

## I-056 - AVALIAÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE ITAPECURU MIRIM (MA)

**Thomas Bonierbale**

Prof. Dr. da Université Paris - Est Marne - la – Vallée, endereço eletrônico: [tbonierbale@gmail.com](mailto:tbonierbale@gmail.com)

**Francisco Sávio Mendes Sinfrônio,**

Prof. Dr. da Universidade Federal do Maranhão, endereço eletrônico: [kjvida@mac.com](mailto:kjvida@mac.com)

**Raimundo Nonato Medeiros da Silva<sup>(1)</sup>**

MSc. da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais MA

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua 98 Quadra 68 Casa 06 Vinhais São Luís MA - CEP: 65074-690 - Brasil - Tel: (98) 3301-5871 email: [nonaton@elo.com.br](mailto:nonaton@elo.com.br)

### RESUMO

O consumo de água tratada no mundo vem crescendo, enquanto a disponibilidade hídrica tem sido reduzida a cada ano. Desta forma, o consumo per capita deve ser melhor observado para que as políticas públicas possam manter o equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda. Neste contexto, este trabalho tem com objetivo avaliar, a nível local, o consumo *per capita* no sistema de abastecimento de água do município de Itapecuru Mirim, operado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. Para tanto, foi avaliado o consumo diário em residências locais que possuem hidrômetros e comparar com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

Na pesquisa realizada com a contagem de população e medição da água fornecida diariamente a cada unidade consumidora, o valor médio encontrado do *per capita* foi 136,8 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>. A pesquisa valida a metodologia utilizada pela SNIS, pois sabemos que a micromedição na CAEMA é inexpressiva.

Nos aspectos energéticos, nota-se uma gradual melhoria da eficiência no consumo da energia elétrica nos quatros últimos anos, tendo o mesmo fato ocorrido com a CAEMA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento, Abastecimento de Água, *Consumo Per Capita* de Água, Perdas de água, Maranhão.

### 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de valor incalculável, sendo este base para a manutenção da vida na terra e para quase todos os processos produtivos atuais. Ademais, ela é vital para a manutenção dos ciclos bioquímicos, uma vez que equilibra todos os tipos de ecossistemas existentes. Desta forma, vale pontuar que a conservação dos recursos hídricos ora existentes, depende tanto de fatores naturais quanto antrópicos (ANA, 2007).

Numa visão holística, a obtenção de água doce de qualidade é uma condição *sine qua non* para a manutenção da saúde das populações. Por essa razão, grande parte das organizações sociais humanas organizam e criam estruturas físicas e/ou administrativas capazes de captar, tratar e transportar água potável para as suas demandas (MATOS, 2007). Todavia, como a população mundial vem crescendo a um ritmo alto, muito tem sido discutido acerca da oferta de alimentos e principalmente de água potável nas próximas décadas (MARTINI, 2009). De acordo com Moura (2010), a água doce é um produto já em escassez no mundo, devido ao seu uso indiscriminado e muitas vezes inadequado.

Assim, a chamada “Gestão de recursos hídricos” torna-se uma ferramenta indispensável para o melhor emprego dos recursos hídricos ainda disponíveis. Por definição, esta formada por um conjunto de ações integradas que objetivam regular, controlar e proteger os recursos hídricos sob as normas de uma determinada legislação vigente. É implementada a partir de projetos e ações de promoção e recuperação da água disponível, bem como, pela preservação e manutenção das bacias hidrográficas já exploradas.

Neste contexto, é crescente a preocupação com a preservação dos recursos hídricos e energéticos, especialmente no tocante a sua disponibilidade para as futuras gerações. Questões como acesso à energia e

serviços de abastecimento de água fazem parte das necessidades básicas da população (GONÇALVES *et al.*, 2009).

Em âmbito local, o serviço de distribuição de água tratada para o consumo industrial e doméstico é realizado pelos chamados Sistema de Abastecimento de Água (SAA), sendo este formado por um conjunto de unidades de captação, tratamento e distribuição de água. Assim, o acompanhamento, a análise e o controle destes sistemas complexos devem ser baseados em indicadores locais (CHEUNG *et al.*, 2009).

O que se coloca diante da sociedade civil não é a disponibilidade ou falta de água atual, mas sim, as ações pontuais que tem gerado aumentos no consumo de água tratada nas regiões urbanizadas ou industrializadas. No Brasil, a falta de água não está isoladamente relacionada as fontes naturais, mas sim, a falta de um padrão cultural que agregue conceitos sociais e político (ANA, 2007).

Neste contexto, um programa de gestão de perdas físicas de água deve objetivar uma melhor distribuição logística dos seus recursos, bem como a redução dos seus custos operacionais. Segundo Procel Sanear (ELETROBRÁS, 2007), o desperdício anual de energia elétrica em serviços prestados por companhias de saneamento são de aproximadamente 1,5 bilhões de kWh, o que corresponde a 0,5% de toda a energia utilizada no país. De acordo com Gouveia (2012), os gastos com energia elétrica representam 12% das despesas dos prestadores de serviços, representando um montante de aproximadamente R\$ 2,0 bilhões por ano.

De modo geral, a implantação ou ampliação de um sistema de abastecimento de água deve ser baseada na avaliação e estudos sobre consumo de água *per capita* local e infraestrutura requerida (NINOMIYA, 2013; DIAS, 2010). Entretanto, em muitos casos, tal parâmetro é gerado a partir de dados puramente especulativos, fornecido ou não pela literatura especializada, ou por projeções medidas por prestadores do serviço contratados em acompanhamento e controle operacional de sistemas já existentes (TSUTIYA, 2005). Vale lembrar que o consumo *per capita* é definido como sendo o volume de água diário, requerido por indivíduo, sendo tal indicador adotado nos projetos de sistemas de abastecimento de água domésticos, comerciais, industriais e públicos (ABNT, 1992 apud NINOMIYA, 2013).

Segundo o Sistema Nacional de Informação em Saneamento, (SNIS, 2012) o consumo médio de água no Brasil oscila na faixa de  $152,6 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , dependendo da região atendida. Por exemplo, enquanto o Estado de Alagoas apresentou média de  $96,0 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , o menor consumo médio do país, o Estado do Rio de Janeiro consome em média  $237,8 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  (NINOMIYA, 2013).

Assim, numa visão mais técnica, a determinação do consumo *per capita* de água deve contemplar as características e demandas de cada município atendido, e não a utilização de padrões pré-estabelecidos, a citar:  $150 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

No caso do Maranhão, principalmente nos municípios continentais, são observados grandes hiatos ao longo de toda a cadeia de distribuição de água tratada. Nestes casos, vários são os questionamentos feitos acerca da exatidão dos modelos de abastecimentos ora implementados, uma vez que estes são fundamentais em indicadores representativos tais como, consumo *per capita* da população maranhense.

Desta maneira, este trabalho tem como intuito avaliar a eficiência do sistema de abastecimento de água do município de Itapecuru Mirim, operado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), bem como compará-lo com dados consolidados pelo Ministério das Cidades.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Estudar o comportamento do consumo de água *per capita*, calculado das ligações de água do Sistema de Abastecimento de Água da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão, com os indicadores publicados pelo Sistema Nacional de Informação em Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades.

## 2.2 Específicos

- Identificar o consumo *per capita* de água (IN22), medido diretamente em ligações de água na rede do Sistema de Abastecimento de Água de Itapecuru Mirim, usando a metodologia do Sistema Nacional de Informação em Saneamento aperfeiçoada;
- Quantificar “in loco” através de pesquisa de campo a população atendida com água (AG01) das ligações selecionadas e observadas em Itapecuru Mirim;
- Quantificar o volume diário do consumo de água das ligações pesquisadas de Itapecuru Mirim;
- Estabelecer correlações entre os indicadores *per capita* (IN22), população abastecida (AG01), extensão de rede (AG05) e volume produzido (AG06).

## 3. ESTADO DA ARTE

### 3.1 Políticas públicas pertinentes à questão da água para consumo humano

O Brasil é o país mais rico em água potável do mundo, pois retém 8% de todas as reservas existentes. Apesar da situação aparentemente favorável observa-se, no Brasil, uma enorme desigualdade regional na distribuição dos recursos hídricos. A abundância de água da Bacia Amazônica, contrapondo-se a sua escassez no Nordeste, demonstra tal desigualdade (ANA, 2012).

Nos três níveis governamentais, a legislação brasileira é sólida no tocante a proteção e gerenciamento dos recursos hídricos. Por exemplo, a Constituição Federal, em seu artigo 225, ratifica que:

*“Todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para presentes e futuras gerações”.*

Assim, a preservação e uso racional da água se materializa com a recomendação do reuso da água conforme as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela lei nº 9.433/97, que cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH e estabelece que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e, no que se refere ao uso prioritário dos recursos hídricos (BRASIL, 1997). Por tanto, a Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;*
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;*
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;*
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;*
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;*
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.*

De maneira equivalente, a Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída em 1997, definindo princípios e diretrizes norteadoras do uso e controle dos recursos hídricos no Estado, e que posteriormente foi modificada pela Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004, que incorporou os princípios, fundamentos, diretrizes e definições da lei nacional (MARANHÃO, 2004).

No saneamento básico, a regulação específica passou muitos anos em discussão no Congresso Nacional e sem acordo entre os atores que atuavam no setor. Somente em 2007, quase vinte anos depois, este passa a ter diretrizes nacionais, definições, princípios para a prestação dos serviços pelas concessionárias de serviços; ou seja, passa a existir uma política federal do saneamento básico com a lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. A partir desta data, as concessionárias estaduais e os serviços autônomos de água passaram a contar com

importante instrumento que nos princípios fundamentais define que deve ser universalizado o serviço (BRASIL, 2007).

Destaca-se na lei nº 11.445/2007 o art. 2º que trata dos princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento básico. Entre os princípios, alguns estão diretamente ligados à quantidade da água:

- I - universalização do acesso;*
- III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;*
- VII - eficiência e sustentabilidade econômica;*
- X - controle social;*
- XI - segurança, qualidade e regularidade;*

O cenário brasileiro do saneamento básico começa a mudar completamente com a lei nº 11.445/97 que define o papel de cada ente federativo e as fontes de financiamento. Os gestores das cidades brasileiras estavam em débito com os seus conterrâneos com relação a uma atuação mais eficaz nos serviços de água e esgoto, drenagem urbana e limpeza pública. As fontes de financiamento com recursos disponíveis possibilitaram obras de infraestrutura para melhorar os indicadores do saneamento. A lei também traz definições até então confusas. No art. 3º para os efeitos desta Lei, considera-se:

- I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:*
  - a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;*
  - b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;*
  - c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;*
  - d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;*

Em 2008, no Estado do Maranhão foi criada uma autarquia dotada de personalidade jurídica de direito público, a Agência Reguladora de Serviços Públicos no Maranhão - ARSEP, com a finalidade de planejar, regular, regulamentar, fiscalizar, acompanhar e controlar os serviços públicos, inclusive os serviços de água e esgoto (MARANHÃO, 2008).

No artigo 7º da lei de criação da ARSEP é imposto o acompanhamento dos indicadores e de estudos que melhor expressem o consumo de água ou outros indicadores, para o bom desempenho e atendimento da população, assim é tratado o tema:

- f - “fixar critérios, indicadores, fórmulas, padrões e parâmetros de qualidade dos serviços e de desempenho dos prestadores, zelando por sua observância estimulando a constante melhoria da qualidade de vida, produtividade e eficiência, bem como a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente.”*

Em 2009, foi instituída a Política Estadual de Saneamento Básico - PESB, disciplinando o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços de saneamento básico (MARANHÃO, 2009).

A Política Estadual de Saneamento Básico PESB, no art. 7º assegura a universalização dos serviços de saneamento básico, o que demanda uma grande quantidade de obras civis, energia elétrica e água doce.

Em relação ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, já existiam regulamentações feitas pelo Ministério da Saúde, que foram revistas e atualizadas.

Com o objetivo de universalizar o abastecimento de água, foi lançada uma ação nas zonas de máxima pobreza, preferencialmente na zona rural. O governo federal instituiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - "Água para todos" através do decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011 (BRASIL, 2011).

### 3.2 Os recursos hídricos e o abastecimento de água das cidades

A água superficial tratada e distribuída nas zonas urbanas pelos serviços de saneamento é captada em rios ou lagos, e em muitos casos de regiões distantes devido à poluição dos rios que existem próximo ou pelo pouco volume que oferecem.

Uma grande quantidade da água provém do subsolo, de poços artesianos que gradualmente vem sofrendo a redução do volume devido a pavimentação e construções em áreas de recarga. Ocorrem também ameaças da poluição que cresce dia a dia nos centros urbanos, obrigando o prestador do serviço a aumentar a profundidade dos poços, que implica em aumento dos custos operacionais.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), a capacidade total do sistema de abastecimento de água instalada e em operação no Brasil é de aproximadamente de 587 m³/s, bem próximo da demanda máxima atual 543 m³/s, demonstrando que os sistemas estão no limite da capacidade operacional. Esta limitação é agravada com as perdas de água. Toda água captada para esta finalidade sofre uma redução de volume original no próprio processo de tratamento, transporte e no consumidor final, designados por perdas físicas. Esse tema é relevante quando se analisa a eficiência dos sistemas.

**Tabela 1 - Classificação da disponibilidade específica de água no Brasil**

1.500 (m³.ano/hab)	2.500 (m³.ano/hab)	5.000 (m³.ano/hab)	10.000 (m³.ano/hab)	Maior 20.000 (m³.ano/hab)	
Crítico	Pobre	Limite	Rico	Muito rico	Abundante
PE	RN, CE	BA	PI	MA	RO, AM, AP,GO
	SE, AL	SP	ES	SC	AC, PA, TO, MT
	DF, RJ, PB		BA, PR	MG, RS	RO, MS, AM

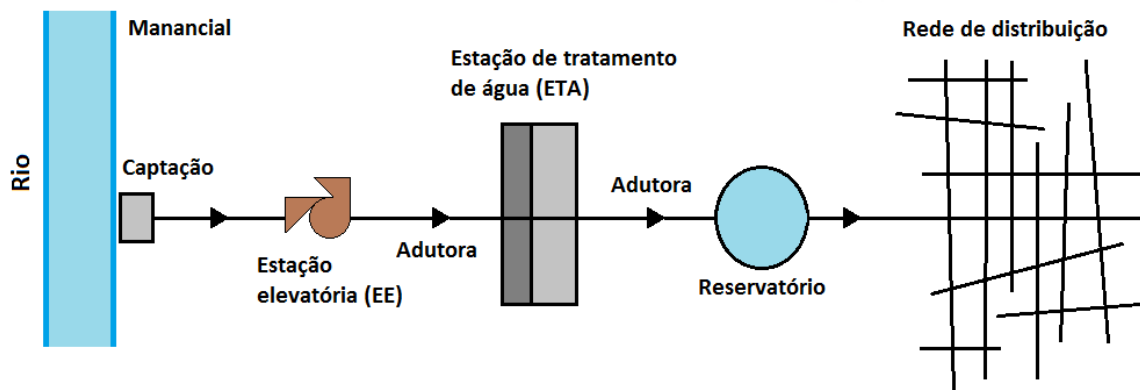
Fonte: ANA, (2012).

### 3.3 Unidades constitutivas de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA)

Definimos como Sistema de Abastecimento de Água – SAA, um conjunto de obras hidráulicas e equipamentos mecânicos e elétricos que captam, tratam, reservam e distribuem água. Segundo Gouveia (2012), um sistema se divide em várias unidades construtivas, como: manancial (represa, rio, lago), captação, adutora, estação elevatória, estação de tratamento, reservatório, rede de distribuição e ligação domiciliar.



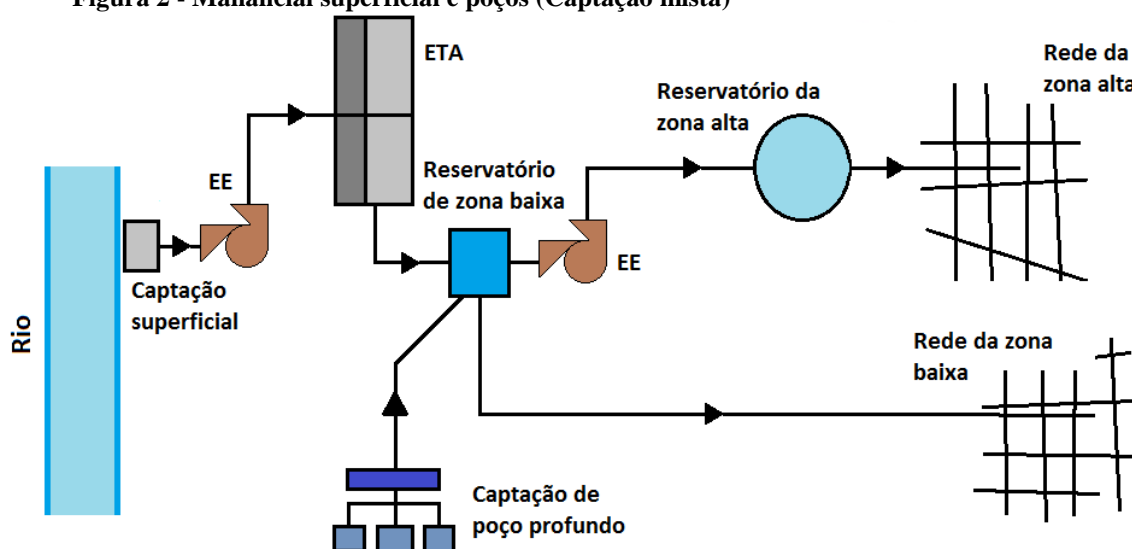
Figura 1 - Esquema das unidades de um Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006).

