

# Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio

*Elementary and high schools water conservation indicators*

Orestes Marraccini Gonçalves  
Marina Sangoi Oliveira Ilha  
Simar Vieira de Amorim  
Luciana Pereira Pedroso

## Resumo

**A** avaliação do potencial de conservação de água deve contemplar outros indicadores que não somente a quantidade de água por agente consumidor em um determinado período (indicador de consumo), tendo em vista as particularidades de cada edificação. O presente artigo apresenta a metodologia e os resultados preliminares de um estudo que vem sendo desenvolvido desde agosto de 2002 por uma equipe de pesquisadores de três universidades paulistas: Unicamp, UFSCar e Epusp, com a coordenação geral desta última, tendo como objeto de estudo as edificações escolares públicas localizadas na cidade de Campinas, São Paulo. O referido projeto, com financiamento do CNPq, contempla o levantamento cadastral e de patologias de todos os equipamentos/aparelhos sanitários e o monitoramento remoto do consumo de água em uma amostra de escolas de ensino fundamental, envolvendo diferentes faixas etárias e períodos de permanência dos alunos nas escolas. São apresentados os critérios adotados para a seleção da amostra, a metodologia empregada para a coleta dos dados em campo e os resultados obtidos até setembro de 2004.

**Palavras-chave:** escola. indicador de consumo de água. conservação de água.

## Abstract

*The evaluation of the water conservation potential must consider other indicators besides the consumption indicator and take into account the characteristics of each building. This paper presents a methodology and the preliminary results of a study, which has as the main object of analysis public school buildings located in Campinas, São Paulo. It has been developed since August 2002 by a team of researchers from three universities from the State of São Paulo, UNICAMP, UFSCar e EPUSP, being led by the later. This project involves the collection of data related to pathologies in sanitary appliances and to water consumption remote monitoring in a sample of elementary schools for students of different age ranges and different periods of stay in school. The sampling criteria and the data collection procedures in the field studies, as well as the results that were obtained by September 2004 are presented.*

**Keywords:** school. water consumption indicator. water conservation.

Orestes Marraccini Gonçalves  
Programa de Pós-graduação em  
Engenharia de Construção Civil e  
Urbana  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo  
Av. Professor Almeida Prado, nº 83  
Trav. 2  
São Paulo - SP - Brasil  
CEP: 05508-900  
Tel.: (11) 3818-5858  
E-mail: orestes.goncalves@poli.usp.br

Marina Sangoi Oliveira Ilha  
Programa de Pós-graduação em  
Engenharia Civil  
Universidade Estadual de Campinas  
Caixa Postal 6021  
Campinas - SP - Brasil  
CEP: 13083-852  
Tel.: (19) 3788-2306  
E-mail: milha@fec.unicamp.br

Simar Vieira de Amorim  
Programa de Pós-graduação em  
Construção Civil  
Universidade Federal de São Carlos  
São Carlos - SP - Brasil  
CEP: 13565-905  
Tel.: (16) 3351-8262  
E-mail: simar@power.ufscar.br

Luciana Pereira Pedroso  
Programa de Pós-graduação em  
Engenharia Civil  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: lupp pedroso@yahoo.com.br

Recebido em 19/11/2004

Aceito em 27/05/2005

## Introdução

O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, as dificuldades de obtenção de financiamentos, o aumento dos investimentos necessários para a realização de projetos e obras de saneamento que atendam às demandas das cidades através de mananciais cada vez mais distantes, somados ao crescimento geométrico de áreas irrigadas e demais conflitos de uso que poderão ocorrer, têm provocado a adoção de medidas que objetivam disciplinar o uso da água nas cidades.

Países como Inglaterra, Estados Unidos e Holanda, inclusive, já adotam sistemas de certificação da eficiência dos edifícios no que se refere ao uso e disposição não só da água mas também de diferentes insumos empregados neles (SILVA, 2000).

No Brasil, as principais ações em âmbito federal em direção ao uso racional da água correspondem ao lançamento, em 1997, pelo Ministério do Planejamento, do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água e do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (MPO/SEPURB, 1998).

Além disso, Centros de Pesquisas vêm desenvolvendo Programas de Uso Racional da Água (Pura) em diferentes tipologias de edifícios, destacando-se os estudos relatados em Oliveira (1999); Pura/USP (2002); Nunes (2000); Pro-Água/Unicamp (2002) e Barreto (1998).

Oliveira (1999) apresenta um estudo realizado em uma escola em São Paulo onde a redução do consumo diário por aluno, após a correção de vazamentos, foi de 94%. Em Pura/USP (2002) é relatado que ocorreu uma redução de aproximadamente 39% no consumo de sete unidades localizadas no *campus* da USP. Em Nunes (2000) e Pro-Água/Unicamp (2002) são apresentados os resultados da aplicação dessa metodologia em uma amostra de edifícios localizados no *campus* da Unicamp, onde a redução média no consumo de água foi de 21%.

Em paralelo, algumas concessionárias de água têm desenvolvido Pura no país, destacando-se os realizados no Distrito Federal e em São Paulo (CAESB, 2000; SABESP, 2000).

Por outro lado, a implantação de um Pura parte da premissa de que o consumo de água na edificação pode ser otimizado. Para tanto, inicialmente é efetuado um diagnóstico da situação da edificação, com a análise do histórico de consumo e determinação do agente consumidor para o cálculo do indicador de consumo, o qual é então comparado com um valor de referência. Caso o

indicador de consumo seja maior ou igual ao indicador de referência, o sistema pode ser melhorado, e o consumo, então, otimizado.

Verifica-se, além disso, que o índice de patologias dos sistemas prediais de água é significativo em edificações escolares. Essa realidade é decorrente de várias causas, entre elas a falta de sensibilização dos usuários com relação à conservação do meio ambiente, a não-responsabilidade direta pelo pagamento da conta de água e a inexistência ou ineficiência de um sistema de manutenção. Normalmente, as atividades de manutenção são centralizadas na administração municipal, existindo um grande intervalo entre a detecção do vazamento e o conserto propriamente dito.

