia, com consumo *per capita* máximo de 103,09 l/hab.dia, registrado numa sexta-feira, dia 22 de dezembro de 2006, e mínimo de 74,11 l/hab.dia, registrado numa quarta-feira, dia 17 de Janeiro de 2007. As Figuras 5.3 e 5.4 mostram os perfis do consumo diário e do consumo *per capita*, respectivamente, durante o período de estudo.

Analisando o perfil de consumo diário ao longo do período de leitura, o mesmo não apresenta diferenças significativas de um dia para o outro, conforme pode ser observado na Figura 5.5 (construída com base nos intervalos de comparação estimados pelo método GT-2), tendo em vista que os hábitos de consumo no cotidiano da população não se modificam significativamente.

Levando em consideração que os três meses que compõem o período estudado fazem parte de uma mesma estação do ano, o verão, a estação quente, os consumos médios de cada mês também se mostraram semelhantes, com pequenas oscilações em suas magnitudes. É possível presumir que na estação chuvosa, o perfil de consumo diário seja semelhante quanto à forma, porém, os valores de consumo devem ser inferiores aos registrados no verão.

Analisando o consumo *per capita* observamos que o mesmo mostra-se abaixo do valor projetado, 120 l/hab.dia, (CAGEPA, 2003b). Atribui-se tal fato às características da população beneficiada no que diz respeito à renda familiar e grau de instrução. Deve ser considerado, ainda, que a população no seu ambiente de origem não dispunha de serviços de saneamento convencionais adequados, havendo a necessidade de adaptação ao uso da infraestrutura colocada à sua disposição. É possível uma tendência de crescimento do consumo *per capita*, com esta adaptação, bem como com a integração da população num convívio social mais adequado e uma possível melhora, a médio e longo prazo, da renda familiar.

No entanto, vale salientar, que no Capítulo 3 seção 3.4, deste trabalho, foi referido que o Engenheiro Sanitarista Saturnino de Brito, sugeriu o valor de 77 l/hab.dia para o consumo mínimo de água para fins domésticos (FUNDAÇÃO SESP..., 1985), e considerando que a população com suas características, já citadas, tende a praticar um consumo estritamente de primeira necessidade, leva a crer que, no presente o consumo *per capita* encontrado, revela o consumo real necessário para o suprimento das necessidades da população do Conjunto Habitacional Glória I.

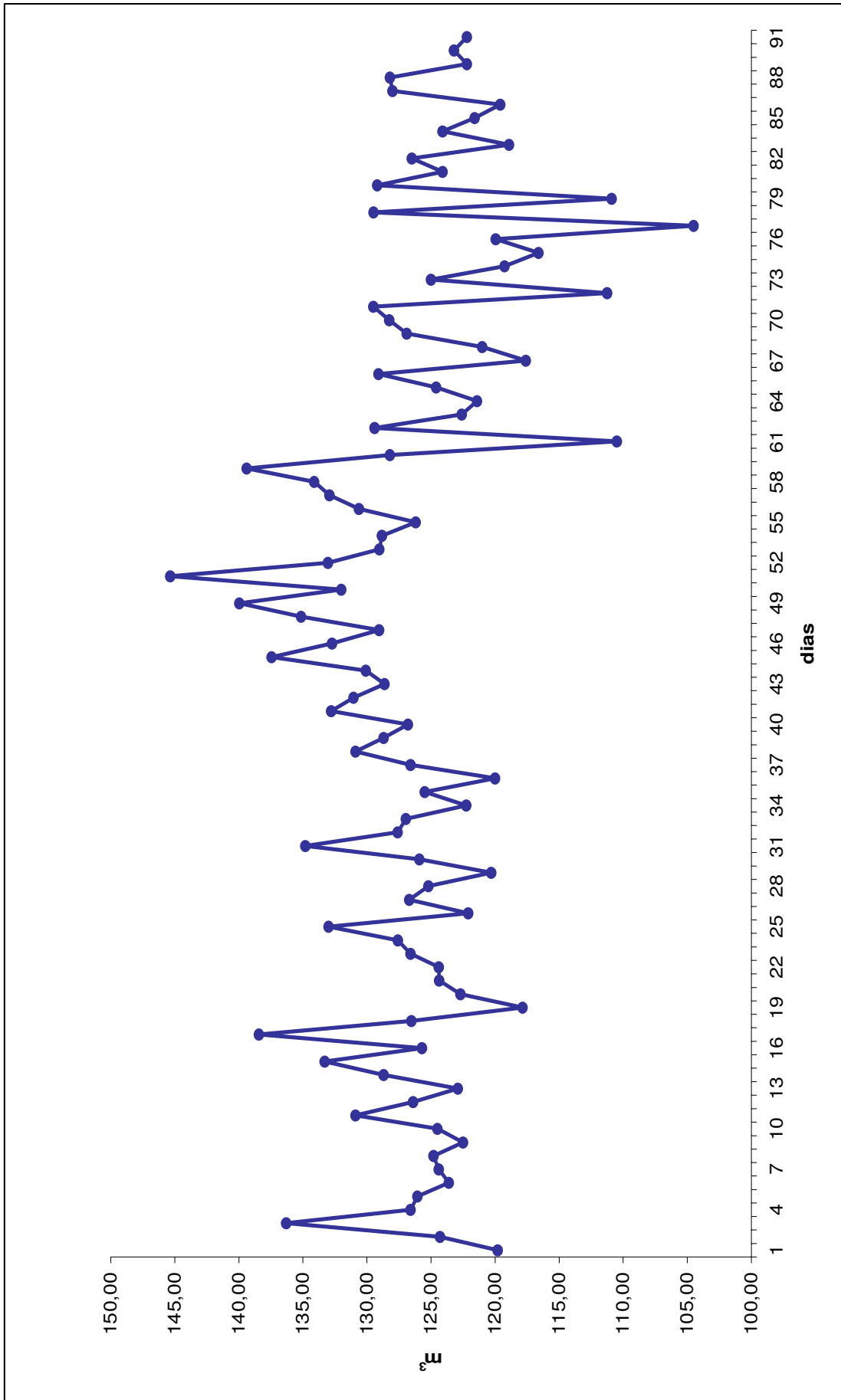


Figura 5.3 - Perfil de consumo diário do período estudado do Conjunto Habitacional Glória I

