



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**COMPARAÇÃO DE BALANÇOS HÍDRICOS DE
DIFERENTES EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE
ALTO PADRÃO NO BAIRRO DA PRAIA DO CANTO,
VITÓRIA (ES)**

VITÓRIA

2014

GRACIELE ZAVARIZE BELISARIO

**COMPARAÇÃO DE BALANÇOS HÍDRICOS DE
DIFERENTES EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE
ALTO PADRÃO NO BAIRRO DA PRAIA DO CANTO,
VITÓRIA (ES).**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Professor Doutor Ricardo Franci Gonçalves

VITÓRIA
2014

GRACIELE ZAVARIZE BELISARIO

**COMPARAÇÃO DE BALANÇOS HÍDRICOS DE DIFERENTES
EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE ALTO PADRÃO NO
BAIRRO DA PRAIA DO CANTO, VITÓRIA (ES).**

Aprovado em 15 de dezembro de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador - UFES

Prof. Dr. Celson Rodrigues
Examinador Interno - UFES

Prof. Me. Celso Silva Bastos
Examinador Externo- AEV

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof^o. Dr. Ricardo Franci Gonçalves, pela paciência, empenho em me guiar até o fim deste trabalho e especialmente por ter contribuído e acreditado em minha formação acadêmica.

Ao Felipe Henrique, estatístico, que contribuiu enormemente para que esse estudo fosse concretizado, me apoiando técnica e pessoalmente.

Ao Victor, meu amor, meu amigo, por providenciar diariamente, tudo que eu precisei para concluir meu estudo, sobretudo parceria, conforto, carinho e pelo computador.

Aos moradores dos edifícios Luiz Nogueira, José Paulino e Royal Blue, pelo apoio à pesquisa e pela abertura de suas portas para que os dados fossem buscados.

Aos meus pais, pelo incentivo ao estudo, apoio financeiro, pela educação que me foi dedicada e por todo amor do mundo, e minhas irmãs, pela compreensão e companheirismo ao longo desta etapa.

A todos os colegas do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, bem como aos profissionais desta instituição, que compartilharam seus dados, seus estudos, suas amizades do dia-a-dia.

À todos que direta ou indiretamente colaboraram para a elaboração deste trabalho, e àqueles que virão a apreciá-lo.

RESUMO

O alto consumo hídrico atrelado ao mau uso desse recurso torna imprescindível a adoção de medidas que possam tornar o uso da água mais sustentável. Nesse sentido, o presente trabalho pretendeu comparar os balanços hídricos de três edificações localizadas no município de Vitória – ES, no que tange ao consumo de água potável, não potável e produção de esgoto, visando a conclusão de um indicador de consumo para essas águas que seja representativo às séries históricas avaliadas. A caracterização do consumo de água e produção de esgoto foi realizada pelo Núcleo de Bioengenharia Aplicada ao Saneamento da Universidade Federal do Espírito Santo em três edifícios de classe alta, com monitoramentos diários, compreendendo meses de verão e inverno. Posteriormente, foram calculados indicadores *per capita* para água potável, não potável e esgoto nas três edificações estudadas. Com esses dados, foram aplicados métodos estatísticos para verificar a igualdade entre os consumos de águas das edificações e o desvio padrão entre os valores das séries históricas. Constatou-se que o edifício que não possui sistema de reaproveitamento de águas apresenta os maiores indicadores de consumo de água per capita, por dormitórios e por área, tanto na área externa como nos consumos dos apartamentos. Além disso, os testes estatísticos mostraram que somente na comparação entre os consumos de água potável nas áreas externas dos edifícios Luiz Nogueira, com sistema de reuso de água nas bacias sanitárias dos apartamentos, e José Paulino, sem sistema de reaproveitamento de águas cinzas, houve um *p-valor* acima de 5% de rejeição de igualdade, indicando que os consumos nestes locais dos dois edifícios são semelhantes.

Palavras-chave: indicadores de consumo de água, reuso de água cinza, balanço hídrico, consumo de água em Vitória - ES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação consumo per capita e renda nacional, nas capitais estaduais.	19
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Limites estabelecidos em algumas legislações para reuso de água.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 2-2: Atividades e dispositivos localizados dentro do banheiro, e tempos de usos de cada um por apartamento.....	20
Tabela 2-3: Frequência de uso (ou consumo) de outras atividades e dispositivos por apartamento.	20
Tabela 2-4: O consumo doméstico no Brasil.....	20
Tabela 2-5: Vazão dos dispositivos.....	21
Tabela 2-6: Demandas de água para usos comuns e individuais em uma edificação.....	22
Tabela 2-7: Reduções no consumo de água.....	23
Tabela 2-8: Resultados das características das águas cinzas.....	25
Tabela 2-9: Período de retorno de investimentos em três blocos de apartamentos na região sudeste do país.....	28
Tabela 2-10: Consumo de águas cinzas e volume armazenado.....	35
Tabela 3-1: Características das edificações estudadas.....	37
Tabela 3-2: Períodos de monitoramentos em cada edifício.....	43
Tabela 3-3: Características da série histórica do edifício José Paulino.	44
Tabela 3-4: Características da série histórica do edifício Royal Blue.....	45
Tabela 3-5: Características da série histórica do edifício Luiz Nogueira.....	46
Tabela 3-6: Valores utilizados para cálculos dos indicadores no edifício José Paulino.....	47
Tabela 3-7: Valores utilizados para cálculos dos indicadores no edifício Royal Blue.....	49
Tabela 3-8: Dados utilizados para cálculos dos indicadores no edifício Luiz Nogueira.....	51
Tabela 3-9: Indicadores calculados para consumo e produção per capita (l/hab,dia), por dormitório (l/dormitório.dia) e por área (l/m ² .dia).....	51
Tabela 4-1: Resultados para os Indicadores nas três edificações.....	56
Tabela 4-2: Comparativo dos indicadores de consumo <i>per capita</i> para água total (Cat), água potável (Cap) e água de reuso (Car) encontrados neste estudo e em outros estudos no Brasil e no mundo.....	60

Tabela 4-3: Comparativo dos indicadores de produção de águas residuais <i>per capita</i> para águas cinzas (Pac), água negra (Pan) e esgoto (Pesgoto) encontrados neste estudo e em outros estudos no Brasil e no mundo.	67
Tabela 4-4: Medidas de tendência central e dispersão para a variável Consumo de água potável (Cap) dos apartamentos do estudo por estação do ano e P-Valor do teste de Mann-Whitney.	72
Tabela 4-5: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água potável nas áreas externas e <i>p-valor</i> do teste de Mann-Whitney.	73
Tabela 4-6: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água potável geral e <i>p-valor</i> do teste de Mann-Whitney.	73
Tabela 4-7: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água de reuso (Car) dos apartamentos e <i>p-valor</i> do teste de Mann-Whitney.	74
Tabela 4-8: Medidas de tendência central e dispersão para a variável consumo de água total da área externa e P-Valor do teste de Mann-Whitney.	75
Tabela 4-9: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água de reuso geral e <i>p-valor</i> do teste de Mann-Whitney.	75
Tabela 4-10: Medidas de tendência central e dispersão para a variável Consumo de água total geral e P-Valor do teste de Mann-Whitney.	76
Tabela 4-11: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água total dos apartamentos e <i>p-valor</i> do teste de Mann-Whitney.	77
Tabela 4-12: Medidas de tendência central e dispersão para a variável consumo de água total na área externa de edificações, e <i>p-valor</i> do teste de Mann-Whitney.	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1: Usos finais do consumo de água.....	22
Gráfico 4-1: Consumo de água total (considerando potável e de reuso) para cada edifício, por habitante.....	57
Gráfico 4-2: Indicadores de consumo de Água Potável (Cap) e Água de Reuso (Car) para cada edifício, por habitante.	58
Gráfico 4-3: Indicadores de consumo de Água Potável (Cap) e Água de Reuso (Car), por área, e a área total computável de cada edifício.....	62
Gráfico 4-4: Indicadores de consumo de Água Potável (Cap) e Água de Reuso (Car), por dormitório, e número de dormitórios total de cada edifício.	63
Gráfico 4-5: Porcentagens de consumo de água de reuso (Car) e água potável (Cap) no consumo total dos edifícios.	64
Gráfico 4-6: Indicadores de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Pesgoto) nos três edifícios, por habitante.	65
Gráfico 4-7: Indicadores de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Pesgoto) nos três edifícios, por área.....	68
Gráfico 4-8: Indicadores de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Pesgoto) nos três edifícios, por dormitório.	69
Gráfico 4-9: Relação entre a produção de águas cinzas e o consumo de águas de reuso nas edificações com sistema de reuso de águas.	70
Gráfico 4-10: Coeficiente de retorno obtido nas três edificações.....	71

SUMÁRIO

1. OBJETIVOS	14
1.1. GERAL	14
1.2. ESPECÍFICOS	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. LEGISLAÇÃO	17
2.2. ASPECTOS REGIONAIS.....	18
2.3. ASPECTOS QUANTITATIVOS.....	20
2.4. ASPECTOS QUALITATIVOS.....	24
2.5. VIABILIDADE ECONÔMICA	27
2.6. INDICADORES	30
2.6.1. Consumo de água	32
2.6.2. Produção de esgoto.....	35
3. MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	36
3.2. CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES ESTUDADAS	37
3.2.1. Características construtivas.....	37
3.2.2. Sistema hidrosanitário	40
3.2.3. Monitoramentos realizados.....	42
3.3. SÉRIES HISTÓRICAS	44
3.3.1. José Paulino	44
3.3.2. Royal Blue	45
3.3.3. Luiz Nogueira.....	45
3.4. TRATAMENTO DE DADOS.....	46
3.4.1. José Paulino	46
3.4.2. Royal Blue	47
3.4.3. Luiz Nogueira.....	50

3.4.4. Indicadores	51
3.4.5. Testes Estatísticos.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1. INDICADORES	56
4.1.1. Consumo	57
4.1.2. Produção	65
4.1.3. Coeficiente de Retorno	70
4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	71
4.2.1. Consumo de água potável – Cap	71
4.2.2. Consumo de água de reuso – Car.....	74
4.2.3. Consumo de água total.....	76
5. CONCLUSÕES	77
6. RECOMENDAÇÕES.....	78
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

Enquanto o uso irracional da água era até bem pouco tempo uma prática recorrente, atualmente este cenário está começando a mudar. As demandas cada vez mais altas de água, em função tanto do crescimento populacional quanto do desenvolvimento industrial, estão resultando em um aumento na produção de água residuária nas mesmas proporções.