Além dos casos citados anteriormente, um estudo piloto desenvolvido em quatro escolas da rede municipal de Campinas aponta para a possibilidade de reduções significativas no consumo, devido aos grandes índices de desperdícios encontrados (ILHA *et al.*, 2001).

Considera-se que, para a avaliação do potencial de economia de água em uma edificação, devam ser definidos indicadores que contemplem não somente a quantidade de água por agente consumidor em um determinado período (indicador de consumo). O indicador de consumo deve ser utilizado para estimativas iniciais e também como valor de referência (*benchmark*), a ser empregado em sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios a construir no que se refere ao uso da água ou, em edificações existentes, para a tomada de decisão quanto à implementação de programas de uso racional da água.

Inserido nesse contexto, o presente estudo objetiva estabelecer indicadores de uso racional de água adequados para as escolas públicas de ensino fundamental e médio a serem utilizados na tomada de decisão quando da implementação de programas de uso racional de água para as referidas tipologias.

Neste trabalho são apresentados os critérios adotados para a seleção da amostra, a metodologia empregada para a coleta dos dados em campo e os principais resultados obtidos.

## Metodologia da pesquisa

A metodologia da pesquisa desenvolvida está estruturada em cinco etapas, cuja descrição é efetuada nos itens seguintes:

- (a) seleção da amostra, a partir do indicador de consumo histórico de água e da localização das escolas públicas de Campinas;
- (b) levantamento documental, cadastral e de patologias: detecção de vazamentos nos pontos de consumo de água e medição dos volumes perdidos; a aplicação de questionários para o levantamento das atividades que envolvem o uso da água, de forma a identificar aquelas que envolvem o maior desperdício desse insumo;
- (c) monitoramento remoto do consumo de água, a cada 30 min, durante um período de  $n$  meses em uma subamostra de escolas;
- (d) determinação do indicador de consumo a partir dos dados obtidos no monitoramento remoto do consumo de água (subamostra de escolas); e
- (e) determinação dos índices de vazamentos e de perdas por vazamento a partir dos dados provenientes do levantamento em campo e do indicador de consumo histórico das escolas selecionadas.

### Seleção da amostra

A maior parte das escolas de educação infantil e ensino fundamental é de responsabilidade da Secretaria Municipal de Educação. Somente uma pequena parcela é de responsabilidade do Governo Estadual.

Assim, no caso de escolas de educação infantil e ensino fundamental, a seleção da amostra foi efetuada considerando-se as tipologias existentes na rede municipal, e dentro delas foram selecionadas as unidades escolares com os valores intermediários, inferiores e superiores do indicador de consumo, obtidos a partir das contas de água e do número de alunos matriculados.

As escolas de ensino médio, por sua vez, são, em sua grande maioria, de responsabilidade do governo estadual, através das diretorias regionais de ensino, embora também existam unidades de ensino fundamental estaduais. Assim, no caso das escolas de ensino médio, para a seleção da amostra, foram consideradas apenas as unidades estaduais com tipologia complementar às demais já consideradas no âmbito municipal.

Os trabalhos foram divididos, então, em duas fases, de forma a facilitar o acesso às informações documentais e agilizar as atividades em campo: fase I – escolas municipais; e fase II – escolas estaduais.

### Fase I - Escolas Municipais - Educação Infantil e Ensino Fundamental

A população considerada na seleção da amostra é composta de todas as unidades construídas até o ano de 2001 (156 escolas).

As escolas municipais da cidade de Campinas são classificadas, em função da faixa etária dos alunos, em:

Cemei (Centro Municipal de Educação Infantil): crianças de 3 meses a 4 anos, em período integral (normalmente das 7h às 18h);

Emei (Escola Municipal de Educação Infantil): crianças de 4 a 6 anos, em período parcial (normalmente das 7h às 12h e das 12h às 17h);

Cemei/Emei: crianças de 3 meses a 6 anos (as crianças menores de 4 anos permanecem em período integral e as de 4 a 6 anos em período parcial);

Emef (Escola Municipal de Ensino Fundamental): crianças de 7 a 14 anos, divididas em três períodos: matutino (das 7h às 11h), intermediário (das 11h às 15h) e vespertino (das 15h às 19h).

Algumas escolas possuem também classes de ensino supletivo e/ou alfabetização de adultos (Fundação Municipal para Educação Comunitária – Fumec), onde os alunos permanecem duas horas e meia por dia, no período noturno, caracterizando mais três tipologias, denominadas, neste trabalho, de Emef/Supletivo, Cemei/Emei/Fumec e Emei/Fumec.

Assim, a população foi dividida, segundo a faixa etária e o período de permanência no estabelecimento de ensino, em sete grupos: Cemei, Emei, Cemei/Emei, Emef, Emef/Supletivo, Cemei/Emei/Fumec e Emei/Fumec.

O indicador de consumo (IC) é determinado, segundo Oliveira (1999), por:

$$IC = \frac{Cm * 1000}{NA * Dm} \quad (1)$$

onde:

IC: indicador de consumo (litros/agente consumidor\*dia);

Cm: consumo mensal ( $m^3/mês$ );

NA: número de agentes consumidores; e

Dm: quantidade de dias úteis no referido mês.

O cálculo deste indicador foi baseado na média do consumo mensal de água do período de junho de 2001 a junho de 2002, obtido através das contas emitidas pela concessionária de água local, e do número de alunos em maio e/ou junho de 2002,

dados esses fornecidos pela Secretaria Municipal de Educação. Ressalta-se que os meses de férias foram desconsiderados para o cálculo da referida média, visto que o consumo é atípico em função de a população e o período de permanência na escola serem diferenciados para algumas tipologias.

Também foram desconsiderados para o cálculo do IC de cada escola os valores de consumo, com duração de apenas um mês, superiores à média aritmética mais um ou dois desvios padrão, dependendo do caso. Isso foi feito porque esses valores representam, em sua maioria, vazamentos de grande magnitude que foram detectados e consertados, os quais poderiam distorcer o valor do IC de cada escola.