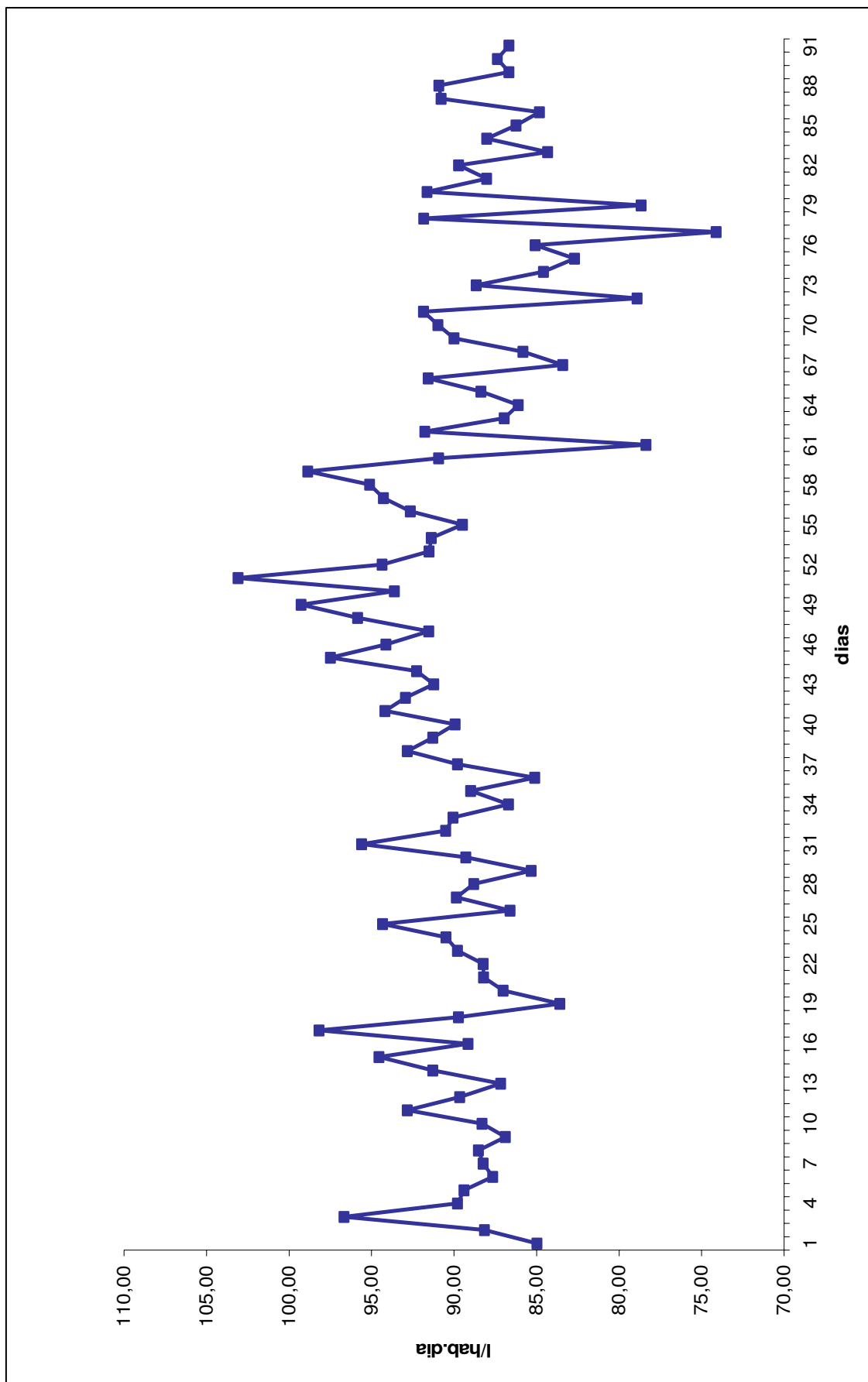


Figura 5.4 - Perfil de consumo *per capita* médio do período estudado do Conjunto Habitacional Glória I

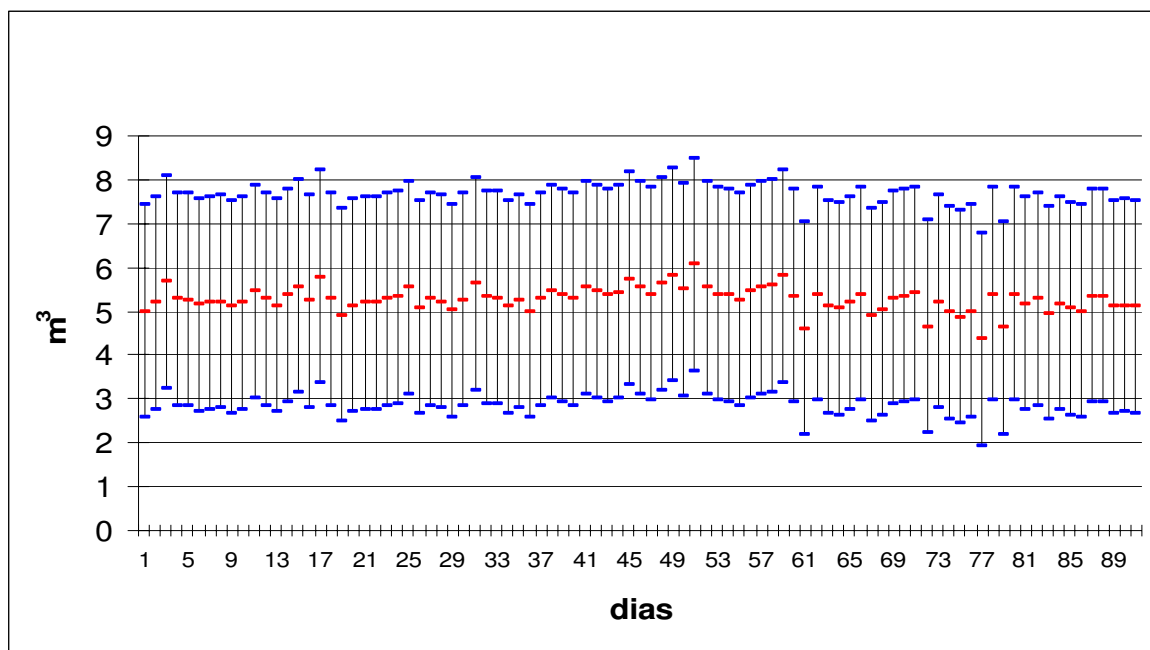


Figura 5.5 - Gráfico GT-2 do consumo diário do Conjunto Habitacional Glória I

5.2.3 – Estimativa de tendência do coeficiente do dia de maior consumo (K_1)

O valor do consumo máximo diário encontrado, $145,35\text{m}^3/\text{dia}$, no período de estudo ocorreu numa sexta feira, dia 15 de dezembro de 2006, e o consumo médio diário relativo ao período de estudo, 91 dias, foi de $126,31\text{m}^3/\text{dia}$. Conceitualmente, dividindo-se o valor do consumo máximo diário pelo valor do consumo médio diário do período encontra-se o valor para K_1 de 1,15. Levando-se em consideração os intervalos citados na literatura e os valores adotados em projetos para os valores de K_1 , pode-se concluir que o valor encontrado está dentro do esperado.

5.2.4 – Estimativa de tendência do coeficiente da hora de maior consumo (K_2)

O valor do maior consumo horário, $14,28\text{ m}^3/\text{h}$, ocorrido no período de estudo, ocorreu também no dia 15 de dezembro de 2006, às 10:00 horas, e o consumo médio do dia de maior consumo foi de $6,06\text{m}^3/\text{dia}$. Por definição, dividindo-se o valor do consumo máximo horário pelo valor do consumo médio do dia de maior consumo, encontra-se o valor para K_2 de 2,36. Analogamente, considerando os intervalos de valores constantes na literatura, e os valores recomendados para projetos, o valor encontrado para K_2 pode ser considerado aceitável. Acredita-se que, a população habituando-se aos serviços de saneamento básico a

sua disposição, os picos de consumo devem ser amenizados, e o valor de K_2 tenderá a assumir valores menores.

5.3 – Análise dos dados referentes ao Conjunto Habitacional Glória II

5.3.1 – Perfil do consumo médio horário encontrado para os meses estudados

No Conjunto Habitacional Glória II, foram realizados apenas dois meses de leituras, dezembro de 2006 e janeiro de 2007, tendo em vista que, só no final de novembro foram oferecidas as condições para instalação do macro-medidor no alimentador que abastece a rede de distribuição.

A análise do perfil de consumo médio horário, ao longo do dia (Figura 5.6), de cada mês estudado, permite observar grande similaridade entre seus comportamentos.

No mês de dezembro de 2006, o consumo mostrou uma curva ascendente até às 10 horas, tornando-se descendente até às 11 horas, e novamente ascendendo até as 12 horas, caracterizando um intervalo com comportamento atípico, pois nestes horários, geralmente, o consumo, após atingir o pico, entra em decréscimo até, por volta das 16 horas, quando se inicia um novo período de ascendência até as 18 horas, decrescendo até as 24 horas.

O perfil de consumo do mês de janeiro de 2007 apresentou-se isomorfo ao perfil do mês de dezembro. No entanto, ao contrário do consumo registrado no mês anterior, iniciou-se com valor não nulo, podendo tal fato ser atribuído à passagem do ano novo e também em virtude do mês de janeiro, geralmente, ser um mês de férias podendo levar a população a modificar, em tanto, os hábitos do cotidiano, como, por exemplo, retardando o horário de dormir.

Pode ser observado, ainda, que no mês de janeiro o consumo apresentou-se inferior ao do mês de dezembro. Analogamente ao que foi argumentado na análise dos dados de consumo do Conjunto Glória I, isso pode ser atribuído ao recebimento, pela população, da primeira conta de água, inibindo o consumo do mês seguinte, bem como o fim dos festejos natalinos, no mês de dezembro.