A preservação da quantidade e da qualidade da água nas cidades passa pela revisão do uso da água nas residências, visando a redução do consumo de água potável e da produção de águas residuárias. É importante ressaltar que, para se alcançar soluções ecológicas eficientes para o saneamento, é necessário que haja mudanças no modo como as pessoas pensam e agem com relação ao próprio consumo e aos resíduos por elas gerados (MARTINS E MEMELLI, 2011).

Uma das práticas amplamente estudadas e viáveis para a conservação da água e redução de efluentes domésticos lançados nas redes de tratamento é o reuso de águas geradas em edifícios. A água cinza é um dos melhores alternativa pois podem suprir até 49% da demanda doméstica de água, segundo dados de Santana (2013).

A informação dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de uma residência é de fundamental importância para se conhecer onde se deve priorizar as ações de conservação do uso da água em edificações.

Dessa forma, os indicadores de consumo de água são um dado essencial para projetos de sistemas de abastecimento que vem sendo cada vez mais pesquisado na tentativa de otimizá-los, indicando a quantidade de água necessária para atendimento das demandas.

O indicador mais comum relativo ao uso da água em áreas urbanas é o consumo diário *per capita*, expresso em litros por habitante por dia (L/hab.dia⁻¹).

Assim, esse trabalho pretende contribuir com as pesquisas de conservação de uso da água por meio da caracterização dos consumos em três edificações

multifamiliares, das quais duas possuem sistema de reuso de água, estimando os indicadores de consumo de água potável e não potável por área, apartamentos e geral de cada edifício.

1. OBJETIVOS

1.1. GERAL

O objetivo geral deste trabalho é calcular o balanço hídrico de três edificações multifamiliares de alto padrão, visando a comparação de seus indicadores de consumo de água potável, não potável, e produção de águas residuais.

1.2. ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Analisar as séries históricas de cada edificação, visando identificar as variáveis monitoradas que são comuns aos três edifícios;
- Caracterizar as edificações quanto às estruturas construtivas, sistema hidrossanitário e população;
- Realizar o tratamento dos dados de modo a estimar os indicadores de consumo médio de água e indicadores de produção de águas residuais;
- Realizar o tratamento estatístico dos dados dos três edifícios, comparando os consumos hídricos quanto à semelhança das amostras.
- Comparar os indicadores de consumo de água e de produção de águas residuais encontrados com os encontrados por outros autores;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial, combinados com o uso irracional da água têm aumentado consideravelmente a demanda por água doce e a produção de águas residuárias no mundo. Esses efluentes, tanto de

origem industrial quanto urbana, quando lançados no ambiente, degradam ainda mais os mananciais onde essa água doce é captada.

Born *apud* Cohim (2009) afirma que além da escassez física, existem mais dois tipos de escassez: a econômica gerada pela incapacidade de pagar os custos de acesso a águas e a política, relacionada às políticas públicas, quando estas não proporcionam a algum segmento da população o acesso à água.

Em busca de um desenvolvimento urbano mais sustentável e da preservação dos cursos hídricos naturais, práticas descentralizadas de conservação de água nas edificações podem contribuir para a redução do consumo de água potável, através do uso e fontes alternativas de águas menos nobres para reuso não potável, como a irrigação, lavagem e limpezas externas ou em descargas sanitárias.

Esse conceito de saneamento ecológico é baseado no princípio de separação dos fluxos dos diferentes tipos de efluentes domésticos, de acordo com suas características, visando reutilizá-los ou minimizá-los para reduzir sua liberação ao meio ambiente (BAZZARELLA, 2005).

A informação dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de uma residência é de fundamental importância para se conhecer onde se deve priorizar as ações de conservação do uso da água em edificações.

Para promover a gestão sustentável de água, torna-se necessário adotar uma abordagem voltada ao controle da demanda de água, através da aplicação de estratégias eficazes na conservação de água. Ou seja, na medida em que a demanda cresce, há um aumento no volume de extração de água para suprir o abastecimento público (Santana, 2013).

Santana (2013), em estudo sobre redução do consumo de água na cidade de Brasília, comenta que dentre diferentes estratégias de gestão de demanda urbana de água, encontram-se sistemas de aproveitamento de águas pluviais (AAP) e de reuso de águas cinzas (RAC) em fins não potáveis nas edificações.

Para Bakir (apud FIORI et al, 2005), o reúso da água cinza para finalidades não potáveis, como jardinagem e descarga em bacias sanitárias, deve ser estimulado também como meio de diminuir o porte da instalação da estação de tratamento de esgotos.

Com base em Otterpohl (2001), o esgoto sanitário gerado nas residências pode ser segregado da seguinte forma:

- Água negra (blackwater): efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico, principalmente;
- Água cinza (greywater): águas servidas, excluindo o efluente dos vasos sanitários;
- Água amarela: representando somente a urina.
- Água marrom: representando somente as fezes.

A caracterização destes diferentes tipos de águas residuárias é de fundamental importância para o sucesso dos projetos de reúso. Quanto mais informações se obtiverem do efluente, melhor se poderá caracterizá-lo e, assim, escolher o tratamento mais adequado, atendendo aos requisitos de qualidade exigidos para o reúso que se deseja.

O reúso da água é classificado por muitos autores em potável e não potável. Essa classificação é geralmente adotada pela sua praticidade e facilidade. Muitos autores afirmam que o reúso de água cinza enquadra-se no reúso não potável. Ela pode ser utilizada para todos os fins citados acima, destacando-se, principalmente, o reúso doméstico (rega de jardins residenciais, lavagem de veículos e de áreas impermeáveis, descarga de vasos sanitários) e agrícola.

A prática de reúso de águas cinzas em edificações de três maneiras pode acontecer de três maneiras:

1. Coletar a água de chuveiro ou máquina de lavar roupa em um balde e usá-la no jardim. Essa forma já é bastante utilizada e não requer o uso de instalações específicas.
2. Dispositivos de desvio e filtração: Desviar as águas cinzas para o jardim ou gramado com um sistema que utiliza encanamento e /ou mangueiras

para levar a água cinza até esses locais. Alguns sistemas podem utilizar um filtro e uma bomba. Em alguns estados em outros países, a reutilização de águas cinzas para irrigação só pode ocorrer em casos de irrigação sub-superfície.

3. Sistemas de tratamento e reutilização: Sistemas em que esta água pode ser usada para descarga do banheiro, lavar roupa e irrigação do solo, que requer um pré-tratamento.

2.1. LEGISLAÇÃO

Conforme estabelecido na Norma NBR 5626 (ABNT, 1998), ambos os sistemas de aproveitamento de água pluvial (AAP) e de reuso de águas cinzas (RAC) necessitam de uma rede predial de distribuição de água não potável distinta, evitando conexões cruzadas, e de dispositivos de separação atmosférica, para proteção sanitária da rede de água potável durante o processo de alimentação de água da concessionária no sistema predial de água não potável.

Por outro lado, tendo em vista a crescente aplicação de sistemas de reuso nos edifícios pelo país, fica clara a necessidade de definição, pelo setor público, de normas e diretrizes de instalações hidráulicas que esclareçam os parâmetros necessários dos sistemas de reuso (SANTANA, 2007).

No Brasil, até a presente data, existem apenas poucas legislações que incentivam a prática do reuso de água. Algumas normas e legislações a respeito do reuso de águas cinzas e águas de chuva estão apresentadas a seguir:

1. **NBR 13969/1997** – Dispõe sobre os Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos;
2. **NBR 7198/1993** - Dispõe sobre projeto e execução de instalações prediais de água quente;

3. **NBR 13714/2000** - Dispõe sobre sistemas de hidrantes e mangotinhos para combater incêndio;
4. **NBR 8160/1999** - Dispõe sobre sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.
5. **NBR 15527/2007** – Dispõe sobre o aproveitamento de água de chuva

2.2. ASPECTOS REGIONAIS

Rebêlo (2011), em estudo de caracterização de águas cinzas de origem residencial, deixa claro que as condições sociais e culturais de cada região podem dar características diferenciadas à água, sendo importante mais estudos em determinado local para uma melhor caracterização da água cinza.

Vieira *et al* (apud Santana 2013) complementa que usos-finais do consumo de água podem variar de *“país para país, de uma região para outra região e até mesmo de uma residência para outra”*. Para tanto, torna-se imprescindível a busca de dados referentes à realidade local.

A hipótese básica é que variáveis como renda familiar, moradia, tipologia da edificação e comportamento dos ocupantes afeta a maneira como a água é utilizada. Em Santana (2013) os dados primários sobre os indicadores anuais, mensais, semanais e diários de consumo de água da linha de base foram coletados para habitações de altos, média alta, média-baixa e de baixa renda. No geral, os resultados sugeriram que existe uma relação positiva entre renda familiar e consumo interno per capita de água, onde, quanto maior o nível de renda, maior a taxa de consumo per capita de água.

O Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento divulgou um estudo mostrando a relação entre o consumo per capita e a renda nacional no Brasil. É possível perceber na **Figura 1** que os locais que apresentaram a renda em torno de R\$ 1200,00 consomem até 250 L/hab.dia de água, enquanto os locais com

renda de R\$ 600,00 a R\$ 700,00 apresentaram um consumo menor, de até 100 L/hab.dia.

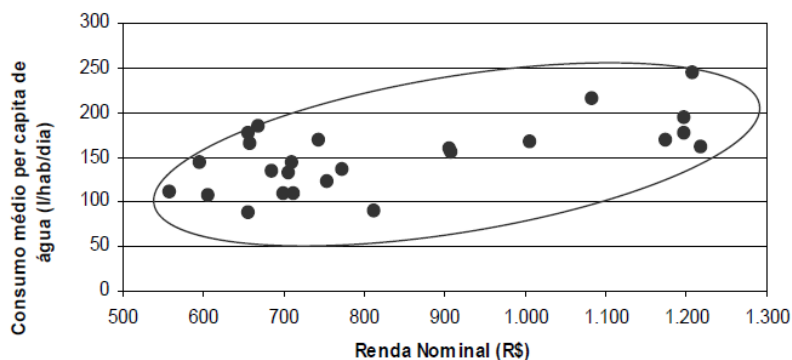


Figura 1: Relação consumo *per capita* e renda nacional, nas capitais estaduais.

Fonte: SNIS (2000) apud Cohim *et al.* (2009).

Santana (2013) sugere ainda que a diferença notável no consumo de água é causada pela desigualdade social, já que moradias de alta renda apresentaram consumo de água per capita significativamente maior em relação às faixas de renda mais baixa.

Além disso, em Brasília observou-se que os baixos níveis de precipitação e umidade relativa causaram um aumento no consumo de água. No entanto, as variações sazonais do consumo doméstico de água foram em sua maioria limitados a residências de alta renda, cujas características tipológicas incluíam uma ampla área de jardim com vegetação (Santana, 2013).

Assim, os padrões de comportamento de uso doméstico de água são também afetados pela composição tipológica das habitações, já que é um hábito comum a lavagem de áreas externas das casas, tais como varandas, pátios e calçadas. Além disso, é comum que a lavagem de pratos seja feita com a torneira continuamente aberta, sem que haja um controle durante a lavagem e o enxágue, e muitos moradores não utilizam dissipador de água, o que é uma prática comum em outros países. Tais diferenças comportamentais podem estar ligadas a valores culturais, costumes e tradições, afetando a forma como a água é utilizada.

2.3. ASPECTOS QUANTITATIVOS

Um estudo em três blocos de um condomínio localizado no estado de Santa Catarina observou o consumo de água dentro de uma residência e concluiu que o dispositivo de água usado por mais tempo dentro do banheiro é o chuveiro (GHISI E FERREIRA, 2006). As **Tabela 2** e **Tabela 3** mostram os resultados dessa pesquisa também para outros indicadores.

Tabela 2-1: Atividades e dispositivos localizados dentro do banheiro, e tempos de usos de cada um por apartamento

Atividades/dispositivos	Frequência (tempo por pessoa)	Tempo de uso (s)	Média de usos finais da água (%)
Chuveiro	1,5	706,3	22,6
Vaso sanitário	4,2	7,9	33,2
Escovação dos dentes	2,9	24,4	16
Lavagem das mãos	4,7	14,8	16
Lavagem do rosto	2,3	19,9	16
Fazer a barba	0,1	17,9	16

Fonte: Ghisi e Ferreira (2006).

A **Tabela 3** apresenta os resultados obtidos para o uso de água de dispositivos e atividades realizadas fora do banheiro.

Tabela 2-2: Frequência de uso (ou consumo) de outras atividades e dispositivos por apartamento.

Atividades/dispositivos	Frequência (tempo por dia)	Tempo de uso (s)	Consumo (L)	Média de usos finais da água (%)
Lavagem de louça	1,1	409,2	-	19,9
Cozinhar	1	-	1,4	0,8
Lavagem de roupa no tanque	0,1	101,1	-	4,7
Máquina de lavar	0,3	-	15,1	4,7
Limpeza com o balde	0,2	-	2,5	2,9
Limpeza na pia	0,1	224,7	-	2,9

Fonte: Ghisi e Ferreira (2006).

Outro estudo aponta para os usos de águas em consumo doméstico no Brasil, conforme **Tabela 4**.

Tabela 2-3: O consumo doméstico no Brasil.

Uso da água	Quantidade
-------------	------------

Banho/por habitante	39 a 50 Litros
Pia do banheiro	6 litros por minuto
Outras torneiras	12 a 15 litros por minuto
Descarga	8 a 12 litros por uso
Máquinas de lavar roupas	80 litros por uso
Máquinas de lavar pratos	50 litros por uso

Fonte: Netto (2003).

Já o estudo de Ghisi e Ferreira (2006) mostra as vazões dispensadas em dispositivos dentro de uma residência convencional, apresentados na **Tabela 5**.

Tabela 2-4: Vazão dos dispositivos.

Dispositivos	Vazão (L/s)
Chuveiro	0,03
Lavatório	0,12
Torneira da pia da cozinha	0,11
Torneira da lavanderia	0,11

Fonte: Ghisi e Ferreira (2006).

Sobre o consumo de água em lavagens de pisos, Santana (2013) afirma que, em geral, apesar da alta vazão dispensada em mangueiras, elas ainda apresentam um indicador de consumo menor que as lavadoras de alta pressão, que dispendem vazões menores. Ele explicou que o mau uso da lavadora de alta pressão faz com que o gasto de água seja maior, pois muitas pessoas “empurram” a sujeira com a pressão da água, como uma espécie de vassoura, o que faz com que esta fique ligada mais tempo, enquanto a mangueira é acionada apenas para molhar e enxaguar o piso.

Os usos finais do consumo de água descritos por Santana (2013) estão apresentados no **Gráfico 1**.

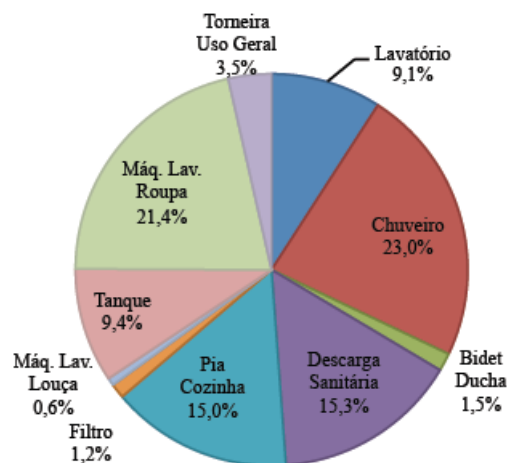


Gráfico 2-1: Usos finais do consumo de água.

Fonte: Santana (2013).

A quantidade de água consumida em uma residência depende de uma série de fatores, que vão desde variáveis comportamentais até variáveis físicas e econômicas.

Para garantir um sistema de reuso efetivo, que consiga atender às demandas de água não potável em uma residência, é necessário que haja uma combinação de estratégias que facilitem a aceitação dos moradores e reduza os custos da implantação e manutenção. No geral, o sistema de reuso de águas cinzas para irrigação, lavagem de pisos, descargas de vasos sanitários e lavagem de roupa apresentam os maiores níveis de reduções de água.

A **Tabela 6** apresenta os principais usos pretendidos da água em uma edificação e demandas para cada tipo.

Tabela 2-5: Demandas de água para usos comuns e individuais em uma edificação.

Usos finais		Vazão	Frequência (por dia)	Demanda
Uso comunal	Lavagem de piso com mangueira	15,61 L/min	2 seg/m ²	0,5 L/m ² /dia
	Lavagem de piso com lavadora	8,0 L/min	9 seg/m ²	1,1 L/m ² /dia
	Irrigação de jardim com mangueiras	17,7 L/min	7 seg/m ²	1,7 L/m ² /dia
	Irrigação de jardim com aspersores	3,1 L/min	5 seg/m ²	0,1 L/m ² /dia

Uso Individual	Lavatório	6,7 L/min	3,1 min	21 L/hab/dia
	Chuveiro	5,7 L/min	9,2 min	53 L/hab/dia
	Ducha higiênica	7,2 L/min	0,5 min	3 L/hab/dia
	Descarga sanitária	9 lpf*	4 usos	35 L/hab/dia
	Pia da cozinha	6,8 L/min	5,1 min	34 L/hab/dia
	Filtro de água	2,2 L/min	1,2 min	3 L/hab/dia
	Máquina de lavar louças	122,6 L/ciclo	0,1 ciclo	1 L/hab/dia
	Tanque	7,41 L/min	2,9 min	22 L/hab/dia
	Máquina de lavar roupas	164 L/ciclo	0,3 ciclo	49 L/hab/dia

Fonte: Santana (2013).

Lpf: litros por fluxo.

Dessa forma, percebe-se a importância da implementação de fontes alternativas de água com fins não potáveis em residenciais multifamiliares, visto que os consumos de água nesses locais estão cada vez maiores. Para isso, a água cinza é uma das melhores alternativas pois podem suprir até 49% da demanda doméstica de água, segundo dados de Santana (2013).