Na seqüência, de posse dos valores do IC de cada escola, tendo em vista a dispersão desse indicador dentro de cada uma das sete tipologias citadas anteriormente, adotou-se como critérios para a amostragem a inclusão automática das escolas cujo IC estivesse fora da faixa compreendida pela média de cada grupo mais ou menos dois desvios padrão, ou seja, os maiores e os menores valores de IC em cada tipologia, de modo a contemplar unidades com valores de consumo *per capita* extremos, tanto superiores como inferiores.

Retirando-se esses valores extremos (mínimos e máximos), os quais foram, conforme ressaltado, automaticamente incluídos na amostra final, foi calculada uma nova média e um novo desvio padrão, excluindo todas as escolas cujo IC estivesse fora da faixa compreendida pela média mais ou menos um desvio padrão. Desse novo subconjunto, as escolas foram selecionadas tendo em vista a localização na cidade de Campinas, procurando-se abranger toda a área territorial do município.

Como o período de permanência na escola e a faixa etária dos alunos no período noturno são bastante diferenciados do diurno nas escolas com Fumec e/ou Supletivo, adotou-se um critério adicional que corresponde à exclusão daquelas unidades nas quais o número de alunos do Fumec e/ou Supletivo é superior a 10% do número total de alunos no período diurno.

Assim, a amostra de escolas municipais está constituída por 83 unidades, ou seja, 52,5% da população considerada, distribuídas da seguinte forma: 41 Emei (64% das unidades dessa tipologia existentes na rede municipal de Campinas); 3 Emei/Fumec (50% das unidades dessa tipologia existentes); 5 Cemei<sup>1</sup> (71,4% das unidades); 23

Emei/Cemei (52,3% das unidades); 1 Emei/Cemei/Fumec (única unidade dessa tipologia); 3 Emef (60% das unidades); e 7 Emef/Supletivo (22,6% das unidades dessa tipologia).

## Fase II - Escolas Estaduais - Ensino Fundamental e Médio

As escolas estaduais de ensino fundamental e médio localizadas no Município de Campinas, as quais totalizavam 158 unidades em 2003, estão assim classificadas e distribuídas: Ensino Fundamental: 1ª a 4ª série (54 unidades); 5ª a 8ª série (7 unidades); 1ª a 4ª série e 5ª a 8ª série (20 unidades); Ensino Fundamental e Médio: 1ª a 4ª série, 5ª a 8ª série e 1º, 2º e 3º anos do ensino médio (30 unidades); 1ª a 4ª série e 1º, 2º e 3º anos do ensino médio (1 unidade); 5ª a 8ª série e 1º, 2º e 3º anos do ensino médio (39 unidades) e Ensino Médio (2 unidades).

Tendo em vista que as escolas municipais são o foco principal do presente estudo, foram consideradas nesta fase apenas as unidades que possuem ensino médio e, entre elas, a tipologia com o maior número de unidades, ou seja, as escolas com 5ª a 8ª série e 1º, 2º e 3º anos do ensino médio, sendo, então, a população constituída por 39 unidades. A partir disso, foram selecionadas, de maneira similar às unidades municipais, quatro escolas, em função da localização geográfica e do indicador de consumo, o que totaliza 10,3% da população considerada.

Para a determinação dos indicadores de consumo (IC) das escolas estaduais, foi considerada a média do consumo mensal verificado nos meses de junho/2002 a julho/2003 e o número total de alunos matriculados no ano de 2003. Vale ressaltar que, de maneira similar à seleção efetuada na Fase I, aquelas unidades com valores extremos do IC (inferiores e superiores) foram automaticamente inseridas na amostra.

## Levantamento documental, cadastral e de manifestações patológicas

Inicialmente, foram levantados e analisados os projetos de implantação e arquitetônico dos edifícios escolares selecionados, os quais foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Educação e pela Diretoria de Ensino da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. A partir da cópia heliográfica do projeto arquitetônico, foi efetuada a digitalização, de forma a preparar o

concessionária de água até a data do levantamento, e os dados posteriores a esse período estão sendo coletados.

<sup>1</sup> As análises apresentadas neste artigo consideram apenas quatro escolas desta tipologia, tendo em vista que o hidrômetro de uma delas (CEMEI 165) não estava cadastrado pela

material para a ida a campo, conforme é descrito na seqüência.

O levantamento cadastral e de manifestações patológicas compreendeu quatro atividades: elaboração de planilhas de levantamento; elaboração de questionário; levantamento em campo propriamente dito, com a detecção de patologias manifestadas através de vazamentos (visualmente e/ou com a realização de testes expeditos) e aplicação de questionário aos usuários.

As planilhas de levantamento contemplam a caracterização da escola em estudo, incluindo o sistema predial de água (quantidade e material dos hidrômetros, dos reservatórios e das tubulações de água), bem como o estado de conservação e a condição de operação dos diferentes componentes deste sistema.

Já para os pontos de consumo e respectivos aparelhos/equipamentos sanitários, foram elaboradas planilhas específicas, que contemplam modelo, marca, estado de operação e quantificação de perdas por vazamento, entre outras informações.

O levantamento de campo propriamente dito consistiu na inspeção visual do sistema predial de água (preenchimento das planilhas citadas anteriormente) e na aplicação dos questionários.

A verificação da condição de operação e do estado de conservação dos pontos de consumo e respectivos aparelhos/equipamentos sanitários foi efetuada visualmente, sendo as patologias, as quais foram previamente catalogadas, registradas nas planilhas de levantamento.

No caso de vazamentos em torneiras e chuveiros, foi efetuada a quantificação do volume perdido através da medida direta, utilizando-se recipientes graduados e, na impossibilidade disso (exemplo: vazamentos em registros), através da caracterização do tipo de vazamento e atribuição de um valor representativo dele, de acordo com Oliveira (1999).

Nas bacias sanitárias, os vazamentos de maior magnitude foram detectados visualmente, pela existência do movimento de água no interior do poço da bacia. No caso da inexistência de movimentação da água, mesmo assim foi realizado o teste da caneta, proposto em Fujimoto (2002), o qual possibilita a detecção de microvazamentos nesses aparelhos sanitários.

A detecção de vazamentos na parte do sistema de água compreendida entre a rede pública e o reservatório superior, ou seja, na alimentação da edificação, foi realizada em conjunto com a

Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (Sanasa), a qual realizou os testes do hidrômetro e do reservatório, cujas descrições podem ser encontradas em Gonçalves *et al.* (2000). A localização dos vazamentos existentes foi efetuada com equipamentos de geofonia.