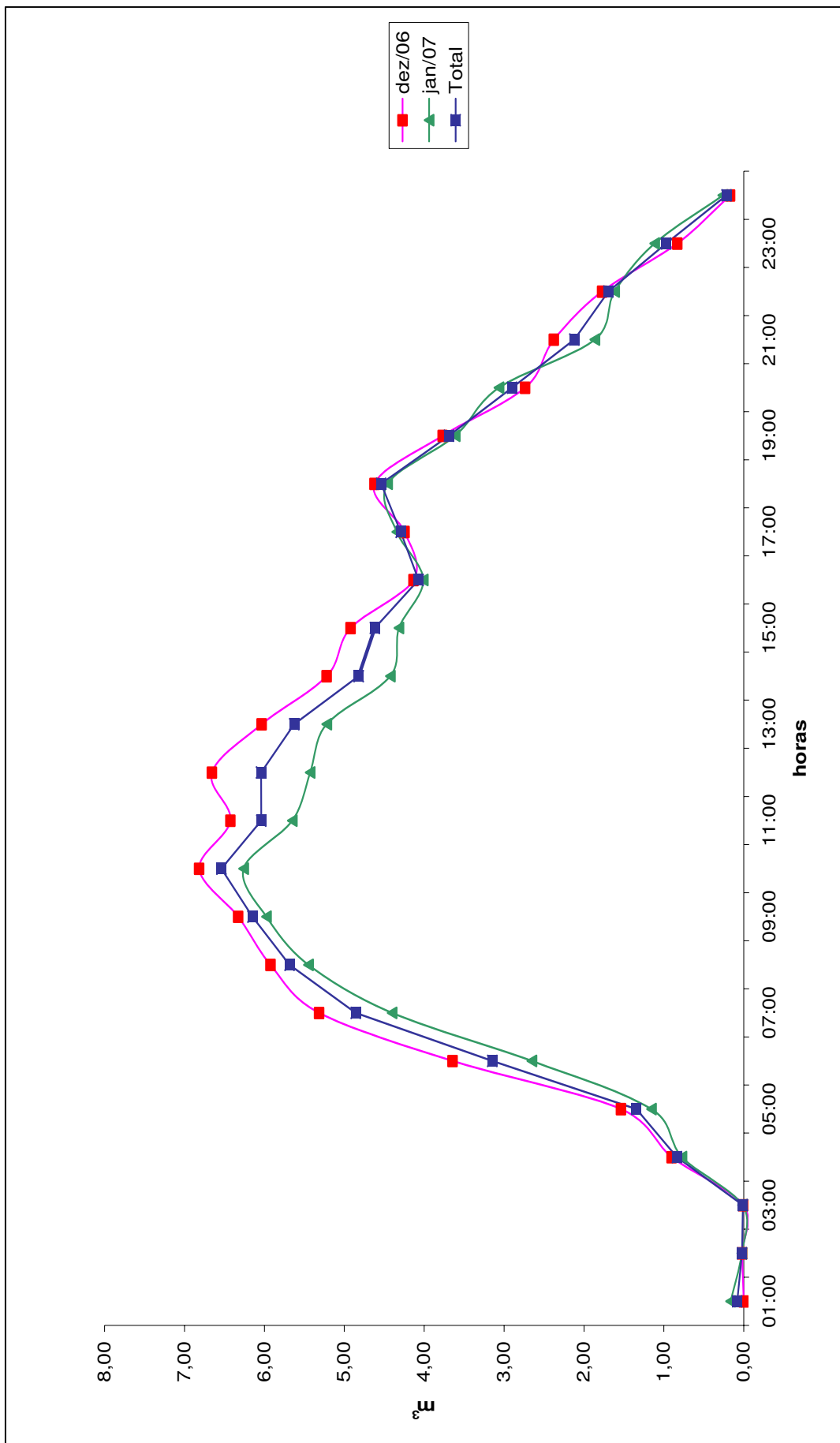


Figura 5.6 - Perfil de consumo médio horário do Conjunto Habitacional Glória II

Analisando o perfil total de consumo médio horário, ao longo do dia, ou seja, dos 62 dias de leitura, o mesmo se inicia partindo de um valor não nulo, decrescendo até as 03 horas, tornando-se uma curva ascendente, atingindo seu valor máximo (6,54 m³/h) às 10 horas, valor este que está associado ao horário que antecede o almoço, passando, a partir deste horário, a configurar uma curva descendente, até as 16 horas, quando se inicia, novamente, um período de ascensão em virtude do preparo da próxima refeição do dia e prática dos hábitos de higiene que antecedem o horário de descanso da população, voltando a decair até as 24 horas quando se inicia um novo ciclo.

O conjunto de todos os dados de consumo médio horário foi subdividido em subamostras, hora a hora, sendo tais sub-conjuntos comparados pela aplicação da análise de variância [ANOVA (fator único)], ao nível de significância de 5%. Tal análise comparativa revelou a existência de diferenças significativas ($F > F_{\text{crítico}}$), conforme pode ser observado na Tabela 5.2. No entanto, dentro do conjunto de dados existem subconjuntos que não apresentam diferença significativa entre si, conforme pode ser observado na Figura 5.7.

Tabela 5.2 - Resumo da análise de variância ANOVA (fator único) aplicada aos dados de consumo médio horário.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	7150,246	23	310,8803	293,3384	0	1,536639
Dentro dos grupos	1551,548	1464	1,059801			
Total	8701,795	1487				

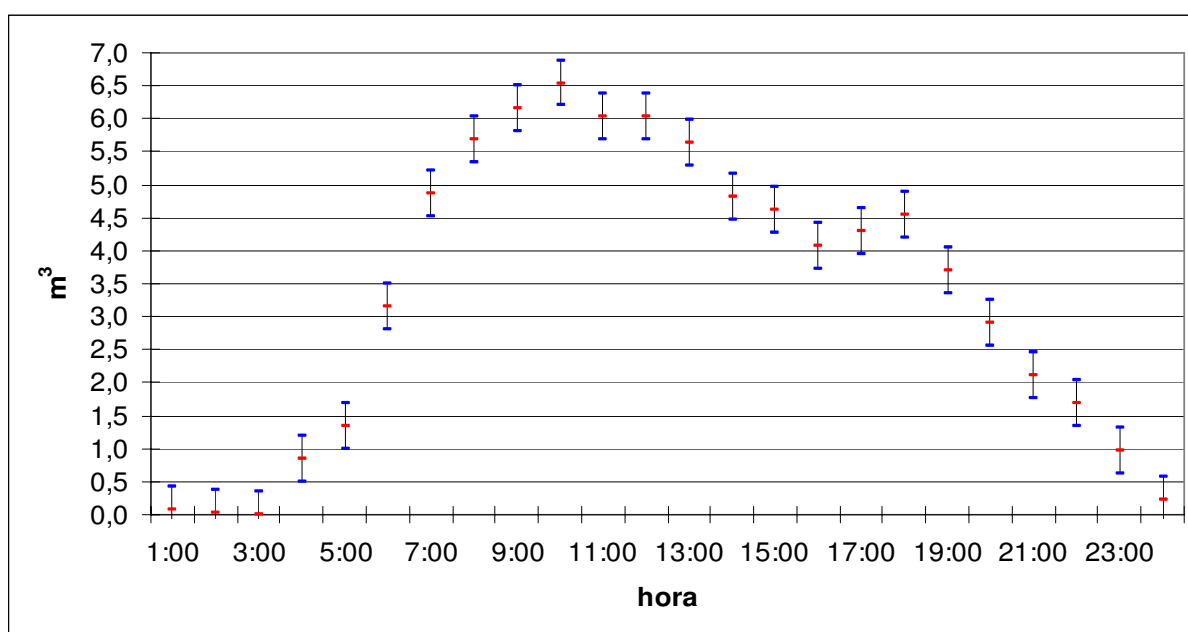


Figura 5.7 - Gráfico GT-2 do consumo horário do Conjunto Habitacional Glória II

5.3.2- Consumo *per capita* encontrado para a totalidade do período estudado.

Para o período total de sessenta e dois dias, o valor de 1488 leituras, efetuadas no macro-medidor instalado no alimentador da rede de distribuição, cujo valor médio de consumo diário calculado a partir das leituras, foi de 80058,00 litros que dividido pela população, 894 habitantes, proporcionou um valor médio para o consumo *per capita* de 89,55 l/hab.dia. Este valor encontrado situa-se abaixo do valor de projeto, 120 l/hab.dia, sem considerar as perdas prevista para o sistema, 25% (CAGEPA, 2003b). O desvio padrão encontrado foi de 10,83l/hab.dia, com consumo máximo de 112,15 l/hab.dia, registrado numa sexta-feira, dia 05 de janeiro de 2007, e mínimo de 69,50 l/hab.dia, registrado numa segunda-feira, dia 01 de janeiro. As Figuras 5.8 e 5.9 mostram os perfis do consumo diário e do consumo *per capita*, respectivamente, durante o período de estudo.

Analisando o perfil de consumo diário ao longo do período de leitura, o mesmo não apresenta diferenças significativas de um dia para o outro, conforme pode ser observado na Figura 5.10 (construída com base nos intervalos de comparação estimados pelo método GT-2), tendo em vista que os hábitos de consumo no cotidiano da população não se modificam significativamente.

Levando em consideração que os dois meses que compõem o período estudado fazem parte de uma mesma estação do ano, o verão, a estação quente, os consumos médios de cada mês também se mostraram equivalentes, com pequenas oscilações em suas magnitudes. É provável que na estação chuvosa, o perfil de consumo diário seja semelhante, porém, os valores de consumo devem ser inferiores aos registrados no verão.

