



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

EMERSON THIAGO DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS**

CARUARU
2018



EMERSON THIAGO DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Pernambuco
– Campus Caruaru, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharelado.

**Orientador: Prof^o. Dr^o. Artur Paiva
Coutinho**

CARUARU
2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier CRB/4-1242

S586a Silva, Emerson Thiago da.
Análise de viabilidade econômica para a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas. / Emerson Thiago da Silva. – 2018.
40f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Artur Paiva Coutinho.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências

1. Águas pluviais. 2. Tratamento de águas. 3. Água - reutilização. I. Coutinho, Artur Paiva (Orientador). II. Título.

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2018-176)

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste-CAA, da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

A banca examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o candidato EMERSON THIAGO DA SILVA aprovado.

Caruaru, 26 de julho de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Dr Artur Paiva Coutinho: _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Profa. Dra Tassia dos Anjos Tenório de Melo: _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof. Dr Edevaldo Miguel Alves: _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Profa. Ms Severino Martins dos Santos Neto: _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Profa. Ms Larissa Fernandes Costa: _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Profº Dr. Elder Alpes de Vasconcelos: _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina de TCC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele eu nada teria e tampouco teria chegado até aqui.

Aos meus pais, Severino José da Silva e Elizabeth Raimundo Silva por serem meus maiores exemplos de inspiração e comprometimento com o amanhã, bem como por me ensinarem valores que moldam um ser humano como educação respeito, amor no que se faz e garra pra vencer na vida.

A minha irmã Daiane Cíntia da Silva e a minha tia Honorina da Silva de Lira por sempre estarem ao meu lado galgando cada passo do meu caminho tanto pessoal quanto profissional e a minha sobrinha Maiane Macedo Silva que acabou de chegar ao mundo.

Ao Professor Doutor Artur Paiva Coutinho por ter acreditado no meu potencial desde o começo e me ajudar a crescer na área acadêmica com toda a sua experiência, disponibilidade e vontade de querer o melhor sempre pros seus orientandos.

Aos meus amigos que acompanharam toda a minha trajetória e me inspiraram a ser uma pessoa melhor a cada dia, e por me aguentarem durante todos esses anos de convivência, amigos esses que tenho certeza que são uma família que a Universidade me deu e irei levá-los para toda a minha vida.

A minha namorada Lindomayara França Ferreira por ser meu maior esteio nos momentos de pressão universitária e me incentivar a querer ser a melhor pessoa cada dia mais por ela, bem como sua figura profissional a ser tomada como parâmetro.

“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)

RESUMO

Sabe-se que a água é de recurso finito e indispensável para a vida humana. Embora grande parte do Planeta Terra seja coberta de água, apenas cerca de 3% é de água doce, sendo menor ainda aquelas que são consideradas potáveis. Devido ao grande aumento econômico e conseqüentemente de ocupação nas áreas urbanas, tecnologias de reaproveitamento hídrico se torna necessário para a sua manutenção. Técnicas como reuso de águas cinzas e de águas pluviais para fins não potáveis podem impactar de forma positiva a disponibilidade dos recursos hídricos, e diretamente no abastecimento, influenciando numa economia nos custos. Com tal finalidade, foi desenvolvido um trabalho elaborando a implantação de dois projetos distintos para um bloco universitário na Universidade Federal de Pernambuco. Para isso foram feitos um caso A em que as águas pluviais teriam um reservatório de captação independente do reservatório de águas cinzas e um caso B em que seria dimensionado apenas um reservatório de captação que armazenasse os dois efluentes. Para a obtenção dos dados foi feito um estudo da série história diária de precipitação da cidade de Caruaru de janeiro de 2007 até dezembro de 2017, com a posse dos projetos arquitetônicos do bloco estudado pôde-se ser feitas algumas análises para estimar a quantidade de contribuição para a geração do efluente cinza bem como as áreas de cada ambiente. Foi proposto um sistema de tratamento em duas etapas, a primeira passando pelo filtro de areia e a segunda passando por uma caixa de desinfecção em cloro. Ao final foi quantificado tudo na posse na tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e índices da construção) referente ao mês de maio de 2018. Ao longo da análise dos resultados percebeu-se que o caso B era mais rentável que o caso A e com base em todos os componentes financeiros quantificados analisou-se que o projeto é viável em termos de tempo de retorno do investimento.

Palavras-chave: Água, Águas pluviais, Sistema de tratamento.

ABSTRACT

It is known that water is a finite and indispensable resource for human life. Although much of the Earth be covered by water, only about 3% is freshwater, and the lowest is still those that are considered potable. Due to the great economic increase and consequently of occupation in the urban areas, technologies of reutilization of this water body becomes necessary for its maintenance. Techniques such as reuse of gray water and rainwater for non-potable purposes can positively impact the availability of water resources and directly in supply, influencing an economy including costs. With this purpose, a work was developed elaborating the implantation of two distinct projects for a university block in the Federal University of Pernambuco. For this, a case A was made in which the rainwater would have an independent abstraction tank of the gray water reservoir and a case B in which only one abstraction reservoir would be designed to store the two effluents. In order to obtain the data a study was made of the daily history series of precipitation of the city of Caruaru from January 2007 until December 2017, with the possession of the architectural projects of the studied block some analysis could be done to estimate the amount of contribution for the generation of the gray effluent as well as the areas of each environment. A two-stage treatment system was proposed, the first one going through the sand filter and the second passing through a disinfection box in chlorine. At the end, it was quantified in the SINAPI (National System of Survey of Costs and Indices of Construction) table for the month of May, 2018. Throughout the analysis of the results it was noticed that case B was less expensive than case A and based on all quantified financial components it was analyzed that the project is feasible in terms of the time of return on investment.

Key words: Water, Rainwater, Treatment system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formas potenciais de reuso de água	16
Figura 2 – Universidade Federal de Pernambuco – CAA	18
Figura 3 Bloco K estudado	18
Figura 4 – Filtro de areia	23
Figura 5 – Curva Volume x Dias com água	27
Figura 6 – Filtro de Areia para o caso A	29
Figura 7 – Filtro de Areia para o caso B	30
Figura 8 – Esquema do sistema de tratamento	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência de manutenção	17
Tabela 2 – Quantitativo de terminais hidráulicos	19
Tabela 3 – Estimativas do volume de efluentes domésticos	19
Tabela 4 – Percentual médio gerado por cada terminal hidráulico	20
Tabela 5 – Relação entre os ambientes e o número de usuários	21
Tabela 6 – Método de Rippl aplicado	25
Tabela 7 – Balanço hídrico	26
Tabela 8 – Otimização das dimensões do reservatório	27
Tabela 9 – Balanço das águas cinzas sem a chuva	28
Tabela 10 – Balanço das águas cinzas com a contribuição da chuva	30
Tabela 11 – Estimativa de gastos com tubulação e implantação	32
Tabela 12 – Gasto estimado com mão de obra do encanador e seu ajudante	32
Tabela 13 – Mão de obra do pedreiro e do servente para o Caso A	33
Tabela 14 – Mão de obra do pedreiro e do servente para o Caso B	33
Tabela 15 – Reservatórios e conjunto motor bomba do Caso A	34
Tabela 16 – Reservatórios e conjunto motor bomba para o Caso B	34
Tabela 17 – Custo total investido em cada caso	34
Tabela 18 – Economia de água com a implantação do sistema de reuso	35
Tabela 19 – Economia por mês gerado	35
Tabela 20 – Custos com manutenção	36
Tabela 21 – Payback	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	A escassez da água e a caracterização no âmbito do Nordeste Brasileiro	13
2.1.1	<i>Pernambuco</i>	14
2.1.2	<i>Caruaru</i>	14
2.2	Abordagem de águas cinzas: Reuso	15
2.3	Abordagem de águas pluviais: Reuso	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	Procedimentos metodológicos	21
3.1.1	<i>Método de Rippl</i>	21
3.1.2	<i>Filtros de areia</i>	22
3.1.3	<i>Normas utilizadas</i>	23
3.1.4	<i>Tabela SINAPi</i>	24
3.1.5	<i>Payback</i>	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1	Casos e tratamento por filtro de areia	25
4.1.1	<i>Caso A</i>	25
4.1.2	<i>Caso B</i>	29
4.2	Desinfecção	31
4.3	Avaliações dos custos	31
4.3.1	<i>Custo de implantação das tubulações</i>	31
4.3.2	<i>Bomba</i>	31
4.3.3	<i>Tabelas orçamentárias</i>	32
4.4	Economia com os gastos de água	35
4.5	Manutenção	35
4.6	Tempo de retorno	36
4.7	Esquema do sistema de reúso	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos traz a consagração da água como bem ambiental dotado de valor econômico e a cobrança pelo uso de recursos hídricos, viabilizada por meio da outorga, como instrumento de gestão assecuratório da efetiva disponibilidade qualitativa e quantitativa desse tão precioso recurso às presentes e futuras gerações.

