

**ANGÉLICA GOMES NOVAES**

**ELABORAÇÃO DE UMA FONTE DE HÉRON PARA A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO BANHO NO PROCEDIMENTO DE USO EM DESCARGA EM VASO SANITÁRIO.**

Anápolis/GO – Brasil

2016

**ANGÉLICA GOMES NOVAES**

**ELABORAÇÃO DE UMA FONTE DE HÉRON PARA A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO BANHO NO PROCEDIMENTO DE USO EM DESCARGA EM VASO SANITÁRIO.**

Trabalho apresentado como requisito parcial para a Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Metropolitana de Anápolis.

**ORIENTADOR: Professor Msc. TARCÍSIO SOUZA CARVALHO.**

Anápolis/GO

2016 **ANGÉLICA GOMES NOVAES**

**ELABORAÇÃO DE UMA FONTE DE HÉRON PARA A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO BANHO NO PROCEDIMENTO DE USO EM DESCARGA EM VASO SANITÁRIO.**

Trabalho apresentado como requisito parcial para a Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Metropolitana de Anápolis.

Aprovado em: \_\_\_\_\_ de\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. ° Msc. TARCÍSIO SOUZA CARVALHO.

(Orientador)

Prof. ° Msc. FABRICIO NASCIMENTO SILVA.

(Examinador)

Prof. ° Esp. JOÃO ASMAR JÚNIOR.

(Examinador)

Anápolis – Goiás

2016

Dedico este trabalho, bem como todas as minhas demais conquistas, a minha mãe Carmosina Delfina de Borba, obrigado por sempre acreditar em mim.

A meu irmão, Geovane Gomes Borba Novaes, e a minha avó Maria José de Oliveira, que infelizmente não pode compartilhar em vida desta minha conquista, mais que sempre me fez ter a esperança de um dia melhor.

Amo vocês.

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me guiado no melhor caminho para realização desse grande sonho.

Agradeço a minha mãe, Carmosina Delfina de Borba, a meu padrasto, Fernando Luiz Salomão, e ao meu irmão, Geovane Gomes Borba Novaes, pois vocês são o alicerce da minha vida.

Agradeço ao Professor Msc. Tarcísio Souza Carvalho pelo apoio e encorajamento contínuo nas minhas pesquisas.

À todo corpo docente do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Metropolitana de Anápolis, por transmitir seus conhecimentos de forma competente e compromissada.

A minha família pela força, e por sempre acreditarem em mim.

 Aos amigos e companheiros de curso, Fernando Adornelas de Oliveira, Rodrigo Rebelatto Silva, e Warlen Gomes de Andrade, pela amizade e companheirismo dentro e fora de sala, que foram fundamentais nesta jornada.

Aos amigos e colegas, Agna Sousa Gondim, Alisson André Borges Nunes, Claudinei Fernandes, Fernando Henrique de Morais, Larissa Thaliane Caldas da Silva, Leandro Rodrigues da Veiga, Leidiane Aparecida Silva, Lorena Vieira Caldas dos Santos, Keysse Kelly Silva Santana, Queufren Silva de Azevedo, e Yuri Santos Lemes, pelos conselhos e incentivo.

Aos amigos e Engenheiros, Renato Dias da Silva, e Rossini Barcelos Ricardo, pelos conhecimentos transmitidos.

E à todos que que me ajudaram direta e indiretamente, fazendo parte desta conquista, meus sinceros agradecimentos e meu muito obrigado.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui.

Nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis,

a próxima tentativa pode ser a vitoriosa.”

**(**[**Albert Einstein**](http://pensador.uol.com.br/autor/albert_einstein/)**)**

NOVAES, Angélica Gomes. **Elaboração de uma Fonte de Héron para a reutilização da água do banho no procedimento de uso em descarga em vaso sanitário.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária. Faculdade Metropolitana de Anápolis, 2016.