Adicionalmente, para fins de documentação, o terreno foi medido e foi traçado um croqui das edificações existentes, tendo em vista que, em muitos casos, não existia nenhum projeto da edificação em estudo. Havendo alterações do projeto inicial, foi elaborado um croqui estimativo.

Foram também elaborados nove tipos de questionários, em função da faixa etária do entrevistado e da sua função na escola, de modo a levantar como as atividades que envolvem o uso da água são realizadas.

Em cada escola, foi realizada uma entrevista com o responsável (geralmente diretor(a)), a fim de se obterem dados característicos das edificações, como período de férias, população usuária, dados do edifício e atividades que envolvem a utilização de água. Além da caracterização, o(a) diretor(a) responde a um questionário referente à forma de uso e satisfação dos aparelhos sanitários do banheiro, por ser também um usuário do sistema.

Além dos questionários, foi preenchida uma planilha de observação das atividades desenvolvidas pelos usuários no que se refere ao uso inadequado da água (realização de atividades com a torneira constantemente aberta, torneiras mal fechadas, utilização de mangueira para remoção de sujeira em vez de vassoura, etc.).

Vale ressaltar que todas as planilhas e questionários passaram por aplicações piloto, de forma a identificar possibilidades de melhoria.

Em seguida, os dados coletados no levantamento cadastral e de patologias foram inseridos em um banco de dados desenvolvido exclusivamente para este projeto de pesquisa, de forma a possibilitar a realização das análises posteriores.

## Monitoramento remoto do consumo de água

O monitoramento foi efetuado com o objetivo de coletar dados gerais de consumo das edificações estudadas, de tal forma a permitir o traçado de perfis de abastecimento e a identificação precisa dos indicadores de Consumo (IC) envolvidos. A coleta de dados foi realizada remotamente, armazenando-se os dados em intervalos de 30 minutos.

Foram selecionadas 13 escolas para o monitoramento do consumo de água, todas da rede

municipal, a partir dos seguintes critérios: todas as tipologias deveriam estar representadas; as unidades a serem escolhidas deveriam ter um indicador de consumo (calculado a partir das contas de água disponibilizadas pela concessionária local e do número de alunos fornecido pela Secretaria Municipal de Campinas) próximo da média do universo analisado de sua tipologia e, por fim, a localização geográfica distribuída.

Nas escolas estaduais, o monitoramento do consumo foi efetuado apenas através da conta de água, devido às obras civis necessárias para a implementação do sistema de aquisição remota do consumo.

Considerando-se que as escolas a serem monitoradas estariam distribuídas pelo Município de Campinas, foram estabelecidas algumas diretrizes para a seleção do tipo de sistema de aquisição e transmissão dos dados a ser empregado, tais como acesso remoto ao local dos dados e custo compatível com as exigências do projeto em questão.

Sob estes aspectos, o sistema selecionado foi o Teldata, da empresa Teldata Solutions, representada no Brasil pela Elster Medição de Água Ltda., que é composto, basicamente, de uma central de aquisição (computador e programa computacional de gerenciamento dos dados), unidades remotas de captação dos sinais dos hidrômetros e envio à central, via *modem*, utilizando-se a linha telefônica convencional como meio de transmissão.

Neste tipo de sistema é necessário que o hidrômetro seja instalado junto ao cavalete da concessionária, para a montagem conjunta da

unidade remota Teldata, para aquisição dos pulsos gerados pelo hidrômetro. Esta interface efetua uma ligação telefônica automática e pré-programada para uma central de armazenamento e gerenciamento, constituída por um computador executando o devido programa computacional (*Meter Sentry Manage*), o que possibilita a transmissão dos dados coletados e armazenados por esta. A linha utilizada pela interface remota não precisa ser dedicada exclusivamente a esse fim, podendo-se utilizar a linha telefônica convencional da escola durante a madrugada, por exemplo. Para este estudo, foi determinado que o armazenamento e coleta de dados deveria ocorrer em intervalos de 30 minutos.

Uma vez no computador, uma base de dados no *Microsoft Access* é gerada, possibilitando o trabalho direto com estes dados no desenvolvimento de estatísticas de consumo e detecção de vazamentos deste insumo na edificação, conforme será detalhado posteriormente.

Em cada uma das escolas a serem estudadas, foi instalado um hidrômetro volumétrico, classe C, com saída de pulso, próximo à entrada de água da concessionária local (Sanasa). Em conjunto com este hidrômetro, foi instalada uma interface remota, composta de memória para armazenamento dos dados coletados pelo hidrômetro, bateria e *modem* para comunicação por linha telefônica. Esta instalação foi feita em caixa apropriada, de modo a proteger o equipamento contra as intempéries e o vandalismo (Figura 1).



Figura 1 - Instalação da caixa de proteção do hidrômetro e da interface remota

## Determinação do consumo e do indicador de consumo histórico

A fim de se avaliar o comportamento do consumo nos dias úteis da semana e também nos diferentes meses, foi realizada uma análise descritiva preliminar dos dados levantados nas escolas com monitoramento remoto do consumo. Dos resultados obtidos, verificou-se que há variação no consumo diário e que esta não é meramente aleatória em todas as escolas analisadas, existindo alguma causa para tanto (realização de eventos, variação de temperatura, ocorrência e/ou conserto de vazamentos).

Além disso, conforme já esperado, existe variabilidade no consumo mensal ao longo do período letivo. Assim, dependendo dos meses considerados para a determinação do consumo histórico, os resultados obtidos podem ser significativamente diferentes, induzindo, portanto, a conclusões inadequadas acerca da situação do consumo.