Art. 19. A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva: I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II - incentivar a racionalização do uso da água; III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. (BRASIL. Lei 9.433/97).

Todo o Nordeste brasileiro sofre correntemente com períodos de longo período de estiagem e seca. Por exemplo, no caso de Caruaru, cidade localizada no Agreste Pernambucano, observa-se um contexto de balanço hídrico negativo devido às baixas precipitações e altas taxas de evaporação. Em decorrência disso, a população sofre com o abastecimento irregular, não somente sobre esses fatores, mas também com a falta de manutenção da rede, falta de planejamento, entre outros.

Assim, algumas alternativas devem ser tomadas a fim de solucionar tal problema. Soluções, como grandes obras (adutoras), onde ocorrem altos investimentos e longos períodos para a conclusão da obra, contudo, nem sempre é viável em nível de retorno à população. Podem-se citar como soluções também, algumas técnicas de aproveitamento de águas, sendo elas águas provenientes de chuva, ou reuso de águas negras, cinzas ou amarelas.

Para o aproveitamento de água de chuva, o fator limitante seria a quantidade precipitada no local. Como a região do Agreste Pernambucano vem sofrendo um período de estiagem em toda sua história, não seria viável tal tecnologia, uma vez que o volume de água não seria suficiente para suprir o problema e nem tampouco controlável.

Já as tecnologias que envolvem o reaproveitamento de efluentes como águas negras (águas provenientes de descarga que possui material fecal), águas amarelas (águas provenientes de mictórios e possui urina) e as águas cinza (águas

provenientes de pias, chuveiros, tanques e máquinas de lavar), seriam tecnologias mais viáveis e adaptáveis à região citada.

A essa região é importante saber a viabilidade técnica e econômica para tais tecnologias, uma vez apresentado todos os problemas, a fim de um retorno e racionalização, bem como, a preservação de parte do meio ambiente.

No presente trabalho, será analisada a viabilidade de reuso das águas cinzas, buscando quantificar um sistema alternativo com um reservatório desse efluente tratado, e por fim, mas não menos importante, seu tempo de retorno estimado para tal investimento. O uso de tecnologias para combate a seca é cada vez mais importante, e com a crescente escassez hídrica, essas tecnologias se fazem necessária para a população.

As convivências com o racionamento de águas e a estiagem fazem com que se pense em novas alternativas para reutilizar o corpo hídrico, sendo que, um sistema alternativo pode ser dimensionado no reuso de efluentes para fins não nobres, como descarga e/ou rega de jardins, uma vez que atendida todas as normas de qualidade.

Deste modo, o objetivo principal deste trabalho trata-se de uma abordagem de estudo de caso em que pretende-se avaliar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em um centro universitário, de forma que seu tempo de retorno seja satisfatório conforme o investimento. Ademais do objetivo principal será discutido e proposto os seguintes objetivos específicos:

- a) Propor um sistema de tratamento para o estudo de caso;
- b) Propor um sistema de reuso de águas cinza para o estudo de caso;
- c) Propor dois sistemas de armazenamento: o primeiro com a água da chuva sendo armazenada junto com a água cinza, e o segundo com dois reservatórios separados.

Portanto, este trabalho será de fundamental importância no tocante a tecnologias alternativas de reuso dos recursos hídricos, dado que não se trata apenas das questões de escassez de água na região, mas sim, de questões ambientais, sociais e econômicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A escassez da água e a caracterização no âmbito do Nordeste Brasileiro

Segundo Suassuna (2017) o Nordeste brasileiro (28% da população do país) possui míseros 3% do corpo hídrico nacional, 2/3 sendo localizados na bacia do Rio São Francisco. O potencial médio de água doce nos rios nordestinos é de 186,2km³/ano. Para que fique clara a discrepância, os estados do Norte do país são considerados abundantes em termos de disponibilidade hídrica, capazes de ofertar, a cada um de seus habitantes um volume superior a 20mil m³/ano. Roraima é o estado hidrologicamente mais rico do país, com condições de ofertar a marca de 1,7 milhão de m³/habitante/ano.

No Brasil, a região mais vulnerável às mudanças climáticas globais é o semiárido do Nordeste. De acordo com o Relatório da Agência Nacional de Água (2012), na região semiárida nordestina chove, em média, 600 milímetros por ano, de modo concentrado e em poucos meses, acarretando risco de desertificação, com solos empobrecidos e menor diversidade biológica.

Suassuna (2005) destaca que zonas áridas e semiáridas do planeta se caracterizam como áreas que possuem água em quantidade insuficiente para satisfazer as diversas demandas de sua população. Ainda segundo ele, os elementos diferenciadores de tais zonas são a carência de recursos hídricos e a ausência quase que completa de gerenciamento desses recursos, configurando-se num quadro inóspito e de difícil convívio para os seres vivos que habitam a região. Além do mais, as populações existentes nessas áreas, por meio dos diversos usos que fazem da água, provocam uma demanda social de regulação desses recursos, criando inúmeras situações conflituosas não raras acontecem entre pessoas, comunidades e até mesmo entre países, dada a importância estratégica que a água possui para o crescimento econômico de tais regiões. Os possíveis conflitos, mais cedo ou mais tarde, terão que ser solucionados, por meio de planejamentos específicos, em busca da solução desejada.

O Nordeste possui 9 Estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe) e quatro sub-regiões: meio-

norte, zona da mata, agreste e sertão, com uma população de aproximadamente 57 milhões de habitantes, segundo estimativas do IBGE (2017).

O aumento considerável da população e as longas estiagens agravaram ainda mais a disponibilidade do corpo hídrico Nordestino. E com isso, surge a necessidade de estudos e abordagens de novas tecnologias que sanem tais problemas, e que enfatizem também a importância da conscientização da população sobre a problemática das reservas hídricas. Assim, cada vez mais se torna imprescindível buscar alternativas que solucionem tais problemas, com base na própria caracterização e especificidade da região. Seja para o consumo humano e animal, uso industrial, irrigação, geração de energia, e entre outros.

2.1.1 Pernambuco

Pernambuco é conhecido como o Estado com a menor disponibilidade hídrica do país, e ultimamente passou com o Nordeste, uma das maiores estiagens da história. O clima de Pernambuco é o tropical com variações locais marcadas pela posição geográfica, pela falta de chuvas e pelos sistemas meteorológicos atuantes na região.

Segundo Ebbesen (2017), pode-se dividir o Estado em quatro tipos climáticos: tropical quente e úmido (litoral), tropical quente subúmido e seco (Zona da Mata), tropical de altitude (norte) e tropical quente e seco (Agreste e Sertão). Ainda segundo Ebbesen, por estar localizado entre sete e oito graus abaixo da Linha do Equador, Pernambuco sofre influência direta da Zona da Convergência Intertropical Tropical (ZCIT), que promove uma precipitação contínua em todas as áreas afetadas. Entretanto, muitas massas de ar atuam sobre o Estado, desviando a chuva do território pernambucano.

2.1.2 Caruaru

O clima de Caruaru é semiárido (possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e relativamente chuvosos). Segundo os dados da APAC (dados históricos) sugerem, as maiores temperaturas são registradas nos meses de novembro e fevereiro, chegando aos 30 °C e os menores em junho e julho, em torno dos 17 °C.

O índice pluviométrico anual é de 551 milímetros, concentrados entre março e julho (dados históricos). Ainda segundo esses dados, outubro é o mês mais seco (precipitação média de 8 mm) e junho o mês de maior precipitação (83 mm em média). O regime de pluviosidade do município é bastante influenciado pelo Planalto da Borborema, tendo seu início localizado entre os municípios de Gravatá e Pombos, que impede a chegada da umidade que vem do litoral para provocar precipitações mais abundantes.

2.2 Abordagem de águas cinzas: Reuso

Figueiredo (2012) sugere que águas cinzas é qualquer água residual a partir de processos domésticos que corresponde a 50 a 80% de esgoto residencial. Água usada em louças, banhos, pias, lavanderia pode ser usada para várias coisas, especialmente irrigação de terrenos.