**RESUMO**

O cenário atual do nosso planeta revela uma crise ambiental preocupante, ocasionando os chamados efeitos globais, tais como as mudanças climáticas, a diminuição dos recursos naturais (qualitativos e quantitativos), a poluição das águas, dos solos e do ar. A água é um bem essencial para a vida, e com o crescimento desordenado da população, surgem vários fatores que comprometem a sua qualidade e características, logo, a alternativa é a busca por iniciativas em que o reuso de água, sirva como instrumento adicional em atividades que não necessitam de padrões de potabilidade, mas que visam à redução da pressão sobre os mananciais de abastecimento. Diante da escassez da água de boa qualidade e a preocupação da conservação ambiental, foi realizado um estudo tendo como objetivo analisar o uso de águas de fontes alternativas, para isso, se fez necessário avaliar o consumo destas águas de fontes alternativas e a verificação do potencial de economia de água potável em relação ao uso dessas águas. Baseado neste contexto, este projeto tem como princípio uma adaptação da Fonte de Héron, com o uso de materiais de fácil acesso e baixo custo, o experimento realizado irá mostrar que recipientes conectados irão produzir diferentes pressões internas, o que pode proporcionar o reaproveitamento da água sem o uso de baterias elétricas ou algum tipo de entrada de energia, apenas utilizando a força exercida pela gravidade, o que pode ser utilizado em conjunto com uma aula teórica nos ensinamentos dos Princípios e Leis da Hidrodinâmica e Hidrostática.

**Palavras-chave:** Reúso de água;Escassez daÁgua; Fonte de Héron.

NOVAES, Angélica Gomes. **Development of a source of Héron to reuse bath water use procedure in discharge toilet**. Completion of course work. Course of

Environmental and sanitary engineering. Metropolitan College of Annapolis, in 2016.

**ABSTRACT**

The current scenario of our planet reveals a worrying environmental crisis, causing the so-called global effects, such as climate change, the reduction of natural resources (qualitative and quantitative), the pollution of water, soils and air. The water is essential for life, and with the disorderly growth of population, arise several factors that undertake its qualities and characteristics, therefore, the alternative is the search for initiatives that the reuse of water serves as an additional tool in activities that does not require drinking patterns, but aimed at reducing the pressure on the supply springs. In front of water scarcity of good quality and the preoccupation of environmental conservation, was held a study aiming to analyze the consumption of these water from alternatives sources and verification of potential savings of drinking water in relation to the use of these waters. Based on this, this project has like principle an adaptation of Source of Héron, with the use of materials of easy access and low cost, the experiment will show that recipients connected will produce different internal pressures, what can provide the reuse of water without the use of electrical batteries or some kind of power input, only using the gravity force, what can be used together with theory classes teaching of Principles and Laws of Hydrodynamics and Hydrostatics.

**Key words:**Reuse of Water; Water Scarcity; Source of Héron.

Sumário

[1. INTRODUÇÃO 1](#_Toc459623486)

[2. OBJETIVOS 3](#_Toc459623487)

[2.1. Objetivo Geral 3](#_Toc459623488)

[2.2. Objetivos específicos 3](#_Toc459623489)

[3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4](#_Toc459623490)

[3.1. Qualidade de Água 4](#_Toc459623491)

[3.2. Porque reutilizar à água? 5](#_Toc459623492)

[3.3. Reúso 6](#_Toc459623493)

[3.4. Necessidade do Reúso 7](#_Toc459623494)

[3.5. Aplicações do Reúso 8](#_Toc459623495)

[3.6. Fonte de Héron 9](#_Toc459623496)

[4. MATERIAL E MÉTODOS 11](#_Toc459623497)

[4.1. Materiais 11](#_Toc459623498)

[4.2. Métodos 12](#_Toc459623499)

[5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 14](#_Toc459623500)

[6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 16](#_Toc459623501)

[7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17](#_Toc459623502)

##  INTRODUÇÃO

A procura por novas alternativas de abastecimento, inseridas no contexto do Desenvolvimento Sustentável, leva países do mundo inteiro a adotar aplicações de práticas a fim de suavizar tais danos às futuras gerações.

Com a grande explosão demográfica e a falta de planejamento dos órgãos competentes, um elemento vital para a vida, à água, tende a ser tornar um fator determinante para futuros confrontos entre nações, pois estima-se que no ano de 2025, aproximadamente dois bilhões de pessoas irão se encontrar em total escassez de água, e que dois terços da população mundial estará situada em áreas cujo os recursos hídricos deverá apresentar-se a níveis alarmantes.