Ainda com relação ao reaproveitamento de água, outra alternativa comum é a captação da água da chuva, cuja técnica é bastante difundida em locais com frequente falta d'água. Contudo, se comparados os sistemas de reuso de águas cinzas (RAC) e de reuso de Água Pluvial (APP), o RAC demonstram ser 100% eficientes em todos os usos, atendendo às necessidades diárias o ano inteiro.

Como podemos observar na **Tabela 7**, sistemas RAC são capazes de promover economias anuais equivalentes a 81 m³/ano para lavagem de pisos e irrigações, 1.815 m³/ano para a descarga sanitária e 2.541 m³/ano para a lavagem de roupas.

Tabela 2-6: Reduções no consumo de água.

Sistema	Descrição	Eficiência do sistema (%)	Potencial de redução (%)	Economia da água (m ³ /ano)
AAP*	Lavagem de pisos e irrigação	100	0,7	81
	Descarga sanitária	60	9,5	1094

	Lavagem de roupas	48	10,6	1229
RAC	Lavagem de pisos e irrigação	100	0,7	81
	Descarga sanitária	100	15,7	1815
	Lavagem de roupas	100	22	2541

AAP: aproveitamento de águas pluviais.

Fonte: Santana (2013).

A reutilização de águas cinzas já se mostrou, portanto, ser um ótimo recurso para a gestão de águas e também para a redução de esgoto sanitário a ser tratado ou disperso em corpos d'água. Porém, a viabilidade não só técnica, mas também econômica deve ser apresentada aos usuários para uma maior aceitação.

Ghisi e Ferreira (2006) estudaram os custos de um sistema de reuso de águas cinzas no sudeste do Brasil, e estimaram que, considerando um tanque de 2000 litros para armazenagem de água cinza, um sistema *wetland* de tratamento, uma bomba de recalque e as tubulações necessárias, um sistema de reuso custa em torno de 13.000 reais. Porém, esta estimativa pode variar muito em função do tipo de tratamento, da quantidade de tubulações necessárias, do tamanho do tanque, da região, etc.

2.4. ASPECTOS QUALITATIVOS

A utilização da água cinza em usos menos nobres é um recurso muito estudado e comprovadamente eficiente na gestão de recursos hídricos de uma cidade, porém, a edificação deve possuir seu sistema hidrosanitário projetado para este fim, garantindo que a água cinza tenha alguma forma de contato com a água potável. Fiori (2005) salienta que a qualidade necessária para atender aos usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária.

As águas cinzas podem conter vestígios de sujeira, alimentos, gordura, cabelo, e de determinados produtos de limpeza doméstica. Se lançado em rios, lagos ou estuários, os nutrientes das águas cinzas tornam-se poluentes, porém, para uso

em irrigação, esses poluentes são considerados fertilizantes potenciais para as plantas.

Não deve-se desconsiderar também a passagem de outras impurezas pelos ralos, como por exemplo a urina, traços de fezes, vômito, entre muitos outros contaminantes.

Sobre a qualidade da água para o reuso de águas pluviais, a NBR 15527/2007, no item 4.5.1 descreve que os padrões de qualidade podem ser definidos pelo projetista, de acordo com os usos previstos.

As águas cinzas apresentam características diferentes, dependendo do ponto de amostragem, por exemplo, as águas oriundas do lavatório, da máquina de lavar roupas, ou ainda de chuveiros apresentam concentrações de contaminação diferentes (MAY, 2009). Em um estudo realizado por Rebêlo (2011), foram apresentados os resultados de pesquisas avaliando a qualidade das águas cinzas produzidas. A **Tabela 8** apresenta os dados para os parâmetros analisados.

Tabela 2-7: Resultados das características das águas cinzas.

Parâmetro	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Número de amostras
Coliformes totais (UFC x 10 ⁵ /100 mL)	5	27	62	23,1	15
Coliformes Termotolerantes (UFC x 10 ⁵ /100 mL)	1	10,3	50	19	15
Cor aparente (UC)	70	103,2	170,7	25	17
Turbidez (UNT)	35,7	107,4	361	92,9	17
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	<1,0	-	0	11
Sólidos voláteis (mg/L)	25	109,7	1644	38,3	8
Sólidos fixos (mg/L)	61	123	400,6	167,9	8
DBO (mg/L)	14	19	43	11,6	8
DQO (mg/L)	23,8	131,2	354,6	7,1	15
Salinidade (%)	-	<0,1	-	0	8
Condutividade (mS/cm)	210	323	951	0,2	15
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,2	3,6	60,2	17	16
Fósforo Total (mg/L)	0,02	0,4	2,3	0,7	8
pH	6,9	7,3	7,8	0,3	20
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	5	107,2	206,4	73,8	16
Cloretos (mg/L)	28,8	44,3	48,7	8,4	8

Os valores encontrados por Rebêlo (2011) para coliformes termotolerantes estão na faixa comumente encontrada na literatura, mas vale ressaltar que estes valores dependem bastante da forma de uso da água na habitação, variando com as características culturais e sociais do local.

Dentre os parâmetros físicos, a temperatura manteve-se próxima a 25°C em todas as épocas de amostragem. Este fator é importante, caso almeje-se fazer um tratamento no futuro, pois a temperatura é primordial no desenvolvimento dos microrganismos.

Os resultados encontrados para cor (103,2 UCO) e turbidez (107,4 UNT) assemelham-se aos encontrados na literatura quando se observa a grande faixa de variação. Essa grande variação detectada na literatura, comprova que as características das águas cinzas dependem fortemente das condições de uso as quais as águas são expostas pelos usuários.

As concentrações de fósforo total nas amostras coletadas (0,4 mg/L) apresentaram valores acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357 para águas de classe 2, que seria de 0,05 mg/L.

Santana (2013) afirma que o nível de tratamento da água para reuso - seja ele biológico, químico, ou físico - varia de acordo com a qualidade inicial da água e sua qualidade final desejada. Existe uma carência de normas e diretrizes no Brasil na definição dos parâmetros para instalações hidráulicas de sistemas de reuso. Porém, experiências internacionais apontam a necessidade de diferenciar as tubulações de água não potável das tubulações de água potável por cor ou ilustrações, e fornecer um aviso visual da água imprópria para consumo nos pontos de consumo não potáveis, conforme NBR 15527/2007.

Dessa forma, o tratamento torna-se necessário para garantir a qualidade necessária para o reuso de águas, atendendo aos padrões propostos pela legislação.

Estudiosos aconselham ainda que a água cinza não seja armazenada por tempo maior que 24 horas, visto que os nutrientes e matéria orgânica presentes na água

podem entrar em processo de decomposição e, pelo consumo de oxigênio, causarem mal cheiro.

Nesse processo de caracterização das águas cinzas é importante também o comparativo com os resultados de outros autores para se ter um conceito da magnitude de variação que pode ocorrer devido às características que o usuário confere ao uso da água. (REBÊLO, 2011).

Otterpohl (2001) explica que em alguns sistemas de reuso de águas cinzas a coleta das águas cinzas de uma edificação se dá através de uma rede coletora distinta e separada da rede de esgoto sanitário.

2.5. VIABILIDADE ECONÔMICA

Para avaliar a viabilidade desses sistemas hidráulicos em edificações residenciais, Santana (2013) diz que é fundamental compreender o uso desagregado de água para estimar o potencial de redução no consumo de água e verificar a aplicabilidade, os custos e os benefícios de adaptação predial. Adicionalmente, ele destaca que uma gestão descentralizada dos recursos hídricos pode promover a redução no consumo predial de água potável, o que seria extremamente necessário para enfrentar uma possível escassez de água no contexto brasileiro.

Fiori (et al, 2005) lista as vantagens do uso de águas cinzas em edificações. Entre as vantagens citadas por ela está a preservação da água potável, garantindo seu uso exclusivo para fins que exijam a potabilidade, a diminuição da demanda sob os mananciais de água pura devido à substituição da fonte, e a eliminação de descarga de esgotos nas águas superficiais.

Ao realizar a análise econômica de instalação de dois sistemas de reuso, um com reuso de água pluvial e outro reuso de águas cinzas, em três blocos localizados em Brasília, Santana (2013) mostra que usando sistema de reuso pluviais ou de águas cinza separadamente, o retorno período seria inferior a 5 anos. Já o sistema de reaproveitamento de águas cinzas sozinho seria um pouco

mais rentável do que a água da chuva. Ele diz ainda que, usando o sistema de reuso da água da chuva e de águas cinzas em conjunto, o retorno período seria maior, mas ainda rentável. Portanto, em edifícios semelhantes ao analisado nesta pesquisa qualquer dos três sistemas seria rentável se o consumo potável de água de cada plano for superior a 10m³ mês.

A **Tabela 2-9** apresenta os resultados desta análise.

Tabela 2-8: Período de retorno de investimentos em três blocos de apartamentos na região sudeste do país.

Dados	Água da chuva			Água cinza		
	A	B	C	A	B	C
Economia de água potável (%)	14,7	15,6	17,7	28,7	29,7	34,8
Custo total (R\$)	4366	4366	4366	4373	4373,6	4373,6
Número de apartamentos	16	17	16	16	17	16
Dias por mês	30	30	30	30	30	30
Demanda de água (m ³ /dia.bloco)	6,4	6,1	5,3	6,4	6,1	5,3
Demanda de água (m ³ /dia.apart)	12	10,8	10	12	10,8	10
Custo de água potável (R\$/mês.apartamento)	41,4	34,97	30,69	41,4	34,97	30,69
Custo de água potável (R\$/mês.bloco)	662,4	594,5	491,0	662,4	594,56	491,04
Nova demanda de água potável (m ³ /mês.apart)	10,2	9,1	8,2	8,6	7,6	6,5
Novo gasto com água potável (R\$/mês.apart)	31,76	30,69	30,69	30,69	30,69	30,69
Novo gasto com água potável (R\$/mês.bloco)	508,18	521,7	491,0	491	521,73	491,04
Economia gerada (R\$/mês.bloco)	154,2	72,83	0	171,3	72,83	0
Período de retorno (R\$/ano)	2,4	5	não há	2,1	5	não há

Fonte: Santana (2013).