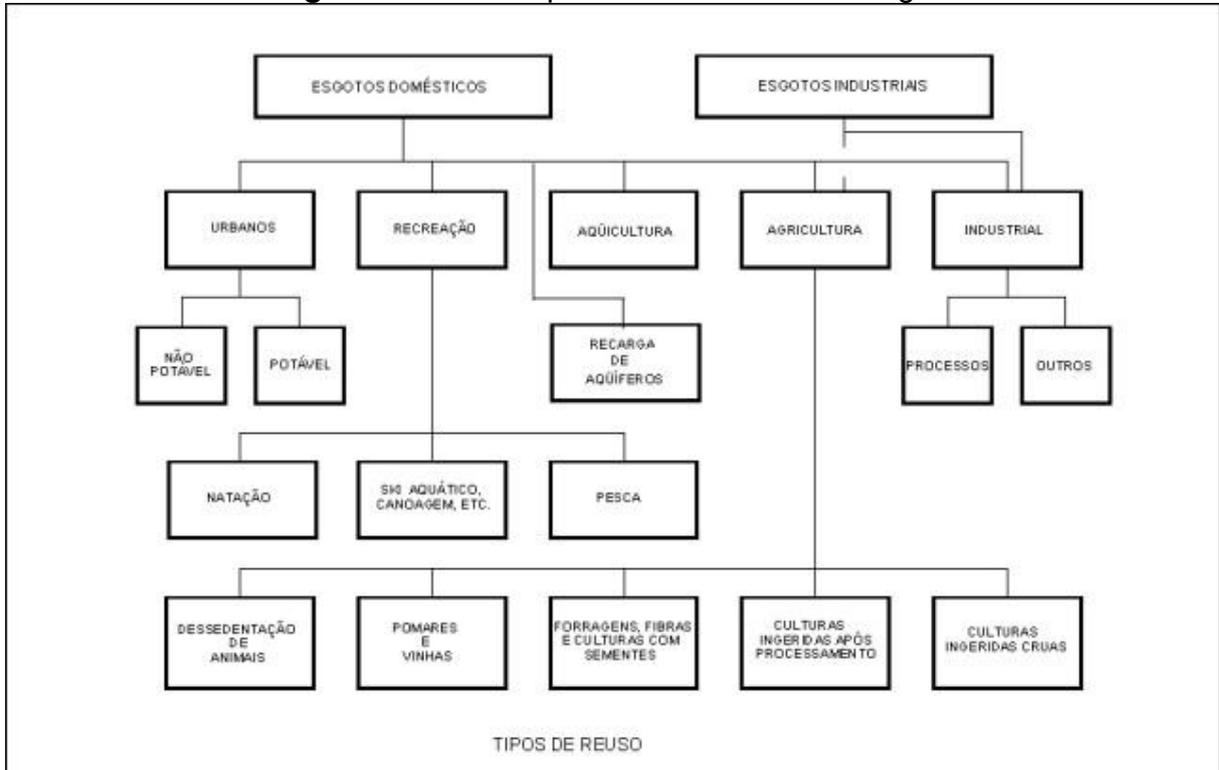
A água cinza é geralmente originada pelo uso de sabão ou de outros produtos para lavagem do corpo, de roupas ou de limpeza em geral. Segundo Bazzarela (2005), ela varia em qualidade de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores e com o tipo de fonte de água cinza que está sendo utilizado (lavatório, chuveiro, máquina de lavar, etc.). Outros fatores que também contribuem para as características da água cinza são: a qualidade da água de abastecimento e o tipo de rede de distribuição, tanto da água de abastecimento quanto da água de reuso.

Quanto a este aspecto de reuso, Fiori *et.al.* (2006) destacam que o reuso da água em edificações é perfeitamente possível, desde que seja projetado para este fim, respeitando todas as diretrizes a serem consideradas, ou seja, evitar que a água reutilizada seja misturada com a água tratada e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal. Porém, a qualidade necessária para atender aos usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária .

Hespanhol (2002) apresenta sugestões de reutilização de efluentes como apresenta na **Figura 1**. Os reusos nas formas não potáveis envolvem menos riscos a saúde humana e devem ser consideradas as primeiras opções para tal tipo de reuso. Mesmo assim, alguns cuidados mínimos como um sistema mais sofisticado

de tratamento ou até mesmo identificação do efluente de reuso, têm que ser tomados, principalmente se tiver contato direto com o ser humano.

Figura 1 - Formas potenciais de reuso de água



Fonte: Hespanhol (2002).

2.3 Abordagem de águas pluviais: Reuso

A viabilidade do sistema de reuso desse tipo de efluente é bem simples e depende de quanto precipita no local estudado, da área de captação, de quanto se quer demandar de água, de um sistema simples de tratamento e do dimensionamento de reuso.

Assim como as águas cinzas, esse tipo de efluente não pode ser misturado com a água que vem da concessionária. De acordo com a ABNT NBR 15527:2007, as águas das chuvas depois de tratadas podem ser utilizadas para vários fins não-potáveis como descargas de bacias sanitárias, irrigação de gramados, lavagem de veículos e etc.

Para fins de dimensionamento, é recomendado que se descarte cerca de 10% do volume precipitado; esse volume descartado pode ser entendido como o volume que carrega as impurezas da área capitada.

Para a manutenção do sistema, a ABNT NBR 15527/2007 recomenda, no item 5.1, os critérios mostrados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Frequência de manutenção

COMPONENTE	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Revervatório	Limpeza e desinfecção anual

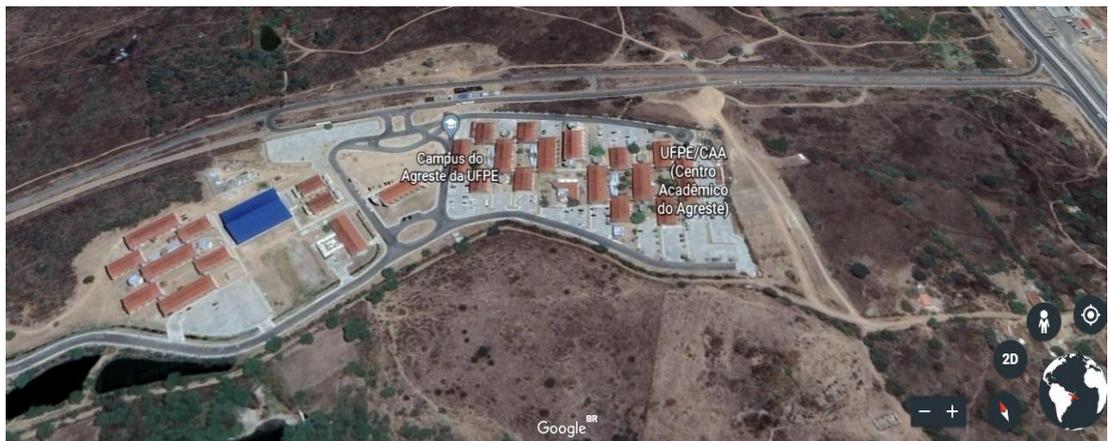
Fonte: ABNT NBR 15527/2007.

A manutenção é de suma importância para a durabilidade do sistema e sucesso do mesmo, portanto é algo que se deve seguir de forma criteriosa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O local analisado para o presente trabalho foi um edifício público de quatro andares localizado na Universidade Federal de Pernambuco no Campus Acadêmico do Agreste, na **Figura 2** a Universidade Federal de Pernambuco campus do Agreste e na **Figura 3** o bloco estudado para tal trabalho.

Figura 2 Universidade Federal de Pernambuco – CAA



Fonte: Google Earth (2018)

A **Figura 2** apresenta de forma clara e detalhada toda a Universidade com os seus blocos.

Figura 3 Bloco K estudado



Fonte: Elaboração própria (2018)

Cada pavimento do bloco K (**Figura 3**) corresponde a um uso específico, sendo o 1º pavimento uso de laboratórios, o 2º e 3º pavimentos destinados à sala de aula e o 4º pavimento destinado a salas de professores. Todos os pavimentos possuem banheiros masculinos e femininos. A **Tabela 2** realça a quantidade de terminais hidráulicos encontrados em cada pavimento.

Tabela 2 - Quantitativo de terminais hidráulicos

PAVIMENTO	TERMINAL	MASCULINO	FEMININO
		QUANTIDADES	
1º	Vaso sanitário	2	3
	Mictório	2	-
	Pia	3	3
2º	Vaso sanitário	2	3
	Mictório	2	-
	Pia	3	3
3º	Vaso sanitário	2	3
	Mictório	2	-
	Pia	3	3
4º	Vaso sanitário	2	3
	Mictório	2	-
	Pia	3	3

Fonte: Elaboração própria com base de dados desta pesquisa (2017).

O levantamento da **Tabela 2** ocorreu in loco pela contagem visual e com base nos projetos arquitetônicos disponibilizados pela instituição.

Segundo a NBR 7229/93, alguns ambientes dependendo do seu tipo de uso, consomem e geram efluentes em diferentes quantidades.

Tabela 3 - Estimativas do volume de efluentes domésticos

FONTE	CONTRIBUIÇÃO L/DIA/PESSOA
Casas populares ou rurais	150
Residenciais e apartamentos	200
Escolas – internato	150
Escolas - semi-internato	100
Escolas – externato	50
Hospitais	250
Hotéis	150
Edifícios comerciais e/ou escritórios	50
Restaurantes e/ou similares	25
Cinemas e auditórios	2
Quartéis	150
Alojamento provisório	80

Fonte: Adaptado da NBR7229/93, p.4. (2018)

Os dados mostrados na **Tabela 3** foram obtidos de forma geral para a contribuição humana, porém o bloco da universidade em questão não dispõe de chuveiros, que é um dos maiores geradores de águas cinzas, e para o presente caso, a Universidade se enquadra na situação do tipo escolas semi-internato.