- a) **Manancial** - É a fonte de onde a água é retirada para o abastecimento que pode ser superficial ou subterrâneo. Superficial - constituído essencialmente por rios, lagos naturais ou artificiais, reservatórios de acumulação, etc. A água de chuva também pode ser aproveitada quando armazenada em cisterna. Subterrâneo - abaixo da superfície, na camada subterrânea existem dois aquíferos: o freático e o artesiano. No freático o nível da água é bem próximo da superfície e o artesianos as águas fluem do solo vindo de aquífero confinado. Geralmente, a sua profundidade é maior que a de um poço convencional, e em geral, suas águas tem uma pureza microbiológica maior e com mais sais minerais.

Figura 2 - Manancial superficial e poços (Captação mista)

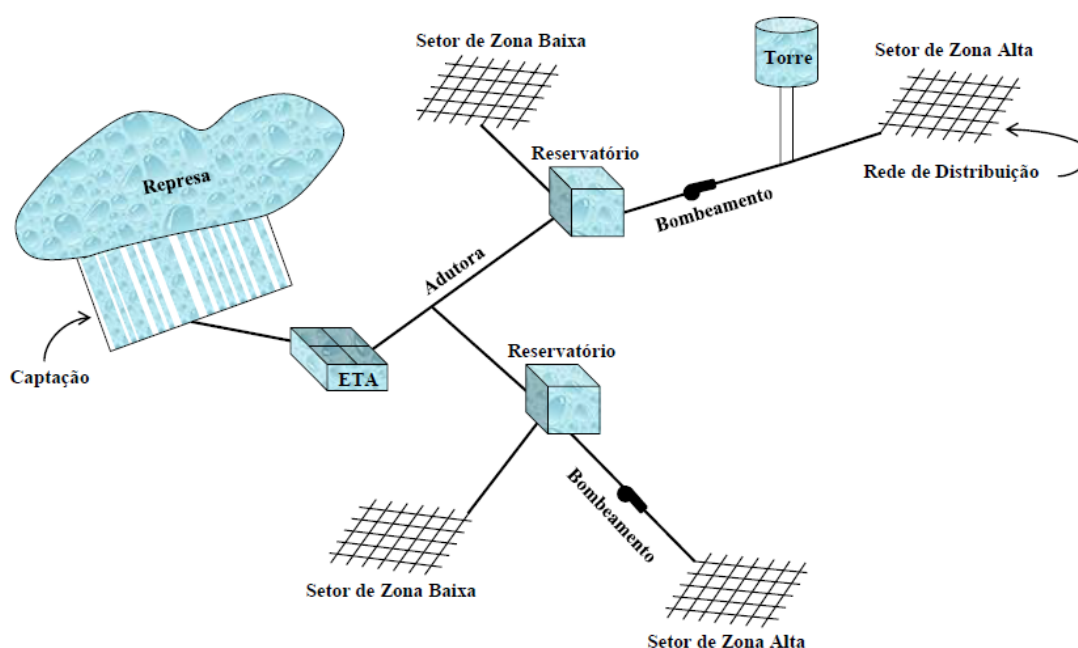


Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006).

- b) **Captação** - é a parte do sistema de abastecimento, por meio da qual a água é recolhida do manancial. Existem dois tipos de captação, superficial e subterrânea, as quais utilizadas de acordo com o manancial explorado. A água em seu estado natural é chamada de água bruta.
- c) **Adução** - é a canalização que transporta a água da fonte de abastecimento ao sistema de distribuição. Existem duas classes de adutoras: condutos forçados, nos quais corre sob pressão e condutos por gravidade, ou canais abertos, onde a água escoia pela ação da gravidade.

- d) **Estação elevatória** - a elevação torna-se necessária quando a altura da fonte de suprimentos de água é tal que ela não poderá escoar por gravidade para os encanamentos, ou seja, a água precisa ser elevada de um nível a outro.
- e) **Estação de Tratamento** - é a unidade onde se processa o tratamento da água objetivando torná-la própria para consumo humano. Os tipos de estação de tratamento adotados são em função das características da água. A partir da Estação de Tratamento de Água é chamada de água tratada.
- f) **Reservatório** - é a unidade que permite armazenar a água para atender as variações horárias de consumo e as demandas de emergência da cidade.
- g) **Rede de distribuição** - representa o conjunto de tubulações e peças especiais, destinadas a conduzir a água até os pontos de tomada das instalações prediais. As tubulações distribuem água em marcha. A rede deve ser operada em condições de pressão adequada e com disponibilidade de água para que haja uma continuidade no abastecimento.

**Figura 3 - Esquema de Sistema de Abastecimento de Água com rede setorizada**



Fonte: GOUVEIA, (2012).

- h) **Ligação domiciliar** - é ponto final de chegada da água na residência. Saída da rede geral de distribuição em uma tubulação de diâmetro reduzido para o reservatório da casa ou diretamente para as torneiras (GOUVEIA, 2012).

### 3.4 Perdas de água nas companhias de saneamento no Brasil

No Brasil, o Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional de Saneamento oferece o índice de perdas físicas nas redes de distribuição de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) no Brasil dentro do banco de dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS). Os dados tornaram possível a elaboração de uma estimativa da perda de receita das companhias estaduais de saneamento e outras avaliações, inclusive o valor pago às concessionárias de energia elétrica correspondente a esse desperdício (BRASIL, 2013). De modo

geral, as perdas de água são muito elevadas no Brasil e tem se mantido em níveis próximos a 40% nos últimos doze anos, ainda que seja possível notar uma leve tendência de queda nos últimos anos (ABES, 2013).

Baseado no SNIS, Gouveia (2012) afirma que toda água captada dos mananciais para abastecer os municípios brasileiros, próximo da metade se perde antes de chegar às casas e atender à população.

As perdas de água no sistema de abastecimento, que se referem ao índice de perdas na distribuição (IN49), estão relacionadas aos volumes de água disponibilizados para distribuição e aos volumes de água efetivamente consumidos e registrados pelos micromedidores, instalados nas economias (SNIS 2012 apud NINOMIYA, 2013).

### 3.5 Consumos médios per capita de água

O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto externo às residências. As atividades de limpeza e higiene são as principais responsáveis pelo uso interno, enquanto que o externo deve-se a irrigação de jardins, lavagens de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros (GONÇALVES, 2009).

O consumo *per capita* de água, define-se como o volume diário usado por cada indivíduo. Ele varia com o país onde o indivíduo mora, com a região, com o clima, com a educação sanitária do povo e com o poder aquisitivo das populações.

Segundo Ninomiya (2013), existe uma estreita relação entre o consumo médio *per capita* de água com o consumo médio *per capita* efetivo de água ( $L.hab^{-1} . dia^{-1}$ ), e o índice de perda física de água no sistema de distribuição

Há também uma grande variação de volume utilizado para o consumo doméstico entre o homem que vive na cidade e no campo, assim como, seus hábitos e cultura (MATOS, 2007).

Segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), no ritmo de uso e do crescimento populacional, nos próximos 30 anos, a quantidade de água disponível por pessoa estará reduzida a 20% do que se tem hoje. Cerca de 480 milhões de pessoas são hoje alimentadas com grãos produzidos com extração excessiva dos aquíferos.

**Tabela 2 - Faixa de consumo per capita por tamanho da população**

Faixa populacional (mil habitantes)	Vazão ( $L.hab^{-1} . dia^{-1}$ )	
	Média	Máxima diária
0 a 5	202	233
5 a 35	217	252
35 a 75	242	271
75 a 250	239	336
250 a 500	239	336
Mais de 500	266	373

Fonte: Agência Nacional de Águas (apud GOUVEIA, 2012).

Os valores *per capita* admissíveis para captação de água foram determinados com base no padrão de consumo de água e foram agregados em seis faixas de consumo (GOUVEIA, 2012). O consumo médio *per capita* de água de alguns países desenvolvidos, onde era elevado, diminuiu, enquanto nos países que estavam abaixo do mínimo recomendado, o crescimento está lento.

Segundo SNIS, no Brasil, o consumo *per capita* médio de água em 2010 foi de  $159,0 L.hab^{-1} . dia^{-1}$ , um incremento de 7,1% em relação a 2009. Destes, foram verificadas variações regionais de  $117,3 L.hab^{-1} . dia^{-1}$  no Nordeste até  $185,9 L.hab^{-1} . dia^{-1}$  no Sudeste.



Já em 2010, as perdas observadas nas redes de distribuição foram inferiores ao ano anterior, devido a investimento em eficiência energética. Em 2010, a média nacional alcançou 35,9%, implicando numa melhoria de 1,2 pontos percentual em relação ao ano anterior (BRASIL, 2010b).

**Tabela 3 - Consumo médio per capita ( $L. hab^{-1}.dia^{-1}$ )**

ANO	BRASIL	MARANHÃO
2009	148,5	147,2
2010	159,0	128,8
2011	162,6	157,9

Fonte: SNIS, elaborada pelo autor.

A média diária por indivíduo ou *per capita* de água é definida, no SNIS, como o volume de água consumido, dividido pela população atendida com abastecimento de água (BRASIL, 2012a). Em outras palavras é o volume utilizado para satisfazer todos os tipos de consumos e de parcelas de perdas por uma pessoa durante um dia. Esse indicador permite estabelecer uma referência nacional, regional e local servindo de base de comparação entre diversos sistemas de abastecimento de água, sendo que a forma de medição do volume *per capita* na empresa base do estudo é bastante precária. Esta é a grande dificuldade de se obter um número bem próximo do real em todos os SAA no Brasil.

Cada região com características econômicas e sociais bem definidas apresenta um *per capita* diferente. O *per capita* é maior em regiões ricas e baixo em regiões pobres. No Brasil, o valor adotado para financiamento de projeto pelos órgãos governamentais é 150 litros diários por habitante (BRASIL, 2010b).

Um estudo de consumo *per capita* por estratos socioeconômicos realizado na cidade de Natal no ano de 2004, num total de 1.480 ligações apresentou um resultado que comprovou que a renda influencia no consumo individual diário. A classe de maior poder aquisitivo consumia o dobro da de menor renda. O que antes se afirmava sobre o consumo de água e sua relação com o poder aquisitivo das pessoas foi demonstrado neste estudo científico.

Em estudo realizado por Passos (2010), sobre a relação do consumo de água e a área construída da casa em comunidades de baixa renda, na cidade do Rio de Janeiro apresenta uma forte correlação entre poder aquisitivo, área construída e volume do consumo de água. Naquele caso foi encontrado maior coeficiente para as menores construções devido a baixa tarifa (social). Observam-se taxas de ocupação acima da média do IBGE nas unidades habitacionais do local.

**Tabela 4 - Coeficiente residencial em litros por metro quadrado de área e nível de renda do usuário**

Classe Socioeconômica	Coeficiente residencial ( $L. m^2. dia^{-1}$ )
A	5,3 a 6,2
B	4,1 a 7,7
C e D	10,0 a 18,0
Valor médio	6,8 a 7,5

Fonte: Nucci (apud PASSOS, 2010).

No Maranhão, o maior consumo *per capita* e o maior volume necessário de água do Estado, está na capital situada na grande ilha. Os estudos de concepção para ampliação do sistema de distribuição de água da grande São Luís utilizou três classes de consumo *per capita*, respectivamente: 130  $L. hab^{-1}.dia^{-1}$  para classe C, para classe B 150  $L. hab^{-1}.dia^{-1}$  e 180  $L. hab^{-1}.dia^{-1}$  para classe A (CAEMA, 2013).

Nas áreas onde existem indústrias ou são reservadas para esta finalidade, as recomendações apontam para tipos de produção. Indústrias que utilizam água em seus processos produtivos, o *per capita* entre 1,15 e 2,30  $L.s^{-1}.ha^{-1}$ , e as Indústrias que não utilizam 0,35  $L.s^{-1}.ha^{-1}$ . Observa-se que as unidades são litros, segundos e hectare.

### **3.6 Uso da água na unidade residencial**

Considera-se consumo efetivo a quantidade de água utilizada na consecução de determinado uso, ou seja, se quantifica apenas o volume necessário para perfazer o uso considerando as condições dadas pelas circunstâncias, expresso em volume ou vazão, por exemplo, (GONÇALVES, 2009).

- 6,8 litros por descarga de uma bacia sanitária;
- 30 litros para banho diário por pessoa;
- 0,3 litros por metro quadrado para rega de planta;
- 110 litros diários para os diversos usos na residência.

No caso da higiene pessoal de cada indivíduo, para encontrar o volume de água, deve ser considerado o consumo dos aparelhos sanitários de uso diário. O consumo de água através dos aparelhos sanitários, como vaso, pias, chuveiros deve ser examinado na especificação do fabricante. Existe para a mesma categoria de equipamento, variado consumo de água, sendo considerado o ecologicamente correto aquele que menor quantidade usar para realizar a mesma tarefa. Considerando apenas o banho, e os vasos sanitários no uso diário, adotou-se o volume de 100 litros (MATOS, 2007).

Deve-se ainda pontuar que, em alguns casos, no interior do país - zona rural - muito dos costumes permanecem inalterados ao longo dos anos, nas quais as pessoas se deslocam para a margem dos mananciais de água para tomar banho e lavar seus utensílios, o que não ocorre na zona urbana.

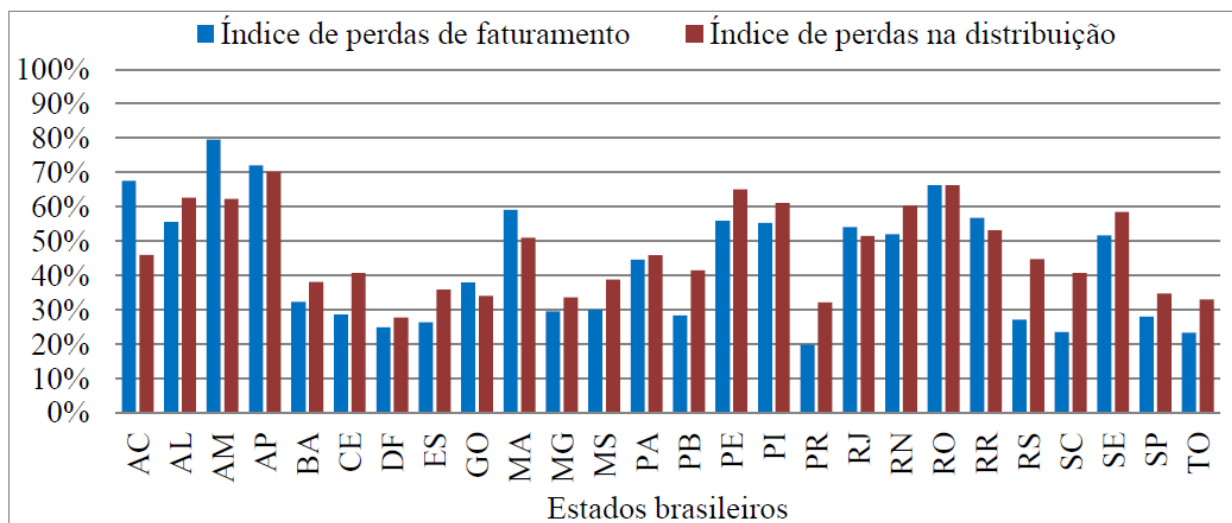
### **3.7 Conceito de perdas e desperdício**

A inexistência de sistemas estanques de abastecimento de água faz o gerenciamento de perdas de água se tornar um assunto de alta relevância. Minimizar os volumes perdidos tornou-se o principal desafio dos prestadores do serviço de saneamento, embora existam vários fatores que elevam os índices de perdas, os aspectos técnicos/físicos, relacionados a infraestrutura (idade do sistema, material das tubulações, qualidade dos medidores), são os principais condicionantes (CHEUNG, 2009).

Faz-se uma diferenciação entre as perdas para qualificar melhor a gravidade de cada uma das ações nos sistemas de abastecimentos. Perda física de água é o volume utilizado nas limpezas das unidades, vazamentos, descargas de rede e transbordamentos. Já o conceito de desperdício é o volume de água que foi disponibilizado na rede de distribuição, mas não foi faturado.

O SNIS 2012 e todos os anteriores adotam mais de uma fórmula de cálculo para o índice de perdas de água. Uma, resulta no índice de perdas de faturamento (IN013), que corresponde à comparação entre o volume de água produzido (AG06) e o volume faturado (AG11) comercialmente. A outra resulta no índice de perdas na distribuição (IN049), fazendo a comparação entre o volume de água produzido (AG06) e o volume consumido (AG10). Por fim, o índice bruto de perdas lineares (IN50) faz uma relação da perda física com a extensão da rede de distribuição (BRASIL, 2006, 2009, 2010, 2013).

Figura 4 - Índice de perdas (IN13 e IN49) nos SAA do Brasil.