Santana (2013) ainda sugere que, caso todos os edifícios residenciais de Brasília se adaptem para o aproveitamento de águas pluviais ou reuso de águas cinzas em lavagem de pisos, descargas sanitárias e lavagem de roupas, as reduções na demanda urbana por água potável poderiam chegar a 4.113 km³ de água por ano, contribuindo significativamente à preservação dos recursos hídricos locais.

Em uma residência unifamiliar, ao utilizar o sistema de reuso só para irrigação de jardins, haveria uma economia do recurso hídrico próxima a 10%, porém, como neste caso seria necessário o tratamento para desinfecção, pode-se

pensar no reuso para vasos sanitários também, possibilitando o aumento dessa economia para cerca de 30%. (REBÊLO, 2011).

Considerando ainda os custos na fase de construção e a viabilidade econômica, a segregação das águas residuárias em águas cinzas e águas negras e a construção de um sistema de tratamento para águas cinzas agregaram um valor adicional na construção final. Tal custo foi considerado baixo para uma residência de alto padrão, sendo este um acréscimo de 0,5% do valor total da obra, tornando o investimento ainda mais visado. (GHISI E FERREIRA, 2006).

Santana (2013) entrevistou moradores sobre esse sistema de reuso de água. A maioria dos entrevistados está ciente da existência de equipamentos eficientes de água e sistemas de reutilização de água, e estariam dispostos a adaptar suas moradias para reduzir o consumo de água. No entanto, o seu período de retorno é baixo, e a grande maioria dos residentes esperam obter benefícios financeiros rápidos de seus investimentos nestes sistemas.

Segundo Santana (2013), os resultados da avaliação econômica para estratégias eficientes de água têm demonstrado que, com muito pouco investimento, o uso de reguladores de fluxo nas torneiras pode fornecer benefícios financeiros significativos. Outras estratégias eficientes de água, consideradas economicamente viáveis é com reparação das perdas, instalação de vasos sanitários que gastam menos água ou vasos sanitários com separador de urina, sensor de uso nas torneiras de cozinha, máquinas de lavar de alta eficiência, e sistema automático de irrigação por aspersão.

Porém, o mesmo estudo mostrou que os resultados das análises de custo-benefício sugerem que o uso de sistemas de reutilização de água em combinação com estratégias eficientes de água são soluções economicamente viáveis apenas para habitações com altas taxas de consumo. Outra principal conclusão derivada deste estudo é que, embora os sistemas de reutilização de água sejam capazes de promover uma economia maior que a adoção de estratégias de usos eficientes de água, as estratégias mostraram-se mais viáveis em termos de aplicabilidade e benefícios financeiros, independentemente do nível de renda e tipologia de habitação (SANTANA, 2013).

2.6. INDICADORES

Os indicadores são elementos utilizados para avaliar o desempenho de um processo com o maior grau de objetividade possível (FIRJAN, 2008).

Os indicadores de consumo de água são importantes para as projeções para de demanda, para o dimensionamento de sistemas de água e de esgotos, e para o controle operacional, e um dos indicadores mais comumente usados é o consumo médio per capita de água, em geral expresso em litros por habitante por dia (L/hab.dia). O consumo médio *per capita* de água é definido, no Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, como o volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela população atendida com abastecimento de água. Ou seja, é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial (SNSA, 2013).

Segundo o Manual de Indicadores Ambientais do Sistema FIRJAN (2008), indicadores são parâmetros que fornecem informações relativas a uma atividade ou cenário, possibilitando a realização de análises, conclusões e tomadas de decisão estratégicas. Estes indicadores permitem avaliar, comparativamente, o desempenho ambiental de uma organização com os diferentes aspectos ambientais, como o consumo de água.

Para um aumento da confiabilidade dos indicadores, recomenda-se que o operador adote como diretrizes os seguintes itens:

- Implantar sistema de macromedição nas principais unidades dos sistemas de água e esgoto;
- Buscar a qualidade da macro e micromedição como forma de proporcionar valores próximos da realidade;
- Implantar rotinas ágeis e precisas de cálculo e análise dos indicadores, com a informatização dos processos de trabalho;
- Compatibilizar períodos de macro e microleitura;

- Dispor de equipe dedicada, monitorando e analisando a situação, e acionando as demais áreas da operadora em atividades de redução de perdas de água/faturamento;
- Garantir o isolamento das áreas de influência dos macromedidores;
- Dispor de equipamentos de medição laboratorial e de campo, adequadamente dimensionados, instalados e aferidos, com manutenção preditiva e preventiva;
- Dispor de hidrômetros de boa qualidade e resolução, adequadamente dimensionados, instalados e aferidos, com manutenção preditiva e preventiva;
- Assegurar a confiabilidade nos processos de leitura dos macromedidores, através de aferições e calibrações periódicas, incluindo a consistência dos valores apurados;
- Buscar a hidrometração de toda a água consumida;
- Garantir a confiabilidade nos processos de leitura dos hidrômetros por meio de microcoletores, incluindo rotina de análise do volume apurado com base no índice de variação de consumo dos períodos anteriores;
- Implementar política de combate à clandestinidade (furto de água e violação de medidores);
Manter as informações dos bancos de dados sempre atualizadas e coerentes com a realidade;
- Estabelecer rotinas de manutenção corretiva e preventiva, englobando a troca de hidrômetros quebrados, violados, embaçados e parados, ou com idade vencida;
- Compatibilizar o uso de hidrômetros, de acordo com a situação de consumo ou do tipo de ligação.

Para um eficiente controle dos indicadores de desempenho de um sistema de abastecimento, é necessário que se conheça o quanto se perde em cada uma de suas partes.

A busca pela identificação confiável das variáveis formadoras dos indicadores deverá ser contínua, mesmo se sabendo das dificuldades técnicas e operacionais existentes.

2.6.1. Consumo de água

Vários autores estudaram o consumo de água em residências e edificações multifamiliares visando a conclusão de um indicador de consumo de água. Porém, apesar de muito estudado, os resultados diferem entre si em função de características que influenciam diretamente nesse dado, como o padrão da edificação, a renda dos usuários, os custos do sistema de distribuição, as condições climáticas locais, a estação do ano, as características de abastecimento de água, características culturais, entre outras. Dessa forma, um estudo comparativo de indicadores de consumo de água pode resultar em conclusões levianas se não consideradas essas variáveis que podem afetar esse indicador.

Além disso, com a modernização dos dispositivos economizadores de água, atrelado às formas de reuso de água já utilizadas atualmente, esse indicador de consumo de água pode variar muito de um ano para outro. Da mesma forma, o aumento do poder aquisitivo da população faz com que sejam adquiridos cada vez mais equipamentos de limpeza e conforto em uma residência, fato que também pode elevar o consumo de água nestes locais.

Gonçalves (2009) afirmam que as variações de consumo podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. Essas variações são descritas por esses autores da seguinte forma:

a) **variações anuais:** o consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional. Em geral aceita-se um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa;

b) **variações mensais:** as variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima maior é o consumo verificado. O consumo médio do inverno é aproximadamente 80% da média diária anual e do verão de mais de 25% desta média;

c) **variações diárias:** as variações diárias permitem o cálculo do coeficiente de maior consumo diário, o K1. Essas variações podem ocorrer em função dos dias de limpeza geral do apartamento, ou das variações devido aos dias da semana, em que nos fins de semana pode haver menor consumo devido às viagens dos moradores.

d) **variações horárias:** ao longo do dia tem-se valores distintos de pico de vazões horária. Entretanto haverá uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo será máxima. Esse indicador permite o cálculo do coeficiente da hora de maior consumo, o K2. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada.

Em 2004, estudos realizados pelo Ministério das Cidades no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS (2004) mostraram no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2003 que o consumo *per capita* médio do sistema de abastecimento de água no Brasil é de 141,0 L/hab.dia. Em termos regionais, destaca-se a Região Sudeste que apresentou um consumo *per capita* de 174,0 L/hab.dia, superior à média do país. De acordo com esse mesmo estudo, a CESAN (Companhia Espírito-Santense de Saneamento) apresentou um consumo per capita de 194,9L/hab.dia.

Em 2006 Ghisi e Ferreira (2006) estudaram a demanda per capita de água em residências no Brasil na região Sudeste, em 195 cidades. Entre todas elas, a variação foi de 89 a 307 L.hab.dia. A demanda média de água potável nas residências foi de 150 L/hab.dia em Minas Gerais, 217 L/hab.dia no Rio de Janeiro, 166 L/hab.dia no Espírito Santo, e 162 L/hab.dia em São Paulo.

Segundo a Nota Técnica divulgada pela SABESP em 2007 (NTS 181) a estimativa de consumo de água predial médio diário para residências é de 150L/per capita e residências de luxo é de 300L/per capita.

Já Santana (2013) pesquisou o consumo de água em Brasília em 3 blocos de 16 apartamentos cada. Resultados demonstraram um consumo predial médio de 11.700 m³/ano, com uma demanda mensal equivalente a 15 m³/mês/apartamento e um consumo *per capita* de 172 L/pessoa.dia. Além disso,

Santana ainda quantificou os usos finais da água distinguindo entre os ambientes de uso comum nos edifícios e os apartamentos.