Quanto à geração mais detalhada de cada terminal, foram adotadas três pesquisas realizadas pelo DECA, alunos da USP e PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) como apresentado na **Tabela 4** e tomaram-se as médias correspondentes, a fim de estimar melhor a quantidade de efluente gerada a partir delas.

Tabela 4 - Percentual médio gerado por cada terminal hidráulico

TERMINAL HIDRÁULICO	SIMULAÇÃO DECA	PRÉDIO USP	PNCDA (BRASIL 1998)	MÉDIAS
Bacia sanitária	14%	29%	5%	16%
Pia	12%	6%	8%	8,7%
Chuveiro	47%	28%	55%	43%

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006)

Tais dados explicitados serão tomados como boa base estimada da geração de cada terminal.

Com o auxílio do orçamento cedido pela própria Universidade, teve-se acesso às peças terminais de louças e metais utilizados nas instalações hidráulicas e de esgoto. Com o tipo específico de bacias sanitárias, mictórios e torneiras, foi possível maiores informações quantitativas de cada produto.

A quantidade de pessoas que utilizam o bloco foi estimada da forma ilustrada na **Tabela 5**, de acordo com os usos específicos, considerando para as salas de aula o uso de 20 pessoas por exemplo.

Tabela 5 Relação entre os ambientes e o número de usuários

AMBIENTE	ÁREA (m ²)	PAVIMENTO	QUANTIDADE	Nº DE USUÁRIOS
Sala de professores	9,22	3	24	48
Sala de reunião e seminários	17,89	3	1	4
Sala de aula	32,96	2	1	20
Sala de aula	33,86	2	2	40
Sala de reunião de conferência	33,86	2	1	20
Secretaria	8,72	2	1	1
Secretaria	8,92	2	2	2
Coordenação	9	2	1	1
Coordenação	9,22	2	2	2
Sala do prof. Visitante	8,54	2	1	1
Sala de aula	32,96	1	1	20
Iniciação científica	33,86	1	1	20
Sala de aula	33,86	1	2	40
Lab. De geoprocessamento	33,86	1	1	20
Lab. Industriais e automação	13	1	1	20
Sala de reunião e seminários	22,8	1	1	4
Sala de alunos da pós	8,82	1	1	2
Sala prof. Visitante	8,5	1	1	1
Secretaria da pós	8,54	1	1	1
Lab. De transportes	52,25	Térreo	1	20
Lab. De física	52,25	Térreo	1	20
Lab. Do semiárido	52,25	Térreo	1	20
Lab. De química	70,64	Térreo	1	20
Sala de rede	8,05	Térreo	1	1
TOTAL			51	348

Fonte: Elaboração própria (2017)

Os dados da **Tabela 5** foram levantados com o auxílio dos projetos arquitetônicos do bloco estudado.

3.1 Procedimentos metodológicos

3.1.1 Método de Rippl

O Método de *Rippl* é o método mais usado nestes tipos de monografia e principalmente quando se procura determinar as dimensões do reservatório de estocagem de águas de chuvas. Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório. Este é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário

para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado.

Segundo Tomaz (2011), o método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de *Rippl*, devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima. Em regiões onde não há variação muito grande entre as precipitações médias mensais o volume do método de *Rippl* torna-se zero. O volume do reservatório pelo método é dado por:

$$\mathbf{S(t) = D(t) - Q(t)} \quad \mathbf{(1)}$$

$$\mathbf{Q(t) = C \times P \times A} \quad \mathbf{(2)}$$

$$\mathbf{V = \sum S(t) \text{ somente para valores } S(t) > 0} \quad \mathbf{(3)}$$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

S(t) = volume de água no reservatório no tempo t;

D(t) = demanda ou consumo no tempo t;

Q(t) = volume de chuva aproveitável no tempo t;

C = coeficiente de escoamento superficial – 0,8;

P = Precipitação da chuva;

A = Área de captação (m²).

3.1.2 Filtros de areia

A opção de utilização de filtro de areia para o tratamento dos efluentes no presente trabalho foi uma forma simples, porém eficaz para a obtenção dos parâmetros necessários para a utilização do efluente pós-tratamento.

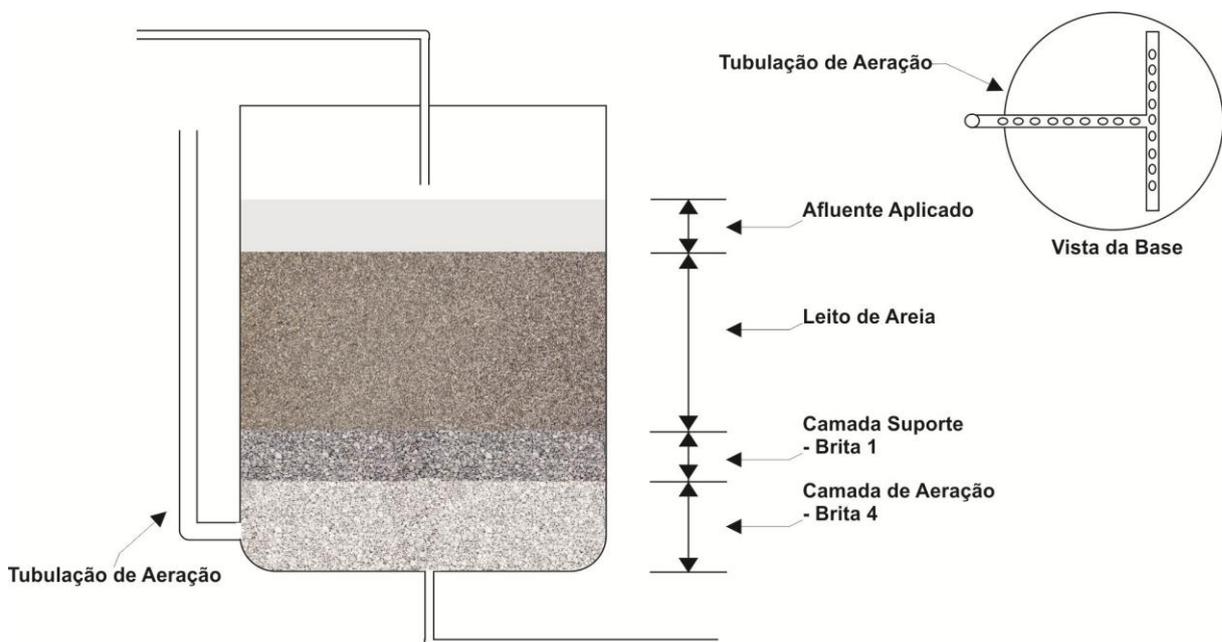
Este sistema consiste num tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física (ABNT: NBR 13.969/97).

O filtro de areia é composto por um tanque de volume variável, a depender da vazão que se pretender tratar, com camadas de areia, britas de diferentes tamanhos e em alguns casos carvão mineral. Como são materiais fáceis de ser encontrada no mercado e de baixo valor comercial, esta é uma opção muito quando se procura a economia.

O dimensionamento do filtro de areia se deu conforme a NBR 13969/97 e baseado na metodologia de Junior e Martins (2016). Para as camadas filtrantes, serão utilizadas britas 4 (diâmetro efetivo de 37mm), britas 1 (diâmetro efetivo de 9,6mm) e uma camada de areia grossa (diâmetro efetivo de 0,093mm).

A **Figura 4** ilustra um esquema de como será o filtro utilizado no presente trabalho, com todas as camadas explícitas.

Figura 4 – Filtro de areia



Fonte: Elaboração própria com base na NBR13969/97 (2018)

Na **Figura 5**, cada camada tem a função de filtrar todo o efluente até a sua saída para um reservatório a jusante que terá outra função.

3.1.3 Normas utilizadas

A utilização das normas técnicas para tratamento e dimensionamento dos projetos necessários neste presente trabalho, é de suma importância para a confiabilidade dos resultados, bem como a padronização dos mesmos. Seguem listadas todas as normas utilizadas:

- NBR 5.626/98 – Instalação predial de água fria;
- NBR 7.229/93 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;

- NBR 13.969/97 –Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação;
- NBR 8160/99 – Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução.

3.1.4 Tabela SINAPI

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é a ferramenta pelas quais muitas instituições federais utilizam como base para definir os valores dos insumos e serviços necessários para cada obra ou serviço de engenharia.

Para permitir a utilização dessas referências, a Caixa Econômica Federal disponibiliza em seu site, todas as tabelas de forma mensais e por Estados, de fácil acesso. No presente trabalho, foi utilizada a tabela da cidade do Recife do mês de maio do ano de 2018 para obter os valores mais reais para a região na qual o projeto foi desenvolvido.