Diante do exposto, foi adotado o seguinte encaminhamento para a determinação do consumo histórico das escolas investigadas:

(a) Situação I: se os volumes consumidos nos três meses que antecederam a data do diagnóstico<sup>2</sup> da edificação, descontando-se os períodos de férias, forem similares (os três valores dentro da faixa compreendida pela média aritmética mais ou menos um desvio padrão): consumo histórico igual à média desses três valores; e

(b) Situação II: se pelo menos um dos valores do consumo nos três meses que antecederam o diagnóstico da edificação não se encontra na faixa compreendida pela média aritmética mais ou menos um desvio padrão: calcular a média aritmética e o desvio padrão do consumo nos 12 meses que antecederam o diagnóstico da edificação, retirar todos os valores que se encontram na faixa compreendida pela média mais ou menos dois desvios padrão e calcular uma nova média do consumo, sendo este o valor a ser considerado para o consumo histórico.

Ressalta-se que, em ambas as situações, caso o número de alunos não se mantenha constante ao longo do período de análise, todos os cálculos devem ser efetuados com o indicador de consumo, sendo válidas as mesmas considerações efetuadas para a variabilidade do consumo total. Além disso, o IC histórico diário foi obtido através da divisão do

<sup>2</sup> Entende-se como diagnóstico da edificação a fase em que é analisada a situação do consumo da escola, com a estimativa do índice de vazamentos e de perdas por vazamentos e demais indicadores representativos dessa variável.

consumo mensal, obtido conforme descrito, pelo número de alunos e por 22 dias úteis.

## Determinação dos índices de vazamentos e de perdas por vazamentos

O índice de vazamentos é definido por:

$$IV = \frac{\sum P_v}{\sum P_t} * 100 \quad (2)$$

onde:

IV: índice de vazamento (%);

$P_v$ : número de pontos de utilização do sistema com vazamento; e

$P_t$ : número total de pontos de utilização do sistema.

Assim, a partir do levantamento cadastral e de patologias realizado em campo, pode-se estimar o IV. Vale ressaltar que um mesmo aparelho sanitário pode apresentar vazamentos em mais de um de seus componentes (exemplo: flexível e bica da torneira de um lavatório, entre outros), porém, para a finalidade deste trabalho, para a determinação do numerador da equação do índice de vazamentos, foi considerado apenas uma vez todo o aparelho sanitário que possuísse vazamento em pelo menos um de seus componentes.

De sua vez, o índice de perdas por vazamentos é definido por:

$$IP = \frac{V_p}{V_m} * 100 \quad (3)$$

onde:

IP: índice de perdas (%);

$V_p$ : volume perdido por vazamentos em um determinado período ( $m^3$ /mês); e

$V_m$ : volume total consumido na edificação no mesmo período ( $m^3$ /mês).

Conforme descrito anteriormente, a estimativa do IV foi efetuada a partir da medição *in loco* do volume perdido ou, quando a medição era inviável, a partir de valores constantes na bibliografia. A Tabela 1 apresenta os valores adotados para a estimativa dos volumes perdidos em vazamentos nos pontos de consumo.

Vale ressaltar que o volume perdido em vazamentos nas torneiras e registros em geral durante a utilização é difícil ou, até mesmo, impossível de ser medido, pois pressupõe a instalação de um medidor entre o ponto de consumo e o metal sanitário, de cuja medida

deveria ser separada a parcela efetivamente utilizada

e a que é perdida pelo problema no eixo.

<b>Aparelho/equipamento sanitário</b>	<b>Perda estimada</b>	
Torneiras (de lavatório, de pia, de uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 litros/dia
	Gotejamento médio	10 a 20 litros/dia
	Gotejamento rápido	20 a 32 litros/dia
	Gotejamento muito rápido	> 32 litros/dia
	filete Ø 2 mm	> 114 litros/dia
	filete Ø 4 mm	> 333 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
Mictório	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da louça	144 litros/dia
	Válvula disparada quando acionada	40,8 litros (supondo a válvula aberta por um período de 30 segundos, a uma vazão de 1,6 litros/segundo)
Chuveiro	Vaza no registro	0,86 litros/dia
	Vaza no tubo de alimentação junto da parede	0,86 litros/dia

Tabela 1 - Valores adotados para a estimativa do volume perdido nos vazamentos nos pontos de consumo

Além disso, nesse caso, como o vazamento ocorre apenas quando o componente está em utilização, necessita-se determinar não somente o número, mas também a duração de cada uso de cada ponto de consumo de água ao longo do dia, o que não constitui escopo deste trabalho.

Assim, os vazamentos que ocorrem quando da utilização dos registros e torneiras, cujos volumes envolvidos são, geralmente, de pequena magnitude, foram contabilizados apenas no cálculo do índice de vazamentos, sendo o volume correspondente desprezado na determinação do índice de perdas por vazamentos.

Para o volume total consumido na edificação foi considerado o consumo histórico, determinado conforme descrito no item anterior.

## Resultados e análises

Foram detectados vazamentos no ramal de alimentação (trecho compreendido entre o hidrômetro e o reservatório superior) apenas nas escolas municipais, em dez das oitenta e três unidades investigadas. Na maioria dos casos, os vazamentos se encontravam na tubulação enterrada. Também foram encontrados problemas na torneira de bóia e no registro localizado na entrada do reservatório superior.

A porcentagem de redução do consumo (análise da conta de água) ocorrida com o conserto desses vazamentos variou de 5,3% a 86,8%.

A Figura 2 apresenta o comportamento mensal do consumo de uma escola onde, com o conserto do vazamento no ramal de alimentação, o consumo mensal foi reduzido em 74,3%.

A Figura 3 apresenta os indicadores de consumo histórico de água de tipologias básicas: (Cemei, Emei e Emef) e das escolas estaduais investigadas nesta pesquisa. Vale ressaltar que os valores constantes na referida figura contemplam o desperdício proveniente tanto dos vazamentos como do mau uso desse insumo.

Conforme descrito anteriormente, os valores dos indicadores de consumo histórico apresentados na referida figura foram obtidos a partir das contas de água emitidas pela concessionária local (média dos consumos mensais dos três meses que antecederam a data do levantamento em campo em cada escola); assim, englobam perdas por vazamentos e pelo mau uso da água.

Os índices de vazamentos e de perdas por vazamentos para as mesmas escolas, determinados conforme descrito no item anterior, são apresentados na Figura 4.

A Tabela 2 apresenta o coeficiente de variação (razão entre o desvio padrão e a média multiplicada por 100) dos três indicadores apresentados nas figuras anteriores.

