

**ANÁLISE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA ESCOLA TÉCNICA DE REDE FEDERAL**

*Cesar Alberto Ruver<sup>1\*</sup>, Natan Gabriel Arnhorl<sup>2</sup>, Gabriel Zardin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 90.035-150, Porto Alegre, Brasil.*

<sup>2</sup> *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), 93804-870, Sapiranga, Brasil.*

*\*E-mail: [cesar@ufrgs.br](mailto:cesar@ufrgs.br)*

*Recebido em: 18/02/2020*

*Aceito em: 29/12/2020*

*DOI: 10.17058/tecnolog.v25i1.14786*

---

**RESUMO**

O uso racional da água potável tem sido motivo de preocupação na sociedade atual. Tem-se adotado diversas políticas com o propósito de conscientizar a população e criou-se dispositivos legais sobre o assunto, no sentido reduzir o desperdício e implementar a utilização de fontes alternativas para fins menos nobres que a ingestão. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é mostrar o projeto de otimização e de automação do aproveitamento de água pluvial e o efeito do monitoramento do consumo de água potável implantado em uma escola técnica da rede federal. Como resultado, verifica-se que o aproveitamento de água pluvial corresponde a um terço do consumo total de água no período investigado após a implementação do projeto. Aliado a isso, também se percebeu uma sensível redução no consumo de água potável, independente do aproveitamento da água pluvial. Do ponto de vista econômico, verificou-se uma considerável redução da fatura de consumo de água potável paga pela instituição após a implantação do projeto.

**Palavras-chave:** Uso Racional de Água. Aproveitamento de Água Pluvial. Economia de Água.

---

**1 Introdução**

O uso racional de água potável compreende em estratégias que visam reduzir o consumo através: (a) de medição segregada e (b) utilização de fontes alternativas de abastecimento não potável. Estas medidas podem partir desde a consciência individual ou

coletiva para a preservação do meio ambiente até a promulgação de mecanismos legais, como leis nas diversas esferas: federal, estadual ou municipal.

Conforme a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental [1], a medição do consumo de água constitui-se de mecanismos indispensáveis para a operação eficaz do sistema (que vai desde a captação de água bruta até a distribuição de água potável) e preservação do meio ambiente, pois evita desperdício por parte dos consumidores. Neste sentido, a individualização da medição do consumo de água potável passou a ser ferramenta essencial de controle a combate ao desperdício de água, sendo que nos últimos anos vem sendo implementada nos edifícios residenciais e comerciais. Devido a importância do tema, já foram promulgadas diversas leis, tais como: Lei Federal n. 13.312 [2] e o Decreto Municipal n. 293 [3], do município de Curitiba/PR, obrigando a individualização da medição do consumo de água em edificações coletivas. Ainda, por exemplo, os resultados práticos podem ser vistos em Lima et al. [4].

Outra forma de reduzir o consumo de água potável tem sido a utilização de fontes alternativas de abastecimento. Neste sentido, pode-se citar o aproveitamento da água pluvial, que apesar de não ser potável, permite seu uso em sistema de descarga de banheiros (bacias sanitárias e mictórios), limpeza e lavagem de piso, e irrigação de jardins ou pomares. Devido a sua importância, o aproveitamento da água pluvial, vem-se tornando obrigação legal, podendo-se citar o Decreto Municipal nº 293 [3] que torna obrigatórias a captação e a utilização da água pluvial para novas

edificações a serem licenciadas pelo município de Curitiba. Também tem-se a Lei Estadual n. 12.526 [5], para o Estado de São Paulo, que obriga a coleta de água pluvial para áreas impermeabilizada (com área telhados, pátios de estacionamentos, etc.) superior a 500 m<sup>2</sup>, com finalidade principal de contenção de enchentes, mas com recomendação para aproveitamento para redução do consumo de água potável.

Neste contexto, o Departamento de Projetos e Obras (DPO) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), tem adotado como prática para os novos projetos de obras a serem implementados em seus diversos *campis*, o aproveitamento da água pluvial, para utilização em sistemas de descargas dos banheiros. Um exemplo disso, é o Câmpus Sapiranga. Apesar da iniciativa, percebeu-se que o sistema implementado no Câmpus necessitava de vários ajustes para melhorar a eficiência e otimizar o aproveitamento da água. Neste sentido, foi desenvolvido um projeto de pesquisa, que foi executado entre agosto/2016 e julho/2017, que visou sanar e corrigir os problemas encontrados. Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar o projeto de melhorias implantado e mostrar os resultados práticos obtidos com o referido projeto, de modo demonstrar a eficiência do aproveitamento de água pluvial em uma escola técnica da rede federal em termos econômicos e financeiros.

## 2 Referencial Teórico

Conforme Alves, Zanella e Santos [6], muitas cidades brasileiras convivem com a falta de água e degradação das fontes de captação, havendo a necessidade de implantação de políticas de uso racional e conservação do recurso hídrico. Segundo os autores, a conservação dos recursos hídricos passa pela utilização de novas fontes, em substituição e/ou complementação das já utilizadas. Neste sentido, a utilização da água pluvial vem ganhando espaço e atenção cada vez maior dos agentes públicos e da própria população, que é cada vez mais consciente para o problema. Ainda, conforme Alves, Zanella e Santos [6], o aproveitamento da água da chuva, traz as seguintes vantagens: (a) diminuição do consumo e demanda de água potável; (b) redução do pico de chuva, servindo como controle do pico de cheia; (c) economia, pela redução das despesas com o consumo de água potável. Tomaz [7], amplia a discussão, enfatizando que o aproveitamento da água pluvial passa pelo: (a) uso consciente e sensibilidade da necessidade de conservação das fontes de água; (b) elevadas tarifas de água cobradas pelas concessionárias; (c) rápido retorno financeiro do investimento; (d) instabilidade do fornecimento de água por parte das concessionárias; (e) exigência pela legislação (municipal ou estadual); (f) estiagem prolongada; e (g) regiões com índice de aridez menor ou igual a 0,50. Na literatura, encontram-se diversos casos que mostram a economia no consumo

de água potável (e consequentemente, financeira), quando se utiliza água pluvial. Por exemplo, Mazer [8] cita que a redução no consumo de água em uma escola na cidade de Curitiba/PR pode chegar a 31%. Outro exemplo, foi o trabalho realizado por Fasola et al. [9], que verificaram uma economia de 22,9% em uma escola municipal e 42,5% em uma escola estadual na cidade de Florianópolis/SC. Mazer [8], também mostra que o investimento financeiro da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na escola estudada, pode ser recuperado em menos de 6 anos. A implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial na esfera federal, do ponto de vista econômico, também pode ser uma justificativa frente ao Decreto Federal n. 8.540 [10], que trata da adoção de medidas de racionalização dos gastos públicos.