Em 2013 o mesmo estudo do Ministério das Cidades (Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2011) mostrou que, em Vitória, o consumo médio per capita e água foi de 258,2 L/hab.dia, ou seja, bastante elevado se comparado com o mesmo dado em 2003.

No último levantamento feito pelo Ministério das Cidades, o SNSA divulgou o 17º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – referente ao ano de 2012. O Espírito Santo apresentou uma distribuição de água com um consumo médio de 190,3 L/hab.dia, cerca de 0,8% a menos que a média dos anos de 2009, 2010 e 2011, de 191,9 l/hab.dia, e ainda menor se comparado ao mesmo estudo realizado em 2011. Vale destacar, entretanto, que esse estudo considera o total de água distribuído, levando em conta as perdas, usos públicos, etc., e não deve ser comparado com consumos per capita residenciais.

Gonçalves (2009) apresenta exemplos genéricos de consumo efetivo da água em usos diversos:

- 6,8 L por descarga em uma bacia sanitária disponível no mercado brasileiro, sob diversos modelos e marcas;
- 30 L.pessoa.dia para o banho em chuveiro elétrico com duração de 10 minutos à vazão de 0,05 L.;
- 0,3 L.m².dia para rega de plantas de um jardim. Trata-se da quantidade necessária e aproveitada para plantas em condições específicas de ocupação do solo pelos vegetais e em condições climáticas determinadas;
- 110 L.hab/dia de água potável em usos diversos em uma residência. O número corresponde à soma de consumos efetivos desses usos, em termos médios, por pessoa, ao longo do tempo. Não são computadas neste valor as perdas por vazamentos, evaporação.

O indicador de consumo de água de reuso representa a quantidade de água cinza tratada que foi reutilizada em outros processos que não demandam a água potável. Esse indicador é um importante parâmetro para a avaliação da viabilidade de instalação de sistemas de reuso de água, pois aponta quanto de água potável pode ser economizada, e se constitui uma variável imprescindível para o dimensionamento de sistemas de reuso de água em edificações. Os indicadores mais comuns são o per capita (L/hab.dia), quantidade de litros gasta por dormitório (L/dormitório.dia) ou por área (L/m².dia).

Santana (2013) avaliou a viabilidade técnica de instalação de um sistema de reuso em uma edificação com três blocos, considerando, na análise, o consumo de águas cinzas (proveniente do banho, dos lavatórios e da lavagem de roupas), e conseguiu chegar ao volume de água cinza que deverá ser armazenado para atender a todas as demandas não potáveis dos blocos. Os resultados estão na **Tabela 2-11**.

Tabela 2-9: Consumo de águas cinzas e volume armazenado.

Dados de entrada	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Consumo de água potável por dia (L/per capita.dia)	179,1	133,3	141,4
Número de moradores	2,25	2,67	2,33
Número de apartamento por bloco	16	17	16
Soma do consumo final da água no banho, lavatório e lavagem de roupas (%)	28,7	52,5	48,6
Consumo final da água no vaso sanitário (%)	35,1	29,7	34,8
Volume de água cinza a ser armazenado	1850,5	1797	1834,4

Fonte: Santana (2013).

Com o estímulo da prática de reuso em edificações e em sistemas industriais, a tendência é de que os indicadores de consumo de água de reuso aumentem, e consequentemente, os de consumo de água potável tendem a diminuir.

2.6.2. Produção de esgoto

A geração de esgoto em uma residência influencia diretamente na conta de água paga à concessionária. Muitas variáveis influenciam no valor desse indicador,

como a quantidade de água potável consumida em uma residência, a quantidade de usos das bacias sanitárias, pia de cozinhas, chuveiros, lavatórios, e todas as formas de consumo de água em uma edificação, ao uso ou não uso de dispositivos economizadores, e principalmente ao sistema hidrosanitário da edificação (com ou sem reuso de águas cinzas).

Além disso, esse indicador possui papel fundamental quando se deseja estudar o balanço hídrico e conhecer o coeficiente de retorno de uma residência, edificação, sistemas industriais, etc.

Alguns autores fazem o cálculo do indicador de produção de águas negras baseados nos números (ou tempo) de uso dos dispositivos dispensadores de água em uma residência. Em edificações com o sistema segregado de uso da água (água de reuso e água potável), é possível alcançar o indicador baseando-se no volume de águas de reuso utilizado das descargas sanitárias, somado ao volume de água cinza que chega à Estação de Tratamento de Água Cinza - que em geral corresponde ao uso do chuveiro, máquina de lavar roupas, lavatórios e tanque - e no efluente gerado nas cozinhas, em que Nolde (apud Pertel, 2009) afirma que deve ser considerado 15% do volume de água potável consumida em uma edificação.

Considerando-se que uma pessoa utiliza o sanitário, em média, cinco vezes por dia, sendo uma delas para as fezes e as outras para urina, o dispêndio de água potável decorrente é de pelo menos 24 a 32 litros/pessoa/dia (caso se utilize descargas reduzidas de 6 litros) (AGUIAR, 2010). A água negra proveniente dos vasos sanitários representa uma fração de 20 a 30% do volume dos esgotos domésticos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho foi desenvolvido com base em monitoramentos realizados pelo Programa de Pós Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo –

UFES - no Departamento de Engenharia Ambiental, como parte do projeto de pesquisa “Desenvolvimento de subsídios técnicos para a consolidação da prática do reuso de águas cinza nas edificações brasileiras”, uma parceria da Universidade com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e com o Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT - HIDRO).

Os dados utilizados foram obtidos através do monitoramento de duas edificações com sistema de reuso de água, e uma com sistema convencional, todas localizadas no bairro de Praia do Canto, em Vitória – ES.

3.2. CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES ESTUDADAS

As três edificações estudadas estão localizadas no bairro Praia do Canto, em Vitória – ES, que é considerado um bairro de classe média alta, de acordo com a classificação da Prefeitura Municipal, apresentando um indicador de qualidade ambiental urbana de 74% – IQAU, de acordo com um estudo de Zorzal (1998), em que foi considerado o quarto melhor bairro para se morar na capital.

3.2.1. Características construtivas

Os dados construtivos de cada edifício estão descritos na **Tabela 3-1** a seguir.

Tabela 3-1: Características das edificações estudadas.

Variáveis	José Paulino	Royal Blue	Luiz Nogueira
Tipo	Convencional	Com reuso	Com reuso
Número de pavimentos	23	20	19
Número de apartamentos	20	30	17
Número de garagens	2	2	2
Área construída total	5998,46	8427,03	5543,52
Área de construção utilizada	2834,25	4428,3	2703,85
Densidade de ocupação	40 m ² /hab	60 m ² /hab	-
Área permeável	100,5	121,2	157,73
Tamanho da piscina	47,04	40,12	-

Tamanho do apartamento	142,41	147,48	159,05
Número de dormitórios	4	4	4
Número de banheiros por apartamento	4	4	4
Número de bacias sanitárias por apartamento	5	5	5
Número de torneiras por apartamento	9	7	11
Máquina de lavar por apartamento	-	1	1
Número de bacias sanitárias na área comum	5	6	4
Número de lavatórios área comum	9	10	15
Número de chuveiros área comum	3	3	3
Número de torneiras área comum	5	14	8

Fonte: Pertel (2009) e Aguiar (2010).

As características estruturais dos três edifícios estão descritas a seguir:

- **Edifício José Paulino**

O edifício José Paulino, localizado na Rua Joaquim Lírio começou a ser ocupado em dezembro de 2004. A edificação possui 23 pavimentos, sendo 1 térreo, 1 pilotis, 1 pavimento de garagem, 19 pavimentos de apartamentos e 1 cobertura, totalizando 5.998,46m² de área de construção total, 2.834,25m² de área de construção utilizada e uma densidade de ocupação de cerca de 40m²/hab. No térreo está localizada a entrada principal de moradores e funcionários, havendo 100,50m² de área permeável, recepção, portaria, copa para funcionários, 1 lavabo, 2 W.C. (um na portaria e um na copa), além do segundo pavimento de garagens com 30 vagas.

No pavimento pilotis fica situada a área de lazer com piscina (47,04m³), sauna, área de churrasqueira, quadra esportiva, playground, salão de festas, 1 lavabo e 3 W.C., seguido do primeiro pavimento de garagens com 35 vagas.

O pavimento tipo possui 142,41m² de área utilizada, 179,80m² de área total e 30,45m² de área comum, sendo constituído por 4 quartos, 3 banheiros, 1 W.C, 1 lavabo, 1 sala, área de serviço, cozinha, dependência, circulação e 2 varandas. A cobertura possui 128,46m² de área útil e a mesma divisão de cômodos do pavimento tipo.

- **Luiz Nogueira**

O edifício Luiz Nogueira está localizado na Rua Moacyr Avidos, Praia do Canto, na cidade de Vitória - ES.

A edificação possui 19 pavimentos, sendo 1 subsolo, 1 pavimento térreo, 1 pavimento de pilotis e 17 pavimentos de apartamentos - um apartamento por andar - totalizando 5.543,52 m² de área construída, e 2.703,85 m² de área de construção utilizada. No subsolo, estão localizados a estação de tratamento de águas cinza (ETAC), o reservatório inferior de água potável (RIAP) e o reservatório inferior de água de reuso (RIAR), com área permeável de 66,40 m² e garagem com 30 vagas.

O térreo possui uma área de 744,39 m², onde se encontra a entrada principal de moradores e de funcionários, com 91,33 m² de área permeável, recepção, portaria e garagem com 27 vagas. No pavimento de pilotis (744,85 m²), fica situada a área de lazer com piscina, sauna, sala de repouso, churrasqueira, quadra esportiva, salão de festas, lavabo masculino e feminino e áreas de serviço destinadas aos funcionários do condomínio como copa, banheiro e depósito.