Verifica-se que, independentemente da tipologia considerada, existe grande variabilidade entre o indicador de consumo e os demais índices analisados, o que já era esperado, pois o consumo de água medido contempla não somente o uso adequado da água para realizar as atividades (e que é similar dentro de cada tipologia estudada, em função da faixa etária dos alunos) e as perdas por vazamentos, mas também o desperdício provocado pelo mau uso, o qual depende da forma como os usuários realizam as atividades que envolvem o uso da água.

Com o monitoramento remoto, foram levantados dados mais precisos acerca da distribuição do consumo de água ao longo do dia e também dos valores do IC, uma vez que, ao contrário do

cálculo feito para a determinação do IC histórico, não foi considerada uma média de consumo diário em 22 dias úteis, e sim o valor efetivamente consumido em cada dia semana.

Na Figura 5, a título de ilustração, é apresentado um gráfico elaborado a partir dos dados obtidos com o monitoramento. Tendo em vista os objetivos já explicitados, os dados foram agrupados segundo os períodos de funcionamento da escola em questão, ou seja, diurno (7h00 às 19h00), noturno (19h00 às 22h00) e madrugada (22h00 às 7h00).

Verifica-se que no período considerado o uso da água no período noturno foi responsável, em média, por 12% do consumo total médio diário verificado na edificação. A partir disso, podem ser estimados com maior precisão os indicadores de consumo (diário e noturno) da escola em questão.

A Tabela 3 apresenta os indicadores de consumo médio das escolas da tipologia Cemei, cujo consumo foi monitorado remotamente.

Tipologia	Coeficiente de Variação (%)		
	IC	IV	IP
CEMEI	24,8	128,8	114,8
EMEI	39,1	67,7	89,8
EMEF	58,4	47,7	154,8
ESTADUAIS	51,1	63,3	74,3

Tabela 2 - Coeficiente de variação dos indicadores de consumo e dos índices de vazamentos e de perdas

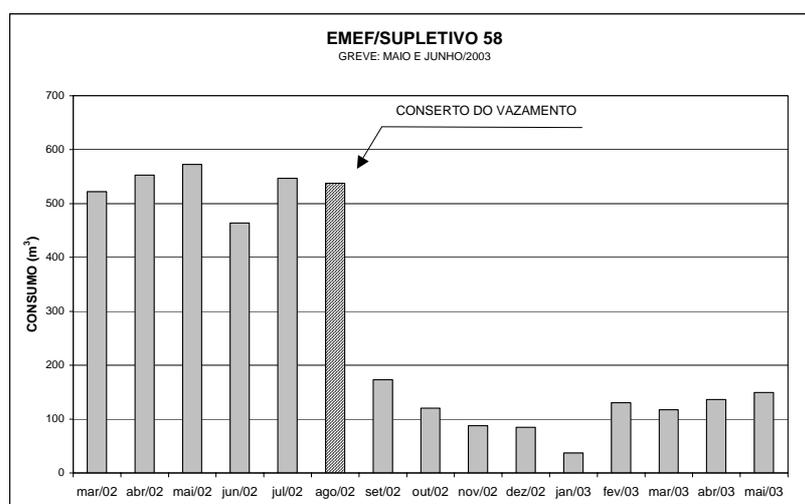
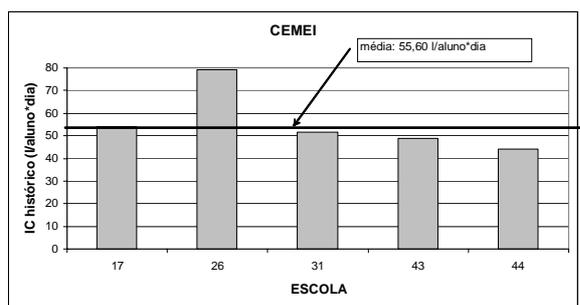
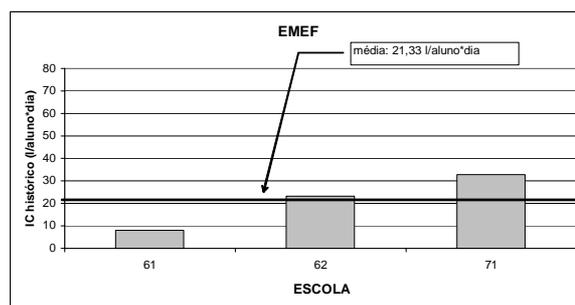


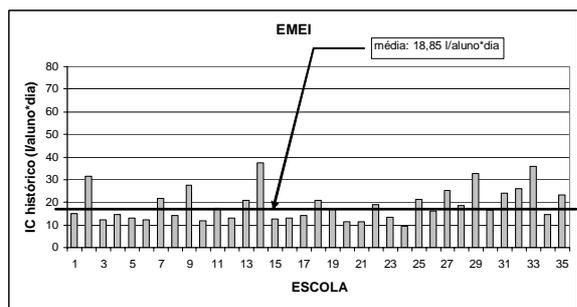
Figura 2 - Comportamento do consumo de água do EMEF/Supletivo 58 - fevereiro/2002 a maio/2003



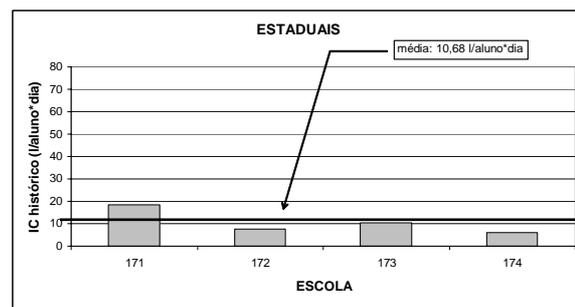
(a) 3 meses a 4 anos, em período integral (7h-18h)



(b) 7 a 14 anos (7h-11h, 11h-15h e 15h-19h)



(c) 4 a 6 anos, em período parcial (7h-12h e 13h-17h)