5.3.3 – Estimativa de tendência do coeficiente do dia de maior consumo (K_1)

O valor do consumo máximo diário encontrado, 100,60m³/dia, no período de estudo ocorreu numa sexta-feira, dia 05 de janeiro de 2007, e o consumo médio diário relativo ao período de estudo, 62 dias, foi de 80,32 m³/dia. Conceitualmente, dividindo-se o valor do consumo máximo diário pelo valor do consumo médio diário do período, encontra-se um valor para K_1 de 1,25. Observando-se os intervalos citados na literatura e os valores adotados em projetos para K_1 , podemos concluir que o valor encontrado está dentro do esperado.

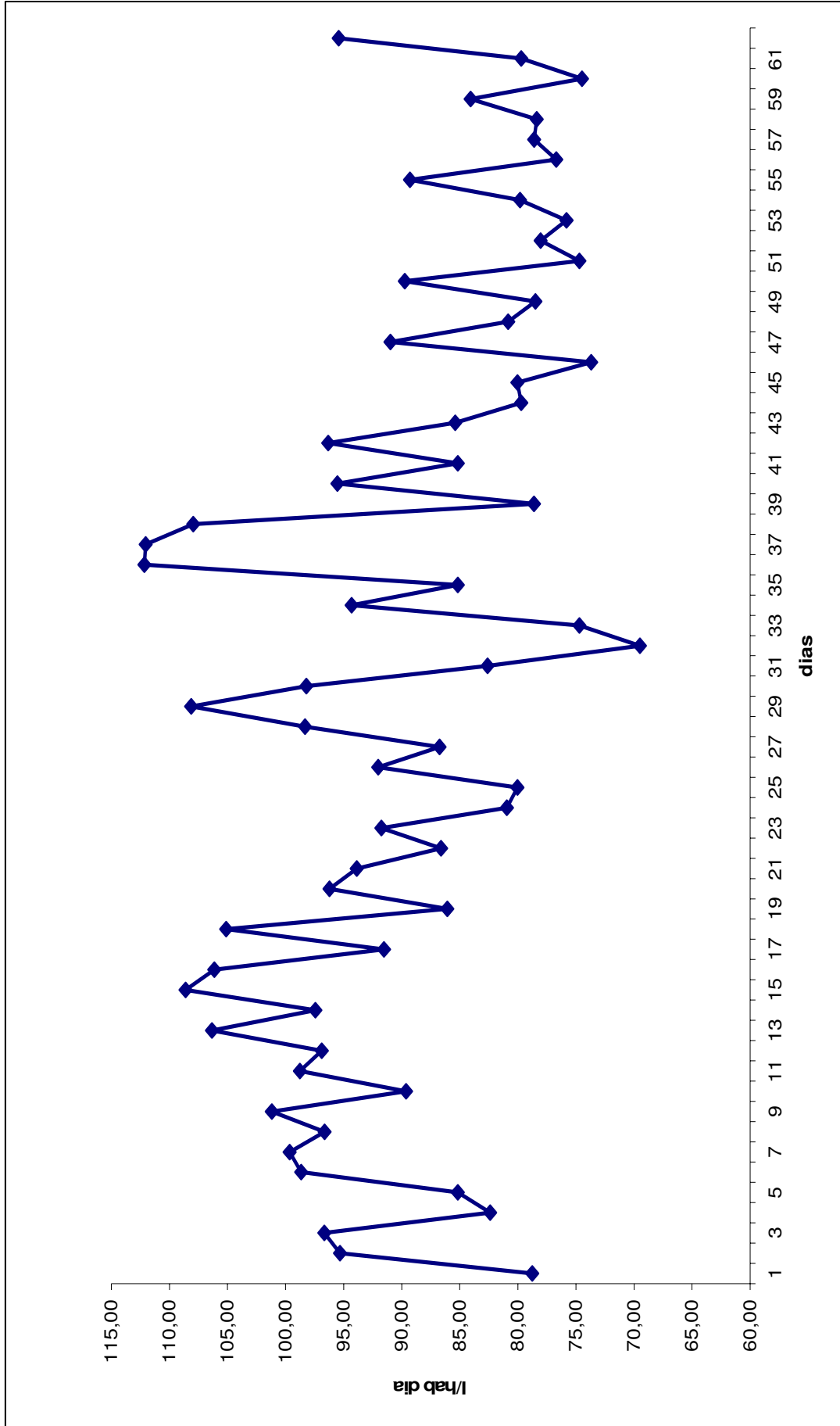


Figura 5.8 - Perfil de consumo *per capita* médio do Conjunto Habitacional Glória II