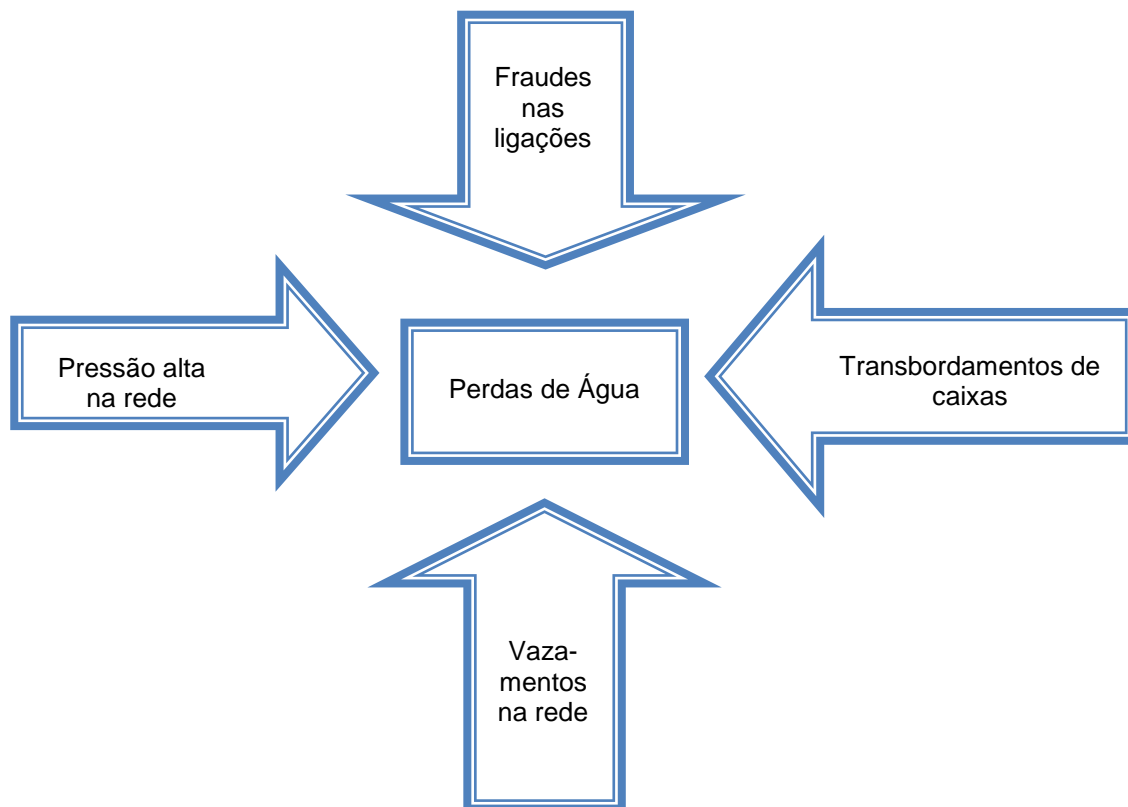
Fonte: SNIS (BRASIL, 2011 apud GOUVEIA, 2012).

Como se sabe, os índices de perdas estão diretamente associados à qualidade da infraestrutura e da gestão dos sistemas. Para explicar a existência de perdas de água em patamares acima do aceitável, algumas hipóteses podem ser levantadas, tais como: falhas na detecção de vazamentos; redes de distribuição funcionando com pressões muito altas; elevados problemas na qualidade da operação ou medição errada.

Além dos impactos negativos que essas perdas hídricas provocam nos custos operacionais, ampliando a necessidade de investimento em novas instalações de produção e tratamento, elas também causam danos à natureza (pelo aumento da demanda) e geram prejuízos à distribuição regional, principalmente para áreas da região nordeste, onde há escassez de recursos hídricos, e também do sudeste, que concentra a maior parte da população (BRASIL, 2010b).

Na linha de combate às perdas de água, iniciativas do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) têm se mostrado eficazes. As ações implementadas vêm contribuindo para a redução gradual do desperdício, que em 1995, estava no patamar dos 50% do faturamento total. Os resultados reforçam a importância de soluções como estas, que buscam a conservação e uso racional da água, inclusive por meio de mecanismos que estimulem a redução de perdas como condição de acesso aos recursos (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS ou do Orçamento Geral da União – OGU) para ações envolvendo o abastecimento de água, principalmente no tocante a expansão da oferta do sistema (BRASIL, 2010b).

Figura 5 - Esquema de causas das perdas de água



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.8 Perdas aparentes e perdas reais

As perdas ligadas diretamente à operação do sistema são chamadas de perdas reais (físicas), como no caso de lavagem de filtros, descargas em hidrantes, limpezas e extravasamentos em reservatórios. Já as perdas aparentes, referem-se a toda água que não é medida ou que não tenha o seu uso definido. Estas últimas ocorrem quando não há faturamento, devido a ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrômetros, erros de micromedição e macromedição, política tarifária, erro cadastral (desatualização do cadastro, inatividade em ligação ativa, ligação não cadastrada por descuido), erro de leitura, entre outros (BRASIL, 2009).

Tabela 5 - Os tipos de perdas de água no SAA

		Volume de consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido com hidrômetros	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
Água que entra no sistema de abastecimento	Volume de consumo autorizado	Volume de consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado e não medido (combate a incêndios, favelas etc.)	Água não faturada
	Volume de Perdas de água	Volume de Perdas aparentes	Uso não autorizado (falhas no cadastro, fraudes)	
			Erros na medição	
			Falhas nos equipamentos	
		Volume de Perdas reais	Vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e ETA	
			Vazamento nas ligações	
			Transbordamento de reservatórios e caixas de reunião	

Fonte: IWA adaptado pelo autor.

Para melhor entendimento do balanço hídrico das perdas possíveis de existir em um sistema de abastecimento de água (Tabela 5) Cheung (2009) apresenta as definições:

- Água que entra no sistema de abastecimento:** Volume produzido de água anual (bombeada e tratada) e disponibilizado na rede de distribuição para o consumo.
- Volume de consumo autorizado:** Volume anual medido e não medido fornecido aos consumidores para uso domiciliar, comercial, público e industrial.
- Volume de consumo autorizado faturado:** Volume que gera receita potencial ao prestador do serviço. Composto dos volumes consumido medidos nos hidrômetros e dos volumes estimados dos consumidores que não possuem hidrômetros.
- Consumo faturado medido com hidrômetros:** Volume de água registrado no hidrômetro na ligação de água da edificação, no mês.
- Consumo faturado não medido:** Volume de água estimado por critério estabelecido em norma interna, como por exemplo, por área construída da edificação ou por número de habitantes da unidade residencial.
- Volume de consumo autorizado não faturado:** Volume que não gera receita ao prestador do serviço, oriundo de usos legítimos. Uso administrativo da própria companhia, em hidrantes, carros pipas e lavagem de reservatórios.
- Consumo não faturado e não medido:** Volume de água usado em combate a incêndios, ligações de água clandestinas, rega de espaços públicos etc.
- Volume de Perdas de água:** Volume de água referente a diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado.
- Volume de Perdas aparentes:** Parcela de água correspondente ao volume consumido e não contabilizado pelo prestador do serviço, decorrente do erro de medição nos hidrômetros, fraudes e ligações clandestinas.
- Uso não autorizado:** Falhas no cadastro de consumidores e fraudes no hidrômetro ou em outro equipamento.



- k) **Erros na medição:** Os hidrômetros apresentam erros na medição, depois de sua vida útil informada pelo fabricante ou em situações especiais, como passagem de ar ou líquido com qualidade danosa aos materiais de constituição do equipamento.
- l) **Falhas nos equipamentos:** Os equipamentos funcionam bem dentro dos padrões estabelecidos pelo fabricante. Quando por alguma razão, como variação de corrente, alteração da qualidade da água, tempo de exposição ou instalações inadequadas, podem apresentar falhas.
- m) **Volume de perdas reais:** Volume de água utilizado na lavagem de filtros da estação de tratamento de água, lavagem de reservatórios, extravasamento e vazamentos na rede de distribuição.
- n) **Vazamentos:** De modo geral, os vazamentos podem ocorrer em todas as unidades do sistema, especialmente nas ligações domiciliares, adutoras, redes de distribuição e Estação de Tratamento de Água.
- o) **Transbordamento:** Ocorrem com menos intensidade, porém os reservatórios sem controle de nível e caixas de reunião com booster instalados (bomba em série) estão sujeitos a transbordamentos.

### 3.9 A macromedição e a micromedição

O principal problema das companhias de saneamento é a ausência de uma cultura gerencial que valorize a medição de água que se retira dos mananciais e o que se entrega nas casas. Na operação de sistemas de abastecimento de água no Brasil, via de regra, não se mede o que é fornecido e não se faz o balanço hídrico no sistema.

O volume captado é estimado partindo da vazão de placa da bomba e do número de horas de funcionamento, sem usar sequer um horímetro no quadro de comando indicando apenas a ordem de grandeza. Assim, o valor do volume de água produzido (AG06) informado pela CAEMA é um dado que contém erros das variáveis que a compõe.

A micromedição ocorre no ponto de abastecimento de um determinado usuário, verificando o volume de água consumido e que é registrado periodicamente por meio de hidrômetros. A ausência de micromedição é um dos principais indutores de perdas aparentes (não físicas), ou seja, erros.

#### 3.10A CAEMA e seus sistemas de água

A Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) é uma sociedade por ações, em regime de economia mista, com capital autorizado, constituída em conformidade com o disposto na Lei Estadual nº 2.653, de 06 de junho de 1966 e ainda a Lei nº 3.886, de 03 de outubro de 1967.

Atuando em 142 dos 217 municípios do Estado, a CAEMA oferece água tratada à 162 sistemas de abastecimento de água. Ao todo, são 551.968 unidades consumidoras domiciliares ativas no interior e na capital, com população atendida urbana de 2.236.914 hab., de uma população urbana total do Estado de 4.147.149 hab. (CAEMA, 2013).

Grande parcela da população maranhense reivindica melhor atendimento pelos serviços públicos de abastecimento de água e os gestores buscam apoio junto aos órgãos financiadores para aprovação de melhorias. Neste sentido, é projetado um conjunto de obras de engenharia, na zona urbana do município, com a finalidade de levar até a residência das pessoas, água de boa qualidade. Nesse contexto, a CAEMA possui um desafio de imprimir sustentabilidade ao sistema de abastecimento de água, funcionando este com a maior eficiência energética e possuindo equilíbrio financeiro.

#### 3.11 Estudo de caso – Itapecuru Mirim

O município de Itapecuru Mirim, objeto do presente estudo, está localizado entre as longitudes 44° 54' e 44° 03' W e as latitudes 3° 28' e 3° 54' S e dista 112 km da cidade de São Luís, capital do Estado. Possui uma

população residente 62.110 pessoas, área de 1.471,44 km<sup>2</sup>, com uma altitude média de 20 m acima do nível do mar. O principal acesso da cidade é a rodovia federal BR-222. Limita-se com os municípios de Anajatuba, Cantanhede, Presidente Juscelino, Presidente Vargas, Vargem Grande, Santa Rita e Miranda do Norte (IBGE, 2012).

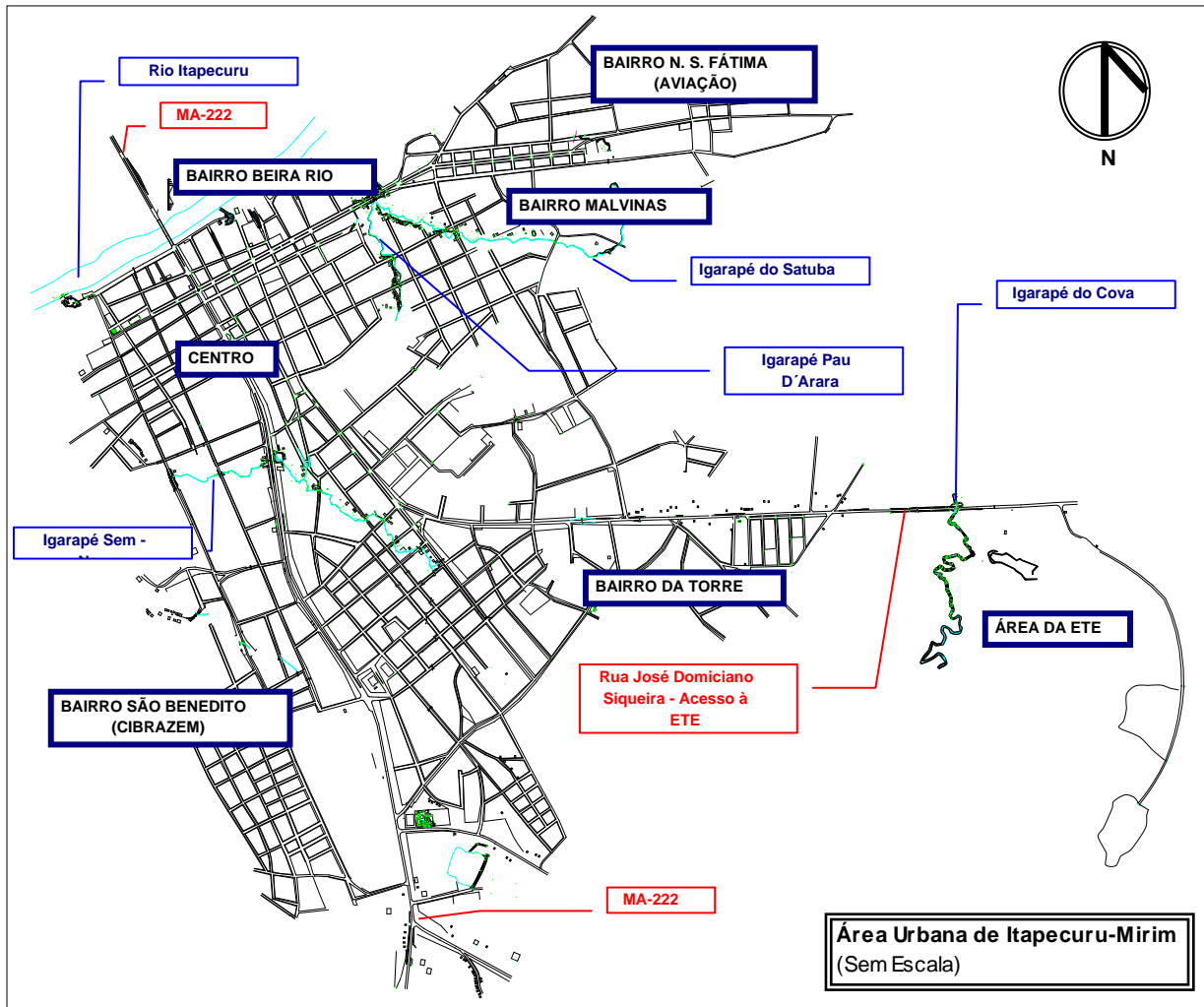
**Figura 6 - Localização do município**



O sistema possui uma captação no rio Itapecuru bem a jusante da foz do riacho Miquilina. Segundo o Relatório Técnico Operacional de dezembro 2012, bombeou-se por 616 horas a vazão de 360 m<sup>3</sup>/h, que foram transportados por uma adutora de 200 mm de ferro fundido com extensão de 1.200 metros até a estação de tratamento de água, ETA localizado no bairro Alto da Cruz (CAEMA, 2013).

No estudo realizado pela CAEMA para ampliação do tratamento da água foi calculado o volume diário necessário de água, adotando-se um coeficiente de consumo *per capita* de 110 litros por habitante/dia (CAEMA, 2013).

Figura 7 - Esquema da Zona Urbana de Itapecuru Mirim



Fonte: CAEMA (2002).

O município tem uma produção de água bruta mensal em torno de 281.700 m<sup>3</sup> com base no RTO de dezembro de 2012. Os dados são indicativos, já que não há aferição ou medição de vazão para que o número fosse confiável. Para confirmar os valores de produção de água bruta deve-se montar um método para validar o volume bombeado diariamente, que passa pela aferição e medição diária da vazão das bombas e seu respectivo tempo de funcionamento.

#### 4. METODOLOGIA UTILIZADA

Os sistemas de abastecimento de água operados pela CAEMA, em geral são ineficientes nos aspectos da distribuição espacial do líquido, na pressão de chegada (energético), na cobrança justa, no recebimento (financeiro) e, principalmente, em relação a perdas físicas de água entre a captação e a entrega final do líquido.

Assim, esse estudo visa Identificar o consumo médio *per capita* de água do sistema de abastecimento de água do município de Itapecuru Mirim. O valor real será uma busca contínua. No método do caso será contada a população atendida (AG01) e medir o volume consumido dia a dia das ligações pesquisadas.

Para atingir os objetivos da pesquisa, o trabalho foi dividido em quatro fases: Análise dos indicadores da CAEMA como um todo; análise dos indicadores do SAA de Itapecuru Mirim; coleta de dados em campo de dez ligações e estudo do consumo faturado das dez ligações por dois anos.

#### 4.1 Fase 1 - Indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) da CAEMA

Os fenômenos ocorridos na Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão podem ser analisados a partir do ano de 1995, depois da criação do Sistema Nacional de Informação e quando houve a primeira publicação do diagnóstico do saneamento pelo Ministério das Cidades do Brasil.

Na primeira fase, foram selecionados alguns indicadores do SNIS pertinentes ao caso em questão e construíram-se várias tabelas com o desempenho da empresa no período de 1997 a 2012, focados nos indicadores *per capita* de consumo de água (IN22), perdas de faturamento (IN13) e índice de perdas lineares (IN50), população abastecida (AG01), volume produzido (AG06) e extensão de rede (AG05). Os indicadores representam a CAEMA como uma unidade administrativa.

Vale observar que existe uma grande quantidade de indicadores para os serviços de água e esgotamento sanitário, que medem desde a eficiência financeira até a relação empregado versus número de ligações de água ativas. A base norteadora é de 699 indicadores diferentes de 11 entidades e organizações do Brasil e do mundo (SPERLING, 2013). No Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento do Ministério das Cidades, existem 82 indicadores, os quais são subdivididos nos grupos da Tabela 6 (ZIMERMANN, 2010).

**Tabela 6 - Indicadores do Saneamento - SNIS**

Grupo de indicadores	Nº indicadores
Econômico-Financeiro e Administrativo	30
Operacionais - Água	22
Operacionais - Esgoto	8
Balanço Contábil	9
Qualidade dos Serviços	13
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>

Fonte: Zimmermann (2010).

Dentro da instituição, o fluxo das informações que geram os indicadores, percorre o sentido de baixo para cima. O encarregado do sistema de abastecimento de água informa mensalmente ao gerente regional, que preenche o Relatório Técnico Operacional e encaminha a superintendência do interior. Após uma primeira análise, o RTO é enviado a Assessoria de Planejamento da presidência que preenche o SNIS e envia para o Ministério das Cidades.

Todas as definições, nomenclatura, fórmulas e siglas de cada um dos indicadores são importantes para evitar a superposição ou troca de valores de indicadores com conceitos próximos. Seguem as definições adotadas no SNIS (BRASIL, 2010b).