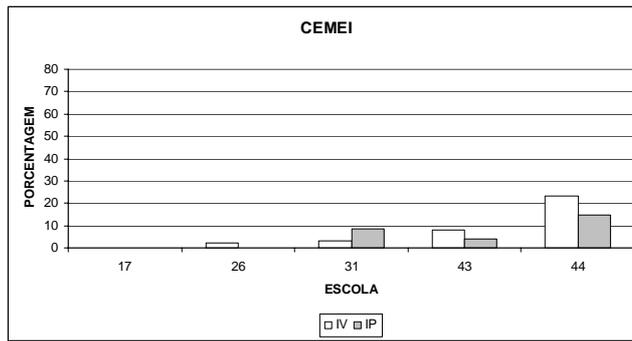


(d) 11 a 17 anos, em período parcial (7h-11h, 11h-15h e 15h-19h)

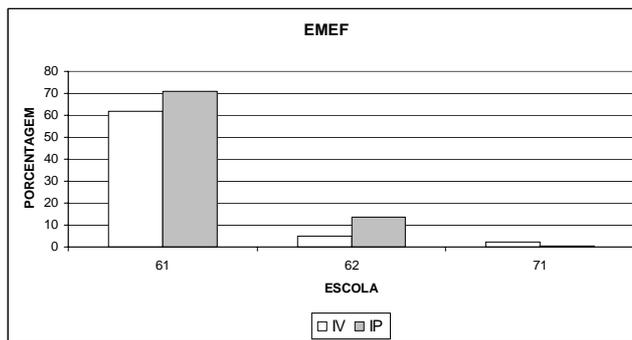
Figura 3 - Indicadores de consumo histórico das escolas das tipologias (a) Cemei, (b) Emei e (c) Emef e (d) Estaduais

Escola	Mês/ano	IC <sub>médio</sub>
		(l/aluno*dia)
31	fevereiro	40,16
	março	52,37
	abril	44,64
	maio	48,79
	junho	51,30
	julho	48,29
	agosto	54,47
44	setembro	56,48
	fevereiro	36,82
	março	60,66
	abril	55,12
	maio	49,71
	junho	63,96
	julho	17,22
	agosto	47,58
	setembro	60,32

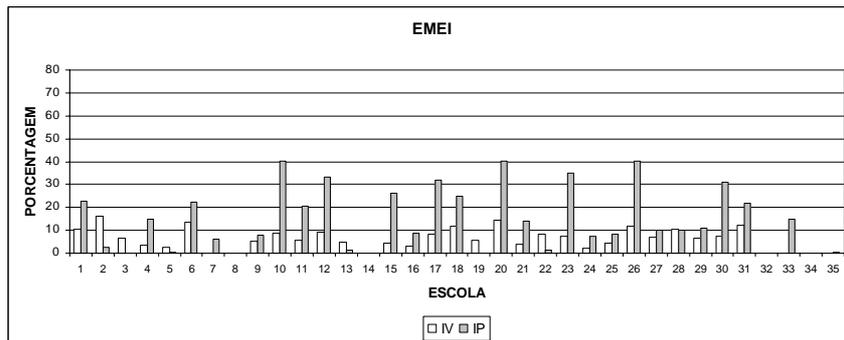
Tabela 3 - Indicadores de consumo (média diária em cada mês) das escolas da tipologia Cemei



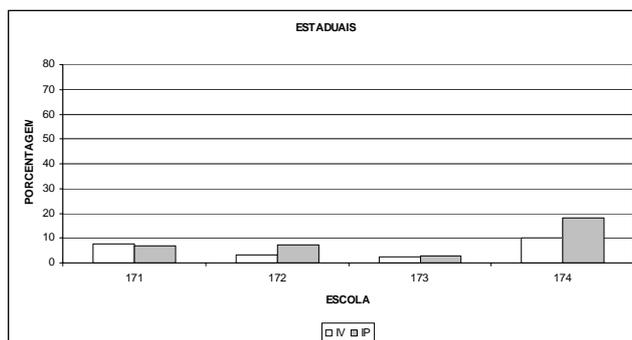
(a) Cemei



(b) Emei



(c) Emef



(d) Estaduais

Figura 4 - Índices de vazamentos e de perdas por vazamentos das escolas das tipologias (a) Cemei, (b) Emei e (c) Emef e (d) Estaduais

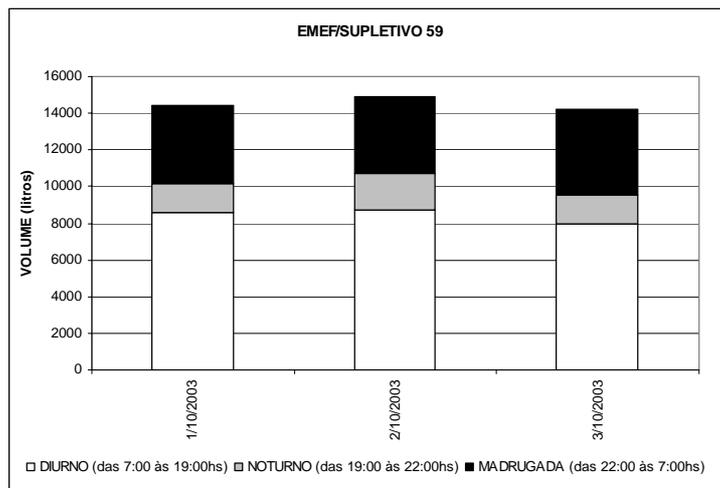


Figura 5 - Consumo de Emef/Supletivo ao longo do dia

Escola	Funcionários	Alunos
31	20	85
44	27	106

Tabela 4 - População das escolas da tipologia Cemei investigadas

Considerando-se os valores constantes na tabela anterior e o número de dias úteis computados em cada um dos meses monitorados (retirando-se dias de consumo atípico e/ou nulo, como, por exemplo, feriados), pode-se determinar o IC médio de cada escola, ou seja:

$$IC = \frac{IC_{mês1} * NDU_{mês1} + IC_{mês2} * NDU_{mês2} + \dots + IC_{mêsN} * NDU_{mêsN}}{NDU_{mês1} + NDU_{mês2} + \dots + NDU_{mêsN}} \quad (4)$$

Onde:

$IC_{mês1}$ ;  $IC_{mês2}$ ; ...,  $IC_{mêsN}$ ; = indicadores de consumo médio dos meses 1, 2 e assim sucessivamente, até o último mês considerado na análise (mês N); e

$NDU_{mês1}$ ;  $NDU_{mês2}$ ; ...,  $NDU_{mêsN}$  = número de dias úteis considerados para a análise nos meses 1, 2, e assim sucessivamente, até o mês N.