O pavimento tipo possui 220,92 m² de área total, com 159,05 m² de área computável. Cada apartamento possui: varanda, 4 banheiros, 1 lavabo, 4 quartos, sala, copa, cozinha, área de serviço e dependência de serviço.

- **Royal Blue**

O edifício Royal Blue está localizado na rua Constante Sodré, 1323, Praia do Canto, em Vitória – ES. A ocupação deste prédio, iniciada em agosto de 2007, é do tipo residencial multifamiliar, com dois apartamentos por andar.

A edificação possui 20 pavimentos, sendo 1 térreo, 1 pavimento técnico, 2 pavimentos de garagem, 15 pavimentos de apartamentos e 1 cobertura, totalizando 8.427,03m² de área de construção total e 4.428,30m² de área de construção utilizada com uma densidade de ocupação de 60m²/hab.

No térreo está localizada a entrada principal de moradores e funcionários, havendo 21,20m² de área permeável, recepção, portaria, salão de festas, quadra

de squash, copa para funcionários, além de 2 lavabos no salão de festas e 1 W.C. na portaria.

No pavimento técnico está instalada a Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) com 27m², em seguida têm-se os dois pavimentos de garagem, o primeiro com 48 vagas e o segundo com 52 vagas.

O pavimento tipo possui 147,48m² de área utilizada, 174,61m² de área total e 18,71m² de área comum, sendo constituído por 4 quartos, 3 banheiros, 1 W.C., 1 lavabo, 1 sala, área de serviço, cozinha, dependência, circulação e 3 varandas. Na cobertura (203,08m²) encontra-se a área de lazer com piscina (40,12m³), sauna, churrasqueira, copa, 3 lavabos e academia de ginástica.

3.2.2. Sistema hidrosanitário

- **José Paulino:**

O edifício possui um sistema hidrosanitário convencional, em que toda a demanda de água é potável e não são reutilizadas as águas cinzas produzidas. Entretanto, os apartamentos possuem dispositivos de economia de água na concepção de seu sistema, como caixas acopladas nas bacias sanitárias e arejadores nas torneiras de pias e lavatórios.

O edifício possui o aquecimento da água feito por meio de painéis solares instalados no terraço e, quando necessário o aquecimento pode ser feito por gás.

- **Luiz Nogueira**

O edifício possui um sistema hidrosanitário com a reutilização de parte da água cinza produzida, ou seja, com duas fontes de suprimento de água: uma fonte de água potável, fornecida pela concessionária, e uma fonte alternativa, não potável, chamada água de reuso. O sistema predial de distribuição de água é independente entre as formas de água, ou seja, não há interligações na rede de atendimento de água potável e de reuso na edificação. Além disso, o edifício

possui um subsistema de distribuição de água quente potável, com aquecimento coletivo realizado por meio de painéis solares, ou, quando necessário, por gás.

A edificação dispõe de medidas de uso racional de água como a medição individualizada e o uso de equipamentos economizadores, como bacia sanitária com caixa acoplada e arejadores nas torneiras.

O sistema de coleta de efluentes do edifício é composto pela segregação das águas residuárias na fonte. Todo o efluente proveniente dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são coletados por um ramal predial especial de coleta de águas cinza-claras e conduzido por gravidade à ETAC. Os locais de reutilização da água de reuso são as bacias sanitárias presentes em banheiros e lavabos dos apartamentos e do condomínio.

- **Royal Blue**

Assim como no edifício Luiz Nogueira, esta edificação possui o sistema hidrosanitário de reaproveitamento de águas cinzas, concebido de forma a coletar as águas residuárias segregadas em águas cinza e águas negras (efluentes de bacias sanitárias e cozinha) e duas linhas independentes e exclusivas para o abastecimento de água: uma de reuso e a outra de água potável. Os sistemas de água de reuso e água potável são completamente independentes, mas é previsto a reversão do sistema de reuso para abastecimento potável em caso de necessidade.

As águas negras ou fecais são conduzidas a rede pública de esgoto sanitário.

Todo o efluente proveniente dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são coletados por um ramal predial especial de coleta de águas cinza e conduzido por gravidade à ETAC.

O aquecimento da água no edifício é feito por meio de aquecedores a gás, e o edifício conta com medidas de economia de água na concepção do sistema hidrosanitário, como caixas acopladas nas bacias sanitárias e arejadores nas torneiras de pias e lavatórios.

- **Estação de Tratamento de Águas Cinzas – ETAC:**

Os dois edifícios que fazem o reuso da água cinza (Royal Blue e Luiz Nogueira) possuem uma ETAC localizada no subsolo de cada edifício, e é constituída por 6 módulos, 2 bombas de recirculação de lodo, compressor de ar e um sistema de filtração.

Nessa estação de tratamento, inicialmente o efluente passa pela caixa de entrada que tem a função de reter os sólidos presentes na água cinza bruta e de controlar a vazão na entrada da ETAC, direcionando o excesso para a rede de coleta de esgoto. A caixa de entrada possui, em seu interior, dois vertedores reguláveis, do tipo tulipa. A água convergida em uma tulipa é direcionada para a ETAC, e a convergida na outra tulipa, excedente da demanda, é direcionada para a rede pública de coleta de esgoto. O controle da vazão é realizado por meio do ajuste da altura das tulipas.

Depois da caixa de entrada, o efluente passa por três reatores anaeróbios (RAC), por um filtro biológico aerado submerso, por um decantador secundário, onde segue para o tanque de equalização, filtro terciário e por fim o processo é de desinfecção, feito por cloração. Após o tratamento, a água cinza tratada passa a ser chamada de água de reuso.

Após o tratamento da água cinza existe um reservatório inferior e outro superior para armazenagem e distribuição da água de reuso. Foi prevista a reversão do sistema de reuso para abastecimento com água potável, em caso de necessidade. Em caso de falta de água de reuso o reservatório de água de reuso pode ser abastecido com água potável, para isso é necessário realizar um processo manual de abertura e fechamento de válvulas das tubulações de recalque. As águas negras ou fecais são conduzidas a rede pública de esgoto sanitário.

3.2.3. Monitoramentos realizados

Para o monitoramento do consumo de água, foram utilizados os hidrômetros individuais existentes nos edifícios e outros instalados.

Os trabalhos de monitoramento desses edifícios foram realizados por períodos que pretendiam compreender os meses do verão e do inverno, possibilitando a análise sazonal do consumo de água, com monitoramentos nos anos de 2007, 2008, 2010 e 2011, de acordo com a **Tabela 3-2**.

Tabela 3-2: Períodos de monitoramentos em cada edifício.

Datas de monitoramentos	Início	Fim
José Paulino	01/02/2007	31/11/2007
Royal Blue*	01/02/2008	31/09/2008
Luiz Nogueira	14/07/2010	31/05/2011

*Houveram algumas variáveis monitoradas nos meses de abril e maio/2010.

- **José Paulino:**

O monitoramento aconteceu nos meses de fevereiro a abril, e julho a outubro de 2007. Porém, é importante destacar que na área de lazer o monitoramento se iniciou a partir do mês de agosto. Todo o monitoramento de água potável ocorreu de forma análoga àquele realizado no edifício Royal Blue em Pertel (2009), com a detecção de perdas e monitoramento da população do edifício.

Para medição do consumo de água, cada apartamento possui dois hidrômetros (um para água quente potável e outro para água fria potável), e foram instalados hidrômetros em mais dois pontos de monitoramento: nas colunas de alimentação de água fria e na área de lazer, totalizando 44 hidrômetros monitorados.

- **Royal Blue:**

O monitoramento foi feito em duas etapas: a primeira entre fevereiro e março, e a segunda entre junho a setembro de 2008. As leituras foram feitas diariamente sempre às 08 horas da manhã.

O edifício possui sistema de medição individual, apresentando um hidrômetro por apartamento para monitorar o consumo de água fria e ainda conta com o medidor da concessionária, com um total de 31 hidrômetros. A fim de

complementar o sistema de medição já existente e setorizar o consumo instalaram-se mais oito hidrômetros: nas colunas de alimentação de água potável e reuso, outros na área de lazer e uso do condomínio para água potável e reuso e um na ETAC – Entrada e saída do tratamento, totalizando assim 39 hidrômetros monitorados.

- **Luiz Nogueira:**

No edifício Luiz Nogueira o monitoramento de consumo de água aconteceu no período de julho de 2010 até janeiro de 2011. Os hidrômetros foram lidos todos os dias, às 8 horas da manhã, sendo utilizados tanto os hidrômetros individuais do edifício quanto outros 7 novos que foram instalados, a fim de complementar o sistema de medição já existente e setorizar o consumo. O hidrômetro da concessionária não foi considerado no sistema de monitoramento, devido aos problemas de submedição.

Para a água de reuso, foram monitorados os hidrômetros presentes nas colunas de alimentação de água de reuso do edifício, representando o consumo de toda a edificação. Com isso, foi possível estimar a quantidade de água negra gerada, fechando o balanço hídrico da população.

3.3. SÉRIES HISTÓRICAS

3.3.1. José Paulino

As séries históricas do edifício José Paulino possuem dados diários de consumo de água quente e fria potável, o consumo de energia e a população presente no edifício. O período de monitoramento de cada variável e o número de observações está presente na **Tabela 3-3**.

Tabela 3-3: Características da série histórica do edifício José Paulino.