- **População atendida com abastecimento de água AG01:** resultado do produto da quantidade de economias residenciais ativas de água, no final do ano de referência, pela taxa média de habitantes por domicílio do estado (companhias estaduais) ou do município (entidades municipais), segundo os dados da contagem de população do IBGE. Unidade: habitantes.
- **Quantidade de economias ativas de água AG03:** quantidade de economias ativas de água que contribuíram para o faturamento no último mês do ano anterior ao ano de referência. Unidade: economias.
- **Extensão da rede de água AG05:** comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, sub adutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais, operada pela entidade no final do ano anterior ao ano de referência. Unidade: quilômetros.
- **Volume de água produzido AG06:** volume de água disponível para consumo, captado e tratado exclusivamente pelo operador, medido e/ou estimado mediante pitometria ou registradores temporários de

vazão, diretamente na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA) ou da Unidade de Tratamento Simplificado (UTS) ou, na inexistência das duas, nas saídas dos sistemas de captação. Unidade: 1.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.

- **Volume de água micromedido AG08:** volume de água apurado pelos aparelhos de medição (hidrômetros) instalados nos ramais prediais. Unidade: 1.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.
- **Volume de água consumido AG10:** volume de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume estimado para as ligações desprovidas de aparelho de medição (hidrômetro) e o volume de água tratada exportado. Unidade: 1.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.
- **Volume de água faturado AG11:** volume de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento, incluindo o volume de água tratada exportado. Obs: A cobrança é feita com o volume mínimo, mesmo que não tenha havido consumo. Unidade: 1.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.
- **Índice perdas no faturamento IN13:** é calculado com o resultado da subtração entre volume produzido e volume faturado, multiplicado por cem, e dividido por volume produzido de água. Unidade: %.
- **Índice consumo médio *per capita* de água IN22:** consumo médio *per capita* de água, é a divisão entre o volume de água consumida e a população abastecida e 365 dias, com unidade em L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup>.

$$IN_{22} = \frac{\text{Volume de Água Consumido} - \text{Volume de Água Tratado Exportado}}{\text{População Atendida} \times 365} \quad \text{Equação 1}$$

- **Índice de perdas na distribuição IN49:** é calculado com o resultado da diferença entre volume produzido e volume consumido multiplicado por cem e dividido pelo volume produzido, com unidade em percentual.

$$IN_{49} = \frac{\text{Volume de Água}(\text{Produzido} + \text{Tratado Importado} - \text{de Serviço}) - \text{Volume Consumido}}{\text{Volume de Água}(\text{Produzido} + \text{Tratado Importado} - \text{de Serviço})} \quad \text{Equação 2}$$

- **Índice bruto de perdas lineares IN50:** é calculado com o resultado da diferença entre volume produzido e volume consumido multiplicado por cem e dividido pela extensão da rede de distribuição, com unidade (m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>.km<sup>-1</sup>).

$$IN_{50} = \frac{\text{Volume de Água}(\text{Produzido} + \text{Tratado} - \text{de Serviço}) - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Extensão de Rede de Água}} \quad \text{Equação 3}$$

- **Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água IN58:** é calculado com quociente entre o consumo total de energia elétrica e volume produzido. Unidade kWh.m<sup>-3</sup>.

$$IN_{58} = \frac{\text{Consumo energia elétrica em sistema de abastecimento de água}}{\text{Volume produzido de água}} \quad \text{Equação 4}$$

## 4.2 Fase 2 - Indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de Itapecuru Mirim

Na fase dois, ainda na pesquisa bibliográfica os mesmos indicadores observados para a companhia como unidade administrativa, são desagregados para o sistema de abastecimento de água de Itapecuru Mirim no período de 2007 a 2012, focados no consumo *per capita* para as comparações necessárias.

## 4.3 Fase 3 - Coleta de dados em campo

Cada usuário de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão possui um cadastro com as informações com o nome do responsável, endereço, cadastro de pessoa física, renda familiar, tipo de



construção, área construída, matrícula, tipo de uso da água e outros. Portanto, não houve a necessidade da aplicação de questionário social com entrevista.

Na terceira fase, selecionou-se dez ligações de água com hidrômetro em bom estado de conservação e usou-se um questionário simples para o registro dos dados coletados como a observação diária de cada ligação, e o registro também do número de habitantes de cada residência.

A coleta consistiu em observar diariamente quantos habitantes por residência selecionada e verificar o consumo no hidrômetro. Durante dez dias foram realizadas leituras diárias sempre no mesmo horário do dia com roteiro que permitisse o leitorista realizar a atividade em pouco tempo, de tal forma que não houvesse comprometimento de suas atividades diárias.

A observação de dez leituras geraram nove informações de consumo para cada unidade habitacional. A visita diária para contagem das pessoas excluía quem viajava ou acrescentava os visitantes nas residências. As alterações eventuais poderiam influenciar no valor do consumo. A observação ocorreu no período chuvoso de 18 a 27 de março de 2013.

#### **4.4 Fase 4 - Estudo do consumo faturado**

Na quarta fase, buscou-se no banco de dados comercial da concessionária sobre o consumo mensal faturado das dez ligações observadas no município de Itaipuru Mirim. Para se obter uma boa amostragem e para minimizar possíveis impactos de consumo, o universo temporal foi de dois anos, contendo dentro do período o mês do ano da pesquisa de campo.

O início da pesquisa no banco de dados foi no mês de novembro de 2011 e o término em outubro de 2013, contendo duas vezes o mês de marco.

A determinação da quota *per capita* residencial de água torna-se mais próxima do real quando há um acompanhamento sistemático e preciso dos volumes consumidos nos domicílios e o desempenho dos medidores nesse processo apresenta influência direta sobre o consumo real por que provoca uma reação comportamental do usuário (COELHO, 2003).

#### **4.5 Processamento e análise dos dados**

As informações obtidas foram consolidadas em banco de dados do *software Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., EUA)*, e posteriormente transferidas para *software Origin 70* para a elaboração de gráficos.

Na construção da planilha, o nome dos indicadores do SNIS foram dispostos na primeira coluna. Na segunda coluna, as unidades utilizadas e nas seguintes, os valores correspondentes aos anos. A coleta iniciada em 1997 e finalizada em 2012.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **5.1 Introdução dos resultados**

A construção de novas metodologias e de outros indicadores possibilitou o cruzamento de informações que se inter-relacionam gerando resultados que servem para criar oportunidades de melhoria na gestão das unidades.

#### **5.2 Diagnóstico da situação no Maranhão**

O Maranhão apresenta baixos índices de abastecimento de água em zonas urbanas e rurais se comparados aos demais estados da federação, isto se supõe que nenhuma política de governo foi ao mesmo tempo eficaz em sua aplicação quanto duradoura. Pode-se afirmar que o abastecimento de água das comunidades maranhenses é frágil sob o aspecto do fornecimento diário de água.

Os municípios operados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão podem ser divididos em dois conjuntos: os que apresentam baixo atendimento da população e os que estão em situação mediana. Todos, certamente com desequilíbrio do ponto de vista financeiro, com despesa maior que a arrecadação.

Por fim, o Maranhão tem um grande potencial hídrico, tanto superficial quanto subterrâneo, o que não se traduz em quantidade e qualidade de água para os aglomerados humanos do seu próprio território e, consequentemente qualidade de vida para seu povo.

### 5.3 Analisando os indicadores SNIS da CAEMA

Através de pesquisa bibliográfica, construiu-se uma tabela com seis indicadores referentes à CAEMA, disponibilizados anualmente no SNIS do Ministério das Cidades. O diagnóstico é publicado desde 1995. A coleta de dados, objeto do trabalho, inicia em 1997, com um período de 15 anos finalizando no ano 2012.

A Tabela 7 apresenta apenas seis colunas anuais com intervalo de três anos entre elas, contendo o valor de cada indicador para um melhor entendimento da ordem de grandeza e tendência de cada um. Maiores detalhes constam nos anexos 4A e 4B, ou seja, a tabela completa e com um número maior de indicadores.

**Tabela 7 - Indicadores do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento referentes à CAEMA. Maranhão, 1997 - 2012**

Indicador	1997	2000	2003	2006	2009	2012
Pop. atendida AG01 (hab)	1.724.374	1.768.096	2.150.843	2.335.595	2.292.711	2.219.509
Extensão rede A05 (km)	4.037	4.653	5.499	4.361	6.327	10.112
Vol. produzido AG06 (1000m <sup>3</sup> . ano <sup>-1</sup> )	207.649	218.601	177.759	244.236	223.148	335.868
Volume consumido AG10 (1000m <sup>3</sup> . ano)	90.520	74.764	97.334	102.818	109.711	192.223
Volume faturado AG11 (1000m <sup>3</sup> . ano <sup>-1</sup> )	68.583	74.764	90.124	77.887	91.709	161.100
Consumo médio <i>per capita</i> IN22 (L. hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	143,8	115,8	124,0	120,6	131,1	237,3

Fonte: Brasil (2013).

A análise da tendência de cada um dos indicadores, ou o comportamento ao longo do tempo podem se traduzir em informações importantes para o gerenciamento da empresa. Observam-se quedas bruscas nos valores, quando o esperado conforme a tabela é a elevação desses valores ao longo dos anos.

### 5.4 Indicador População Atendida (AG01) da CAEMA

A população atendida com água não é resultado de contagem das pessoas que residem, mas a multiplicação da taxa de ocupação domiciliar (IBGE), pelo número de economias ativas, portanto há possibilidade de erros. Assim, é compreensível a redução da população abastecida (AG01) se a taxa de ocupação diminuir.

No Brasil, verificou-se decréscimos acentuadas nas taxas em 2010 (densidade de ocupação), com maior diminuição ocorrendo no Estado da Bahia, igual a 16,4%, enquanto que a média do país, o decréscimo foi de 12,0%. No Maranhão, a taxa de ocupação domiciliar era de 4,54 pessoas/habitação e ocorreu uma variação negativa de 12,6% em 2010, passando para 3,97 pessoas/habitação (BRASIL, 2010b).

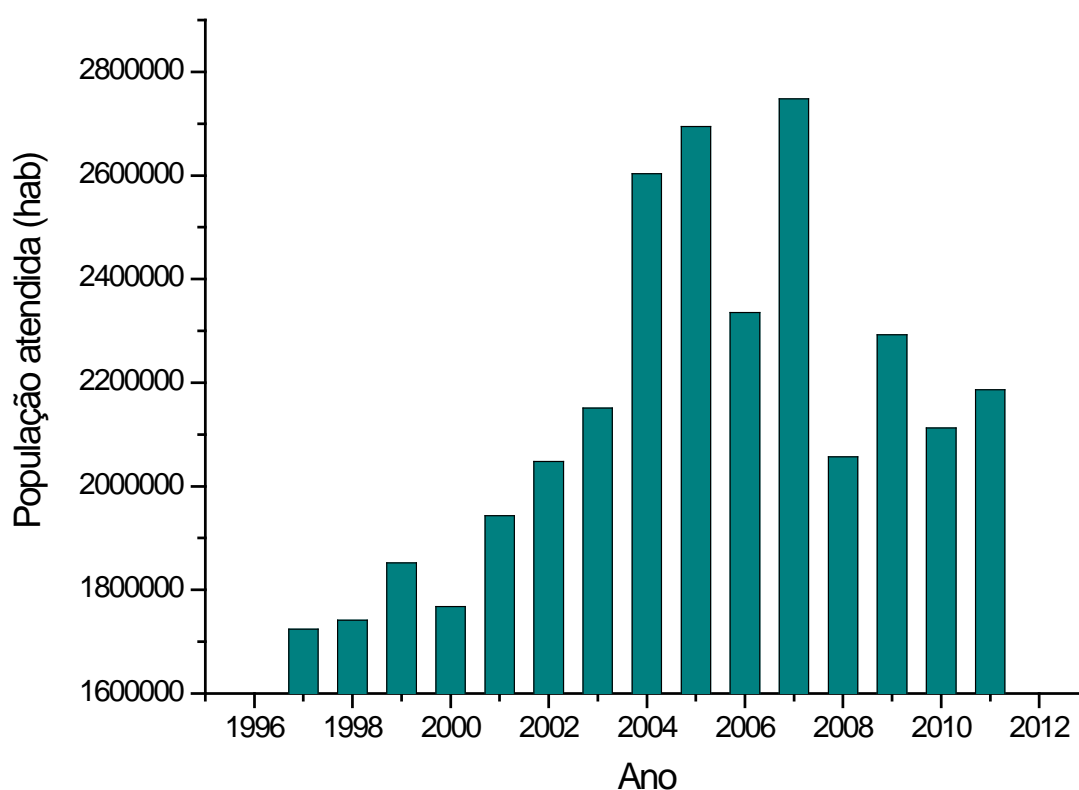
O método adotado pelas concessionárias de saneamento, tal como a CAEMA, para calcular a população atendida (AG01) está representado na equação cinco.

$$\text{População atendida (AG01)} = \text{taxa de ocupação} \times \text{economias ativas} \text{ (Equação 5)}$$

Sabe-se que a taxa de ocupação das habitações do Maranhão é dado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e em 2010 passou a ser igual a 3,97 habitantes por casa. Cada residência possui uma única ligação de água proveniente da rede de distribuição. A esse conjunto chamamos de economia ativa quando está em funcionamento. A observação do comportamento dos indicadores SNIS referentes à CAEMA no período de 1997 a 2012 merecem estudos específicos para melhor compreensão e desses indicadores.

Na Figura 8, o indicador população atendida com água (AG01) é mostrado em gráfico temporal de quinze anos, e que apresenta decréscimos de população atendida em quatro anos do período de observação. Este indicador é uma das variáveis que entra no cálculo do consumo *per capita*.

**Figura 8 - População atendida (AG01) pela CAEMA. Maranhão, 1996 - 2012**



Fonte: Brasil (2013).

Na série observada, a curva da população atendida diminui nos anos 2000, 2006, 2008 e 2010, razão que só se justifica se a empresa tiver perdido concessão de abastecimento de água de algum município, nos anos de referência. Outra possibilidade é a taxa de ocupação das residências ter sido reduzida no período, o que explica a redução em 2010, como já foi visto. Como a população atendida depende do número de economias ativas, uma campanha de corte das ligações em débito, também faz o resultado decrescer.

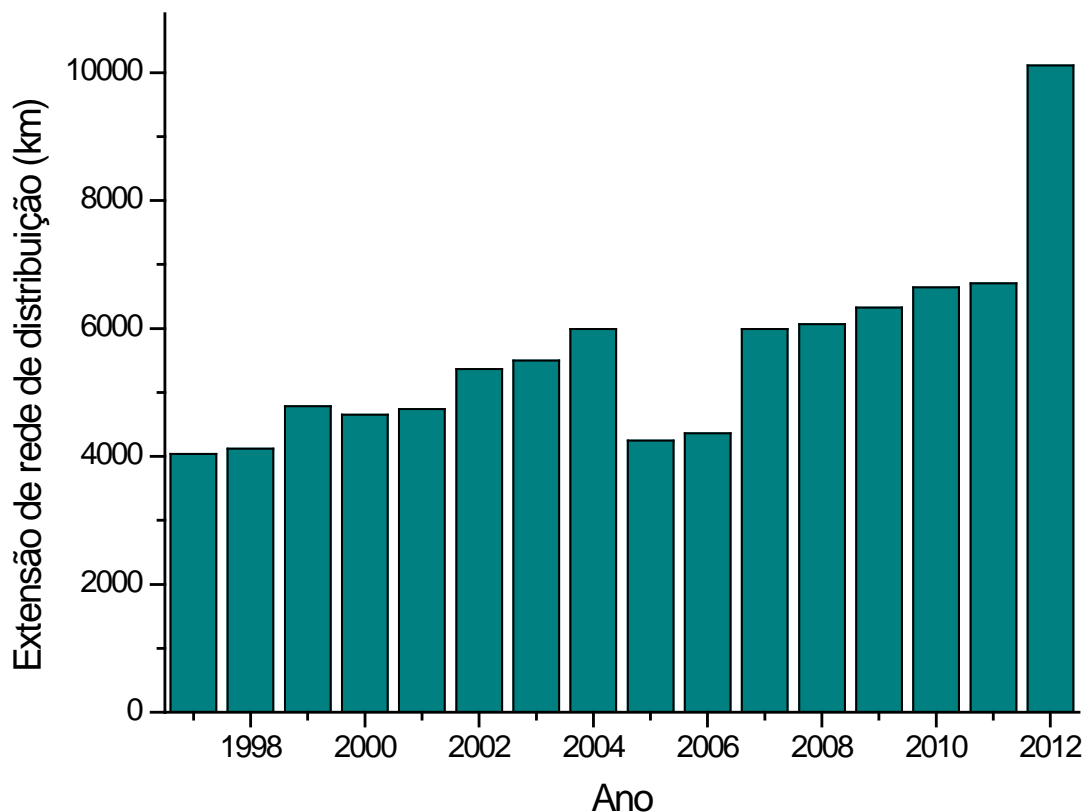
Para maior esclarecimento e compreensão, verificou-se a quantidade de municípios e SAA que a CAEMA atendia no período 2005 a 2012 para confirmar a redução da população atendida. O número de municípios atendidos, não confirma a redução de sistemas (concessão) nos anos que a população atendida (AG01) diminuiu. Assim, a redução foi por outra razão, campanha de corte 2000, 2006 e 2008 e a taxa de ocupação residencial do IBGE em 2010.

Sabe-se que a redução de população abastecida é perda de mercado fidelizado e neste caso não se traduz em bom desempenho da concessionária junto à sociedade.

### 5.5 Indicador Extensão de Rede de Distribuição (AG05) da CAEMA

Observa-se que também ocorreu em relação a extensão de rede (AG05), uma redução de 128,8 quilômetros, na rede de distribuição em 2000. Esses achados são possíveis, quando se perde a concessão de sistemas de abastecimento de água, o que não foi confirmado no mesmo ano. Outro caso de redução seria o abandono da rede de distribuição. Mas o valor encontrado não é desprezível (ANEXO 4A e 4B).

**Figura 9 - Extensão da rede de distribuição (AG05) da CAEMA. Maranhão, 1996 - 2012**



Fonte: Brasil (2013).