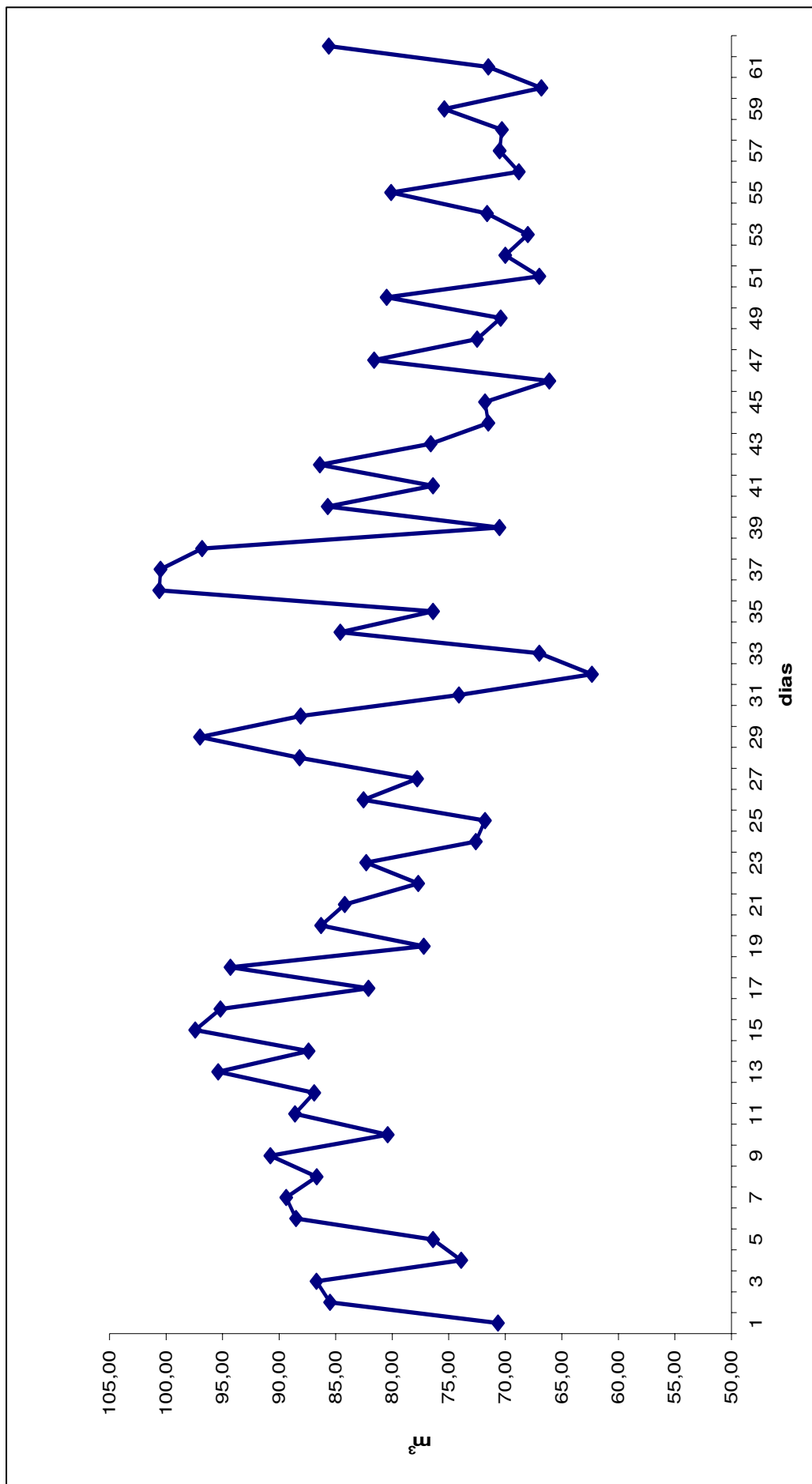


Figura 5.9 - Perfil de consumo diário do Conjunto Habitacional Glória II

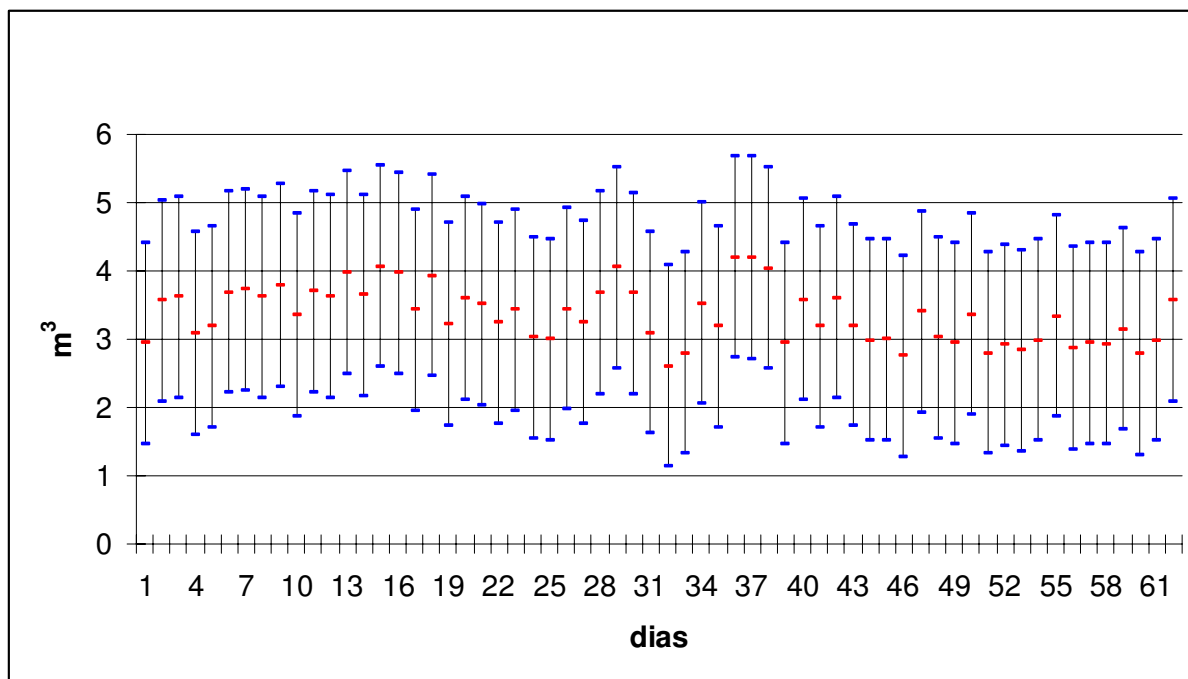


Figura 5.10 - Gráfico GT-2 do consumo médio diário do Conjunto Habitacional Glória II

5.3.4 – Estimativa de tendência do coeficiente da hora de maior consumo (K_2)

O valor do maior consumo horário, $10,10 \text{ m}^3/\text{h}$, ocorrido no período de estudo, se deu numa quarta-feira, 13 de dezembro de 2007, as 10:00 horas, e o consumo médio do dia de maior consumo foi de $4,19 \text{ m}^3/\text{h}$. Por definição, dividindo-se o valor do consumo máximo horário pelo valor do consumo médio do dia de maior consumo, encontra-se um valor para K_2 de 2,41. Considerando os valores adotados para projetos no Brasil, verifica-se que o valor encontrado para K_2 encontra-se acima dos valores recomendados por alguns autores, no entanto, encontra-se dentro da faixa de valores obtidos em sistemas de abastecimento de água funcionando há vários anos Tabela 3.8, portanto, o valor pode ser considerado dentro da normalidade.

5.4 - Análise dos dados referente ao consumo médio horário dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II

A Figura 5.11 representa o comportamento do consumo médio horário da população dos conjuntos habitacionais. Observa-se que os perfis demonstram-se semelhantes, havendo diferenças no consumo em virtude do número de habitantes de cada conjunto. Pode-se

observar ainda que o maior consumo médio diário acontece às 11:00 horas no Glória I, enquanto que no Glória II ocorre às 10:00 horas. Nas primeiras quatro horas do dia e após os horários de pico, as semelhanças são mais perceptíveis. As semelhanças podem ser justificadas já que as características da população dos conjuntos são idênticas, mantendo-se um mesmo padrão de consumos, no que diz respeito ao consumo médio horário, diário e *per capita*.

5.5 – Análise dos dados referente à Contribuição de Esgotos dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II

As vazões referente a contribuição de esgotos dos conjuntos estudados, a principio, deveria ser medidas através de um medidor de vazão de contribuição de esgotos do tipo ultrassônico, já adquirido, que seria instalado na calha parshall que sucede a caixa de areia do tratamento preliminar localizado na entrada da Estação de Tratamento de Esgotos. No entanto, não foi possível sua instalação em virtude de não ter sido oferecida, até o momento, pela obra, as condições necessárias para instalação e operação do equipamento, ou seja, não foi concluída a implantação do tratamento preliminar nem as obras do muro de contorno da área da Estação de Tratamento. Nestas condições, optou-se em realizar as medições de vazão de contribuição de esgotos no vertedor triangular instalado na saída do efluente da Lagoa Facultativa.

5.5.1 - Cálculo da vazão de contribuição de esgotos (Q)

As medições de altura da lâmina no vertedor triangular iniciaram-se no dia 09 de janeiro e se prolongaram até o dia 09 de fevereiro, perfazendo um período de 32 dias de leitura, cuja altura (H) média foi de 6,7mm (0,067m). Assim:

$$Q = K \times H^n \quad \Leftrightarrow \quad Q = 1,4 \times H^{5/2}$$

$$Q = 1,4 \times (0,067)^{5/2}$$

$$Q = 0,0016 \text{ m}^3/\text{s} \quad \Leftrightarrow \quad Q = 5,86 \text{ m}^3/\text{h} \quad \Leftrightarrow \quad Q = 140,55 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Então, o volume de contribuição de esgoto (Vce) proporcionado foi de 4497,58 m³.

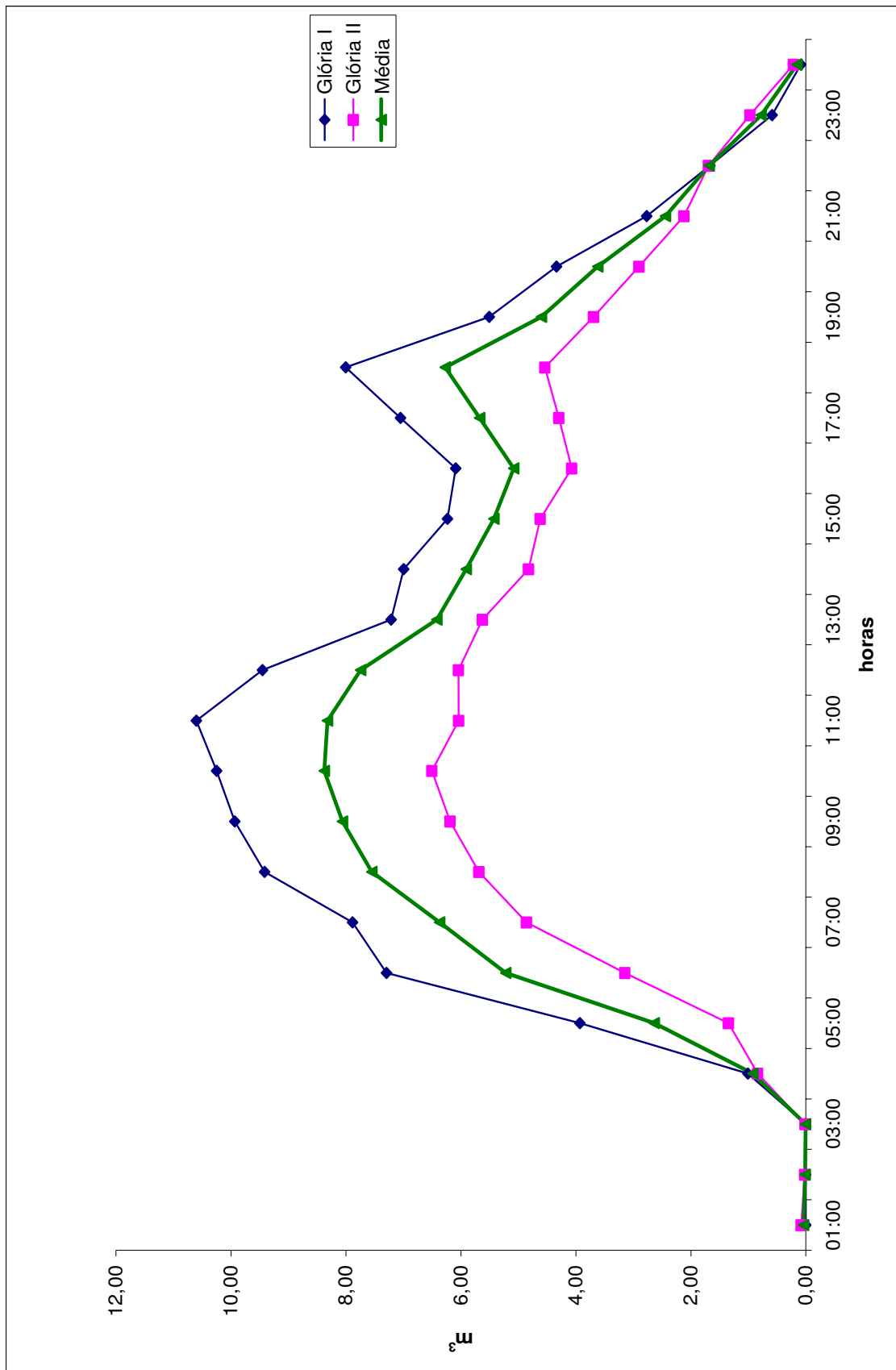


Figura 5.11 - Perfil de consumo médio horário dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II