A água, como recurso essencial a vida, apresenta-se preocupante estatisticamente à médio prazo, e afim de contornar esse problema, surgem diversas ideias que dizem a respeito do uso consciente da água (redução do consumo) e de seu reúso (evitando assim o seu descarte).

Surge então a proposta da reutilização da água do banho, que seria descartada, no uso nas descargas de vasos sanitários. Procedimento no qual reutilizaria um material que seria diretamente descartado, podendo gerar uma economia significativa em se tratando de uma análise a fim de atingir um público doméstico, não descartando a possibilidade de instalar esse sistema em estabelecimentos comerciais.

Estima-se, baseando em valores médios, que um chuveiro possui a vazão de 3,5 litros de água por minuto, logo, uma residência com quatro pessoas, e que cada uma leve 8 minutos para tomar o seu banho, tem-se o volume de 112 litros de água consumida diariamente apenas para o banho familiar, atingindo a marca de 3360 litros ao mês, representando 14 % de toda a água consumida pela residência no período, valores que alteram de residência para residência.

Tais valores levam em consideração que uma pessoa consuma cerca de 6 mil litros de água ao mês, e, ao comparar o volume de água utilizada em chuveiro com o volume de água utilizada em vasos sanitários, temos que esse apresente uma vazão aproximada de 8 litros por utilização. Se a utilização média for de quatro vezes ao dia, por pessoa, soma-se 128 litros de água diariamente apenas para esse fim.

Visualiza-se então que os consumos de água proveniente do chuveiro e do vaso sanitário são compatíveis em seu montante, o que torna a ideia do reúso atraente em termos técnicos, importante para o meio ambiente, já que em grande escala a economia de 14% é muito significativa.

A proposta dessa reutilização da água será baseada nos estudos feitos por Héron, um engenheiro, matemático e físico, que elaborou um sistema que projeta água sem a utilização de energia ou bateria, apenas reaproveitando as energias atuantes: a energia potencial e a energia cinética.

Portanto, o presente trabalho propõe a construção de um sistema que reutilize a água do banho que seria descartada para o uso do procedimento de descarga em vaso sanitário, utilizando-se as ideias da Fonte de Héron.

## **OBJETIVOS**

## Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo principal, o reaproveitamento da água descartada no banho, reutilizando-a no procedimento de descarga em vaso sanitário, através de uma adaptação do experimento conhecido por Fonte de Héron.

## Objetivos específicos

* Reaproveitar a água descartada do banho.
* Construção de um equipamento, que transfira a água de descarte do banho até o reservatório que abastece o vaso sanitário.
* Verificar se o abastecimento do reservatório do vaso sanitário com a água de descarte do banho irá suprir a demanda.
* Avaliar se a água de descarte do banho apresenta propriedades organolépticas favoráveis à utilização no vaso sanitário.

#

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A reutilização de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância (SILVA, L. C. e ORSINE, J. V. C., 2011).

Como recurso natural de valor econômico, estratégico e social, sendo essencial à existência e bem-estar do homem e à manutenção do meio ambiente, a água é um bem ao qual toda a humanidade tem direito (TELLES e COSTA, 2010).

## Qualidade de Água

A qualidade da água está diretamente ligada ao seu uso. Dessa forma, quando se faz a análise de água, deve-se associar tal uso aos requisitos mínimos exigidos para cada tipo de aplicação (SPERLING,1996).

A água de reúso é um efluente que foi tratado, sendo um processo de transformação para purificação e tratamento especializado. Deverá seguir algumas normas de qualidade conforme especificações estabelecidas pela legislação brasileira e pode ser utilizada para diversas finalidades, que não seja o consumo humano. Assim o reúso da água baseia-se no reaproveitamento da água potável após de ter cumprido sua função inicial, cada litro de água de reúso utilizado representa um litro de água potável conservada (ANDRÉ, D.S., MACEDO, D., ESTENDER, A. C., 2016).

A Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005, que veio substituir a Resolução CONAMA n.20, de 18 de julho de 1986, apresenta padrões de qualidade dos corpos receptores; padrões para lançamento de efluentes nos corpos d’água; e padrões de balneabilidade. Todos eles objetivam a preservação dos corpos d’água.