3.1.5 Payback

Payback foi a ferramenta utilizada para achar o tempo de retorno que este presente projeto terá para a Universidade. Segundo Mesquita (2016), *payback* é o tempo desde o investimento inicial até aquele momento em que os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor desse investimento, apesar de todo negócio estar sujeito a riscos e perdas. O *payback* fornece uma orientação para determinar o grau de risco de certos empreendimentos, cabendo ao gestor à decisão final de levá-los adiante ou não.

A equação retorna o período em meses ou em anos dependendo da unidade de fluxo médio de caixa.

$$\mathbf{PB = I / F} \quad \mathbf{(4)}$$

Onde:

PB= *Payback*;

I= Investimento inicial;

F= Fluxo médio de caixa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram propostas duas alternativas para a estocagem e tratamento do efluente, a fim de otimizar os resultados e propor de fato o melhor caso tanto construtivo, quanto orçamentário. No primeiro caso, o efluente proveniente da captação da água de chuva estaria sendo armazenado separadamente das águas cinzas; para o dimensionamento desse reservatório usou-se o Método de *Rippl* assumindo que a água da chuva precisaria suprir uma demanda de 8% do total o que corresponde a 10 m³/mês. No segundo caso, as águas tanto de chuva quanto as chamadas águas cinzas, teriam o mesmo armazenamento, que corresponderiam aos 100% da demanda sendo dimensionado 3 reservatórios (um de captação, um inferior e outro superior) para a estocagem e direcionamento do efluente tratado.

4.1 Casos e tratamento por filtro de areia

4.1.1 Caso A

Neste caso, o reservatório da água de chuva foi dimensionado com o auxílio do Método de *Rippl*, utilizando uma demanda de 10m³/mês, o que corresponde a cerca de 8% de toda a demanda de águas cinzas. Na **Tabela 6** o método é aplicado para uma série diária histórica de chuvas de janeiro de 2007 até dezembro de 2017.

Tabela 6 - Método de *Rippl* aplicado

Meses	Precipitação (mm)	Area de Captação (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume Acumulado (m ³)	Demanda (m ³ / mês)	Balanço	Teste	Rippl
Janeiro	38,9	255,9	8,0	8,0	10,0	2,0	S	2,0
Fevereiro	41,5	255,9	8,5	16,5	10,0	1,5	D	1,5
Março	35,8	255,9	7,3	23,8	10,0	2,7	S	2,7
Abril	60,8	255,9	12,5	36,3	10,0	-2,5	E	0,0
Maio	80,5	255,9	16,5	52,7	10,0	-6,5	E	0,0
Junho	92,2	255,9	18,9	71,6	10,0	-8,9	E	0,0
Julho	54,5	255,9	11,2	82,8	10,0	-1,2	E	0,0
Agosto	32,6	255,9	6,7	89,5	10,0	3,3	D	3,3
Setembro	29,5	255,9	6,0	95,5	10,0	4,0	D	4,0
Outubro	8,8	255,9	1,8	97,3	10,0	8,2	S	8,2
Novembro	14,3	255,9	2,9	100,2	10,0	7,1	D	7,1
Dezembro	10,8	255,9	2,2	102,4	10,0	7,8	S	7,8
							Soma	36,55
							Restrição	36,55

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

Onde:

S – Nível de água baixando;

D – Nível de água Subindo;

E – Água passando pelo extravasor.

Com as dimensões encontradas pelo Método de *Rippl*, buscou-se uma maior representatividade do reservatório fazendo um balanço hídrico com a diferença entre a oferta e a demanda, relacionando com o volume anterior e o próximo. Na **Tabela 7** são mostrados de forma resumida alguns exemplos deste balanço, uma vez que foi feito de forma diária de 01/01/2007 até 31/12/2017. O reservatório partiu de um volume inicial de 5m³, este volume inicial foi baseado em alguns erros no programa da construção de cisternas no Nordeste brasileiro em 2017, onde por partir do reservatório seco, causou problemas construtivos e de manutenção.

Tabela 7 - Balanço hídrico

DIA	PRECIPITAÇÃO (MM)	Q(M ³ /DIA)	DEMANDA (M ³ /DIA)	BALANÇO DO RESERVATÓRIO (M ³ /DIA)	NÍVEL DO RESERVATÓRIO (M ³)
01/01/2007	0	0	0,322581	4,677419355	4,677419355
02/01/2007	2,1	0,429977	0,322581	4,784815726	4,784815726
03/01/2007	5,2	1,064705	0,322581	5,526940073	5,526940073
04/01/2007	1,4	0,286651	0,322581	5,491010771	5,491010771
05/01/2007	4,7	0,96233	0,322581	6,130759638	6,130759638
06/01/2007	0,2	0,04095	0,322581	5,849129185	5,849129185
07/01/2007	0	0	0,322581	5,52654854	5,52654854
08/01/2007	0	0	0,322581	5,203967895	5,203967895
09/01/2007	0	0	0,322581	4,88138725	4,88138725
10/01/2007	11	2,252261	0,322581	6,811067164	6,811067164
11/01/2007	6,5	1,330881	0,322581	7,819367759	7,819367759
12/01/2007	0	0	0,322581	7,496787114	7,496787114
13/01/2007	17,4	3,562667	0,322581	10,73687317	10,73687317
14/01/2007	0	0	0,322581	10,41429253	10,41429253
15/01/2007	0	0	0,322581	10,09171188	10,09171188
16/01/2007	0	0	0,322581	9,769131237	9,769131237
17/01/2007	0	0	0,322581	9,446550592	9,446550592

Fonte: Elaboração própria (2018).

Na **Tabela 7** pode-se observar também uma boa variação diária mesmo que num curto período de dias. Na coluna 4 os valores de demanda foram encontradas com as estimativas já apresentadas neste trabalho, referente a geração de efluente.

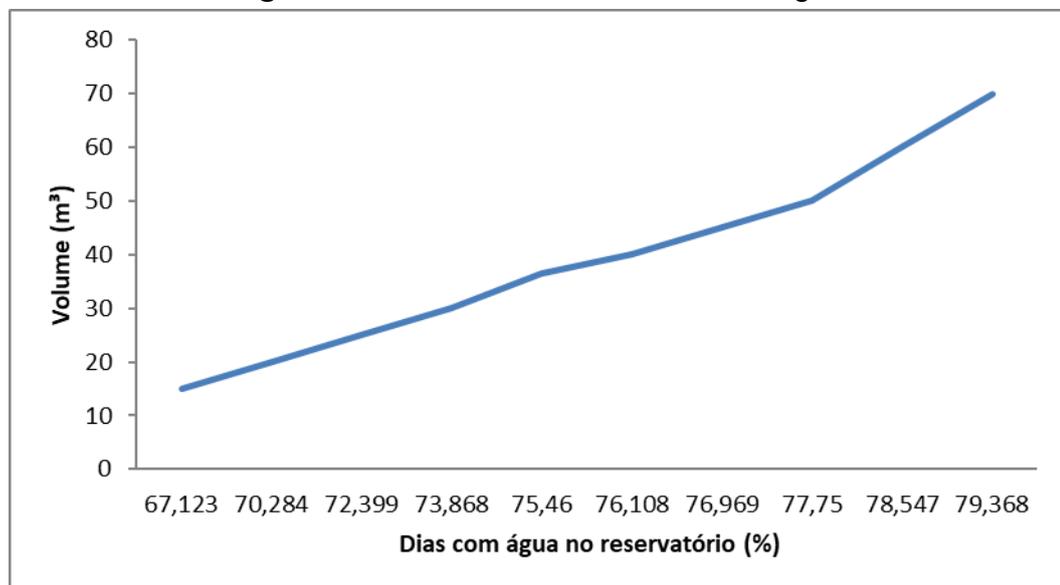
Sendo a restrição às dimensões do reservatório já dimensionado, variou-se tais dimensões, a fim de otimizar tais dimensões correlacionando as mesmas com os dias que o reservatório iria ficar sem água.

Tabela 8 - Otimização das dimensões do reservatório

VOLUME DO RESERVATÓRIO (M ³)	DEMANDA ADOTADA (M ³ /MÊS)	DIAS COM ÁGUA NO RESERVATÓRIO	PORCENTAGEM DE DIAS (%)
15	10	2697	67,123
20	10	2824	70,284
25	10	2909	72,399
30	10	2968	73,868
36,54	10	3032	75,46
40	10	3058	76,108
45	10	3093	76,969
50	10	3124	77,75
60	10	3156	78,547
70	10	3189	79,368

Fonte: Elaboração própria (2018).

Na **Tabela 8** a variação do volume do reservatório podendo diminuir ou aumentar os dias com água no reservatório, explicita de forma que quanto maior o reservatório mais caro sua construção, logo o bom senso construtivo tem que se aplicar neste caso.

Figura 5 – Curva Volume x Dias com Água

Fonte: Elaboração própria (2018).

Com a posse dos valores apresentados na **Figura 5** e pensando na forma custo benefício, adotaremos um reservatório de 35m³ para a água de chuva.