5.5.2 – Cálculo da evaporação na área das lagoas anaeróbia e facultativa (Ev_t)

Como as medições de vazão foram efetuadas através do vertedor triangular instalado na saída da lagoa facultativa, fez-se necessário o cálculo da evaporação ocorrida na área útil das lagoas, com base em dados das Tabelas 4.5 e 5.3. Para isto, faz-se necessário esclarecer que as leituras foram efetuadas parte em Janeiro e parte em fevereiro, sendo imperativo proceder o cálculo da média ponderada dos valores de evaporação da Tabela 5.8, linha 7, com base na média histórica de trinta anos. Assim tem-se:

$$\text{Área útil total} = 1020 + 3362 = 4382\text{m}^2 \text{ (CAGEPA, 2003b).}$$

$$\text{Evaporação Média} = \frac{Ev_{Jan} \times 23 + Ev_{Fev} \times 9}{32} = \frac{147,10 \times 23 + 132,50 \times 9}{32} = 143\text{mm} = 0,143\text{m}$$

$$Ev_t = Ev_m \times Aut = 0,143\text{m} \times 4382 \text{ m}^2 = 626,63 \text{ m}^3$$

Onde:

Ev: Evaporação

Ev_m : Evaporação média

Aut: Área útil total

Tabela 5.3 - Dados climatológicos da cidade de Campina Grande, entre 1961 e 1990. (latitude: 07.13° S; longitude: 35.53° W)

Dados Meteorológicos	JANEIRO	FEVEREIRO
Pressão (hPa)	949.6	949.7
T. Média (°C)	23.9	25.0
T. Máxima (°C)	29.9	29.8
T. Mínima (°C)	20.0	20.0
Precipitação Média (mm)	40.9	54.6
Evaporação Média (mm)	147.1	132.5
Umidade Relativa Média (%)	79	72
Isolação Total (h)	238.9	203.0
Nebulosidade (0 – 10)	8	7
Radiação Solar Global Média ($\text{cal.cm}^{-1}.\text{dia}^{-1}$)	490.0	473.0

Fonte: INMET Normais Climatológicas (1961-1990)

5.5.3 – Volume de contribuição total

Para este estudo, o cálculo do volume de contribuição total depende da contribuição efetiva de esgoto, da evaporação, da precipitação e da infiltração. Foram considerados os

parâmetros de contribuição de esgotos e evaporação, tendo em vista que, segundo dados da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), não houve precipitação na área durante o período de estudo. Quanto à infiltração, as lagoas foram construídas em concreto ciclópico aditivado para tornar a estrutura estanque, e aplicado um selo com material adequado no fundo, tornando-o impermeável. Assim sendo o volume de contribuição total será:

$$V_{C_t} = V_{ce} + E_{v_t} = 4497,58 + 626,63 = 5124,21m^3.$$

5.5.4 – Cálculo do coeficiente de retorno (C).

Por definição, o coeficiente de retorno esgoto/água é dado pela relação:

$$C = \frac{\text{Volume de contribuição de esgotos}}{\text{Volume de consumo de água}}$$

Para o período estudado, o volume de contribuição total de esgoto foi de 5124,21m³, enquanto o volume de água consumido foi de 6321,67 m³. Desta forma, o coeficiente de retorno encontrado foi de 0,81. A Figura 5.12 representa o comportamento diário dos consumos médios e contribuições médias dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.

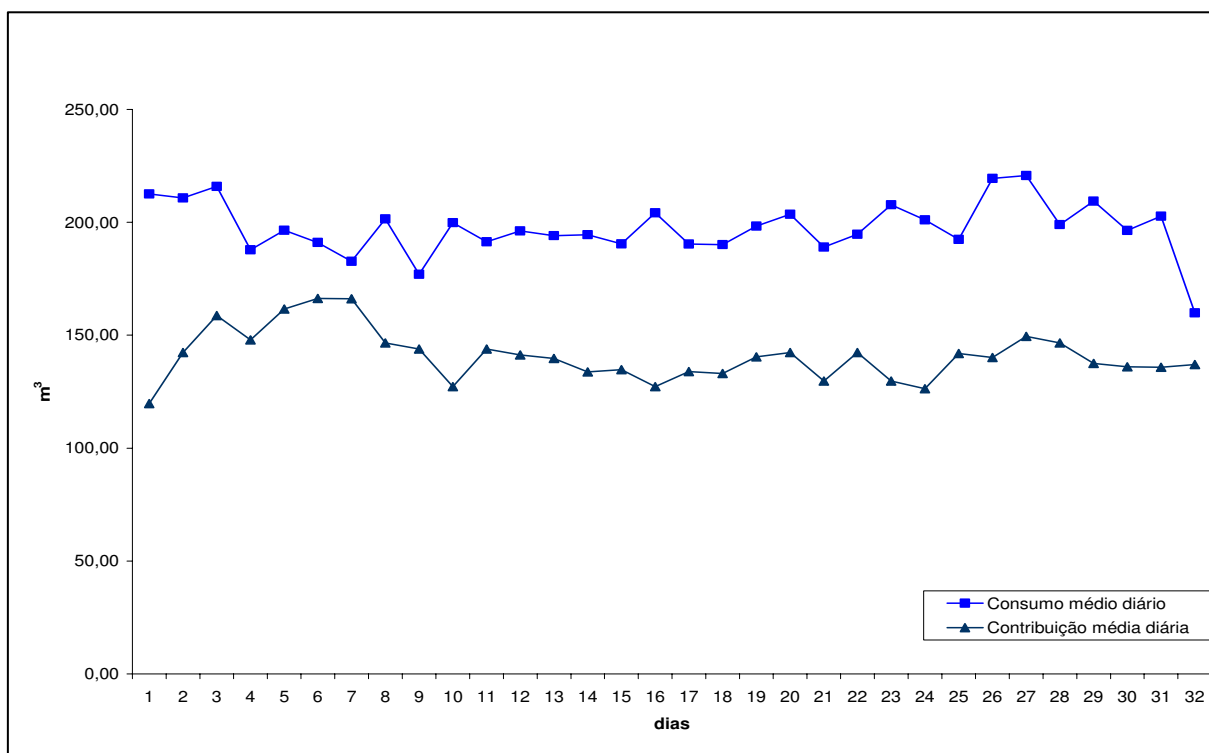


Figura 5.12 – Perfil de consumo médio diário de água e contribuição média diária de esgotos dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II.

CAPÍTULO 6

6.0 - DISCUSSÃO

6.1 - Sobre o consumo médio *per capita* dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II

No projeto do sistema de abastecimento de água dos conjuntos Glória I e Glória II, foi previsto um consumo *per capita*, preconizado pela Norma NB 587/1989 e recomendado na literatura, 120 l/hab.dia, para populações com características dos habitantes dos conjuntos em estudo, isto é, habitantes de baixa renda, baixo grau de escolaridade e moradores de imóvel de pequeno porte.

Apesar da estimativa do consumo médio *per capita* dos dois conjuntos terem sido praticamente iguais, 90 l/hab.dia, a Figura 6.1 mostra a dispersão dos valores dia-a-dia. Tal dispersão pode ser estimada matematicamente pelo desvio padrão, cujos valores são 4,60 e 10,83 l/hab.dia, para os conjuntos Glória I e Glória II, respectivamente. Isso pode ser justificado, tendo em vista que no conjunto Glória II a rede de distribuição está submetida a maiores variações de pressão, em virtude de a mesma estar interligada diretamente na rede de distribuição da Zona de Pressão B, do sistema de abastecimento de água da cidade de Campina Grande, mesmo estando instaladas na rede, duas válvulas redutoras de pressão, que reduzem as pressões, mas não evitam suas variações. Por outro lado, no conjunto Glória I, a rede de distribuição é alimentada a partir de um reservatório elevado projetado e construído especificamente para o abastecimento do conjunto, ficando a rede submetida a pequenas variações de pressão. Redes de distribuição submetidas a variações de pressão elevadas conduzem a consumos pontuais elevados, provocando distanciamento da média.