O Ministério de Saúde, através da portaria n. 518/04, de 25 de março de 2004, define os padrões de potabilidade, característica está associada à qualidade à qualidade de água fornecida no sistema de abastecimento urbano. Essa portaria veio em substituição à portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, dentro dos fundamentos da Lei das Águas (Lei Federal n. 9.433/97), declara, entre outras coisas, que a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

## Porque reutilizar à água?

Segundo HESPANHOL (1999), o planejamento, a implantação e a operação corretos de reuso trazem uma série de melhorias:

* Minimização da descarga de esgoto nos corpos hídricos;
* Preservação dos recursos subterrâneos;
* Preservação do solo, com acúmulo de húmus e aumento da resistência à erosão;
* Aumento da produção de alimentos (irrigação agrícola), elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e de condições sociais.

Segundo BERNARDI (2003), a reutilização de águas residuárias, de uma maneira geral, e das domésticas, de forma particular, promove as seguintes vantagens:

* Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
* Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
* Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;
* Permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;
* Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica;
* Provoca aumento da produtividade agrícola;
* Gera aumento da produção de alimentos; e
* Permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida.

Dentre os benefícios ambientais podemos citar:

* Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d’agua, possibilitando melhorar a qualidade das águas interiores das regiões mais industrializadas das grandes cidades;
* Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada;
* Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

Os benefícios econômicos:

* Conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;
* Mudanças nos padrões de produção e consumo;
* Redução dos custos de produção;
* Aumento da competitividade do setor;
* Habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água.
* E por último os benefícios sociais:
* Ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva;
* Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;
* Melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

## Reúso

Segundo RODRIGUES (2005) o reúso de água surge atuando em dois aspectos: Instrumento para redução do consumo de água (controle de demanda) e recurso hídrico complementar.

Nas últimas décadas, através de uma maior conscientização ecológica e pela tendência de aumento do valor econômico da água, o “reúso de águas servidas” surge com uma grande fonte alternativa para suprir a escassez mundial deste produto, aliada à necessidade de melhor se administrarem os grandes volumes de efluentes advindos das diversas estações de tratamento de esgoto. As tecnologias envolvidas no reúso destacam-se como uma nova aplicação ou direcional para os efluentes das estações de tratamento que podem ser aplicados em atividades diversas, evitando impactos ambientais. O reúso objetiva a já conhecida “substituição de fontes”, em que se procura preservar as águas de mananciais para aplicações mais nobres (TELLES e COSTA, 2010).

A prática do reúso de água é definida como o aproveitamento de águas residuárias, tratadas ou não, para suprir as necessidades de fins não potáveis, podendo este ser, inclusive, o original (LAVRADOR FILHO, 1987).

Telles e Costa (2010) ressaltam que o reúso de água residuária decorrente de atividades como higiene, preparação de comidas, indústrias, entre outras, deve ser realizado para fins menos nobres, onde não são exigidos os padrões de potabilidade, por motivos de segurança à saúde pública. O reúso pode ocorrer de forma: indireta não planejada, quando a água residuária tratada é lançada em um corpo hídrico e à jusante esta é captada e reutilizada; indireta planejada, seguindo a mesma linha da forma anterior, porém com planejamento para a captação à jusante com intenção de reúso; e direta, ocorrendo de forma planejada, direcionando a água residuária ao ponto em que ocorrerá o reúso.

Sob esta última forma de reúso, Mierzwa e Hespanhol (2005) complementam que pode ser utilizada uma água residuária tratada ou não, podendo, então, ser direcionada diretamente a um processo/atividade, devido às características compatíveis (também chamado de reúso em cascata, SAUTCHUK et al., 2004).

## Necessidade do Reúso

Como a ameaça de Escassez dos recursos hídricos tem colocado, nos últimos anos, a questão da água no centro das preocupações e disputas em todo o mundo. Afinal mais de um bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e, em 2025, se não forem tomadas medidas urgentes, a degradação ambiental e a cultura do desperdício vão comprometer a vida de 2/3 da população mundial (ÉPOCA,2003).