A água é utilizada para uma gama de atividades, seja residencial, comercial ou industrial, que vai da ingestão, preparo e fabricação de alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas e utensílios, limpeza em geral, descarga de sanitários e/ou mictórios, e combate a incêndios [7]. A água para uso doméstico, como ingestão, preparo de alimentos e higiene pessoal, necessita atender aos padrões de potabilidade, listados na Portaria n. 2.914 [11] do Ministério da Saúde. Para outros usos, em que não há contato direto com o ser humano, como limpeza de pisos, rega ou descarga de bacias sanitárias, não há necessidade de atender os padrões de potabilidade, podendo ser não potável [12]. Segundo Tomaz [7],

o aproveitamento de água pluvial em ambientes urbanos é utilizado na condição não potável, não substituindo totalmente o consumo de água potável (tratada, desinfetada, clorada e fluorada) fornecida pelas concessionárias. A utilização da água pluvial para fins não potáveis já é normatizada pela NBR 15.527 [13]: “Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis – Requisitos”.

Diversos autores [6-8, 14] e a própria NBR 15.527 [13] citam que a concepção do projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial deve ser composto pelos seguintes itens: (a) captação, (b) condução horizontal/vertical; (c) tratamento; (d) reservação; (e) distribuição/utilização. De uma forma geral, a concepção do projeto deve atender as normas tradicionais de água e de esgoto (NBR 5626, NBR 10884 e NBR 12.217), além das recomendações da NBR 15.527. A elaboração deste tipo de projeto, embora pareça simples, para os projetistas de instalações hidráulicas apresenta vários pontos problemáticos, podendo-se destacar, principalmente, o suprimento com outra fonte de água em períodos sem chuva. Um sistema de aproveitamento de água deve possuir uma fonte de suprimento de água, na falta de água da chuva, que normalmente é a água potável. Neste sentido, o sistema deve ser concebido de forma que seja utilizada água potável, somente e exclusivamente na falta de água pluvial. Na grande maioria das vezes, o suprimento (nos reservatórios superiores) é

feito manualmente (abertura de registro) ou se utiliza configurações com torneiras boias, que apresentam diversos problemas, como: operação com uma pressão inferior (coluna de água) a projetada; risco de conexão cruzada e retrosifonamento; e manutenção/reperto frequente (por exemplo: quebra da haste da boia mecânica). Neste sentido, o ideal é o desenvolvimento e a utilização de dispositivos automáticos comandados por chaves boias e válvulas solenoides.

Um aspecto importante para o aproveitamento de água pluvial para consumo trata da questão da qualidade da água em relação a finalidade pretendida. A NBR 15.527 [13] cita que: “Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista”. A mesma norma recomenda que para usos mais restritos, sem definir quais são, estabelece alguns parâmetros de qualidade, reproduzidos na tabela 1.

Tabela 1 - Padrões de qualidade de água pluvial [13]

| Parâmetro                  | Análise   | Valor   |
|----------------------------|-----------|---|
| Coliformes totais          | Semestral | Ausente em 100 ml                               |
| Coliformes termotolerantes | Semestral | Ausente em 100 ml                               |
| Cloro residual livre*      | Mensal    | 0,5 a 3,0 mg/L                                  |
| Turbidez                   | Mensal    | < 5,0 uT (ou < 2,0 uT para usos mais restritos) |
| Cor aparente               | Mensal    | < 15,0 uH                                       |
| pH                         | Mensal    | 6,0 a 8,0 para tubulação metálica               |

Independentemente do uso, é indispensável a utilização de sistema de tratamento mínimo, dentre os quais pode-se citar: (a) dispositivo de descarte de detritos (folhas, galhos, penas, etc.), (b) dispositivo de descarte de fluxo inicial (água de lavagem), (c) dispositivo de captação de água para adução próximo a superfície da água, (d) filtro, e (e) desinfecção [7].

### 3 Procedimentos Metodológicos

O projeto de pesquisa apresentado teve como objetivo elaborar um projeto executivo de melhorias estruturais no sistema de abastecimento de água do Câmpus Saporanga. Após sua execução, efetuou-se o monitoramento do consumo de água, cujos resultados do primeiro ano de funcionamento também são apresentados neste trabalho.

Para a elaboração do projeto, inicialmente foi efetuado um levantamento das instalações hidráulicas e do sistema de bombeamento existente. Após esta etapa, foi elaborado um projeto executivo, que previu a adaptação das instalações hidráulicas e elétricas de modo a: (a) automatizar o sistema de abastecimento pelo controle de chaves boias, (b) instalação do suprimento de água potável diretamente nas caixas de água superiores (sem necessidade de bombeamento), por meio da instalação de válvula solenoide, (c) concepção de filtro rápido de areia, e (d) instalação de hidrômetros para monitoramento do consumo de água potável

e pluvial. Uma vez elaborado o projeto executivo, fez-se a aquisição dos materiais necessários e a sua execução. Após sua implantação, foram realizados vários testes, sendo o mesmo aprovado e colocado em pleno funcionamento. Estando o sistema em operação, passou-se a efetuar o registro diário (leitura) de todos os hidrômetros instalados. À medida que as leituras diárias eram realizadas, as mesmas eram tabuladas e somadas em períodos mensais, em uma planilha eletrônica, para comparação com a fatura emitida pela concessionária e permitir a comparação entre os dados e a elaboração de relatórios técnicos.

A análise da eficiência do aproveitamento de água pluvial, aliado as melhorias propostas pelo projeto, foi realizada através do comparativo de consumo mensal de água potável fornecidos pela concessionária antes e após a implantação do projeto, em conjunto com os registros mensais dos hidrômetros instalados. Com os registros da concessionária, foi possível verificar a variação de consumo de água potável antes e após a implantação do projeto. A partir dos registros dos hidrômetros instalados foi possível identificar qual o consumo de água potável e pluvial no Câmpus. Com isso, foi possível mensurar qual o impacto mensal do aproveitamento de água pluvial em termos de volume e custos. A tabulação dos dados é apresentada na forma de gráficos e tabelas.