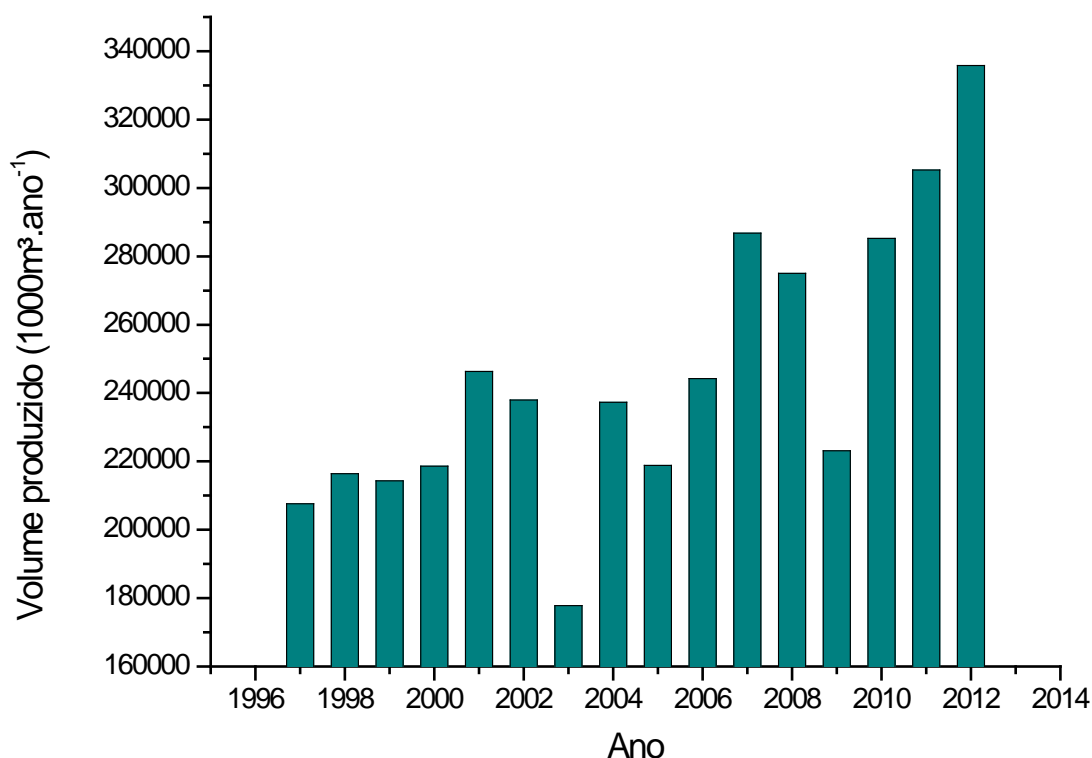
A primeira redução foi expressiva em 2000, e a segunda ocorrida em 2005 de 1.743 km que não coincide com a redução de municípios atendidos que foi em 2007. Em 2012, cresceu muito, no entanto não foi justificada pela inclinação da curva decrescente a municípios atendidos.

No ano de 2006 a CAEMA possuía uma maior quantidade de municípios atendidos em relação aos anos 2005 e 2007, o que confronta diretamente com o gráfico de extensão de rede.

### 5.6 Indicador Volume Produzido (AG06) da CAEMA

Outro parâmetro importante na análise de *per capita* é o volume produzido de cada sistema de abastecimento de água. O volume anual de água produzido pela CAEMA no mesmo período também sofreu seis (6) inflexões negativas.

Figura 10 - Volume produzido (AG06) da CAEMA. Maranhão, 1996 - 2012



Fonte: Brasil (2013).

As reduções de volume podem representar vários fenômenos ocorridos, como municípios perdidos, redução do tempo diário de bombeamento, sistemas parados ou até correção das vazões de placa das bombas. A curva do gráfico caiu nos anos 1999, 2002, 2003, 2005, 2008 e 2009. O volume produzido está diretamente relacionado ao consumo de energia elétrica. Em 2008, a redução do volume produzido coincide com a redução de população atendida (AG01).

### 5.7 Índice bruto de perdas lineares (IN50) da CAEMA

Analisando-se apenas o aspecto financeiro da CAEMA, o valor faturado no período se comporta com tendência crescente, o que é perfeitamente esperado.

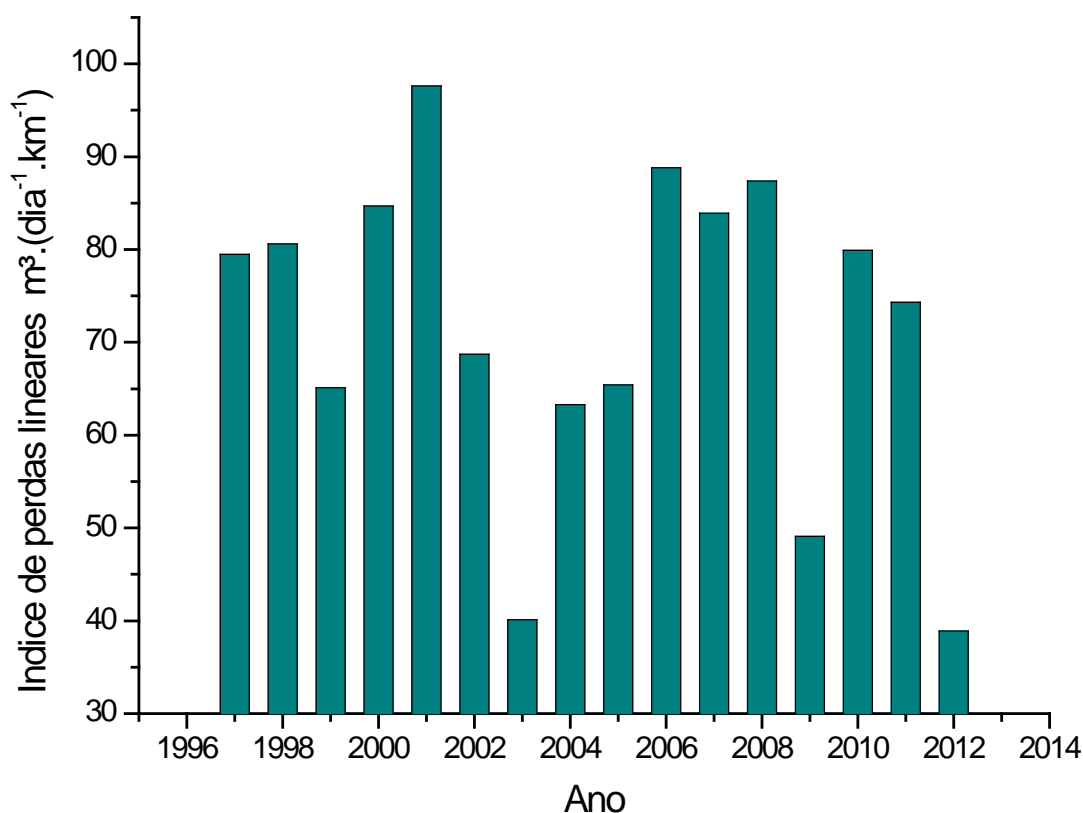
Todos os indicadores anteriores tiveram muitas inflexões negativas, mas o valor faturado apenas uma em 2005. Vale observar que a curva recebe de forma positiva a influência de aumentos tarifários nas contas que por consequência aumenta o faturamento. Neste caso é a explicação para a curva do faturamento crescer de forma acentuada.

O volume de água faturado também é crescente com curva muito acentuada após o ano de 2010. Possui três inflexões importantes e depois se eleva bruscamente.

Para o estudo de perdas físicas de água, o indicador recomendado a ser observado é o índice bruto de perdas lineares (IN50) que quantifica o volume perdido por extensão da rede.



Figura 11 - Índice bruto de perdas lineares (IN50) da CAEMA. Maranhão, 1996 - 2012

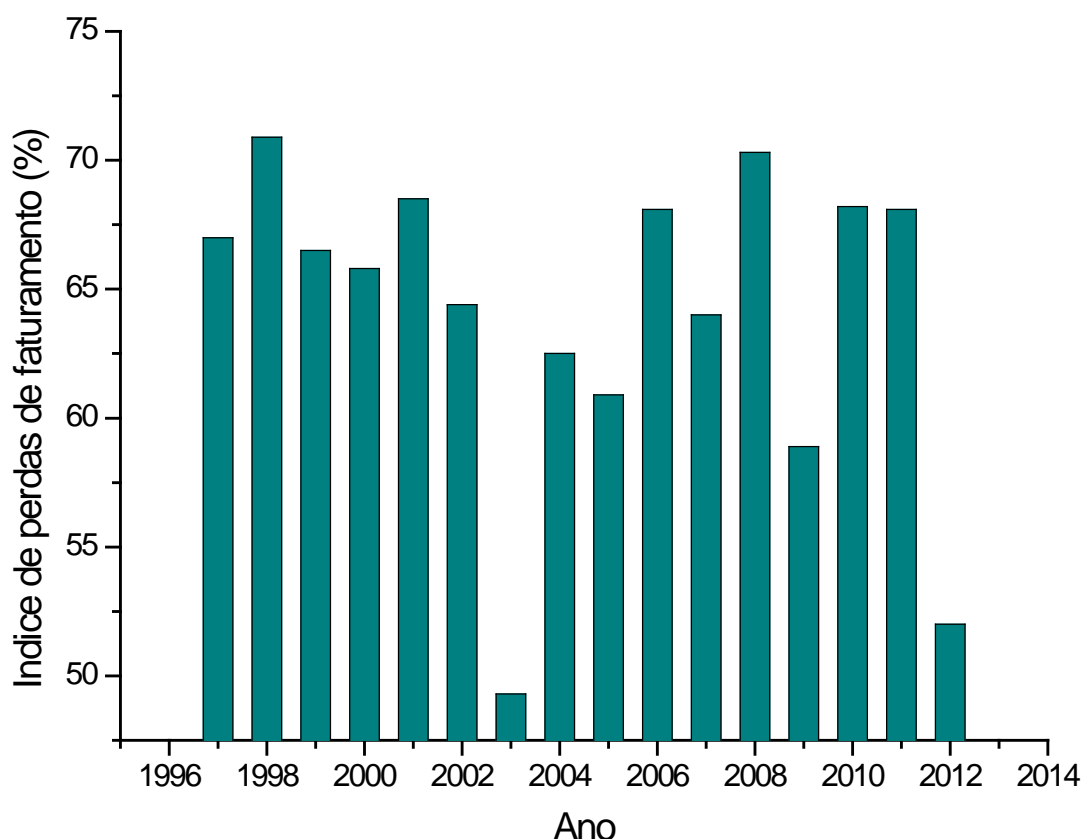


Fonte: Brasil (1997 - 2012).

As perdas físicas de água por extensão de rede de distribuição é considerado como um bom indicador por representar o volume de perdas físicas por comprimento da rede na unidade de tempo dia. Possui maior eficácia na comparação entre SAA diferentes.

No período do estudo, a curva que representa o fenômeno na CAEMA, possui seis inflexões negativas. Quanto menor o valor percentual, mais eficiente é o sistema. As inflexões negativas ocorreram em 1999, 2002, 2003, 2007, 2009 e 2012 sendo que o menor valor,  $38,91 m^3 \cdot (dia \cdot km)^{-1}$  foi alcançado em 2012.

Figura 12 - Perdas de faturamento (IN13) da CAEMA. Maranhão, 1996 - 2012



Fonte: Brasil (1997 - 2012)

A eficiência recomenda que a tendência da perda de faturamento (IN13) seja decrescente ao longo do tempo. O conjunto dos prestadores do serviço no Brasil apresentou o índice de perdas no faturamento (IN13) em 2008 de 37,4%. Já as ocorridas em 2009 foram de 37,7%, tendo sido maior que o ano anterior em 0,3 pontos percentuais (BRASIL, 2009).

O gráfico na figura 12 apresenta as colunas anuais de perdas do faturamento de água da CAEMA, em percentual com informações coletada no SNIS, com resultado muito bom em 2003.

### 5.8 Indicador consumo per capita de água (IN22) da CAEMA

O conhecimento dos indicadores anteriores e a sua curva fundamenta a base conceitual para análise do parâmetro objeto do estudo. O consumo médio *per capita* de água (IN22) é definido como o volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela população atendida com abastecimento de água (BRASIL, 2009).

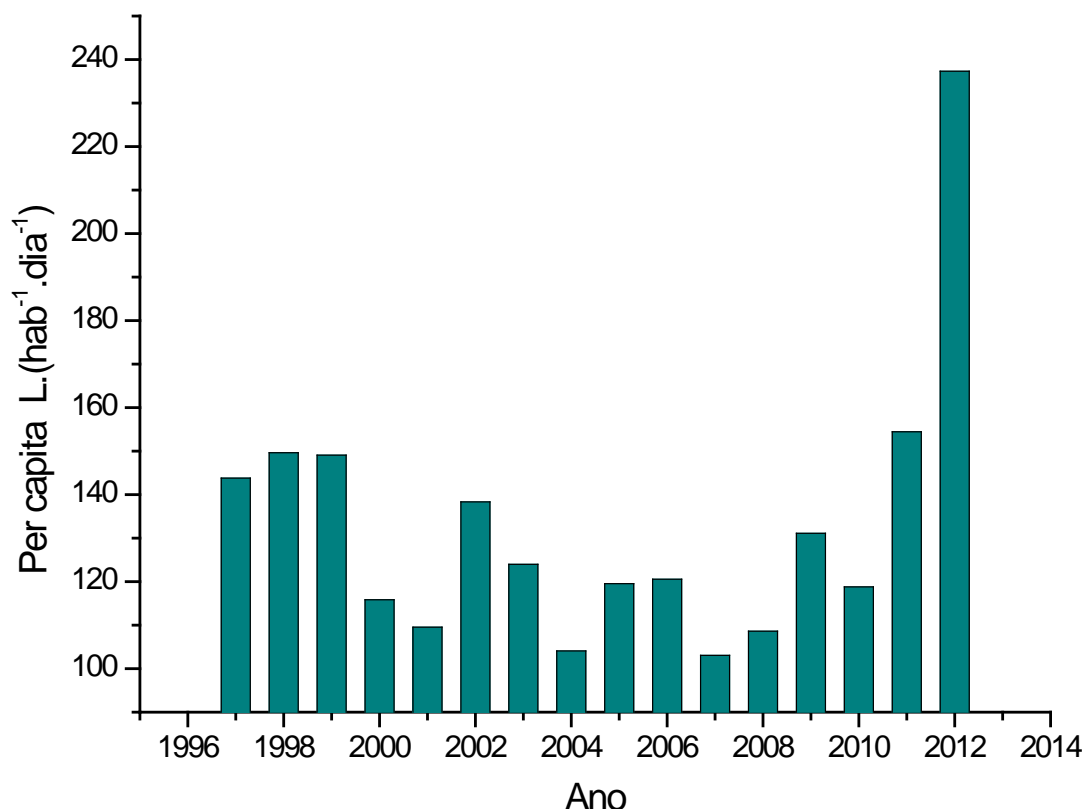
Os dados permitem estabelecer parâmetros de referência, tendo por base uma amostra altamente representativa, como a do SNIS. Evidentemente que se deve ter cautela no uso de tais parâmetros, pois situação específica decorrentes da realidade de cada sistema podem recomendar adequações dos valores médios, (BRASIL, 2009).

O consumo *per capita* médio no Brasil em 2009 foi 148,5 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup> e no mesmo ano no Maranhão foi 147,2 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup> (ANEXO 1).

O SNIS do Ministério das Cidades, relativo ao ano de 2010, o consumo de água tratada é maior no centro sul do país, ocorrendo os maiores índices no Rio de Janeiro. O consumo *per capita* médio no país no mesmo ano foi 159,0 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup> , superior ao do Maranhão que foi 128,8 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>.

Nos municípios maranhenses em 2010, o valor mínimo encontrado do consumo *per capita* de água foi no SAA do município de Arame com valor de 6,9 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>. O maior valor encontrado foi 140,6 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup> no SAA em Bacuri. Sabemos que apesar de ser uma informação oficial, ela pode expressar imprecisão.

**Figura 13 - Consumo *per capita* (IN22) da CAEMA. Maranhão, 1996 - 2012**



Fonte: Brasil (2013).

O consumo médio *per capita* de água, também se comporta de forma não linear, o que exige na interpretação o valor de outras variáveis para melhor compreender. Em 1997 o valor encontrado foi de 143,8 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>, próximo do valor utilizado nos projetos que é 150 litros. O menor valor encontrado foi em 2007 (103,1 litros), e que em 2011 o valor encontrado superou o de projeto e atingindo em 2012, o valor máximo de 237,3 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup> (ANEXO 4A e 4B).

### 5.9 Perdas físicas de água

As perdas de água tratada do sistema de abastecimento, examinadas tanto nas ligações domiciliares (entrega) como em vazamentos nas ruas (rede de distribuição) são elementos importantes na construção de uma análise apurada da eficiência energética e financeira do sistema de abastecimento de água.

O cálculo do volume de perdas físicas do sistema de Itaipuru Mirim é a diferença entre o volume produzido (AG06) ou bombeado inicialmente do rio e o volume faturado (AG11) que é cobrado dos usuários do sistema. O volume produzido é o produto da vazão instantânea da bomba pelo tempo de funcionamento no mês de referência. A primeira variável, a vazão, deve ser constantemente aferida dia após dia, considerando períodos críticos e períodos favoráveis, como nível do rio e a tensão da energia elétrica.

O volume faturado de água é dividido em duas partes. O medido por hidrômetro e o volume que é estimado com base em área construída da casa. O problema inicial é encontrar uma forma de aproximar o volume de água estimado ao número mais próximo da realidade.

Sabe-se que o número de ligações (economias ativas) é transformado em população atendida (AG01), multiplicando pelo índice de densidade habitacional publicado pelo IBGE, induzindo outro erro.

Não é comum em razão das perdas, mas se a soma dos dois volumes, faturado micromedido (AG08) e faturado estimado for maior que o volume produzido (AG06), base do pedido de outorga, causa um problema de ordem jurídica ao prestador do serviço.