Apesar de no projeto técnico ter sido adotado o valor de 120l/hab.dia, para populações com as características supracitadas, o valor encontrado para o consumo médio *per capita* da população, 90 l/hab.dia, se aproxima do valor de 100 l/hab.dia, recomendado pela antiga

Fundação SESP e pelo Ministério da Saúde, para populações de até 6000 habitantes (MANUAL...,1999).

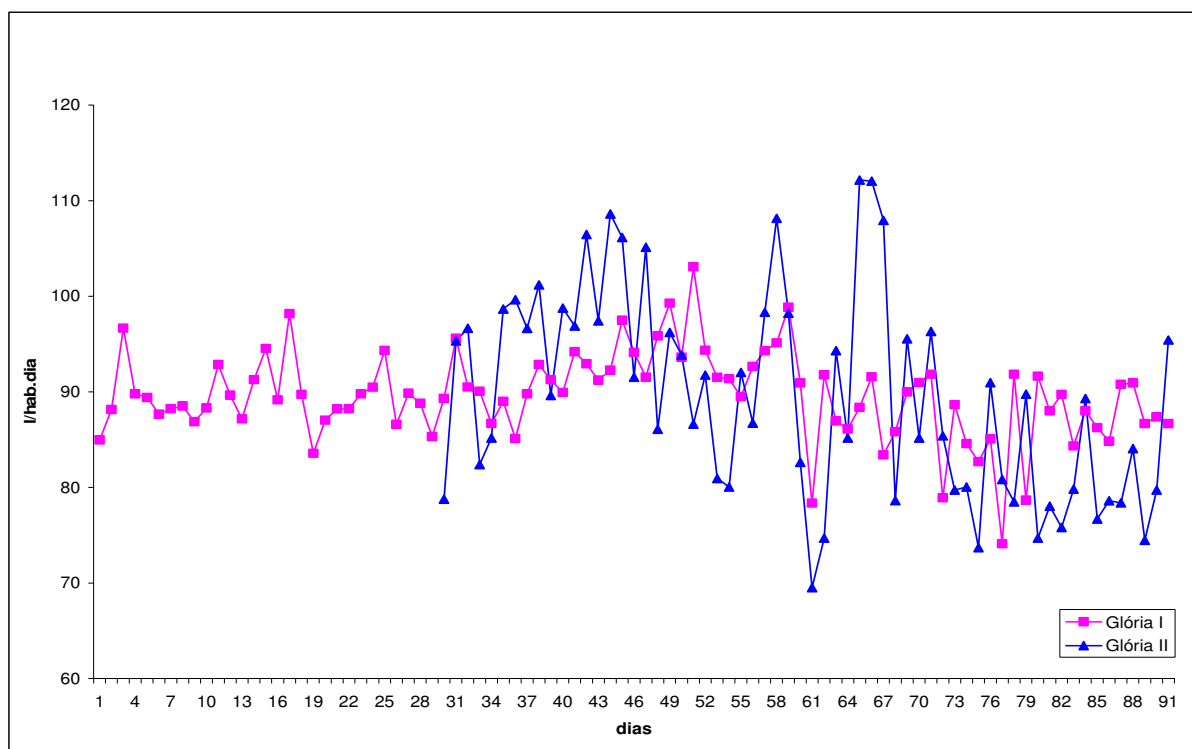


Figura 6.1- Comparação dos consumos médios *per capita* dos Conjuntos Glória I e Glória II

O valor encontrado para o consumo médio *per capita* pode ter sido influenciado por diversos fatores, referidos na literatura como inibidores do consumo de água, entre os quais podem ser citados os seguintes: alto índice de hidrometração, um sistema de cobrança eficaz e a prática de orientação educacional à população usuária do sistema de abastecimento.

Nos conjuntos estudados, o índice de hidrometração é de 100%, ou seja, em todas as ligações domiciliares foram instalados hidrômetros, permitindo a medição de toda a água consumida. Após aproximadamente quarenta dias de ocupação dos conjuntos, foi emitida e entregue nos domicílios, a primeira conta de consumo de água e coleta, transporte e tratamento de esgotos, tornando a população ciente que todos serviços prestados serão devidamente tarifados. A prática de orientação educacional foi introduzida pela CEHAP, antes mesmo da total ocupação dos conjuntos, tendo sido mostrado à população que a água é um bem necessário à saúde e ao bem estar, porém, é um recurso finito, devendo ser utilizada com critérios e sem desperdício. Observa-se, ainda, que alguns hábitos praticados pela população, constatados em visitas a vários domicílios, devem ter influenciado no valor do consumo médio *per capita*, como, por exemplo, o reuso de água de lavanderia para lavagem

de pisos externos, inexistência de jardins, evitando o consumo para rega e ausência de automóveis, inexistindo o consumo para lavagem.

É provável que a ocorrência desses fatores citados, tenha contribuído para evitar excessos e desperdícios no consumo de água, e aliados aos costumes, nível de renda, e escolaridade da população (Tabelas 4.1 e 4.2), proporcionaram um consumo médio *per capita* abaixo do valor adotado em projeto e dos citados na literatura. Vale salientar que como o sistema foi recém implantado, as perdas são teoricamente nulas, caracterizando um valor de consumo médio *per capita* real.

6.2 - Sobre os coeficientes de variação de consumo dos Conjuntos Habitacionais Glória I e Glória II

O estudo mostra que, com relação aos coeficientes de variação de consumo, os Conjuntos Glória I e Glória II têm suas peculiaridades.

Comparando os valores encontrados com os valores adotados no projeto do sistema de abastecimento de água, observa-se que há uma proximidade no que se refere ao coeficiente do dia de maior consumo K_1 . As variações de consumo diário impostas pela população à rede de distribuição, ficaram dentro do que é recomendado pela literatura. Quanto aos valores encontrados para o coeficiente da hora de maior consumo K_2 , foi verificado que os mesmos encontram-se bem acima dos valores de projeto (Seção 4.7), porém, dentro dos valores citados na literatura (Seção 3.4 – Tabela 3.8). Foi constatado *in loco* que os usuários, apesar de em todos os imóveis terem sido instaladas caixas d'água, utilizam o sistema de abastecimento de água com o registro de entrada, localizado após o hidrômetro, aberto. Isso faz com que qualquer consumo realizado no imóvel, provocando baixa no nível de água da caixa d'água domiciliar, requeira um reabastecimento imediato provocando uma demanda pontual na rede de distribuição e, por conseqüência, influenciando no valor de K_2 .

Considerando as variáveis para o cálculo das vazões, constata-se que as diferenças de valores nos coeficientes adotados no projeto e encontrados para ambos os sistemas não tornarão as unidades do sistema sub-dimensionadas, principalmente a rede de distribuição que sofre influência direta do K_2 pois, apesar dos valores encontrados para este serem maiores que os valores de projeto, a população de início de plano e o consumo *per capita* são menores, tornando o produto $\{[(\text{população} \times \text{consumo per capita} \times K_1 \times K_2) \text{ real}] < [(\text{população} \times \text{consumo per capita} \times K_1 \times K_2) \text{ projetado}]\}$, ou seja, para o Glória I ($Q_{\text{real}} = 3,99 \text{ l/s} < Q_{\text{projetada}} = 5,13 \text{ l/s}$) e para o Glória II ($Q_{\text{real}} = 2,81 \text{ l/s} < Q_{\text{projetada}} = 3,25 \text{ l/s}$). Há de ser considerado que, como o sistema de abastecimento de água foi recém implantado, as perdas são teoricamente

nulas e, como o valor previsto para elas, em projeto, foi de 25%, haverá uma folga na operação do sistema. É provável, ainda, que com o passar do tempo o consumo *per capita* venha a crescer, porém, é esperado um decréscimo no valor de K_2 , na medida em que a população for se habituando com um sistema de abastecimento convencional, disponível vinte e quatro horas por dia, mantendo-se assim, o equilíbrio da demanda e da oferta de água no sistema de distribuição. Para isso se faz necessário um monitoramento do sistema como um todo visando acompanhar as alterações do número de habitantes, do consumo *per capita*, e dos coeficientes de variação de consumo. Do contrário, qualquer sobrecarga de vazão será transferida para o alimentador, especialmente no caso do Glória II, onde o valor de K_2 mostra-se mais expressivo.

Todavia, vale salientar que os valores encontrados para K_1 e K_2 , limitam-se a um período de estudo restrito, podendo estes ser efetivamente determinados e assumirem valores diferentes, se estudados pelo período de tempo recomendado pela literatura, mínimo de um ano, devendo os valores aqui encontrados serem considerados apenas como tendências, estimativas ou indicadores.