## 4 Caracterização

Neste item são apresentadas as caracterizações gerais do Câmpus e do sistema de aproveitamento de água pluvial após as adaptações realizadas.

### 4.1 Caracterização do Câmpus Sapiranga

O Câmpus Sapiranga localiza-se no município de Sapiranga, na região metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. Sua implantação ocorreu em meados do ano de 2013 com o início da construção das primeiras edificações. O início da operação do Câmpus ocorreu em meados do ano de 2014. Trata-se de uma escola técnica integrante da rede federal que funciona nos três períodos (manhã, tarde e noite). No turno da manhã ocorre o curso técnico de ensino médio integrado em informática (duração de quatro anos), a tarde ocorre o curso técnico de ensino médio integrado em eletromecânica (duração de quatro anos), e no turno da noite ocorre o curso técnico (subsequente) em eletroeletrônica (com duração de dois anos). Os ingressos ocorrem anualmente. O período letivo vai de meados de fevereiro a meados de dezembro, com alguns dias de férias (normalmente duas semanas, durante o mês de julho) de inverno.

O Câmpus é composto por três edificações térreas principais (bloco salas de aula, multifuncional e oficinas) e

diversos anexos (guarita, subestação, reservatório e casa de bombas), todas novas, que totalizam cerca de 2.837 m<sup>2</sup> de área total construída. Todo o complexo é constituído de 11 banheiros, sendo 6 localizados no bloco multifuncional, 2 no bloco de salas de aula, 2 no bloco de oficinas e 1 na guarita. Estes totalizam 36 vasos sanitários, 8 mictórios e 23 lavatórios. Além disso, tem-se 5 tanques de lavagem de peças mecânicas, 3 cubas de cozinha, 1 máquina de lavar roupas e 10 torneiras de jardim, sendo 4 externas e 6 internas; 8 bebedouros; e 1 chuveiro. O Câmpus faz aproveitamento de água pluvial, sendo a mesma utilizada exclusivamente para abastecimento de descargas das bacias sanitárias e de mictórios dos blocos salas de aula e multifuncional, com isso tem-se que 62,5% dos mictórios e 75% das bacias sanitárias são atendidos por água pluvial. O restante dos pontos de consumo é abastecido por água potável. O Câmpus não possui cozinha e nem vestiário, o que reduz consideravelmente a demanda de consumo de água.

Em termos de usuários, até o final do ano de 2017, o Câmpus era utilizado por um total de 52 servidores (30 docentes e 22 técnicos administrativos em educação), 242 discentes (88 no turno da manhã, 112 no turno da tarde e 42 no turno da noite) e 15 trabalhadores terceirizados (7 serventes e 8 vigilantes, que atual de dois em dois nas escalas de 12/36 horas). Equivalente a 305

usuários fixos, mais o público itinerante que frequenta o Câmpus por ocasiões de eventos que são promovidos.

#### 4.2 Caracterização do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial

Quanto ao sistema de aproveitamento de água pluvial, o mesmo foi concebido na época da implantação do Câmpus (meados de 2013). A água pluvial é coletada da cobertura do bloco multifuncional, que possui uma área de cobertura de 992 m<sup>2</sup>. Esta é conduzida, horizontalmente, por calhas de concreto e, verticalmente, por seis tubos de queda com diâmetro de 150 mm, que deságuam na cisterna, composta por dois reservatórios de fibra com capacidade de 5.000 litros cada, totalizando de 10.000 litros de água pluvial. Estes reservatórios ficam no nível do piso. A água pluvial é posteriormente bombeada para reservatórios superiores (capacidade de 500 e 1.000 litros) que ficam sobre a laje de cobertura dos blocos multifuncional e salas de aula. O bombeamento é realizado por dois conjuntos de motobombas, sendo cada um composto por duas motobombas, que funcionam alternadamente.

Em meados do ano de 2016, através de um projeto de pesquisa que resultou em um projeto executivo de melhorias, o sistema de aproveitamento de água pluvial, passou por uma

reformulação, pois havia diversos problemas nas antigas instalações. Primeiramente, pode-se destacar que o suprimento de água para período de estiagem (com água potável) passou a ser controlado por válvulas solenoides (figura 1) junto aos reservatórios superiores (sem necessidade de passagem pelos reservatórios inferiores, como era antes). Além, disso, fez-se a instalação de hidrômetros junto a saída de água das cisternas, logo após os conjuntos motobombas (monitoramento do consumo de água pluvial) (figura 2) e na entrada de água potável de cada um dos blocos (monitoramento do consumo de água potável), setorizando a medição do consumo de água potável e pluvial. Também se fez a instalação de chaves boia nos reservatórios inferiores, para a automação de todo o sistema. Esta tem dupla função: acionamento das motobombas, caso haja água pluvial ou acionamento das válvulas solenoides, em caso de falta de água pluvial. Por fim, fez-se a instalação de um filtro rápido de areia na saída dos reservatórios inferiores, antes dos conjuntos motobombas para retenção do material particulado, uma vez que não há desvio da água de lavagem do telhado. As figuras 3 e 4 mostram os esquemas de abastecimento por água pluvial. A figura 3 mostra o abastecimento e a distribuição quando há água pluvial nos reservatórios inferiores e a figura 4 mostra o suprimento por água potável, quando há falta de água pluvial.



Figura 1 – Funcionamento e acionamento de uma das válvulas solenoides instaladas em um dos reservatórios de água pluvial superiores, em caso de falta de água pluvial.



Figura 2 – Vista geral de um dos conjuntos de motobombas e do hidrômetro instalados para mediação da quantidade de água pluvial bombeada.

A automação do sistema foi fundamental para melhorar a operacionalização do sistema e minimizar a intervenção. Foi montado um circuito com chaves boias que comanda o acionamento das motobombas ou abertura das válvulas solenoides, da seguinte forma: (a) as motobombas são acionadas, quando os reservatórios superiores estão vazios (chave boia na vertical) e reservatórios inferiores estão com água (chave boia na horizontal) ou (b) abertura das válvulas solenoides, quando os reservatórios superiores estão vazios (chave boia na vertical) e reservatórios inferiores estão vazios (chave boia na vertical). O comando das motobombas (relés e contactoras) ficam localizados em um quadro principal, neste quadro também foi instalado um wattímetro e lâmpadas pilotos para verificar o funcionamento das válvulas solenoides. A operação das motobombas pode ser percebido pelo ruído dos motores e giro e registro dos hidrômetros. A operação das válvulas solenoides podem ser percebida pelo acionamento das lâmpadas piloto (ligadas em paralelo) e pelo registro do consumo de energia elétrica no wattímetro. As lâmpadas piloto também têm a função de aviso de falha do funcionamento das válvulas solenoides, pois se permanecerem acesas por um longo período de tempo, demonstra o não funcionamento das válvulas solenoides.