Sendo o reúso de água considerado uma opção inteligente no mercado mundial, a necessidade de aplicação desta tecnologia, como já foi dito, está no próprio conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais (TELLES e COSTA, 2010).

Além da escassez, o reúso da água para fins não potáveis compensa a dificuldade de atendimento da demanda da água e substitui mananciais próximos e de qualidade adequada. Com a política do reuso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se a água de qualidade inferior, geralmente efluentes secundários pós-tratados, para atendimento de finalidades que podem prescindir da potabilidade (ABES, 1997).

O conceito de “substituição de fontes” mostra-se então, como a alternativa mais plausível para satisfazer as demandas menos restritivas, reservando a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico (UNIÁGUA,2016).

## Aplicações do Reúso

A demanda crescente da água tem feito do reúso planejado um tema atual e de grande importância. Entretanto, deve-se considera-lo mais abrangente que o uso racional ou eficiente da água. O reúso compreende também o controle de perdas e desperdícios e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água. A tecnologia do reúso pode ser entendida como uma forma de reaproveitamento da água servida que abrange desde a simples recirculação da água de enxague da máquina de lavar roupas, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros, regas de jardins ou aplicações mais específicas, podendo se estender para além do limite do sistema local e suprir a demanda industrial ou demanda da área próxima (TELLES e COSTA, 2010).

O reúso planejado das águas residuárias não é um conceito novo, pois é praticado há muitos anos em todo o mundo, o que reduz a demanda sobre os mananciais de água bruta, devido à substituição da fonte. A reciclagem das águas residuárias indica haver um retorno destas, após tratamento, ao início do processo de onde foram originadas. A aceitabilidade do reúso da água é dependente da sua qualidade e das características físicas, químicas e microbiológicas. De acordo com o uso, ou sua finalidade específica, podem ocorrer maiores ou menores restrições nos parâmetros (CROOK,1993).

## Fonte de Héron

A abordagem teórica que fundamenta o funcionamento da Fonte de Héron, parece desafiar a lei da conservação da energia, isto é, a energia total do sistema é constante.

Segundo PERELMAN (1975), a fonte de Héron consiste de um recipiente aberto e dois esféricos fechados: o primeiro, que chamamos de A, totalmente aberto à atmosfera, e os outros dois fechados, que chamamos de B e C, todos conectados por tubos, como mostra a Figura 3.6.1.

**Figura 3.6.1 - Fonte de Héron.**

Fonte: (PERELMAN, 1975).

Para que a fonte comece a funcionar, é necessário que o vaso B esteja parcialmente cheio de água, o vaso C e o A com água até o nível extremo do tubo que interliga os vasos A e C. Colocando água no vaso A, suficiente para encher o tubo que interliga os vasos A e C, estabelece-se uma coluna de água no tubo, aumentando a pressão do ar dentro dos vasos B e C. A pressão do vaso B, sendo maior que a pressão atmosférica, faz com que a água deste vaso escoe pelo tubo, jorrando no vaso A. Esta, por sua vez, flui pelo tubo mantendo a coluna de água, e quando toda a água do vaso B escoa para o A, cessa o funcionamento da fonte.

Outras versões surgiram, simplificando a fonte e introduzindo modificações. Uma delas pode ser facilmente reproduzida, como mostra a Figura 3.6.2.



**Figura 3.6.2. - Uma versão da Fonte de Héron.**

Fonte: (PERELMAN, 1975).

No lugar dos vasos esféricos fechados de vidro, usou-se frascos e tubos de borracha. Não há necessidade de orifícios na base do vaso superior, uma vez que os tubos podem ser colocados como mostra a Figura 3.6.2. Esta montagem é mais conveniente, porque depois de toda a água do frasco B ter escoado através do A para dentro do frasco C, você pode inverter as posições dos frascos B e C e a fonte continuará a funcionar. Outra conveniência é que você poderá dispor os vasos em diferentes desníveis e ver como isso afetará a altura do jorro da fonte.

## MATERIAL E MÉTODOS

Durante o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se materiais que simularia a implantação prática do assunto proposto, utilizando-se de materiais de baixo custo e de fácil acesso, para a reprodução com o mesmo rigor.