Para as águas cinzas, fez-se um balanço entre a oferta de efluente e a demanda menos a porcentagem que a água da chuva estaria suprindo. Na **Tabela 9**, o balanço é mostrado de forma mais detalhada.

Tabela 9 - Balanço das águas cinzas sem a contribuição chuva

MESES	CONTRIBUIÇÃO DO VASO (M³/MÊS) - 8%	CONTRIBUIÇÃO DA PIA (M³/MÊS)	VOLUME UTILIZADO SEM REÚSO (M³/MÊS)	VOLUME DE EFLUENTE REUTILIZADO (M³/MÊS)	VOLUME A SER TRATADO (L/DIA)	VOLUME DIMENSIONAL (M³/DIA)	VOLUME A SER TRATADO (M³/H)
Jan	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Fev	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Mar	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Abr	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Mai	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Jun	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Jul	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Ago	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Set	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Out	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Nov	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088
Dez	111,52	65,822	45,698	65,822	2123,300	2,123	0,088

Fonte: Elaboração própria (2018).

Com base nos dados da **Tabela 9** puderam-se dimensionar os reservatórios de captação, superior e inferior, uma vez que tanto o reservatório inferior quanto o reservatório superior devem ter uma parte reservada a água proveniente da chuva sendo assim semelhante nos dois casos. Para o reservatório de captação das águas cinzas foi adotado um volume de 1500litros, para o inferior de 2000litros e para o superior um reservatório de 1000litros, obedecendo a recomendação de se reservar 40% no reservatório superior e 60% no reservatório inferior, sendo obedecido também o volume comercial dos reservatórios. Os reservatórios utilizados serão de polietileno e circulares.

Para o tratamento, foi utilizado um sistema de filtro de areia em todos os casos. Com base na NBR13969/97 e como recomendado por Junior e Martins (2016), e seu dimensionamento será realizado em função da taxa de aplicação superficial.

$$TAS=Q/A$$

(5)

Onde:

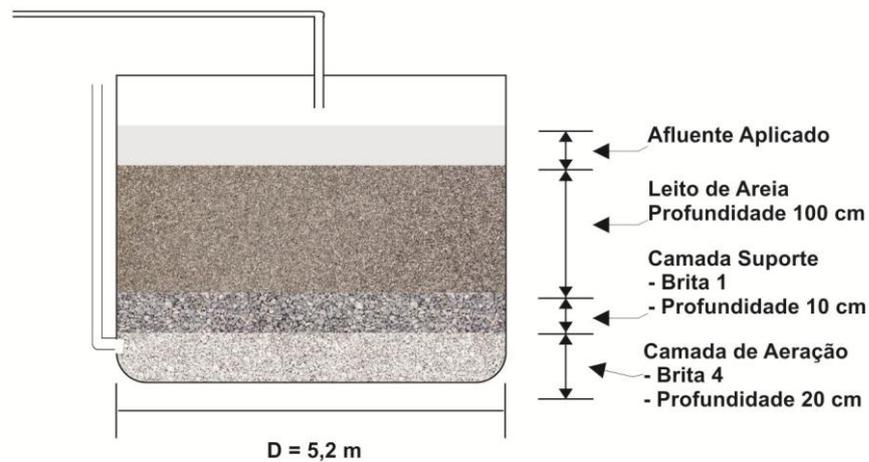
TAS – Taxa de aplicação superficial;

Q – Vazão (L/dia);

A – Área superficial (m²).

A ABNT: NBR13969/97 estabelece que a taxa de aplicação superficial deve ser limitada a 100L/dia.m² e com o rearranjo da equação 4 e com o valor do volume a ser tratado, o diâmetro do filtro pode ser dimensionado. Na **Figura 6** está dimensionado o diâmetro e cada camada segue as recomendações já citadas. A altura em todos os casos será de 1,9m.

Figura 6 - Filtro de Areia para o caso A



Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

4.1.2 Caso 2

No caso 2, adotaremos uma quantidade total de efluente a ser tratado e lançado no sistema de reuso, total esse de efluentes quantificados pelas estimativas de geração do mesmo. Os efluentes das águas da chuva e das águas cinzas serão consideradas de modo que poderá ser dimensionados os reservatórios (de captação, superior e inferior) que supra todo esse volume. Na **Tabela 10** é mostrado todo o balanço hídrico entre a oferta e a demanda.

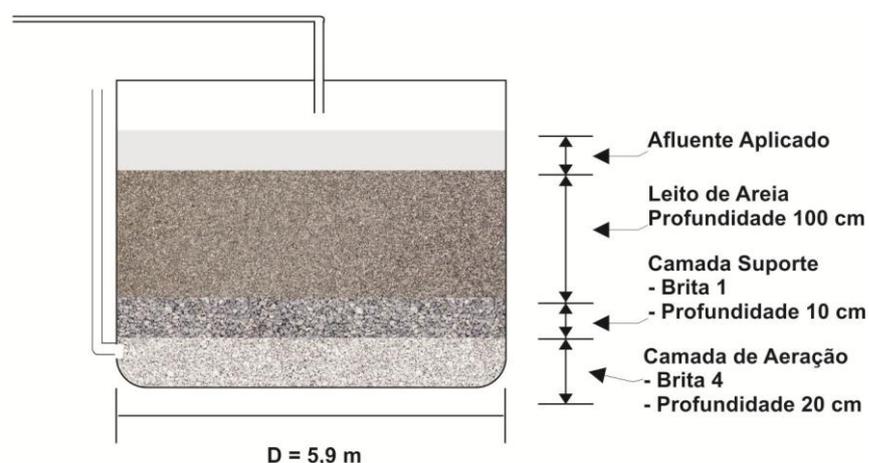
Tabela 10 - Balanço das águas cinzas com a contribuição da chuva

MESES	CONTRIBUIÇÃO DO VASO (M³/MÊS)	CONTRIBUIÇÃO DA PIA (M³/MÊS)	CHUVA (M³/MÊS)	VOLUME UTILIZADO SEM REÚSO (M³/MÊS)	VOLUME DE EFLUENTE REUTILIZADO (M³/MÊS)	VOLUME A SER TRATADO (L/DIA)	VOLUME DIMENSIONAL (M³/DIA)	VOLUME A SER TRATADO (M³/H)
Jan	121,52	65,82	7,96	47,73	73,79	2380,17	2,38	0,10
Fev	121,52	65,82	8,50	47,19	74,33	2397,58	2,40	0,10
Mar	121,52	65,82	7,34	48,36	73,16	2359,99	2,36	0,10
Abr	121,52	65,82	12,45	43,24	78,28	2525,06	2,53	0,11
Mai	121,52	65,82	16,48	39,22	82,30	2654,93	2,65	0,11
Jun	121,52	65,82	18,88	36,82	84,70	2732,33	2,73	0,11
Jul	121,52	65,82	11,17	44,53	76,99	2483,51	2,48	0,10
Ago	121,52	65,82	6,67	49,03	72,49	2338,50	2,34	0,10
Set	121,52	65,82	6,04	49,65	71,87	2318,26	2,32	0,10
Out	121,52	65,82	1,80	53,90	67,62	2181,30	2,18	0,09
Nov	121,52	65,82	2,93	52,76	68,76	2217,93	2,22	0,09
Dez	121,52	65,82	2,20	53,49	68,03	2194,39	2,19	0,09

Fonte: Elaboração própria (2018)

Com base nos resultados da **Tabela 10**, foram dimensionados os volumes dos reservatórios atendendo as mesmas recomendações do caso anterior. O reservatório inferior e de captação adotado foi de 2000litros e o reservatório superior de 1000litros.

Para o dimensionamento do filtro de areia, foi utilizado a equação 5 e seguiu-se todos os passos de forma semelhante ao dimensionamento do caso A.

Figura 7 - Filtro de areia para o caso A

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018)

Na **Figura 7** é apresentado o filtro dimensionado com as alturas das camadas conforme recomendado pela ABNT: NBR13969/97 e por Junior e Martins (2016) e com uma altura livre de 60cm, resultando em uma altura total de 1,9m.

4.2 Desinfecção

Para a desinfecção utilizou-se a vazão total, uma vez que será necessário esse tipo de tratamento para as águas da chuva. Será uma caixa de passagem, e segundo Gonçalves (2006), pode ser feita por pastilhas de hipoclorito de sódio, desde que o efluente fique em contato com o produto, por no mínimo, 30 minutos.

O tanque deverá ser impermeabilizado e, assim como o filtro de areia, será de tijolos maciços com dimensões uteis adotadas de forma construtiva de 1,3 x 1,65 x 1,3 metros, sendo largura, comprimento e altura respectivamente.

4.3 Avaliações dos custos

Como ferramenta orçamentária usou-se a tabela SINAPI referente ao Recife no mês de maio de 2018, para pegar cada composição e chegar ao orçamento final e assim comparar os custos de implantação e manutenção com a economia proporcionada pelos sistemas de reuso.