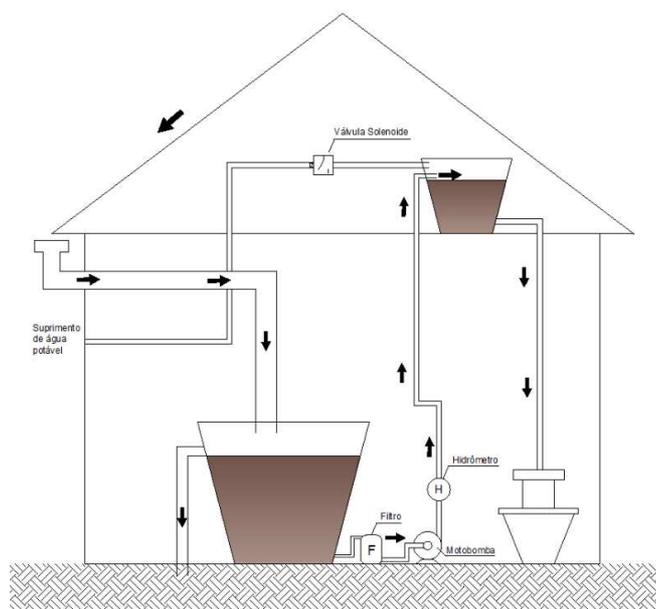


Figura 3 – Esquema de abastecimento por água pluvial implantado no Câmpus Sapiranga quando há água pluvial nos reservatórios inferiores.

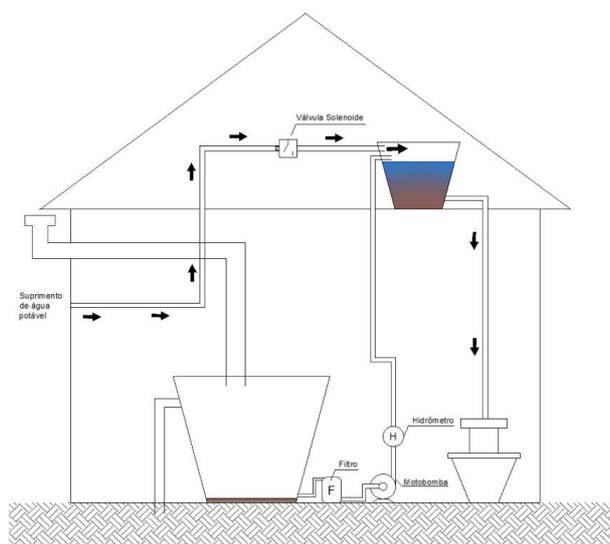


Figura 4 – Esquema de abastecimento por água pluvial implantado no Câmpus Sapiranga por suprimento por água potável, quando há falta de água pluvial.

Fez-se a instalação de cinco hidrômetros, sendo dois para monitoramento do consumo de água pluvial, instalados logo após as motobombas, de modo a registrarem a quantidade de água pluvial bombeada para os reservatórios superiores do bloco multifuncional e salas de aula. Os outros três foram instalados na entrada de água potável, após o reservatório principal, de cada um dos blocos que compõem o Câmpus Sapiranga, de modo a monitorar o consumo de água potável. A instalação destes hidrômetros permite a segregação da mediação do consumo por edificação, facilitando também a identificação de eventuais vazamentos que venham a ocorrer. Ainda existe um sexto hidrômetro, na entrada de água potável do Câmpus, de responsabilidade da concessionária. A leitura dos seis hidrômetros é realizada diariamente na primeira hora da manhã, exceto nos finais de semana e feriados. Estas leituras ficam registradas em um caderno, sendo posteriormente lançadas em uma planilha eletrônica, onde os dados são tabulados, por exemplo, pode ser determinado o consumo mensal de água potável e pluvial.

Um aspecto importante no aproveitamento da água pluvial é quanto ao tratamento. O tratamento de água pluvial pode ser composto por dispositivos de remoção de detritos grosseiros, como grades, até a desinfecção. No Câmpus Sapiranga não havia nenhum tipo de tratamento da água pluvial, sendo a mesma utilizada de forma direta. Apesar de não haver presença de

vegetação frondosa nas redondezas do Câmpus ou a ocupação da cobertura por aves, responsáveis por detritos grosseiros, há presença de material particulado fino (poeira e/ou fuligem) o qual acaba indo para o sistema, sedimentando-se nos reservatórios (inferiores e superiores) e nas caixas acopladas dos vasos sanitários. A presença de material particulado acabava prejudicando o sistema de vedação das caixas acopladas dos vasos sanitários, provocando inúmeros vazamentos. Estes vazamentos eram responsáveis pelo rápido consumo de água pluvial, demandando um consumo excedente de água potável. Assim, com o objetivo de fazer um tratamento mínimo e eliminar o material particulado, construiu-se e instalou-se um filtro rápido de areia, junto a saída dos reservatórios inferiores (figura 5). O filtro foi construído segundo a norma NBR 10.339 [15].



Figura 5 – Vista do filtro rápido de areia instalado na saída da cisterna

Neste sentido, considerando os aspectos anteriormente apresentados e a caracterização do sistema de aproveitamento de água pluvial implantado no Câmpus, efetuou-se uma análise de consumo e econômica de modo a verificar sua eficiência, entre o período de junho/2014 a setembro/2017.

## 5 Análise e Discussão dos Resultados

A análise dos resultados foi dividida em três partes. A primeira parte aborda o aspecto da economia de água potável proporcionada pela implantação do projeto de pesquisa, quanto ao aspecto da segregação da medição e monitoramento do consumo. O segundo ponto trata eficiência do filtro rápido de areia desenvolvido e implantado junto a saída da cisterna. E por fim é mostrado o resultado em termos de consumo e de economia com o aproveitamento da água pluvial.