O estudo teve uma limitação em relação à amostra reduzida devido a questões operacionais. A coleta de dados no campo foi realizada por empregado treinado da companhia, que já executa tarefa semelhante, normalmente.

### 5.10 Indicadores SNIS desagregado do geral (Itaipuru Mirim)

Os indicadores do SNIS relativos à Itaipuru Mirim desagregados do conjunto, por SAA (Tabela 8), tem comportamento semelhante na tendência dos indicadores gerais da CAEMA como um todo (Tabela 7).

**Tabela 8 - Indicadores de Itaipuru Mirim. Maranhão, 2007 - 2012**

Indicador	2007	2008	2009	2010	2011	2012
População atendida AG01 (hab)	38.709	31.658	31.622	35.034	34.242	36.837
Extensão rede de distribuição AG05 (km)	60,00	61,00	61,60	61,60	61,60	54,16
Volume produzido AG06 (1000m <sup>3</sup> /ano)	2.290,00	3.656,00	3.057,11	3.570,12	3.708,70	3.868,65
Volume consumido AG10 (1000m <sup>3</sup> /ano)	1.950,00	1.157,00	1.347,65	1.484,24	1.572,40	1.752,74
Consumo médio <i>per capita</i> IN22 (L. hab <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup> )	138,02	100,13	116,76	116,07	125,81	130,36
Índice de perdas lineares - IN50 m <sup>3</sup> /(dia.km)	5,67	40,97	27,75	33,86	34,68	39,07

Fonte: Elaborado pelo autor.

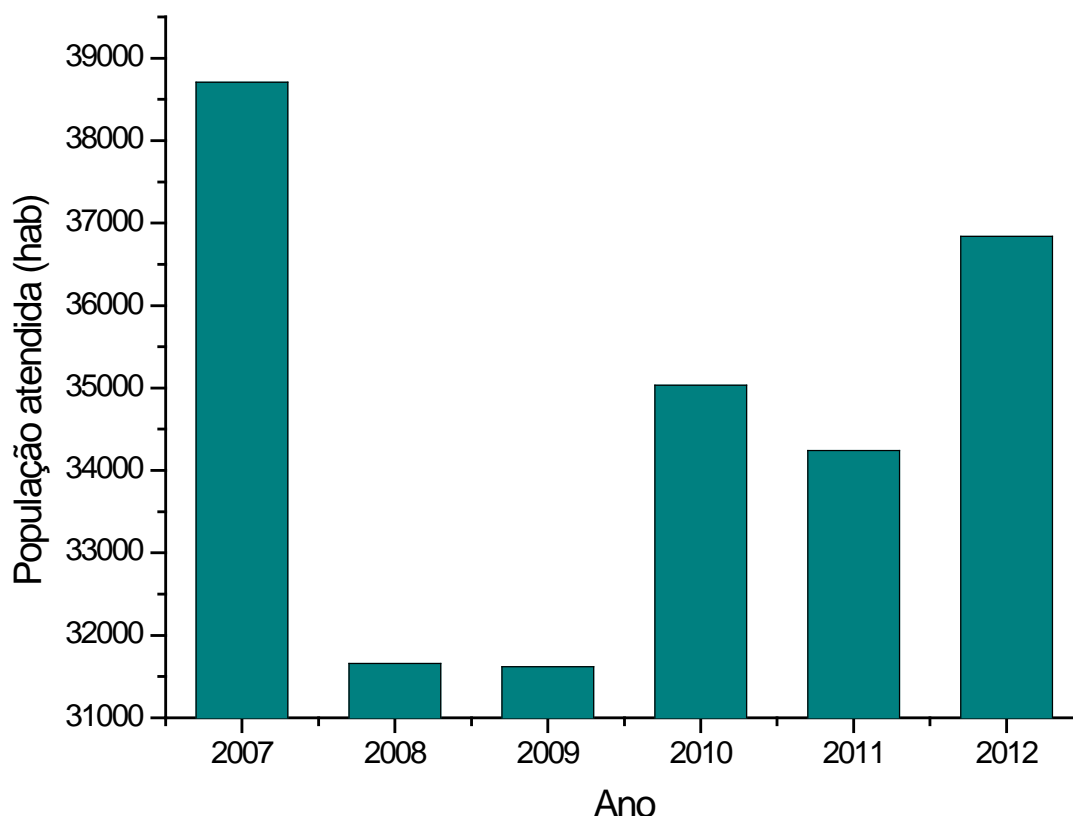
### 5.11 Indicador população abastecida (AG01) de Itaipuru Mirim

Na cidade de Itaipuru Mirim, o cálculo da população atendida pelo sistema de abastecimento de água tem grandes variações no seu valor, que expressam as variáveis que a compõem.

Ao analisarmos os dados de população urbana do IBGE da cidade, as variações são crescentes com taxa de densidade dentro da média maranhense, o que não ocorreu com o indicador (AG01). Do ano de 2007 para 2008 apresenta um decréscimo de população de 7.051 habitantes, que é considerável. Valores de acréscimo ou

decréscimo anual de população igual ou superior a 20% devem ser melhor explicados sobre o fenômeno causador. Neste caso todas as análises indicam erro da variável de composição do número.

**Figura 14 - População atendida (AG01) Itapecuru Mirim, Maranhão, 2007 - 2012**



Fonte: Brasil (2013).

Na série observada, a curva da população atendida sofre inflexão negativa nos anos 2008 e 2009, sendo que em 2008 coincide com os dados gerais relativos a CAEMA.

A explicação técnica da redução da população atendida do sistema de abastecimento de água de Itapecuru Mirim dá-se pelo serviço de fiscalização e corte das ligações em débito ocorrido nos anos de referência, reduzindo as ligações ativas.

A taxa de densidade demográfica ou ocupação residencial era sempre a mesma e que só veio mudar após a publicação do estudo de população do IBGE realizado em 2010.

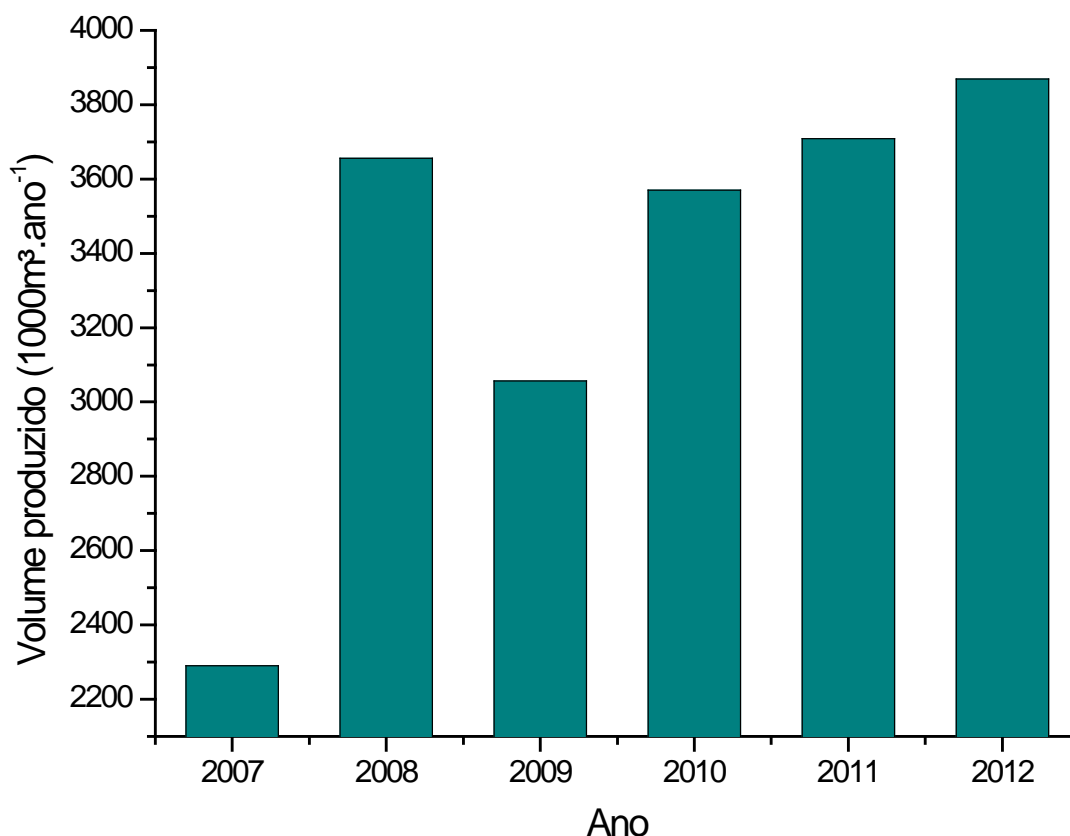
Uma observação importante a ser destacada é a população urbana do município encontrada pelo IBGE em 2010. Eram 34.717 habitantes, quando no mesmo ano, a população atendida (AG01) eram 35.034 habitantes indicando uma diferença apuração do valor.

A população atendida do sistema de abastecimento de água de Itapecuru Mirim em 2010 foi maior que a encontrada na contagem do IBGE, devido a metodologia de cálculo. O indicador AG01 adota na sua composição variáveis que por sua natureza contém imprecisão como o número de ligações ativas e taxa de ocupação domiciliar do IBGE.

### 5.12 Indicador Volume produzido (AG06) de Itapecuru Mirim

O volume produzido de água de Itapecuru Mirim (Figura 16) tem comportamento irregular, ou seja, a reta, de tendência não é crescente ou horizontal como normalmente se comporta a grande maioria dos sistemas que não sofreram ampliação ou melhoria de seus instrumentos.

Figura 15 - Volume produzido (AG06) Itapecuru Mirim. Maranhão, 2007 - 2012



Fonte: Brasil (2013).

Não encontramos justificativa para o crescimento do volume de 59,65% em 2008 e uma inflexão negativa em 2009 de 19,59%. Em 2009, a redução é coincidente com o mesmo fato ocorrido no indicador da CAEMA.

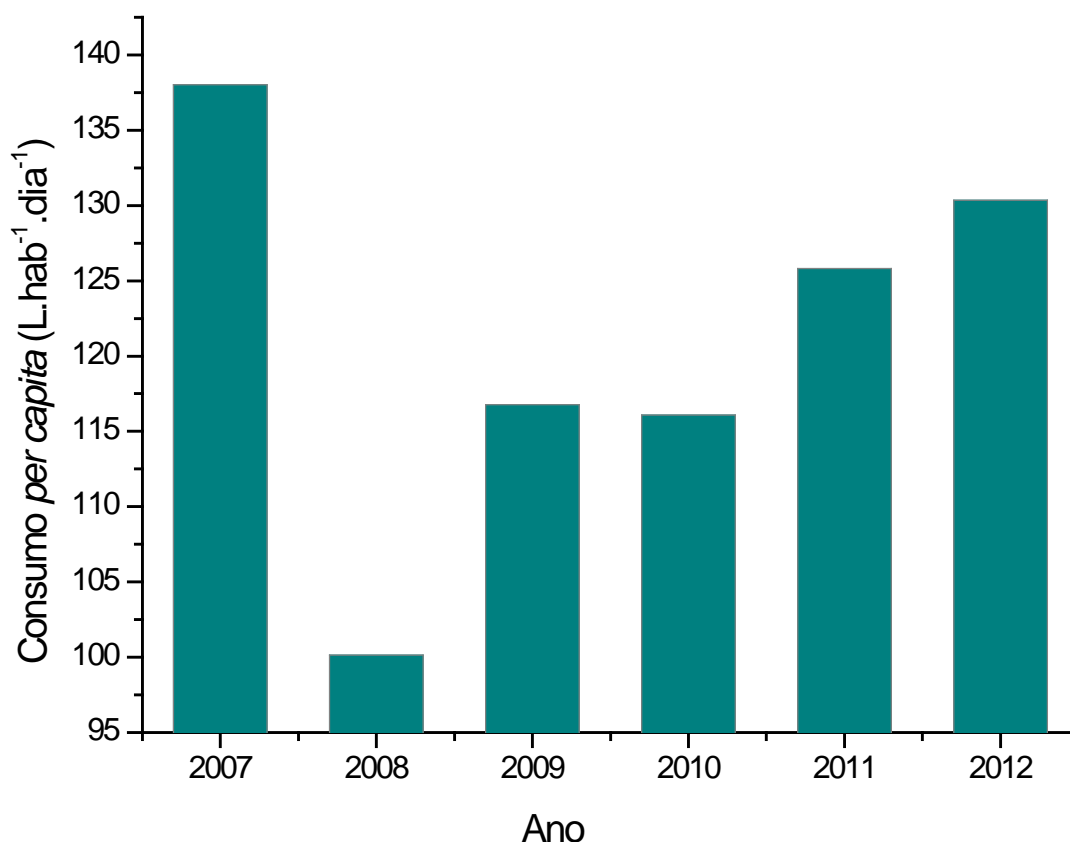
### 5.13 Indicador consumo per capita (IN22) de Itapecuru Mirim

Neste trabalho, explorou-se a busca do índice do consumo *per capita* médio de água (IN22) referente a rede de abastecimento na zona urbana do município de Itapecuru Mirim, em que as perdas físicas de água, não fosse incorporada, ou seja, a partir do volume produzido (AG06).

O valor *per capita* no SNIS em 2010 foi de 118,8 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>, quando o número relativo à CAEMA no mesmo ano foi de 128,8 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>, abaixo da média geral (ANEXO 4B).



Figura 16 - Consumo *per capita* (IN22) Itapecuru Mirim. Maranhão, 2007 - 2012



Fonte: Brasil (2013).

Observou-se que o menor volume produzido ocorreu em 2007 (Figura 16), porém, no caso em questão (Figura 17) foi em 2008 que o *per capita* obteve o seu menor valor em Itapecuru Mirim sendo 100,0 L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup>.

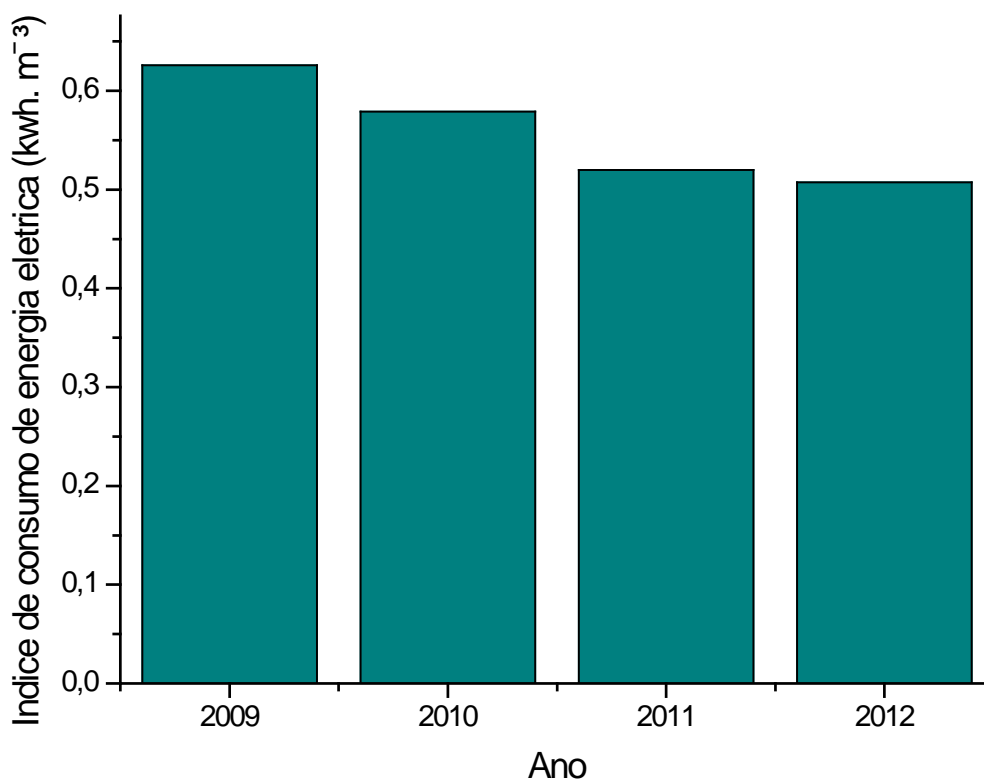
Quando se oferece um maior volume ao sistema, o consumo *per capita* normalmente deve crescer se a população atendida não for alterada. Em 2010, o *per capita* foi igual ao de 2009, passando a crescer até chegar a 130,36 L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup> em 2012. O valor médio dos seis anos foi 121,19 L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup>.

#### 5.14 Aspectos energéticos do abastecimento de água em Itapecuru Mirim

A sustentabilidade de um sistema de abastecimento de água passa pela eficiência da utilização de energia elétrica com fator primário da produção de água tratada. Qualquer gerenciamento que não considere prioritário essa condição não consegue eficiência conforme planejado.

Uma análise mais aprofundada dos aspectos energéticos do abastecimento de água incluiu o estudo das perdas físicas e o consumo de energia elétrica. Existe um indicador chamado de índice do consumo total de energia elétrica (IN58) que relaciona o consumo de energia elétrica e o volume produzido de água. A figura 18 é representativa do indicador em Itapecuru Mirim.

Figura 17 - Índice consumo total de energia elétrica (IN58) de Itapecuru Mirim Maranhão, 2009 - 2012



O indicador IN58 foi decrescente nos últimos quatro anos da publicação do Sistema Nacional de Informação em Saneamento e situa-se dentro de uma faixa entre 0,51 e 0,63 kwh. m<sup>-3</sup>. No SAA de Itapecuru Mirim em 2012 com 0,51 kwh, foi produzido 1,0 m<sup>3</sup> de água. Também foi decrescente para CAEMA no mesmo período, e variou em faixa mais ampla, entre 0,53 a 0,76 kwh. m<sup>-3</sup>. A média do consumo de energia elétrica nos SAA no Brasil é de aproximadamente 0,74 kwh. m<sup>-3</sup> (Gouveia, 2012).