6.3 - Sobre o coeficiente de retorno esgoto/água

A literatura brasileira recomenda para o coeficiente de retorno valores entre 0,75 e 0,85. Para populações com características semelhantes às dos conjuntos habitacionais Glória I e Glória II, supra citadas, o valor recomendado é de 0,85, valor este adotado no projeto dos sistemas de esgotamento sanitário dos dois bairros aqui estudados.

A adoção do valor máximo recomendado pela literatura deve-se ao fato de populações com essas características praticarem um consumo de água estritamente doméstico, fazendo com que grande parte deste consumo retorne, em forma de contribuição, para a rede coletora de esgotos. A ausência de jardins nos imóveis e considerando que a população não possui automóveis, cuja rega e lavagem, respectivamente, geram um consumo de água sem retorno à rede coletora, também constituem considerações que justificam o valor do coeficiente de retorno adotado.

Por outro lado, o estudo realizado mostrou um valor abaixo do valor adotado em projeto, ou seja, depois de apuradas as vazões de contribuição e o volume evaporado chegou-se ao valor para o coeficiente de retorno de 0,81. Para este valor menor que o valor utilizado em projeto podem-se atribuir alguns fatores observados no dia-a-dia da população como, por exemplo, o reuso de águas de lavanderia para outros fins e a prática de banho em crianças em

área livre levando a água servida a um destino diferente da rede coletora. Há de se considerar ainda, que o valor encontrado para o coeficiente de retorno foi consequência de medições de vazões do efluente da estação de tratamento de esgotos, ou seja, medições realizadas no vertedor instalado na saída da lagoa facultativa. No entanto, se essas medições tivessem sido efetuadas no afluente, através de um medidor ultra-sônico, o resultado poderia ter sido mais acurado, mas a instalação desse dispositivo não foi possível, conforme já citado no capítulo anterior.

6.4 – Perspectivas

Com relação à população, o projeto do sistema de abastecimento de água dos conjuntos Glória I e Glória II prevê o atendimento a 2680 habitantes, no entanto, a população transferida foi de apenas 2304 habitantes. O censo demográfico de 2000 encontrou uma taxa de crescimento demográfico para a cidade de Campina Grande de 1,1% ao ano (IBGE, 2000). Mantendo-se essa taxa de crescimento a população dos conjuntos só atingirá o número de habitantes previsto em projeto no ano de 2022.

Com relação ao consumo *per capita* acredita-se que, com o melhoramento da renda familiar, do grau de escolaridade e com a socialização da população, haverá um crescimento desse consumo em médio prazo, tendendo a se aproximar do valor adotado no projeto.

No tocante às vazões dos sistemas, Glória I e Glória II, espera-se que com o convívio da população com um sistema de abastecimento convencional com disponibilidade contínua, os consumos devem torna-se mais uniformes, diminuindo as demandas horárias na rede.

Com relação ao coeficiente de retorno espera-se que a população, no convívio de um imóvel com instalações prediais convencionais, vença alguns costumes praticados no seu habitat de origem fazendo uso na sua totalidade das instalações sanitárias disponíveis, destinando as águas servidas à rede coletora de esgoto e, conseqüentemente, tendendo a elevar o valor do coeficiente de retorno, fazendo-o se aproximar do valor adotado no projeto.

Os dados de consumo e contribuição coletados demonstram profundamente a expressão da realidade da população, tendo em vista serem de origem de sistemas recém implantados, macro e micro medidos desde o início de operação, originando valores precisos e acurados.

CAPÍTULO 7

7.1 - CONCLUSÕES

- Com base no estudo realizado foi possível demonstrar que o valor encontrado para o consumo médio *per capita* nos sistemas de abastecimento de água dos conjuntos habitacionais Glória I e Glória II, são praticamente iguais, 89,58 e 89,55 l/hab.dia, respectivamente, entretanto, menores que o valor de 120 l/hab.dia, adotado no projeto. Em futuros projetos para populações em condições e características semelhantes à estudada, pode ser adotado o valor de 100 l/hab.dia.
- O valor adotado para o coeficiente do dia de maior consumo K_1 está compatível com o perfil de consumo da população, sendo considerada adequada sua utilização em projetos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de populações com características semelhantes a dos conjuntos estudados.
- Quanto aos valores encontrados para o coeficiente da hora de maior consumo K_2 , foi concluído que os mesmos diferenciaram-se do valor adotado em projeto, mesmo estando o valor adotado, de acordo com o que recomenda à literatura. Para projetos futuros, em condições análogas, recomenda-se o valor de 2,5 para o produto $K_1 \times K_2$.
- Com relação ao valor do coeficiente de retorno esgoto/água (0,81), foi concluído que o mesmo apresentou-se menor, porém, aceitável, próximo do valor adotado no projeto (0,85), o qual, recomenda-se sua utilização em projetos futuros para populações em condições e características idênticas a dos conjuntos estudados.

- Os Conjuntos estudados de fato, atuam como se fossem áreas bem delimitadas fisicamente e sendo apêndices da cidade, podem funcionar como verdadeiro laboratório de consumo de água e contribuição de esgotos para populações de baixa renda.

7.2 – SUGESTÕES

Com o intuito de verificar a evolução dos valores de consumo de água e contribuição de esgotos da população estudada, é sugerido:

- Efetuar a monitoração dos sistemas de cada conjunto, objetivando estimar a evolução do consumo de água e suas variações, com o aumento ou não da população;
- Fazer um comparativo permanente entre os valores macro e micro medidos, com objetivo de evitar perdas no sistema;
- Proceder à instalação, operação e manutenção de um medidor de vazão do tipo ultrassônico de contribuição de esgotos, com vistas a verificar o comportamento do coeficiente de retorno do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTA ENVIRONMENTAL PROTECTION. **Water and wastewater operations manual**. AEP. Level I Manual. Volume B. Unit 6. Canadá, 1996.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.

AZEVEDO NETTO, J.M; ALVAREZ, A.G. **Manual de Hidráulica**. 6.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1996.

CAGECE – Companhia de Água e Esgotos do Ceará. Gerência de Projetos. **Coefficientes adotados em projetos de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. Fortaleza, 2006.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Assessoria Técnica de Macro e Micro Medição. **Perdas de água na rede de distribuição do bairro de Tambaú**. João Pessoa, 1980.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Departamento de Planejamento e Projetos. **Coefficientes adotados em projetos de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. João Pessoa, 2006.

CEHAP – Companhia do Estadual de Habitação Popular – **Projeto de Trabalho Técnico Social para os bairros Glória I e Glória II**. João Pessoa, 2003.

CLARK et al. **Water Supply end pollution**. 3. ed. Harper & Row, Publishers. New York, 1977.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento - Departamento de Planejamento e Projetos – **Coefficientes adotados em projetos de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** – Recife. 2006.

COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará – Gerencia de Projetos e Meio Ambiente – **Coefficientes adotados em projetos de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** – Belém. 2006.

EMBASA – Empresa Baiana de Saneamento - Departamento de Planejamento e Projetos – **Coefficientes adotados em projetos de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** – Salvador. 2006.

FERNANDES, Carlos. - **Esgotos Sanitários**. Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997, 435p. Reimpressão Jan/2000.

FUNDAÇÃO SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA. **Manual de Saneamento**. 2.ed. Rio de Janeiro – RJ, 1985.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico, 2000.

JORDÃO, E.P. & PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

LIMA NETO, M. F.; NAGHETTIM, M.; VON SPERLING, M.; LIBANIO, M.. **Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para municípios de Minas Gerais**. Rio de Janeiro – RJ: Revista trimestral, Notas técnicas ABES, 2004.

Manual de Saneamento, 3ª ed. – Brasília: Ministério da Saúde : Fundação Nacional de Saúde, 1999.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo, 2003.

SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Departamento de Planejamento e Projetos – **Coefficientes adotados em projetos de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** – São Paulo. 2006.

SERAGELDIN, I. **Water Supply, Sanitation, and Environmental Sustainability: The Financing Challenge**. The World Bank. Washington, D.C. , 1994.

SERLA – Fundação Superintendencia Estadual de Rios e Lagos do Estado do Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, R.T. & ROCHA,W. S. **Caracterização da demanda Urbana de Água**. PNDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, 1999.

SOKAL, R. R. & ROHLFF, J. *Biometry: The Principles and Praticce of Statistics in Biological Research*. 2. ed. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1981, 1995.

TSUTIYA, M. T. & ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 1.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

VIANA, G. M. A. **Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**. 2.ed. João Pessoa PB: A União, 2002.