### 5.1 Análise da Eficiência da Segregação e Monitoramento do Consumo de Água Potável

Inicialmente, cabe uma análise do consumo de água potável do Câmpus desde o início da sua operação (junho/2014). A figura 6 apresenta um gráfico com os consumos mensais de água potável extraídos das faturas emitidas pela Companhia

Riograndense de Saneamento (CORSAN), concessionária responsável pelo fornecimento de água. O monitoramento do consumo de água pluvial teve início em setembro de 2016, após a instalação dos hidrômetros, por esta razão os dados de consumo da figura 6, a partir daquele período, estão indicados em vermelho. A tabela 2 apresenta uma compilação dos dados de consumo de água. Inicialmente, cabe ponderar que no período de fevereiro de 2015 a início do ano de 2016, foi feita a construção do bloco oficinas, no entanto, este fator não justifica o demasiado consumo de água no segundo ano de funcionamento do Câmpus, até porque as etapas da obra que consomem mais água (concretagem, alvenaria e revestimento) ocorreram entre maio/2015 e outubro/2015. No primeiro ano de funcionamento do Câmpus, verifica-se um consumo total de 630 m<sup>3</sup>, que corresponde a um consumo médio mensal de 52,5 m<sup>3</sup>/mês e 7,8 litros/pessoa/dia útil. Já no segundo ano, o consumo de água quase duplicou (consumo total de 1135 m<sup>3</sup>, que corresponde a um consumo médio mensal de 94,6 m<sup>3</sup>/mês e 14,1 litros/pessoa/dia útil). A partir destes registros de consumo, verificou-se que a causa era o grande número de vazamentos que ocorriam nos vasos sanitários, que rapidamente, consumiam a reserva de água pluvial, passando a utilizar o suprimento de água potável. A causa dos vazamentos era colmatação dos sistemas de vedação das caixas acopladas das bacias sanitárias, oriundo do acúmulo de material particulado

presente na água pluvial e formação de limo, como já citado. Desta forma, sanadas as causas dos vazamentos (instalação de filtro na saída da cisterna e limpeza das caixas acopladas), monitoramento diário de consumo e melhorias implantadas nos sistemas de abastecimento por água pluvial; verificou-se uma drástica redução (cerca de um terço) do consumo de água, no terceiro ano de implantação do Câmpus (consumo total de 460 m<sup>3</sup>, que corresponde a um consumo médio mensal de 38,3 m<sup>3</sup>/mês e 5,7 litros/pessoa/dia útil).

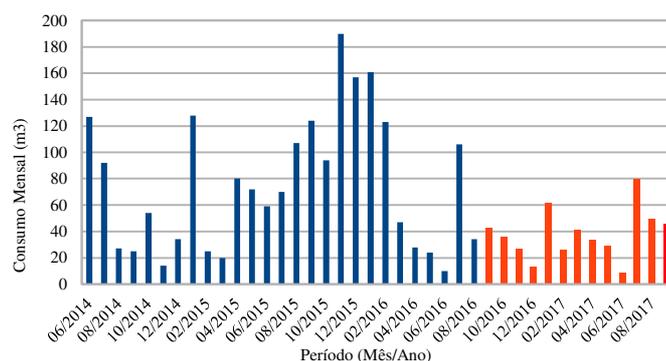


Figura 6 – Demonstrativo de consumo mensal de água potável do Câmpus Sapiiranga

Tabela 2 - Dados de consumo de água potável

| Período<br>(mês/ano) | Consumo              |                          |                             |
|----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                      | Total                | Média mensal             | Média diária per capita     |
| 07/14 a 06/15        | 630 m <sup>3</sup>   | 52,5 m <sup>3</sup> /mês | 7,8 litros/pessoa/dia útil  |
| 07/15 a 06/16        | 1.135 m <sup>3</sup> | 94,6 m <sup>3</sup> /mês | 14,1 litros/pessoa/dia útil |
| 07/16 a 06/17        | 460 m <sup>3</sup>   | 38,3 m <sup>3</sup> /mês | 5,7 litros/pessoa/dia útil  |

Desta primeira análise cabe destacar, sem entrar no mérito da utilização de água pluvial, verifica-se que um efetivo monitoramento e controle do consumo de água já possibilitou uma economia. Neste sentido, a segregação das instalações, neste caso, com a instalação vários hidrômetros e o registro diário permitem o controle do consumo de água e a detecção de anomalias, como o desperdício e/ou vazamentos, bem como a possível local em que estas estejam ocorrendo. Este fato, mostra a importância de se conhecer o sistema, para posteriormente implantar políticas de consumo consciente e uso racional. Além disso, é possível estabelecer uma ferramenta de gestão eficiente do sistema, por exemplo, conhecendo-se o perfil de consumo, é possível, por exemplo, gerenciar e programar o desligamento do abastecimento de água da concessionária no período correto anterior a limpeza dos reservatórios para evitar desperdício e falta de água. Assim, verifica-se um baixo consumo de água para os meses que antecedem a limpeza dos reservatórios (junho de 2016 e 2017 e dezembro de 2016), passando para um alto consumo para os meses seguintes (julho de 2016 e janeiro de 2017), devido ao enchimento dos reservatórios de água potável, e não ao consumo propriamente dito.

Neste sentido, a redução do consumo pela individualização da medição, e conseqüentemente o desperdício, tem-se visto na prática. Resultados semelhantes, por exemplo, são Lima et al. [4],

que demonstraram que as contas com consumo de água para dois estabelecimentos comerciais, que eram entre R\$ 3.864,63 e R\$ 5.582,24 para um e R\$ 2.226,24 e R\$ 4.050,52 para o outro, reduziram, respectivamente, para os valores médios de R\$ 2653,50 e R\$ 1.136,51, após a individualização da mediação do consumo.

### 5.2 Análise da Eficiência do Filtro Rápido de Areia

A análise da eficiência do filtro rápido de areia instalado, foi verificada por meio das análises de turbidez e cor de amostras da água obtidas antes e após a filtragem. O turbidímetro utilizado foi o HACH 2100P. Já para a determinação da cor foi utilizado o aparelho Aqua Tester da Orbeco-Hellige, com disco padrões de cor código 611-10 Hellige. A tabela 3 os resultados das análises realizadas.