Entre os anos de 2009 e 2012, mesmo período da análise do IN58, o índice bruto de perdas lineares (IN50) de Itapecuru Mirim foi crescente, partindo do valor de 27,75 m<sup>3</sup>. dia<sup>-1</sup>.km<sup>-1</sup> até 39,07 m<sup>3</sup>. dia<sup>-1</sup>.km<sup>-1</sup>. Enquanto o desempenho das máquinas e modelos operacionais melhorava, os controles de perdas reduz a eficiência.

#### 5.15 Consumo mensal faturado do banco de dados da CAEMA

Na outra fase da pesquisa, buscou-se a validação junto ao banco de dados comercial da CAEMA (Tabela 10), para as dez ligações residenciais de água de Itapecuru Mirim que foram objeto do trabalho de campo. Foram registrados as leituras diárias dos hidrômetros, o número de moradores, e situação da água.

Nesta fase foi estudado o histograma do consumo mensal de cada uma das unidades consumidoras, ou seja, de cada ligação. Buscou-se o faturamento realizado pela CAEMA de novembro de 2011 a outubro de 2013, um período de vinte e quatro meses, incluindo o mês da pesquisa de campo, exemplificado com o consumo de apenas uma ligação denominada de A (Tabela 9).

**Tabela 9 - Consumo da ligação A no município de Itapecuru Mirim**

Mês	Data da Leitura	Consumo faturado (m <sup>3</sup> )
1	01/2013	18
2	02/2013	16
3	03/2013	22
4	04/2013	15
5	05/2013	16
6	06/2013	16
7	07/2013	15
8	08/2013	15
9	09/2013	22
10	10/2013	15
11	01/2012	25
12	02/2012	21
13	03/2012	20
14	04/2012	17
15	05/2012	19
16	06/2012	12
17	07/2012	14
18	08/2012	15
19	09/2012	21
20	10/2012	28
21	11/2012	26
22	12/2012	15
23	11/2011	15
24	12/2011	29

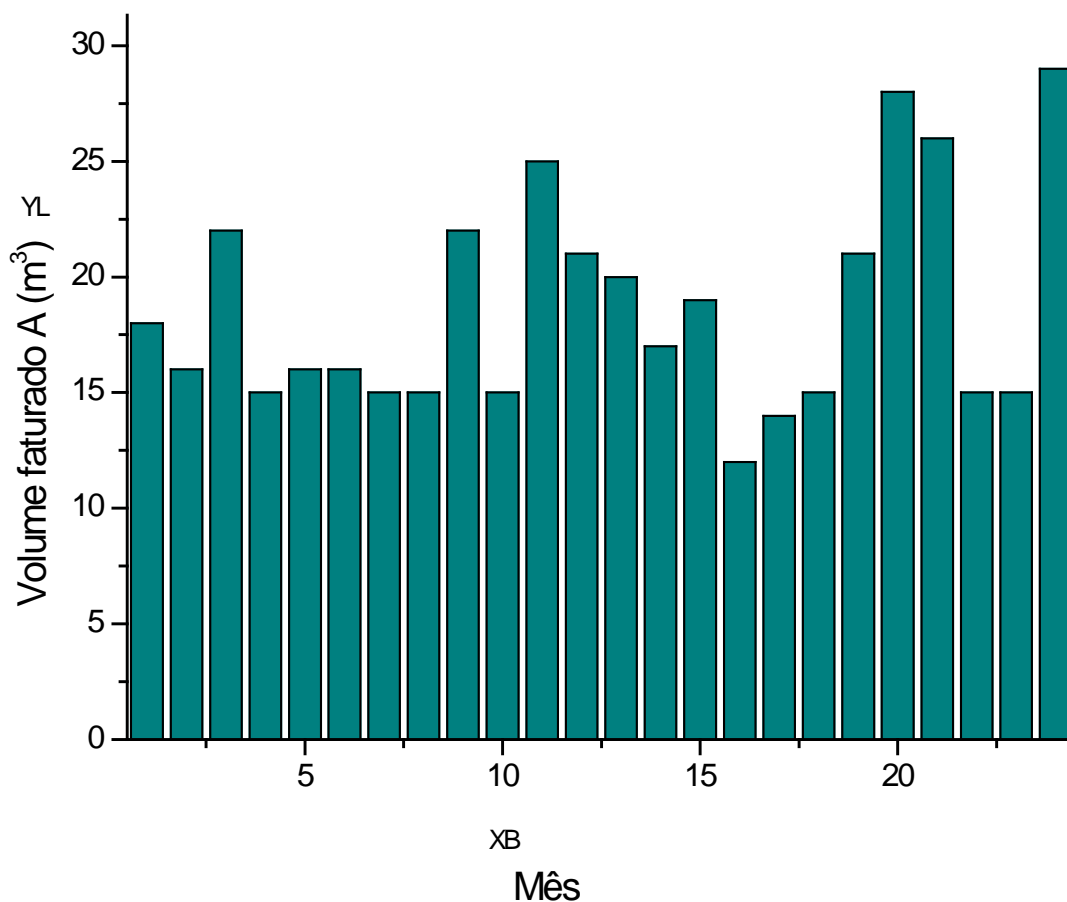
Fonte: Elaborado pelo autor.

A pesquisa de campo do *per capita* junto aos consumidores foi realizada em estação de chuvas, onde o consumo de água é menor e a observação de vinte e quatro meses do volume faturado, alcança as estações de seca e de chuva duas vezes, diminuindo o impacto da informação isolada.

Para eliminar possíveis dúvidas sobre as condições de conservação, uma fiscalização do hidrômetro foi realizada em setembro de 2013 para confirmação de seu bom estado físico e operacional. Em todos eles foram constatado leituras superiores às realizadas em março 2013 durante a pesquisa diária, validando todos os cálculos e estudo realizados.

Para cada unidade consumidora de Itapecuru Mirim relacionada à pesquisa, foi construída uma tabela com o consumo mensal faturado pela CAEMA com período contínuo de dois anos.

Figura 18 - Volume faturado da unidade - A. Itapecuru Mirim, 2011 - 2013



Fonte: Elaborada pelo autor.

O consumo de água residencial obedece a desejo de seus moradores e as circunstâncias operacionais do próprio SAA, tornando as variações do volume mensal quesito de muita instabilidade. O gráfico da Figura 19 representa a curva do consumo faturado mensal medido, realizado pela CAEMA da unidade consumidora A (Tabela 9).

Para efeito de cálculo a população residente em cada uma das unidades consumidoras (ligação), será considerada a mesma do valor encontrado na contagem "in loco" do trabalho de campo, ou seja, população atendida (AG01) real.

Obedecendo a definição, o consumo *per capita* será o consumo mensal faturado dividido pelo número de habitantes de cada ligação.

**Tabela 10 - Volume faturado unidades consumidoras (m<sup>3</sup>). Itapecuru Mirim, 2011 - 2013.**

Mês	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	18	16	17	7	11	14	13	7	21	21
2	16	16	16	18	29	24	12	5	2	23
3	22	18	18	12	17	16	17	5	15	26
4	15	14	10	6	11	6	11	5	20	21
5	16	22	16	9	14	14	14	8	16	29
6	16	16	14	8	11	6	11	6	22	18
7	15	14	15	8	10	4	10	3	20	15
8	15	15	14	2	12	5	13	4	21	19
9	22	17	16	18	14	5	12	5	23	18
10	15	17	12	7	14	5	12	4	24	17
11	25	28	28	14	11	11	10	6	18	19
12	21	14	31	13	9	11	8	3	3	18
13	20	15	29	15	11	11	12	1	9	24
14	17	18	20	14	10	12	10	3	10	19
15	19	13	27	17	11	12	13	15	18	15
16	12	19	25	8	15	6	10	19	17	21
17	14	14	25	10	11	12	11	42	15	15
18	15	10	25	9	10	8	9	4	17	17
19	21	11	30	12	9	20	20	8	3	16
20	28	12	17	10	12	9	13	4	16	16
21	26	12	25	12	9	20	13	4	17	23
22	15	13	14	9	12	10	11	4	16	20
23	15	15	25	13	9	11	9	4	18	17
24	29	18	28	9	19	11	10	3	13	17
Acumulado	447	377	497	260	301	263	284	172	374	464
Média (m <sup>3</sup> )	18,63	15,71	20,71	10,83	12,54	10,96	11,83	7,17	15,58	19,33

Fonte: Elaborada pelo autor.

Construiu-se a Tabela 10 com o volume faturado mensal pela CAEMA das dez unidades consumidoras durante o período de vinte e quatro meses, objetivando acumular os volumes e encontrar a média de consumo mensal de cada uma, com menor influência dos máximos e mínimos consumos.

Nota-se que a faixa de volume de consumo mensal (Tabela 10) das ligações pesquisadas está situada entre 10 e 25 metros cúbicos, bem representativo do perfil dos consumidores da concessionária de saneamento. Observa-se que existem picos de consumo como nos meses de número 2, 5, 9, 16, 19 e 21. Também existe tendência de consumo mínimo nos meses 4, 7, 10, 20 e 22.

**Tabela 11 - Per capita dos volumes faturados nas unidades consumidoras. Itaipuru Mirim, 2011 - 2013.**

Unidade de Consumo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Volume acumulado (m³)	447	377	497	260	301	263	284	172	374	464
Dias do período	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730
Nº Pessoas	5	4	5	2	5	4	3	2	2	8
<i>Per capita</i>	122	129	136	178	82,5	90,1	130	118	256	79,5

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Banco de dados comercial da CAEMA forneceu o volume no período e o trabalho contou a população atendida (número de pessoas) de cada unidade consumidora. Observa-se que na contagem da população não havia festas populares ou feriados na cidade, fato que pode alterar a informação.

Entrando com o número de dias do período, o consumo *per capita* foi calculado para cada unidade consumidora (ligação), conforme Tabela 10, sendo o valor médio 132,15 L.hab<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup>.

### 5.16 Consumo per capita observado na coleta de campo

Com base nos critérios estabelecidos, como por exemplo, regularidade no fornecimento de água pela CAEMA foi escolhida em Itaipuru Mirim as unidades consumidoras.

Criou-se duas situações bem definidas para dimensionar o consumo *per capita* de cada uma as ligações e depois integrar todos os resultados aos publicados anualmente no diagnóstico elaborado pelo Ministério das Cidades.

Nota-se na Tabela 12 leituras repetidas no hidrômetro mais de uma vez e não variação dos habitantes em cada unidade consumidora durante o período observado, o que deve ser a regra, quando não há festividades populares na cidade.

**Tabela 12 - Coleta de campo das leituras e população. Itaipuru Mirim, 2013.**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Leitura Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas	Leitura do hidrômetro Nº pessoas
837 5	2388 4	2484 5	1566 2	1202 5	588 4	1077 3	1653 2	539 2	2383 8
838 5	2389 4	2485 5	1566 2	1202 5	588 4	1077 3	1653 2	540 2	2384 8
838 5	2390 4	2486 5	1566 2	1202 5	589 4	1078 3	1653 2	540 2	2385 8
839 5	2390 4	2486 5	1567 2	1203 5	590 4	1078 3	1653 2	541 2	2385 8
839 5	2391 4	2487 5	1567 2	1203 5	591 4	1078 3	1654 2	543 2	2386 8
840 5	2393 4	2487 5	1567 2	1203 5	591 4	1079 3	1654 2	543 2	2387 8
840 5	2394 4	2488 5	1567 2	1204 5	591 4	1080 3	1654 2	543 2	2388 8
841 5	2394 4	2488 5	1567 2	1204 5	592 4	1080 3	1654 2	543 2	2388 8
841 5	2395 4	2488 5	1568 2	1204 5	593 4	1080 3	1655 2	544 2	2389 8
842 5	2395 4	2489 5	1568 2	1205 5	593 4	1081 3	1655 2	544 2	2390 8

Fonte: Elaborada pelo autor.



A população atendida (AG01) encontrada foram quarenta habitantes praticamente o mesmo valor do número de economias ativas multiplicado pela densidade demográfica do IBGE.

**Tabela 13 - Consumo per capita das ligações de Itapecuru Mirim (L. hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup>), 2013.**

Dia	Unidade consumidora									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Segunda	200,0	250,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	500,0	125,0
Terça	0,0	250,0	200,0	0,0	0,0	250,0	333,3	0,0	0,0	125,0
Quarta	200,0	0,0	0,0	500,0	200,0	250,0	0,0	0,0	500,0	0,0
Quinta	0,0	250,0	200,0	0,0	0,0	250,0	0,0	500,0	1000,0	125,0
Sexta <sup>o</sup>	200,0	500,0	0,0	0,0	0,0	0,0	333,3	0,0	0,0	125,0
Sábado	0,0	250,0	200,0	0,0	200,0	0,0	333,3	0,0	0,0	125,0
Domingo	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	250,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Segunda	0,0	250,0	0,0	500,0	0,0	250,0	0,0	500,0	500,0	125,0
Terça	200,0	0,0	200,0	0,0	200,0	0,0	333,3	0,0	0,0	125,0
<b>Média</b>	<b>111</b>	<b>194</b>	<b>111,1</b>	<b>111,1</b>	<b>66,67</b>	<b>138,9</b>	<b>148</b>	<b>111,1</b>	<b>277,8</b>	<b>97,2</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

O consumo *per capita* médio no período da observação de cada ligação variou entre o valor mínimo de 66,7 L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup> e o valor máximo 277,8 L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup> sendo que a média aritmética foi 136,8 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Observou-se que a média encontrada está dentro do padrão de consumo.

O resultado zero muito comum na Tabela 13 é interpretado como falta de água na rede de distribuição ou intermitência de água. Não significa consumo interno zero, já que a água foi armazenada no dia anterior. Ficou comprovada a existência de rodízio em todos os setores observados.

**Tabela 14 - Comparação dos per capita obtidos de Itapecuru Mirim, (L. hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup>).**

Método	Unidade consumidora									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Estudo de Campo	111,0	194,0	111,1	111,1	66,67	138,9	148,0	111,1	277,8	97,2
Volume Faturado	124,2	130,9	138,1	180,6	83,6	91,3	131,5	119,4	259,7	80,6
<b>Média</b>	<b>117,6</b>	<b>162,5</b>	<b>124,6</b>	<b>145,8</b>	<b>75,1</b>	<b>115,1</b>	<b>139,7</b>	<b>115,3</b>	<b>268,8</b>	<b>88,9</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na comparação (Tabela 14) dos dois métodos de encontrar o *per capita* das unidades consumidoras (ligação) o valor ligação "E" foi à mínima na pesquisa de campo, mas está plenamente justificada com o volume faturado no mesmo nível, considerado baixo.

Sabe-se que nas cidades do interior do Maranhão existem casos em que os moradores de uma habitação na zona urbana trabalham na roça e passam alguns dias da semana trabalhando na agricultura de sobrevivência, o que explica em parte os máximos e mínimos *per capita* encontrados, sendo que a média das unidades consumidoras utilizando os dois métodos é 135,34 L.hab<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup>.

Analizando seis anos (2007 a 2012), o aspecto da eficiência comercial do SAA Itapecuru Mirim observa-se, que o volume de água produzido anualmente é bem maior que o volume faturado. Embora se constata o fato na revisão de literatura, este não é sentimento de todos os gestores locais, que admitem não faturar um volume maior, por falta de água nos bairros periféricos da cidade.

O baixo consumo faturado pela CAEMA de uma ligação pode representar que a família moradora fez a lavagem de roupas no rio Itapecuru, dada a proximidade com a margem do manancial.

A constatação do rodízio, da falta de água nos bairros mais distantes e a percepção dos encarregados que operam o SAA sobre o volume produzido, deixa uma incerteza na precisão do volume produzido que pode ser traduzido como erro de vazão dos equipamentos nas diversas instalações de bombeamento.

## 6. CONCLUSÃO

Os dados publicados no SNIS sobre a CAEMA contêm imprecisões devido a problema na coleta dos dados primários, como a falta de instrumentação e de software que possibilite uma análise de maior profundidade. Os relatórios das áreas operacionais que contêm alguns dos indicadores utilizam métodos com grande margem de erros que quando comparados aos relatórios comerciais, produzem muitas dúvidas.

Conclui-se que o volume estimado  $\{(AG11) - (AG08)\}$  das ligações que não são providas de hidrômetro, não deve somar aos volumes medidos (AG08), para compor o volume faturado (AG11) e não alterar o índice de perdas. As variáveis que compõem as perdas contêm erros em seu cálculo por serem encontrados a partir de informações imprecisas e sem consistência. Deve-se pesquisar outro método.

Os índices de perdas de faturamento (IN13) relativas ao SAA, publicadas no SNIS são todas maiores que 50% no período da pesquisa. No mesmo período, calculadas com outra metodologia nenhuma foi superior a 50%, como a oficial. Neste caso, conclui-se que os métodos de coleta dos dados devem ser revisados.

A pesquisa aponta que a produção de água da cidade é suficiente para abastecer a população atual com um *per capita* de 150 litros diários para cada indivíduo morador da cidade. Não há, portanto necessidade de ampliar o volume produzido (AG06), entretanto será necessário investir em equipamentos capazes de medir volumes com precisão e melhoria da rede para equalizar pressões, além de um sistema confiável de reserva de volume de água tratada para os picos de consumo a serem atendidos com eficiência.

Nota-se a existência de uma relação direta na tendência do consumo médio *per capita* de água (IN22) com o índice de perdas de faturamento (IN13) e índice bruto de perda lineares (IN50) de água. Quando o SAA apresenta índice bruto de perda lineares (IN50) crescente, a curva do índice de perdas de faturamento (IN13) é crescente e a reta de tendência do consumo *per capita* também é para o mesmo intervalo de tempo.

Nos relatórios operacionais examinados do sistema de abastecimento de água, existe vazão de equipamento superdimensionada, que gera imprecisão nos volumes produzidos. Com isso, as perdas físicas de água na rede de distribuição podem ser menores que as publicadas no SNIS.