## Materiais

* 2 Galões de 20 Litros
* 1 Bacia de plástico
* 2 Paletes descartáveis
* Tela Verde
* Adesivo PVC
* Resina Epóxi
* Aplicador de silicone
* Cola de Silicone
* Arco de serra
* Lixa
* Cano PVC 25 mm
* 1 Joelho 25 mm
* 1 Registros 25 mm
* 2 Tampas 25 mm
* 1 Adaptador para saída de vaso sanitário
* 1 Torneira
* Mangueira

## Métodos

Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema formado por quatro compartimentos, sendo um deles uma bacia e o outro a caixa de descarga do vaso sanitário.

Como mostra a Figura 4.2.1, um tubo (A) é ligado a uma bacia, este mesmo tubo (A) será ligado ao primeiro compartimento, um outro tubo (B) irá ligar os dois compartimentos, finalmente, o segundo compartimento, terá uma torneira interligada a uma mangueira, na qual fará o descarte da água descartada do banho, na caixa de descarga do vaso sanitário, que também estará interligada a mangueira, fechando assim o ciclo.

**Figura 4.2.1. Esboço da Adaptação da Fonte de Herón, para o reaproveitamento de água do banho para a descarga em vaso sanitário.**

 Fonte: (NOVAES e VEIGA, 2016).

A água descartada pelo banho irá encher a bacia, depois a mesma irá descer pelo tubo (A) até o primeiro compartimento que vai estar todo preenchido por ar, está água irá empurrar o ar através do tubo (B) para o segundo compartimento, assim o mesmo estará cheio de ar e água. Este ar que sobe do segundo compartimento, empurra a água para a torneira que está interligada a uma mangueira, a mesma será jogada no terceiro compartimento similar a caixa de descarga do vaso sanitário, ou seja, este ar é empurrado para que a pressão no segundo compartimento não aumente em relação à pressão atmosférica, a mesma explicação pode ser dada para o primeiro compartimento, onde a água é pressionada.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a construção da adaptação da Fonte de Héron, pode-se encontrar dois valores de velocidade, uma experimental e outra teórica, ou seja, considerando que a água se comporta como um fluído ideal, isto é, de viscosidade nula, pode-se demonstrar teoricamente o seu funcionamento a partir da equação de Bernoulli.

Conforme demonstrado na figura 4.2.1., temos:

$$Patm+\frac{1}{2} PV1²+pgh1=P2+\frac{1}{2} PV2²$$

$Patm$- é a pressão atmosférica;

$V1 $- é a velocidade da água no tubo (A) que é igual a zero;

$p$ - é a densidade da água;

$g$ - é a aceleração gravitacional;

$h1$ - é a diferença de desnível entre a bacia e os compartimentos 1 e 2;

$P2$ - é a pressão no compartimento 2;

$V2$ - é a velocidade da água na mangueira.

Ressaltando, que na dedução da velocidade, foi considerado que a água se comporta como um fluido ideal, não se levando em conta a perda de energia por atrito com as paredes dos tubos durante o escoamento.

Ao comparar o volume de água utilizada no vaso sanitário com a média utilizada pelo chuveiro, temos os seguintes dados:

Um vaso sanitário consome em média 8 litros por descarga, logo, um chuveiro com vazão de 3,5 litros por minuto, consideramos, que uma pessoa consume diariamente 2 banhos ao dia, utilizando em média 8 minutos por banho, temos;

**Vazão (Chuveiro/min.) x Média (Banho/minuto) = 3,5 x 8 = 28 litros;**

**Vazão/Média x Banho diário = 28 x 2 = 56 litros/dia;**

**Litros/Dia x Quantidade de Dias/Mês = 56x30= 1680 litros/mês;**

Sendo assim, aderindo a reutilização desta água que seria descartada pelo banho para a descarga em vasos sanitários, e outros fins menos nobres e não potáveis, calcula-se uma economia mensal de 1680 litros por mês, considerando que estes valores possam variar de residência para residência.