Na comparação dos resultados, antes e após a filtragem, verifica-se uma sensível melhora na qualidade da água em todos os casos, principalmente na questão da turbidez, mostrando a eficiência do filtro na retenção do particulado. A eficiência pode ser notada na prática, pelo fato de serem registrados raros vazamentos e não acúmulo de material particulado no interior das caixas acopladas, após sua instalação. Como a captação da água pelas bombas ocorre próximo a base dos reservatórios inferiores,

há a necessidade de limpeza constante da areia do filtro em pelo menos uma vez a cada mês. A necessidade de limpeza é verificada pela drástica redução na vazão de bombeamento, quando isso ocorre, faz-se a limpeza por retro lavagem da areia do filtro, sem a necessidade de remoção ou substituição da mesma.

Tabela 3 - Resultados das análises de cor e turbidez das amostras de água pluvial

| Data coleta | Tipo*  | Cor (mg/l Pt-Co) | Turbidez (uT) | Observações  |
|-------------|--------|------------------|---------------|--|
| 05/04/17    | Antes  | 12,0             | 6,3           | Amostra coletada logo após a chuva                   |
|             | Antes  | 5,0              | 2,3           | Amostras coletadas um dia                            |
| 11/04/17    | Depois | 2,0              | 1,5           | após a chuva (reservatórios inferiores cheios)       |
|             | Antes  | 2,0              | 1,0           | Amostras coletadas após uma semana de chuva          |
| 17/04/17    | Depois | 2,0              | 0,3           | (reservatórios inferiores mais ou menos pela metade) |
|             | Antes  | 5,0              | 1,4           | Amostras coletadas após duas semanas de chuva        |
| 24/04/17    | Depois | 2,0              | 0,5           | (reservatórios inferiores praticamente vazios)       |

\* antes = amostra coletada antes do filtro (interior da cisterna) e depois = amostra coletada após passagem pelo filtro.

### 5.3 Análise da Eficiência do Aproveitamento da Água Pluvial

Antes da instalação dos diversos hidrômetros, não era possível a quantificação do consumo de água pluvial e qual a real economia com consumo de água potável que havia no Câmpus. Uma vez instalados os hidrômetros, passou a se fazer o registro diário do consumo, tanto de água potável, como do consumo de água pluvial. Assim, após o mês de setembro/2016 foi possível a determinação do consumo real mensal de cada um dos tipos de água utilizada. A tabela 4 apresenta a compilação do consumo real de água para um ano de monitoramento. A segunda coluna apresenta os consumos mensais de água potável registrados pela concessionária (que também correspondem aos valores indicados na cor vermelha da figura 3). Verifica-se que estes valores conferem com o somatório dos registros diários realizados, resultando em um consumo total de água potável de 319,8 m<sup>3</sup>. O consumo com água pluvial no mesmo período corresponde a 191,2 m<sup>3</sup>. Considerando o consumo total de água (511 m<sup>3</sup>), obtêm-se que o consumo de água pluvial corresponde a um percentual médio para o período de 37,42%, ou seja, mais de um terço do total de água consumida pelo Câmpus. Nota-se que este percentual é compatível com os dados obtidos na literatura ([8] e [9]) para estabelecimentos escolares.

Os dados das médias da tabela 4 foram reproduzidos nos gráficos das figuras 7 e 8. A figura 7 apresenta o consumo real mensal de água pluvial para o período de análise. A média mensal de consumo de água pluvial obtida para os dias úteis em que houve consumo e para os dias em que não houve suplementação com água potável, pela falta de água pluvial. A figura 8 apresenta a distribuição do consumo de água pluvial entre os blocos multifuncional e salas de aula.

Tabela 4 - Consumo mensal de água

| Período            | Consumo (m <sup>3</sup> ) |              |                   | Média real (m <sup>3</sup> )/dia útil |       |       |       |
|--------------------|---------------------------|--------------|-------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
|                    | Potável                   | Pluvial      | Potável + Pluvial | Geral                                 | Salas | Multi |       |
| set/2016           | 42,9                      | 20,2         | 63,1              | 32,0%                                 | 1,08  | 44,5% | 55,5% |
| out/2016           | 36,2                      | 32,2         | 68,4              | 47,1%                                 | 0,94  | 37,1% | 62,9% |
| nov/2016           | 27,1                      | 18,0         | 45,1              | 39,9%                                 | 0,99  | 35,5% | 64,5% |
| dez/2016           | 12,5                      | 26,2         | 38,7              | 67,7%                                 | 0,72  | 23,7% | 76,3% |
| jan/2017           | 62,0                      | 10,1         | 72,1              | 14,0%                                 | 0,43  | 6,6%  | 93,4% |
| fev/2017           | 25,7                      | 15,5         | 41,3              | 37,6%                                 | 0,80  | 23,8% | 76,2% |
| mar/2017           | 41,6                      | 13,4         | 55,0              | 24,4%                                 | 0,95  | 38,7% | 61,3% |
| abr/2017           | 33,5                      | 17,0         | 50,5              | 33,7%                                 | 0,99  | 41,9% | 58,1% |
| mai/2017           | 29,7                      | 20,8         | 50,5              | 41,2%                                 | 1,10  | 35,7% | 64,3% |
| jun/2017           | 8,5                       | 17,9         | 26,4              | 67,9%                                 | 1,20  | 44,4% | 55,6% |
| <b>Total</b>       | <b>319,8</b>              | <b>191,2</b> | <b>511,0</b>      | <b>37,4%</b>                          |       |       |       |
| <b>Per capita*</b> | <b>4,8</b>                | <b>2,9</b>   | <b>7,7</b>        |                                       |       |       |       |

\* média per capita (litros/pessoa/dia útil)