A partir do monitoramento do consumo, obteve-se um IC médio de 49,9 l/dia\*aluno para a Cemei 31 e de 49,5 l/aluno\*dia para a Cemei 44. O IC histórico, obtido a partir da conta mensal de água, conforme metodologia apresentada anteriormente, é de 51,5 l/aluno\*dia para a primeira e 44,3 l/aluno\*dia para a segunda. O IC médio para as escolas da tipologia Cemei em monitoramento é igual a 49,7 l/aluno\*dia.

Consultando-se a bibliografia nacional, verifica-se que o agente consumidor e o indicador de consumo considerado em escolas de tipologia similar à Cemei variam de um autor para outro. Conforme DMAE-PoA (1988 apud TOMAZ, 2000), o

indicador de consumo é de 100 litros/capita\*dia. Por sua vez, Berenhauser e Pulici (apud OLIVEIRA, 1999), recomendam que o consumo mensal estimado (CMe) em escolas dessa tipologia possa ser determinado a partir da seguinte expressão:

$$CMe = 3,8 NF + 10 \quad (5)$$

onde:

CMe: Consumo Mensal Estimado ( $m^3/mês$ ); e

NF: Número de funcionários.

A Tabela 4 apresenta a população das escolas monitoradas da tipologia Cemei. Multiplicando-se os valores do IC pelo número de alunos, obtém-se, para a escola 31, um consumo diário de 4.377,5 litros, ou, 96.305 l/mês. Para a escola 44, o consumo estimado é de 5.247 l/dia, ou de 115.434 l/mês.

Considerando-se a população como um todo, resultaria um consumo de 5239,5 l/dia para a escola 31 e de 6.583,5 l/dia para a 44 (dados do monitoramento do consumo), ambos bastante inferiores ao obtido com o valor *per capita* sugerido em DMAE-PoA (1988 apud TOMAZ, 2000).

A partir da equação apresentada por Berenhauser; Pulici apud Oliveira (1999), ter-se-ia um consumo mensal de 86.000 l/mês para a Cemei 31 e de 112.600 l/mês para a escola 44, um pouco mais

próximos da realidade verificada nas escolas investigadas.

Por fim, vale ressaltar que na escola 31 foi estimada uma perda de 144 l/dia (4.320 l/mês) devido aos vazamentos e de 667 l/dia (20.010 l/mês).

As mesmas análises apresentadas nesse artigo para as escolas Cemei foram sendo desenvolvidas para as demais tipologias. Além disso, o projeto de pesquisa contempla o estudo de outros indicadores e a formulação de modelos para a estimativa do consumo de água em edificações escolares.

## Considerações finais

Para o desenvolvimento do presente projeto de pesquisa, foi efetuada uma extensiva investigação experimental, de modo a caracterizar a forma com que a água é utilizada em edificações escolares, desde o ensino infantil até o nível médio.

Entende-se como forma de uso da água não somente as atividades dos usuários, mas também a condição de operação do sistema predial de água e de aparelhos sanitários, no que se refere ao volume desperdiçado em vazamentos.

Foram consideradas todas as tipologias de escolas existentes na rede pública (municipal e estadual) da cidade de Campinas, São Paulo, cuja classificação é similar a do restante do país, para as quais estão sendo investigados indicadores do consumo de água. Este artigo apresenta apenas dois dos indicadores em estudo, quais sejam, os indicadores de consumo e de vazamentos.

Considerando as dificuldades em universalizar indicadores de consumo de água obtidos por meio de estudos realizados em âmbito regional, uma das principais preocupações dos envolvidos neste projeto foi a de que a metodologia de pesquisa escolhida, além de conduzir à obtenção de resultados consistentes e seguros, fosse simples e replicável em diferentes realidades regionais brasileiras.

Assim, espera-se que a metodologia proposta neste trabalho seja utilizada por outros grupos de pesquisa de sistemas prediais, interessados no tema “uso racional da água em escolas”, de forma que os resultados obtidos nos estudos de indicadores de consumo em diversas regiões brasileiras sejam comparáveis e compatíveis, expandindo a base de dados disponíveis para arquitetos e engenheiros de sistemas prediais.

## Referências Bibliográficas

BARRETO, D. **Economia de água em edifícios: uma questão do programa de necessidades**. 1998. 357 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CAESB. Desenvolvido pela Companhia de Águas e Esgotos de Brasília. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br>>. Acesso em: 03 maio 2000.

FUJIMOTO, R. *et al.* Análise dos testes de detecção de vazamentos em bacias sanitárias. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., ENTAC 2002. **Anais...** Foz do Iguaçu, maio 2002. p. 1877-1886.

GONÇALVES, O. M. *et al.* **Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo: Pini, 2000. 191 p.

ILHA, M. S. O. *et al.* **Conservação de água em escolas da rede municipal de Campinas: estudo piloto**. Seminário da disciplina “Tópicos Especiais em Sistemas Prediais e Energia”, do Programa de Pós-Graduação em Edificações da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp, 2001.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água e do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional - MPO/SEPURB**, 1998.

NUNES, S. S. **Estudo da conservação de água em edifícios localizados no campus da Universidade Estadual de Campinas**. 2000. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios**. 1999. 344 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PRO-ÁGUA - **Programa de Conservação de Água da UNICAMP**. Desenvolvido pelo Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~milha/proagua.htm>> Acesso em: 05 fev. 2002.

PURA/USP - **Programa de Uso Racional da Água**. Desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Hidráulicos Prediais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.purapoli.usp.br>>. Acesso em: 5 fev. 2002.

SABESP - **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**. Desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 19 jan. 2000.

SILVA, V. G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. **Revista Qualidade na Construção**, n. 25, p. 14-22, ago. 2000.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**: interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. Navegar Editora, São Paulo, 2000. 250 p.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento deste projeto de pesquisa (custeio e bolsas).