Pode-se dizer que a construção da adaptação da Fonte de Héron, foi realizada com sucesso, a mesma obteve êxito no reaproveitamento da água que seria descartada no banho, para o procedimento da descarga sanitária, e suas propriedades organolépticas analisadas se mostraram aparentemente favoráveis para o reúso, podendo assim, abranger a sua reutilização não somente para a descarga em vasos sanitários, mais também para outros fins menos nobres e não potáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de reaproveitamento da água apresentado a partir da adaptação da Fonte de Héron, é totalmente viável na implementação das atividades com fins menos nobres e não potáveis, portanto, deve-se levar em consideração as adequações no tratamento da água residuária, e também o padrão de qualidade no reúso em descargas sanitárias, conforme a NBR 13.969 (ABNT,1997).

Como sequência, este estudo, sugere uma avaliação quantitativa e qualitativa da viabilidade do reúso em questão, e se acaso do reúso da água do banho for exclusivamente para a descarga sanitária, acredita-se, que com a adoção de um tratamento simples como filtração e desinfecção, a mesma possa ser reutilizada sem maiores problemas e com economia para o usuário, o que pode contribuir também com a preservação ambiental, minimizando o desperdício e a carga de esgotos nos rios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, D.S., MACEDO, D., ESTENDER, A. C., **Conservação e Uso Racional da Água: Novos hábitos para evitar a escassez dos recursos hídricos e para a continuidade do bem finito**. Disponível em: [www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/152213.pdf. Acessado em 2016](http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/152213.pdf.%20Acessado%20em%202016).

BERNARDI, C.C. **Reúso de água para irrigação**, Brasília. Monografia (Pós- Graduação), Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, Fundação Getúlio Vargas, Brasília, 2003.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e das outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. **Portaria N.º 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2004.

COSTA, R. P. (Coord.), TELLES, D. D’Alkmin.  **Reúso de Água (Conceitos, Teorias e Prática)**, 2010.

CROOK, J. **Critérios de qualidade da água para reúso**. Revista DAE, São Paulo, v.53, n.174, p.10-18, Nov./Dez. 1993.

FIORI, S., CARTANA, V.M., PIZZO, F.H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações**, 2006.

HALLIDAY, R.; RESNICK, R. **Física**. v. 2, 4. ed, Rio de Janeiro, 1984.

HESPANHOL, I. **Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras, 1999.

KUREK, R.K.M., STEIN, R.T. **Avaliação da água residuária de uma indústria alimentícia visando o reuso em descargas sanitárias**, 2005.

LAVRADOR, J. **Contribuição para entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre possibilidades de uso no Brasil**. São Paulo. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 198p. 1987.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de textos, 144p. 2005.

NBR 13.969, **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1997**. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition. Washington: American Public Health Association, 2005.

PERELMAN, Y. **Physics for Entertainment**. v. 2, 3. ed, Moscow: Mir Publishers, 1975**.**

REVISTA ÉPOCA. **Fórum nacional das Águas**. Informe Publicitário. Poços de Caldas, 4 a 7 de Junho de 2003. vol. 267, 30 de Junho de 2003.

RODRIGUES, R.S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reúso de Água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reúso no Brasil**.

São Paulo. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

SAUTCHÜK, C.A., LANDI, F.D.; MIERZWA, J.C., VIVACQUA, M.C.R.; SILVA, M.C.C., LANDI, P.D., SCHMIDT, W. **Conservação e Reúso de água: Manual de orientações para o setor industrial**. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP/CIESP, v. 1, 2005.

SILVA, L. C., ORSINE, J. V. C. **Reutilização de Água como Ferramenta de Sistemas de Gestão Ambiental e Agroindustriais e Domésticos**. Dissertação de Mestrado - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água**. São Paulo: Hermano & Bugelli, 2010.

PIUBÉLI, U. G., PIBÉLI, S. L., Departamento de Física- UFMS. **FONTE DE HERON**. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/9994/14541>. Acesso em 2016.

UNIÁGUA. Universidade da Água. **Água no Planeta**. Disponível em: [www.uniagua.org.br/aguaplaneta.htm](http://www.uniagua.org.br/aguaplaneta.htm). Acessado em 2016.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v.1 Belo Horizonte: ABES, 1995.

-. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; Lodos ativados**, v.4 Belo Horizonte: ABES, 1997.