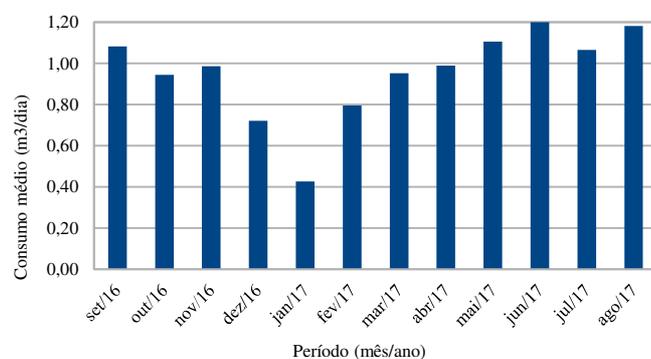


Figura 7 – Média mensal de consumo de água pluvial

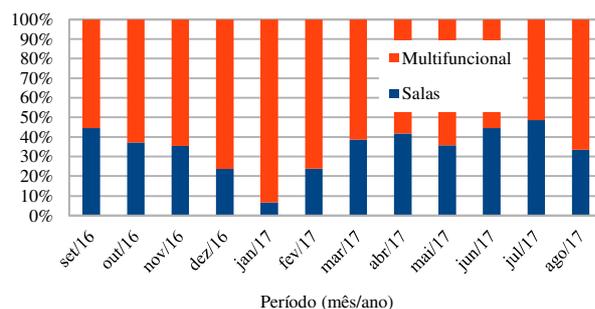


Figura 8 – Distribuição do consumo de água pluvial

O gráfico da figura 7 mostra o perfil do Câmpus, por ser uma instituição de ensino, verifica-se uma redução de usuários no período de férias (dezembro a março), chegando a menor taxa de consumo médio de 0,43 m<sup>3</sup>/mês no mês janeiro, que é o mês com menor número de usuários, inclusive servidores. Já para o período letivo (setembro a novembro e abril a junho), chegou-se a uma taxa média de 1,05 m<sup>3</sup>/mês (desvio padrão de 0,095).

O gráfico da figura 8, também caracteriza bem o perfil de instituição de ensino. Para o período letivo, verifica-se que no bloco de salas de aula consome cerca de 40% da água pluvial, caindo para um percentual de 6,6% no mês de janeiro. Apesar dos discentes comporem a maior parte dos usuários do Câmpus e permanecerem a maior parte do tempo nas salas de aula, era de se esperar que o bloco de salas de aula apresenta-se o maior percentual de consumo de água pluvial, no entanto, verifica-se que o maior consumo de água pluvial ocorre no bloco multifuncional. Isso pode ser explicado pelo fato de o bloco multifuncional abranger não somente a área administrativa, mas engloba o refeitório, área de laser, salas de atendimento, biblioteca, etc.; e além disso, é a edificação com maior área e maior número de banheiro.

Além do aspecto do consumo, propriamente dito, analisou-se o aspecto econômico. A tabela 5 mostra os valores pagos a concessionária pelo consumo de água e quais os valores que seriam pagos caso não houvesse o aproveitamento de água potável.

Tabela 5 - Comparação entre valores pagos e valores que deixaram de ser pagos com o aproveitamento da água pluvial

| Período      | Valores monetários  |                     | Economia          |
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|              | mês/ano             | Potável             | Potável + Pluvial |
| set/2016     | R\$ 394,39          | R\$ 592,23          | 33,41%            |
| out/2016     | R\$ 340,43          | R\$ 636,46          | 46,51%            |
| nov/2016     | R\$ 254,32          | R\$ 409,92          | 37,96%            |
| dez/2016     | R\$ 155,15          | R\$ 363,47          | 57,31%            |
| jan/2017     | R\$ 583,42          | R\$ 672,06          | 13,19%            |
| fev/2017     | R\$ 247,72          | R\$ 378,91          | 34,62%            |
| mar/2017     | R\$ 378,91          | R\$ 522,13          | 27,43%            |
| abr/2017     | R\$ 316,74          | R\$ 463,58          | 31,67%            |
| mai/2017     | R\$ 273,89          | R\$ 463,58          | 40,92%            |
| jun/2017     | R\$ 138,39          | R\$ 257,98          | 46,36%            |
| <b>Total</b> | <b>R\$ 3.083,36</b> | <b>R\$ 4.760,32</b> | <b>35,23%</b>     |

Obs.: período = competência, ou seja, a fatura é gerada no mês subsequente

Os valores expressos na tabela 5 são obtidos pela equação 1. Como pode ser visto na equação 1, a fatura é composta por uma taxa fixa (que independe do consumo) mais um valor pelo consumo de água potável, sendo este um valor exponencial, ou seja, quanto maior o consumo, maior se torna a fatura. Para a determinação dos valores da tabela 5, foram considerados os valores dos consumos da tabela 4.

$$F = SB + PB \times C^n \text{ (equação 1)}$$

onde:  $F$  = valor da fatura (R\$);  $SB$  = valor do serviço básico (taxa fixa) de R\$ 82,74/mês (para julho/2016 a junho/2017) [16] e R\$ 86,19/mês (para julho/2017 a junho/2018) [17];  $PB$  = preço base é o valor cobrado por  $m^3$  consumido que era R\$ 5,57/ $m^3$  para as faturas de julho/2016 a junho/2017 [16], passando para R\$ 5,80/ $m^3$  para as faturas de julho/2017 a junho/2018 [17], para a tarifa comercial, categoria pública, que é a classificação do IFSul;  $C$  = consumo ( $m^3$ ) mensal em valores inteiros arredondados;  $n$  = coeficiente de majoração de consumo, segundo tabela exponencial [16, 17].

Pela tabela 5 verifica-se que foram pagos a concessionária um total de R\$ 3.083,36 pela soma das faturas dos períodos de setembro/2016 a junho/2017. Agora, se não houvesse o aproveitamento da água pluvial o valor seria de R\$ 4.760,32, o equivalente a R\$ 1.676,96 a mais (35,23%). Neste sentido, verifica-se uma economia de mais de um terço nos valores pagos pelo consumo de água potável. Agora, se forem descontados os valores da taxa de serviços ( $PB$ ), e considerado somente o valor pago pelo consumo ( $F = PB \times C^n$ ), obtêm-se os valores referentes de consumo de R\$ 2.255,96 para água potável e R\$ 3.932,92 para o total (água potável mais água pluvial). Por este cálculo, verifica-se uma economia real de 42,64%, quase a metade, uma vez que a parcela referente ao consumo de água é uma equação exponencial.

Também se realizou a análise da confiança a curto prazo do sistema, de modo a verificar qual o impacto do período em que houve falta de água pluvial (cisterna vazia por falta de chuva). O período de análise teve início com a instalação dos hidrômetros (08/09/2016) e se estendeu até a conclusão do projeto de pesquisa (07/07/2017), totalizando 303 dias consecutivos. Dentro deste período, verificou-se que a cisterna ficou vazia por falta de chuva em 35 dias, ou seja, uma falha de ordem de 11,6%. Vale lembrar, que este percentual foi obtido dentro do curto período analisado, não sendo uma análise estatística. Para a realização de análise estatística deve-se utilizar dados históricos de precipitação, que não é o caso. Nos dias em que há falta de água pluvial o suprimento é realizado com água potável, através do acionamento das válvulas solenoides, havendo um consumo maior de água potável. Para os 35 dias em que houve falta de água pluvial, estimou-se que o consumo extra de água potável foi de 36,3  $m^3$  (obtido pelo somatório da multiplicação do número de dias com os reservatórios vazios pelo consumo médio de água pluvial mensal – coluna 6 da tabela 4). Este consumo dentro do total de água potável consumida (319,8  $m^3$ ) no período, corresponde a um percentual de 11,3%. Em última análise, verifica-se que considerando o consumo médio mensal de água pluvial e a capacidade de armazenamento da cisterna, consegue-se manter o

abastecimento com água pluvial por um período de até duas semanas sem chuva.