No presente projeto, serão desenvolvidos dois orçamentos, tanto para o caso A quanto para o caso B. Serão avaliados os custos de implantação (Peças hidrossanitárias, reservatórios e bombas hidráulicas) bem como a mão de obra empregada e o custo de manutenção dos sistemas envolvidos.

4.3.1 Custo de implantação das tubulações

O projeto hidráulico foi desenvolvido conforme a ABNT NBR 5626/1998, sendo composto por um sistema que irá abastecer os vasos sanitários e mictórios. O projeto de captação do efluente proveniente das pias foi dimensionado conforme a ABNT NBR 8160/1997. Os valores serão apresentados na **Tabela 11**.

4.3.2 Bomba

Com base nos dados do projeto hidráulico, de altura manométrica, de sucção e de recalque, bem como as perdas de carga e com o auxílio da tabela de seleção Schneider de motobombas 2017, foi possível escolher a bomba. A Bomba escolhida foi a de modelo SP-12C, bomba centrífuga com motor elétrico monofásico, potência

de 0,49HP, bocais 1"x3/4", diâmetro do rotor de 110mm, HM/Q=6mca / 8,3m³/h a 20mca / 1,2 m³/h. A tabela SINAPI fornece o valor deste tipo de bomba.

4.3.3 Tabelas orçamentárias

Cavalcante (2007) estimou que a implantação das composições hidráulicas (cola de PVC, solução limpadora PVC, braçadeira de metal para tubulação, etc) eram cerca de 60% dos custos com a tubulação. Com a posse disso e da tabela SINAPI foi construída a **Tabela 11**.

Tabela 11 - Estimativa de gastos com tubulação e implantação

PROJETO	GASTOS COM TUBULAÇÃO	GASTOS COM IMPLANTAÇÃO	GASTOS TOTAIS
Hidráulico	R\$ 1.582,78	R\$ 2.532,45	R\$ 4.115,23
Sanitário	R\$ 2.206,25	R\$ 3.530,01	R\$ 5.736,26
Pluvial	R\$ 2.040,35	R\$ 3.264,56	R\$ 5.304,92

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos

Na **Tabela 11** os gastos são tanto para o caso A quanto para o caso B, uma vez que a parte das instalações internas será semelhante, bem como toda a parte pluvial e de altura manométrica na parte hidráulica externa.

Ainda segundo Cavalcante (2007), o tempo estimado para um encanador e seu ajudante executar um ponto de água fria é de aproximadamente 1h, o tempo de um ponto sanitário leva aproximadamente 0,65h e para um ponto de água pluvial 0,4h. Com base nisso e no valor das horas de trabalho fornecido pela SINAPI, foi possível estimar o custo da mão de obra para a execução destes 3 projetos.

Tabela 12 - Gasto estimado com mão de obra do encanador e seu ajudante

PROJETO	Nº DE PONTOS	HORA DO ENCANADOR	HORA DO SERVENTE	HORA GASTA	CUSTO ENCANADOR	CUSTO SERVENTE	CUSTO TOTAL
Hidráulico	32	12,56	8,9	1	R\$ 401,92	R\$ 284,80	R\$ 686,72
Sanitário	28	12,56	8,9	0,65	R\$ 228,59	R\$ 161,98	R\$ 390,57
Pluvial	23	12,56	8,9	0,41	R\$ 118,78	R\$ 84,17	R\$ 202,95
Total							R\$ 1.280,25

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

O número de pontos sanitários e hidráulicos são os vasos, pias e mictórios e os pontos pluviais foram levantados com base no projeto pluvial.

A mão de obra do pedreiro quanto à execução dos reservatórios, dos filtros de areia e do reservatório de desinfecção em alvenaria, pode ser quantificado com o auxílio da tabela de produtividade média de cada profissional da SBD (Sistema Brada de Dados & Associados) e o custo da hora trabalhada do pedreiro e do servente. Como o caso A difere do Caso B na construção desses reservatórios, foram feitas duas tabelas. Nas **Tabelas 13** e **14** a produtividade é a adição do serviço de assentamento de alvenaria e da aplicação do reboco impermeável, sendo as dimensões do Reservatório de Rippl 4,5x4,1x1,9 metros, sendo respectivamente largura, comprimento e altura.

Tabela 13 - Mão de obra do pedreiro e do servente para o Caso A

ALVENARIA CASO A	ÁREA (M²)	PRODUTIVIDADE (M²/DIA)	HORA DO PEDREIRO	HORA DO SERVENTE	CUSTO DO PEDREIRO	CUSTO DO SERVENTE	CUSTO TOTAL
Res. Rippl	98,04	30	12,56	9,46	R\$ 328,37	R\$ 247,32	R\$ 575,69
Filtro de areia	93,11	30	12,56	9,46	R\$ 311,85	R\$ 234,88	R\$ 546,73
Desinfecção	23,01	30	12,56	9,46	R\$ 77,07	R\$ 58,05	R\$ 135,11
						Total	R\$ 1.257,53

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

Tabela 14 - Mão de obra do pedreiro e do servente para o Caso B

ALVENARIA CASO B	ÁREA (M²)	PRODUTIVIDADE (M²/DIA)	HORA DO PEDREIRO	HORA DO SERVENTE	CUSTO DO PEDREIRO	CUSTO DO SERVENTE	CUSTO TOTAL
Filtro de areia	105,62	30	12,56	9,46	R\$ 353,76	R\$ 266,44	R\$ 620,20
Desinfecção	23,01	30	12,56	9,46	R\$ 77,07	R\$ 58,05	R\$ 135,11
						Total	R\$ 755,32

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

A diferença tanto da construção do reservatório de Rippl quanto nos diâmetros dos filtros de areia, deram uma considerável disparidade inicial de custo.

Os custos dos materiais dos reservatórios dos dois casos, bem como os filtros de areia e de desinfecção foram quantificados, como também o conjunto motor bomba escolhido como mostrado nas **Tabelas 15** e **16**.

Tabela 15 - Reservatórios e conjunto motor bomba do Caso A

RESERVATÓRIOS CASO A	QUANTIDADE	VALOR UNIT	TOTAL
1500 litros	1	R\$ 747,00	R\$ 747,00
Rippl	1	R\$ 2.135,31	R\$ 2.135,31
1000 litros	1	R\$ 638,00	R\$ 638,00
2000 litros	1	R\$ 987,00	R\$ 987,00
Motor bomba	1	R\$ 500,64	R\$ 500,64
Filtro de areia	1	R\$ 2.198,01	R\$ 2.198,01
Desinfecção	1	R\$ 501,16	R\$ 501,16
Total			R\$ 7.707,12

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

Tabela 16 - Reservatórios e conjunto motor bomba para o Caso B

RESERVATÓRIOS CASO B	QUANTIDADE	VALOR UNIT	TOTAL
1000 litros	1	R\$ 638,00	R\$ 1.276,00
2000 litros	2	R\$ 987,00	R\$ 1.947,00
Motor bomba	1	R\$ 500,64	R\$ 500,64
Filtro de areia	1	R\$ 2.519,32	R\$ 2.519,32
Desinfecção	1	R\$ 501,16	R\$ 501,16
Total			R\$ 6.113,12

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

As **Tabelas 15** e **16** já começam a apresentar de forma mais realista quanto de diferença os dois sistemas construtivos vão gerar.

Com todos os custos devidamente calculados, na **Tabela 17** expõe a soma de todos os componentes e o total investido em cada projeto.

Tabela 17 - Custo total investido em cada caso

CASOS	TUBULAÇÃO E IMPLANTAÇÃO	MÃO DE OBRA DO ENCANADOR	MÃO DE OBRA DO PEDREIRO	RESERVATÓRIOS E MOTOR BOMBA	CUSTOS TOTAIS
A	R\$ 15.156,40	R\$ 1.280,25	R\$ 1.257,53	R\$ 7.707,12	R\$ 25.401,30
B	R\$ 15.156,40	R\$ 1.280,25	R\$ 755,32	R\$ 6.113,12	R\$ 23.326,09

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

A **Tabela 17** apresenta todos os custos de forma resumida, como o caso B seria mais rentável, é a partir dele que se obterá o tempo de retorno de tal investimento uma vez que quanto menor o custo total, menor será este tempo.

4.4 Economias com os gastos de água

A quantidade de água que será recebida pela concessionária não será a mesma, proporcionando assim uma economia financeira pela água tratada. Com o auxílio das tarifas encontradas no site da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) que diz que até 10m³/mês a tarifa cobrada fixa é de R\$58,72 e a cada metro cúbico excedente será cobrado R\$8,91 e com os dados obtidos até aqui, pôde-se confeccionar a **Tabela 18 e 19**.