O consumo *per capita* de Itapecuru Mirim apurado no SNIS pelo processo descrito na metodologia foi de valores sem grande disparidade entre eles. O consumo *per capita* de referência apurado pelo SNIS em 2012 foi  $130,36 \text{ L.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  e a média no período de 2007 a 2012 foi  $121,19 \text{ L.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

No método utilizando o volume faturado pela CAEMA para a cobrança do serviço ao usuário, foi examinado o período de 24 meses, com início em novembro de 2011 e final em outubro de 2013. A média das dez ligações estudadas resultou em um *per capita* de  $132,15 \text{ L.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

No trabalho de pesquisa de campo, objeto principal do trabalho, com a contagem de população e medição de volume diário fornecido a cada ligação, o valor médio encontrado do *per capita* foi  $136,8 \text{ L.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

Com todos esses valores apurados (121,19; 132,15; 136,80) concluiu-se que a coleta dos dados no campo com a instrumentação necessária que oferece precisão, percebe-se que existe clara indicação de que o valor real é maior do que aquele publicado. Mesmo assim, a pesquisa valida a metodologia utilizada pela SNIS, uma vez que a micromedição nos SAAs da CAEMA é inexpressiva.

Nos aspectos energéticos do sistema de abastecimento de água de Itapecuru Mirim, nota-se uma gradual melhoria da eficiência no consumo da energia elétrica nos quatros últimos anos, tendo o mesmo fato ocorrido com a CAEMA.

Em relação ao índice bruto de perdas lineares da CAEMA decresceu no mesmo período, enquanto que para o sistema de Itapecuru Mirim cresceu, demonstrando que a eficiência energética como um todo não foi alcançada no SAA.

## RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que alguns dados primários que geram os indicadores, como volume produzido, tempo de funcionamento das bombas de cada unidade entre outros, sejam diariamente disponibilizada pelos próprios operadores em software na web que se comunique com GSAN - Volume produzido (AG06).

Um novo modelo deve ser desenvolvido para medir o volume estimado de consumo das ligações domiciliares que não possuem hidrômetros, para que a soma do volume total faturado (AG11) nunca exceda ao que verdadeiramente foi tratado na ETA e ou poços artesianos complementares, volume consumido AG10). Podem causar problemas de natureza legal se ultrapassar ao volume permitido na outorga de uso da água - Volume estimado {(AG11) - (AG08)}.

Recomenda-se criar software para que seja disponibilizado no site CAEMA, e que os usuários de água possam informar o número de pessoas residentes na unidade consumidora, e a empresa possa saber o valor da população atendida (AG01) com maior exatidão - População atendida (AG01).

Outra recomendação gerencial seria criar as condições necessárias para que o software comercial também faça o controle de volumes, comparando mensalmente ao volume faturado (AG11), com o volume produzido (AG06) e volume consumido (AG10) para cada SAA.

Recomenda-se também que as administrações municipais elaborem leis que disciplinem a cobrança da água em seus territórios, tal que a cobrança de água seja calculada tendo por base o consumo *per capita* e o total de habitantes de cada unidade residencial. Tal procedimento justifica-se que as empresas de saneamento deveriam ter medição de consumo de todos os seus usuários para serem justas na cobrança. Sabe-se que a CAEMA possui apenas 20% de micromedição das ligações.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Atlas Brasil de abastecimento urbano de água:** panorama nacional. Brasília: Engecorps/Cobrape, 2010. v. 1.
2. AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Disponibilidade e demanda de Recursos Hídricos no Brasil.** In: Caderno de Recursos Hídricos. 126 p, 2007. v. 2.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas em sistemas de abastecimento de água:** diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Rio de Janeiro: ABES, 2013.
4. BRASIL. Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 jun. 2010a.
5. \_\_\_\_\_. Lei Federal nº 9.433 de 08 de dezembro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1997.
6. \_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 11 de janeiro de 2007. Política Federal do Saneamento Básico. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2007.
7. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 1997.** Brasília, 1997.
8. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 1998.** Brasília, 1998.
9. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 1999.** Brasília, 1999.

10. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2000**. Brasília, 2000.
11. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2002**. Brasília, 2002.
12. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2004**. Brasília, 2004.
13. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2007**. Brasília, 2007.
14. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2009**. Brasília: PMSS, 2009.
15. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos, 2010**. Brasília: MCIDADES/SNSA, 2010b.
16. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. **Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água**. Documento Técnico de Apoio - DTA A2. Brasília: PNCDA, 2003.
17. \_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 22 out. 2013.
18. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Estado do Maranhão**: Relatório diagnóstico do município de Itapecuru Mirim. Teresina: CPRM, 2011.
19. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO. **Estudo de Impacto Ambiental de Itapecuru Mirim**. São Luís: CAEMA, 2002.
20. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO. **Ampliação do sistema produtor do Itapecuru**. Relatório de Impacto Ambiental. São Luís: CAEMA, 2001.
21. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO. **Estudos de concepção para o sistema de distribuição de água da grande São Luís -MA**. Memorial e memórias de cálculo, vol I. São Luís: CAEMA, 2013.
22. \_\_\_\_\_. **Relatório Anual da CAEMA**. São Luís: CAEMA, 2007.
23. \_\_\_\_\_. **Relatório Comercial 2008, 2009, 2010, 2011e 2012**, São Luís: CAEMA, 2013.
24. \_\_\_\_\_. **Relatório Técnico Operacional**. São Luís: CAEMA, 2012.
25. DIAS, David Montero. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, 2010.
26. ELETROBRÁS. Procel. **Plano de Ação Procel Sanear, 2006/2007**. Brasil: Eletrobrás; Procel, 2007.
27. CHEUNG, P. B; KIPERTOK, A; COHIM, E; ALVES, W. C; PHILIPPI, L. S; ZANELLA, L. ABE, N; GOMES, H. P; SILVA, B. C; PERTEL, M; GONÇALVES, R. F. Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F.(coordenador). **Uso racional de água e energia - Conservação da água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: Prosab/Abes, 2009.
28. GOOGLE Maps. Disponível em: <<https://maps.google.com/>>. Acesso em: 7 nov. 2013.
29. GOUVEIA, Roberta Macêdo Marques. **Modelo computacional de otimização para dimensionamento de redes de distribuição de água abastecidas por múltiplos bombeamentos**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2012.
30. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. **Itapecuru-Mirim, Maranhão-MA**. 2012. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=210540&search=maranhao|itapecuru-mirim|infograficos:-historico>>. Acesso em: 6 nov. 2013.
31. LISBOA, Severina Sarah. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: percepção dos gestores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, 2013.
32. MARANHÃO. Lei Estadual nº 8.915 de 23 de dezembro de 2008. Agência Reguladora de Serviços Públicos no Maranhão - ARSEP. **Diário Oficial do Estado do Maranhão**, São Luís, 2008.
33. \_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 8.923 de 12 de janeiro de 2009. Política Estadual de Saneamento Básico - PESB. **Diário Oficial do Estado do Maranhão**, São Luís, 2009.

34. \_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 7.052 de 22 de dezembro de 1997. Política de Recursos Hídricos, do Estado do Maranhão. **Diário Oficial do Estado do Maranhão**, São Luís 1997.
35. MATOS, J. C.C. T. **Proposição de método para definição de cotas *per capita* mínimas de água para consumo humano**. 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
36. MARTINI, Felipe. **Potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva em São Miguel do Oeste – SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009. 96p.
37. NINOMIYA, Gabriel Ayabe. **Análise comparativa do consumo de água de dois bairros da cidade de São Carlos (SP)**. Revista Nacional de Gerenciamento das Cidades, v.01 n. 05, São Paulo, 2013.
38. MOURA, Gustavo Nikolaus Pinto de. **A relação entre água e energia: gestão energética nos sistemas de abastecimento de água das companhias de saneamento básico do Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.
39. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água para o consumo humano: relatório de desenvolvimento humano**. Nova York: ONU, 2006.
40. PASSOS, Carlos Eduardo Lima. **Consumo de água e tarifa social em áreas de baixa renda: estudo de casos das comunidades de Santa Marta, Complexo do Borel/Casa Branca e Complexo da Mangueira, Rio de Janeiro, RJ**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010
41. SPERLING, Tiago Lages von. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v 18, n. 4, 2013.
42. TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 2. ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
43. ZIMERMANN, Daniela Mara Hoffmann. **O uso de indicadores de desempenho para planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água: SAA Capinzal/Ouro**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.



Anexo 1 - Variação do *per capita* nos Estados entre 2009 e 2010 (SNIS)

Estados / Regiões	IN022 (L. hab <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup> ) Ano 2009	IN022 (L. hab <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup> ) Ano 2010	Variação 2009 / 2010
Acre	187,00	148,30	-20,70%
Amazonas	127,10	144,70	13,80%
Amapá	171,90	146,80	-14,60%
Pará	147,10	141,90	-3,50%
Rondônia	123,70	141,50	14,40%
Roraima	145,40	159,10	9,40%
Tocantins	132,30	139,10	5,20%
<b>Norte</b>	139,50	143,50	2,90%
Alagoas	86,80	91,60	5,50%
Bahia	120,00	120,30	0,20%
Ceará	130,30	139,40	7,00%
Maranhão	147,20	128,80	-12,50%
Paraíba	103,20	111,30	7,90%
Pernambuco	90,90	96,60	6,30%
Piauí	114,20	115,90	1,50%
Rio Grande do Norte	113,90	124,70	9,50%
Sergipe	117,30	118,70	1,20%
<b>Nordeste</b>	114,40	117,30	2,50%
Espírito Santo	182,60	193,30	5,90%
Minas Gerais	137,40	147,00	7,00%
Rio de Janeiro	189,10	236,30	25,00%
São Paulo	177,80	184,70	3,90%
<b>Sudeste</b>	170,40	185,90	9,10%
Paraná	128,70	136,50	6,10%
Rio Grande do Sul	148,40	155,40	4,70%
Santa Catarina	138,10	145,00	5,00%
<b>Sul</b>	138,10	145,40	5,30%
Distrito Federal	172,00	183,30	6,60%
Goiás	127,40	137,90	8,20%
Mato Grosso do Sul	122,50	139,00	13,50%
Mato Grosso	168,20	175,10	4,10%
<b>Centro-Oeste</b>	143,70	154,90	7,80%
Brasil	148,50	159,00	7,10%



**Anexo 2 - Volume necessário em Itapecuru Mirim segundo Relatório Técnico Operacional (CAEMA).**

Mês/ano	População	Ligações ativas		Volumes (m³)		
	Abastecida	Medida	Estimado	Tratado	Produzido	Necessário
jan/09	28.302	4.272	2.857	188.100	193.950	169.812,78
fev/09	28.302	4.272	2.857	188.100	193.950	158.491,93
mar/09	28.302	4.272	2.857	187.290	191.790	175.473,21
abr/09	28.302	4.272	2.857	179.730	182.250	175.473,21
jun/09	36.433	4.628	4.549	248.400	254.160	218.596,14
jul/09	36.472	4.626	4.561	250.830	254.160	226.128,82
ago/09	36.615	4.631	4.592	305.450	254.160	219.691,86
out/09	35.500	4.471	4.471	295.740	318.000	220.098,39
nov/09	36.758	4.440	4.819	289.430	318.000	220.549,38
jun/10	32.022	4.265	3.801	310.680	342.500	192.132,12
jul/10	32.022	4.265	3.801	310.680	342.500	198.536,52
ago/10	32.022	4.265	3.801	310.680	310.860	192.132,12
set/10	32.022	4.265	3.801	310.860	342.500	192.132,12
out/10	32.026	4.266	3.801	305.550	342.500	192.155,94
nov/10	32.022	4.265	3.801	300.330	335.500	192.132,12
set/11	32.022	4.265	3.801	180.090	346.000	192.132,12
out/11	32.022	4.265	3.801	212.580	320.000	192.132,12
nov/11	32.022	4.265	3.801	257.490	338.250	192.132,12
dez/11	34.507	4.954	3.738	309.060	362.000	213.944,89
jan/12	34.630	3.747	4.976	265.050	368.000	207.781,86
set/12	34.817	3.611	5.159	203.400	305.500	208.901,40
out/12	34.817	3.611	5.159	255.420	317.750	208.901,40
nov/12	34.817	3.611	5.159	298.980	323.000	208.901,40
dez/12	34.817	3.611	5.159	281.700	323.000	215.864,78

Anexo 3 - Leitura diária dos hidrômetros (Autor)

LIGAÇÃO	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS	LEITURA	Nº PESSOAS
18	837	5	2388	4	2484	5	1566	2	1202	5	588	4	1077	3	1653	2	539	2	2383	8
19	838	5	2389	4	2485	5	1566	2	1202	5	588	4	1077	3	1653	2	540	2	2384	8
20	838	5	2390	4	2486	5	1566	2	1202	5	589	4	1078	3	1653	2	540	2	2385	8
21	839	5	2390	4	2486	5	1567	2	1203	5	590	4	1078	3	1653	2	541	2	2385	8
22	839	5	2391	4	2487	5	1567	2	1203	5	591	4	1078	3	1654	2	543	2	2386	8
23	840	5	2393	4	2487	5	1567	2	1203	5	591	4	1079	3	1654	2	543	2	2387	8
24	840	5	2394	4	2488	5	1567	2	1204	5	591	4	1080	3	1654	2	543	2	2388	8
25	841	5	2394	4	2488	5	1567	2	1204	5	592	4	1080	3	1654	2	543	2	2388	8
26	841	5	2395	4	2488	5	1568	2	1204	5	593	4	1080	3	1655	2	544	2	2389	8
27	842	5	2395	4	2489	5	1568	2	1205	5	593	4	1081	3	1655	2	544	2	2390	8

**Anexo 4A - Indicadores SNIS referentes a CAEMA**

INDICADORES	Unidade		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
População atendida com água	Hab	AG 01	1.724.374,0	1.741.676,0	1.851.842,0	1.768.096,0	1.943.230,0	2.047.896,0	2.150.843,0	2.603.736,0
Extensão rede de distribuição	Km	AG 05	4.037,0	4.123,4	4.781,8	4.653,0	4.737,0	5.365,0	5.499,0	5.990,0
Volume produzido	1000m³/ano	AG 06	207.648,5	216.375,7	214.312,0	218.601,0	246.355,0	237.952,0	177.759,0	237.266,0
Volume de água tratada ETA	1000m³/ano	AG 07	76.671,5	83.572,0	82.778,0	185.810,0	211.951,0	177.464,0	120.109,0	120.980,0
Volume Micromedido	1000m³/ano	AG 08	26.061,0	29.177,2	29.347,8	26.542,0	31.812,0	36.032,0	42.772,0	38.029,0
Volume consumido	1000m³/ano	AG 10	90.520,0	95.112,0	100.764,0	74.764,0	77.631,0	103.340,0	97.334,0	98.886,0
Volume faturado	1000m³/ano	AG 11	68.583,0	62.913,4	71.785,0	74.764,0	77.631,0	84.616,0	90.124,0	88.908,0
Faturamento	R\$	FN 01	72.222.000,0	67.370.502,0	71.106.323,0	68.620.449,0	79.775.909,0	86.826.868,0	95.680.013,0	140.669.557,0
Custo energia elétrica	R\$	FN 13	11.546.000,0	11.822.319,0	12.262.000,0	13.471.000,0	15.142.700,0	18.321.672,0	20.773.861,0	29.664.915,0
Índice perdas no faturamento	%	IN 13	67,0	70,9	66,5	65,8	68,5	64,4	49,3	62,5
Consumo médio per capita	L/(hab.dia)	IN 22	143,8	149,6	149,1	115,8	109,5	138,3	124,0	104,1
Índice de perdas lineares	m³/(dia.km)	IN 50	79,5	80,6	65,1	84,7	97,6	68,7	40,1	63,3

**Anexo 4B - Indicadores SNIS referentes a CAEMA (Continuação)**

INDICADORES	Unidade		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
População atendida com água	Hab	AG 01	2.694.363,0	2.335.595,0	2.747.902,0	2.056.695,0	2.292.711,0	2.112.685,0	2.186.695,0	2.219.509,0
Extensão rede de distribuição	Km	AG 05	4.247,0	4.361,0	5.990,0	6.069,1	6.327,0	6.640,0	6.708,1	10.112,2
Volume produzido	1000m³/ano	AG 06	218.846,0	244.236,0	286.815,0	274.998,0	223.148,0	285.242,2	305.194,7	335.867,8
Volume de água tratada ETA	1000m³/ano	AG 07	131.499,0	121.759,0	141.672,0	186.408,0	157.956,0	80.466,3	148.722,7	152.432,7
Volume Micromedido	1000m³/ano	AG 08	37.862,0	34.992,0	62.208,0	31.850,0	34.636,0	34.176,5	33.408,2	46.166,8
Volume consumido	1000m³/ano	AG 10	117.511,0	102.818,0	103.361,0	81.497,0	109.711,0	91.575,9	123.199,8	192.223,3
Volume faturado	1000m³/ano	AG 11	85.518,0	77.887,0	103.361,0	81.570,0	91.709,0	90.745,4	97.345,7	161.099,5
Consumo de energia elétrica	1000 kwh/ano	AG 28	158.920,0	164.447,0	166.080,0	157.085,0	168.882,0	176.227,7	188.706,3	177.105,7
Faturamento	R\$	FN 01	122.126.649,0	130.409.936,0	144.069.682,0	153.790.790,0	162.910.493,0	189.421.659,2	203.321.984,8	281.561.496,0
Custo energia elétrica	R\$	FN 13	38.082.237,0	47.999,0	50.909.841,0	53.590.944,0	60.005.089,0	65.170.216,6	60.568.623,4	71.196.220,6
Índice perdas no faturamento	%	IN 13	60,9	68,1	64,0	70,3	58,9	68,2	68,1	52,0
Consumo médio per capita	L/(hab.dia)	IN 22	119,5	120,6	103,1	108,6	131,1	118,8	154,4	237,3
Índice de perdas lineares	m³/(dia.km)	IN 50	65,4	88,8	83,9	87,4	49,1	79,9	74,3	38,9