## 6 Considerações Finais

Os resultados apresentados oriundos do projeto de pesquisa implementado no Câmpus Sapiranga, confirmam a importância e a representação da economia que pode ser obtida através do aproveitamento da água pluvial. Por meio deste estudo, verificase que se obteve uma economia da ordem de um terço no consumo e em termos de custo. Neste sentido, é notória também a necessidade de ser medido o consumo, inicialmente, para verificar a representatividade do consumo de água pluvial em relação ao consumo total de água. Ainda, demonstrouse a importância de setorizar a mediação do consumo de água potável, que neste caso foi por edificação e tipo de água. Como isso, foi possível verificar qual o consumo real e diário em cada edificação. Também, possibilita a intervenção imediata quando se verifica o excesso de consumo, seja por vazamento ou desperdício pelo excesso de consumo.

Por fim, verifica-se a necessidade de garantir a qualidade mínima da água, mesmo que para fins menos nobres, como a limpeza e descarga de equipamentos sanitários. Neste caso, a filtragem da água por filtro rápido de areia impediu a entrada de material particulado no sistema de abastecimento que era

responsável pelos diversos vazamentos que ocorriam junto às bacias sanitárias.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a PROPESP/IFSul pelas bolsas, na modalidade BIC/IFSul, concedidas através do Edital PROPESP nº 02/2016 ao projeto de pesquisa cadastrado sob o nº PE02160816/094.

---

### ECONOMIC ANALYSIS OF THE PLUVIAL WATER UTILIZATION IN A TECHNICAL SCHOOL

**ABSTRACT:** The rational use of drinking water has been a cause of concern in today's society. A number of policies have been adopted with the purpose of raising awareness of the population and legal provisions have been created to reduce waste and implement alternative sources for purposes less noble than intake. In this sense, the objective of this work is to show the optimization and automation project of the use of rainwater and the effect of the monitoring of the consumption of drinking water implanted in a technical school of the federal network. As a result, it is verified that the utilization of rainwater corresponds to one third of the total water consumption in the period investigated after the implementation of the project. Allied to this, also a noticeable

reduction in the consumption of drinking water, independent of the utilization of the rain water. From the economic point of view, there was a considerable reduction of the drinking water bill paid by the institution after the project was implemented.

**Keywords:** Rational Use of Water. Use of Rainwater. Water Saving.

## Referências

- [1] SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL; Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>. Acessado em 17/02/2020.
- [2] BRASIL; Lei Federal n. 13.312, de 12 de julho de 2016. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, para tornar obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais. Brasília-DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/L13312.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13312.htm). Acessado em 17/02/2020.
- [3] PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA; Decreto Municipal n. 293, de 22 de março de 2006. Regulamenta a Lei nº 10.785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências. Curitiba-PR: Prefeitura Municipal, 2006. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2006/29/293/decreto-n-293-2006-regulamenta-a-lei-n-10785-03-e-dispoe-sobre-os-criterios-do-uso-e-conservacao-racional-da-agua-nas-edificacoes-e-da-outras-providencias-2006-03-22.html>. Acessado em 17/02/2020.
- [4] LIMA, B. C.; YAMAGUCHI, J. K.; KUSSABA, L. L.; FERRAIRA, A. T.; Sistema de Medição Individualizada: Estudo de Caso de um Edifício Comercial em São Paulo. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 3(11), 56-66, 2016.
- [5] ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO; Lei Estadual n. 12.526, de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo-SP: Assembleia Legislativa, 2007. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acessado em 17/02/2020.
- [6] ALVES, W. C.; ZANELLA, L.; SANTOS, M. F. L.; Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis. Revista Techne, 133, 2008. Recuperado em 23 março, 2016. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286496-1.aspx>. Acessado em 17/02/2020.
- [7] TOMAZ, P. Aproveitamento de água da Chuva. São Paulo: Navegar Editora, 2011.
- [8] MAZER, G.; Aproveitamento de Águas Pluviais em Escola de Rede Estadual de Ensino no Município de Curitiba Um Estudo de Caso. Monografia para Obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas do Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil, 2010.
- [9] FASOLA, G. B.; GHISIL, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B.; Potencial de Economia de Água em Duas Escola em Florianópolis/SC. Revista Ambiente Construído, 4(11), p. 65-78, 2011.
- [10] BRASIL; Decreto Federal n. 8.540, de 09 de outubro de 2015. Estabelece, no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, medidas de racionalização do gasto público nas contratações para aquisição de bens e prestação de serviços e na utilização de telefones celulares corporativos e outros dispositivos. Brasília-DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8540.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8540.htm). Acesso em 17/02/2020.

[11] MINISTÉRIO DA SAÚDE; Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília-DF: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/25/Portaria-MS-no-2.914-12-12-2011.pdf>. Acesso em 17/02/2020.

[12] ZANELLA, L.; MARIOTTO, G.; MARCHESI, M. T.; Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva. São Paulo: Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de São Paulo (IPT), 2015.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: Água da Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2007.

[14] SILVA, D. F. R.; Aproveitamento da Água de Chuva Através de Um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável. Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.339: Projeto e execução de piscina - Sistema de recirculação e tratamento. Rio de Janeiro-RS: ABNT, 1988.

[16] COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. Circular 001/16-SUCOM/DC, de 01/07/2016. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/upload/arquivos/201606/01155443-tabela-tarifaria-e-precos-servicos-municipios-regulados-pela-agergs-jul-2016.pdf>. Acesso em 17/02/2020.

[17] COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. Circular 001/17-SUCOM/DC, de 01/07/2017. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/upload/arquivos/201707/03114756-tabela-tarifaria-e-precos-servicos-julho-2017-agergs.pdf>. Acesso em 17/02/2020.