Tabela 18 - Economia de água com a implantação do sistema de reuso

TIPO DE INSTALAÇÃO	CONSUMO DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA (M ³ /MÊS)
Tradicional	181,299
Com reuso	106,94
Economia	74,36

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

Tabela 19 - Economia por mês gerado

CONSUMO (M ³ /MÊS)	TARIFA	TOTAL
10	R\$ 58,72	R\$ 58,72
64,36	R\$ 8,91	R\$ 573,45
	Total	R\$ 632,17

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

Como se trata de um bloco universitário a economia de água por mês não é um valor tão baixo, uma vez que o consumo é muito alto e na **Tabela 19** esse total de pouco mais de 630 reais diz isso.

4.5 Manutenção

As tarifas de manutenção serão referidas a desinfecção, consumo da bomba e manutenção do filtro de areia. Para a desinfecção será utilizada uma pastilha de cloro por mês no valor de R\$10,90 a unidade; para a bomba, dada à potência de 368watts e no catálogo a informação que para 16mca recalca 2,1m³/h achou-se um tempo de funcionamento de 0,48h por uma tarifa cobrada de R\$0,49 por KWH pela CELPE; para o filtro de areia basta anualmente retirar a camada superficial de areia, cerca de 5 cm. Na **Tabela 20** estão os custos mensais referentes à manutenção.

Tabela 20 - Custos com manutenção

CUSTOS MENSAIS DE MANUTENÇÃO	
Cloração	R\$ 10,90
Energia da bomba	R\$ 2,62
Filtro de areia	R\$ 4,83
Total	R\$ 18,35

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

A manutenção é um item de extrema atenção, sendo de suma importância o seu acompanhamento para o sucesso do projeto. Os custos mensais gerados apresentados na **Tabela 20** que são mínimos comparados ao que estão sendo economizados na **Tabela 19**.

4.6 Tempo de retorno

Com base em todos os custos levantados até aqui, como o custo total de implantação do sistema de reuso, como também de manutenção e a economia com o consumo de água, pode-se através do payback, encontrar o tempo de retorno do investimento.

Tabela 21 - Payback

VALORES MENSAIS	
Item	Valor
Implementação do sistema	R\$ 23.325,09
Manutenção do sistema	R\$ 18,35
Economia de água	R\$ 632,17
Payback (meses)	38

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos (2018).

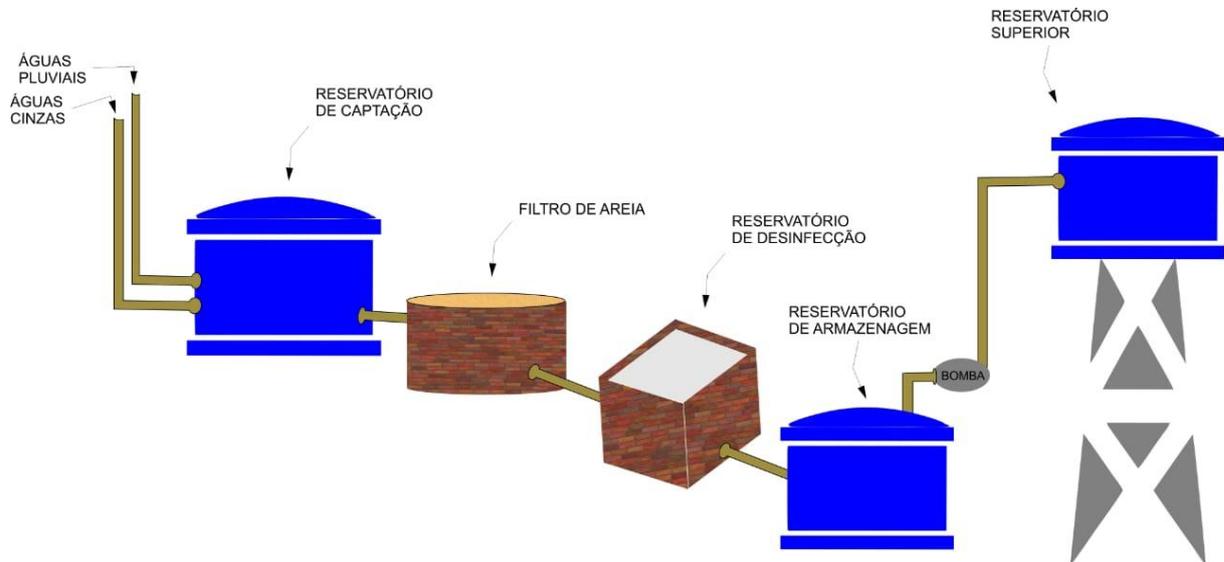
Logo o tempo de retorno do investimento seria de aproximadamente 38 meses ou aproximadamente três anos e dois meses. Daniel et al. (2013) encontrou um tempo de retorno de exatamente 36 meses para 19 edifícios residenciais estudados em Brasília, já em Nakadorari et al. (2015) que faz um tratamento em membrana, o tempo de retorno do investimento foi de 58 meses para um edifício residencial em São Paulo.

Como cada Estado tem sua taxa hídrica, elétrica e orçamentária, é correto afirmar que um mesmo projeto poderia ter um tempo de retorno de investimento diferente, portanto o resultado obtido está dentro dos padrões.

4.7 Esquema do sistema de reúso

Todo o sistema tanto de captação quanto o de tratamento e armazenagem fazem parte de um sistema de reúso só, e é representado na **Figura 8**.

Figura 8 – Esquema do sistema de tratamento



Fonte: Elaboração própria (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi analisada a viabilidade de reaproveitamento de efluentes cinzas e pluviais para fins não potáveis que foi para a descarga de todo um bloco estudado. Foram feitos dois levantamentos e viu que o caso em que não se construía um reservatório de forma independente para a água de chuva se tornou mais rentável.

A viabilidade foi analisada fazendo a quantificação de todos os elementos constituintes em cada projeto bem como a diferença entre o capital total investido para tal e os custos com a manutenção, e a economia mensal com o volume de água economizada, o que possibilitou a definição do retorno financeiro.

Vale salientar que o sistema de tratamento proposto é bastante simples, porém o efluente gerado a partir deste só pode ser utilizado para o fim analisado neste presente trabalho (descargas sanitárias). Sendo para uso mais nobres mais etapas de tratamento.

O tempo de retorno encontrado foi de 38 meses, o que pode ser considerado bastante rápido devido a sua simplicidade de implementação e manutenção. O estudo significa uma economia de água mensal bastante significativa e portanto pode-se dizer que sistema é eficaz desde que seja mantida a qualidade deste efluente por meios de sua manutenção.

Diante de tais resultados, percebe-se que a gestão dos recursos hídricos é cada vez mais importante visto as disponibilidades dos mesmos, e novas tecnologias de reuso e gestão devem ser implementadas num futuro próximo.

REFERÊNCIAS

BAZZARELA, B. (2005). **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações.**

BRASIL. **Agencia Nacional de Águas. A questão de água no Nordeste: 2012 Brasília.**

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema nacional de pesquisas de custos e índices da construção civil. Recife, maio de 2017.

CAVALCANTE (2017). **Implantação do sistema de reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em um residencial multifamiliar de pequeno porte.**

DANIEL, SANT'ANNA et al. (2013). **Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edifícios residenciais em Brasília.**

DECA. (2017). **Economizadores Catálogo.** Disponível em <<http://decabrasil.prod.acquia-sites.com/sites/>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2017.

EBBESEN, LUCAS (2017). Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/clima-de-pernambuco>> Acesso em: 15 de maio de 2018

Estrutura tarifária da COMPESA. Disponível em: <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>> Acesso em: 15 de junho de 2018.

HESPANHOL, I.(2002). **Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos.**

FIGUEIREDO, M (2012). Disponível em: <<http://sustentareviver.blogspot.com.br/2012/07/o-que-sao-aguas-cinzas.html>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2017

MESQUITA, R (2016). Disponível em: <<http://saiadolugar.com.br/payback/>>Acesso em 09 de julho de 2018.

FIORI, S; FERNANDES, V; e PIZZO, H; (2006). **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações.**

GONÇALVES, R.F(2006). **Uso racional de água e energia.**

MALDONADO, A. D. PACCINI de (2017). **Projeto de reaproveitamento de águas-tipos de águas e recomendações.**

NAKADOMARI, DANIEL KIYOMASA et al. (2015) **Projeto de reaproveitamento de água cinza de um prédio residencial para fins não potáveis.**

SUASSUNA, J. (2017). **Recursos hídricos no nordeste- a necessidade de gerenciamento.**

SUASSUNA, J. (2005) **Potencialidades Hídricas do Nordeste Brasileiro.**

Tabela de produtividade. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABn3wAJ/tabela-produtividade>> Acesso em: 10 de junho de 2018.

Tabelas de seleção de bombas. Disponível em:

<<http://www.schneider.ind.br/media/205160/tabela-de-selecao-schneider-motobombas>> Acesso em 12 de junho de 2018.

TOMAZ, PLÍNIO (2011). **Aproveitamento de água de chuva em área urbana para fins não potáveis.**