José Paulino		
Variável monitorada	Período de monitoramento	Número de observações
Consumo de água fria potável	Janeiro a abril/2007 e de julho a setembro/2007	181
Consumo de água quente Potável	Janeiro a abril/2007 e de julho a Setembro/2007	181
Geração de esgoto(mensal)	Março a novembro/2007	9
Consumo de energia	Janeiro a abril/2007 e de julho a Setembro/2007	181
População	Julho a setembro/2007	91

3.3.2. Royal Blue

As séries históricas do edifício Royal Blue possuem dados diários de consumo de potável e de reuso, o consumo de energia e a população presente no edifício, além do monitoramento da quantidade de água cinza que entra no sistema para ser tratada. O período de monitoramento de cada variável e o número de observações está presente na **Tabela 3-4**.

Tabela 3-4: Características da série histórica do edifício Royal Blue.

Royal Blue		
Variável monitorada	Período de monitoramento	Número de observações
Consumo de água potável nos apartamentos	Fevereiro a outubro/2008	276
Consumo de água de reuso	Abril a outubro/2008	211
Entrada de água cinza na ETAC	Maió a outubro/2008	157
Consumo de energia	Fevereiro a outubro/2008 e abril e maio/2010	296
População	Fevereiro a outubro/2008 e abril e maio/2010	296

3.3.3. Luiz Nogueira

As séries históricas do edifício Luiz Nogueira possuem dados diários de consumo de água quente e fria potável, consumo de água de reuso, a produção de águas negras e cinzas e a população total presente no edifício. O período de

monitoramento de cada variável e o número de observações está presente na **Tabela 3-5**.

Tabela 3-5: Características da série histórica do edifício Luiz Nogueira.

Luiz Nogueira		
Variável monitorada	Período de monitoramento	Número de observações
Consumo de água quente potável	Julho/2010 a janeiro de 2011	194
Consumo de água fria potável	Julho/2010 a janeiro de 2011	194
Consumo de água de reuso	Julho/2010 a janeiro de 2011	194
Produção de água cinza	Dezembro/2010 e janeiro/2011	11
Produção de água negra (Com efluente de cozinha)	Setembro, novembro e dezembro/2010 e janeiro/2011	95
População de moradores	Julho/2010 a janeiro de 2011	194
População de funcionário	Julho/2010 a janeiro de 2011	194

3.4. TRATAMENTO DE DADOS

Os consumos de águas foram separados em consumo de água potável (*Cap*), consumo de água de reuso (*Car*) e consumo de água total (*Cat*), que considera o consumo potável e de reuso.

A metodologia para os cálculos dos indicadores foi definida de acordo com as características da série histórica de cada um.

3.4.1. José Paulino

A média do consumo de água total (*Cat*) foi obtida através da média dos registros diários feitos pelos hidrômetros da concessionária. Considerando que o edifício não possui sistema de reuso de água, o consumo de água total (*Cat*) compreende o consumo de água potável, visto que não há entrada de água não potável no sistema hidrossanitário.

O valor do consumo médio de água consumido diariamente nos apartamentos foi obtido através da média da soma entre consumo de água quente e frio nestes locais.

A média da diferença do consumo de água total e o consumo dos apartamentos resulta no consumo médio diário de água nas áreas externas.

Para a população do edifício foi somado o valor total de moradores e funcionários repassados pela empresa que administra o condomínio, visto que durante o período de observações alguns apartamentos não permitiram o monitoramento.

O valor da área computável considerou apenas a área computável dos apartamentos, de acordo com o proposto por Aguiar (2010). O número de dormitórios baseou-se na soma dos quartos dos apartamentos com a dependência de empregados, e o número de apartamentos abrangeu somente aqueles que estavam ocupados no período de monitoramento.

A produção de esgoto total (*Pesgoto*) foi monitorada mensalmente, sendo a série histórica composta da média mensal de cada mês e, portanto, para estimar a produção diária, considerou-se um total 30 dias no mês.

Os valores utilizados para os cálculos dos indicadores no edifício José Paulino estão apresentados na **Tabela 3-6**.

Tabela 3-6: Valores utilizados para cálculos dos indicadores no edifício José Paulino.

Dados José Paulino	
Média do <i>Cat</i> (l/dia)	23378,34
Moradores e funcionários	77
Área computável (m ²)	142,41
Dormitórios	5
Média do <i>Car</i> (l/dia)	-
Média do <i>Cat</i> (l/dia)	23378,34
Número de aptos ocupados	17
Média da <i>Pac</i> (l/dia)	-
Média de <i>Pan</i> (l/dia)	-
Média da <i>Pesgoto</i> (l/dia)	17464,76

3.4.2. Royal Blue

O consumo de água potável (*Cap*) dos apartamentos e da área externa foram monitorados diariamente e seus valores médio diários foram somados para o cálculo da média do consumo de Água Potável (*Cap*) geral.

Foram monitorados os consumos diários de água de reuso (Car) total do edifício e da área externa, e o consumo médio diário de água de reuso (Car) dos apartamentos foi calculado através da diferença entre esses valores.

O consumo diário de água total (Cat) dos apartamentos e das áreas externas foram obtidos pela soma das médias da água de reuso e da água potável consumidas diariamente nesses locais. A soma das médias de consumo de água total (Cat) nos apartamentos e na área externa resultam no consumo de água total (Cat) geral do edifício, ou seja, que engloba água potável e de reuso consumidas em apartamentos e área externa.

A população total é a média aritmética dos valores dos monitoramentos diários de moradores e funcionários.

Assim como no edifício José Paulino, o valor da área computável e o número de dormitórios foram calculados baseados em apartamentos ocupados.

Para os cálculos dos indicadores, foi estimada a média da produção de Água Cinza (Pac), de acordo com **Equação 1**.

$$Pac = ACdescart + Car \quad \text{Equação 1}$$

Para o cálculo da quantidade de água cinza que é descartada na rede de esgoto diariamente, foi feito a **Equação 2**.

$$ACdescart = Cap - Car - Ef_{cozinha} \quad \text{Equação 2}$$

Em que

$Ef_{cozinha}$ = todo o efluente gerado na cozinha, que é destinado diretamente para a rede de coleta de esgoto doméstico. Esse valor foi estimado de acordo com o estudo de Aguiar (2010), no edifício Luiz Nogueira, que obteve um indicador de 52,64 L/hab.dia. Este indicador foi utilizado para o cálculo do volume de efluentes de cozinha gerado diariamente no Royal Blue, visto que o estudo de Aguiar (2010) contempla um edifício que atende aos mesmos padrões de localização, renda e tipologia do edifício Royal Blue.

A média da Produção de Águas Negras (Pan) foi feita pela relação da **Equação 3**.

$$Pan = Car - Q_{irrigação} - Q_{lavagem} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$Q_{irrigação}$ = quantidade de água de reuso gasta na irrigação de 01 m² de área permeável, em l/m².dia.

$Q_{lavagem}$ = quantidade de água de reuso gasta na lavagem de 01 m² de área comum, em l/m².dia.

Segundo Gonçalves (2006), são gastos 1,5 litros de água para cada m² irrigado, e considerando que a área permeável do edifício é de 121,2 m² e que é feita 01 irrigação por dia, então a $Q_{irrigação}$ é de 181,8 L/dia.

Gonçalves (2006) também estima que para a lavagem de áreas comuns são gastos em média 2 L/m² a cada lavagem. Sabendo que o edifício possui 444,33 m² de área comum, e que são feitas cerca de 2 lavagens por semana (0,28/dia), então $Q_{lavagem}$ é de 253,9 litros/dia.

A média da quantidade de esgoto doméstico lançado na rede ($Pesgoto$) é obtida através da relação da **Equação 4**.

$$Pesgoto = AC_{descart} + Ef_{cozinha} + Pan \quad \text{Equação 4}$$

Os resultados estão apresentados na **Tabela 3-7**.

Tabela 3-7: Valores utilizados para cálculos dos indicadores no edifício Royal Blue.

Dados Royal Blue	
Média do Cap (l/dia)	13700,47
Moradores e funcionários	86,6989
Área computável (m ²)	147,48
Dormitórios	5
Média do Car (l/dia)	4548,044
Média do Cat (l/dia)	18248,51
Número de aptos ocupados	17
Média da Pac (l/dia)	12487,96
Média de Pan (l/dia)	4713,269
Média da $Pesgoto$ (l/dia)	15172,26

3.4.3. Luiz Nogueira

Assim como no edifício Royal Blue, o consumo de água potável (Cap) fria e quente dos apartamentos foram medidos. A soma desses consumos resultou no Cap dos apartamentos. Para as áreas externas, a média da diferença entre o Cap registrado pela coluna de alimentação de água potável e água potável fria registrada nos apartamentos diariamente resultou na média do consumo diário de água potável dessas áreas. Já o consumo de água potável geral, incluindo apartamentos e área externa, é a média dos registros diários feitos pelo hidrômetros.

No edifício Luiz Nogueira o consumo de água de reuso (Car) só acontece nos apartamentos, e, portanto, não há Car para áreas externas. A média do consumo de água de reuso (Car) geral foi calculada através dos registros feitos diariamente nos hidrômetros da água de reuso.

Para o consumo médio de água total (Cat) dos apartamentos, foi realizado a soma entre o consumo médio de água potável (Cap) e consumo médio de água de reuso (Car) nestes locais. Nas áreas externas, o Cat foi a média do consumo diário de água potável dessas áreas.

Por fim, a média do consumo de água total (Cat) geral foi a soma entre as médias de Cap geral e Car geral.

A população total é a média aritmética dos valores dos monitoramentos diários de moradores e funcionários.

Assim como nos outros edifícios, o valor da área computável e o número de dormitórios foram calculados baseados em apartamentos ocupados.

A média da produção de Água Cinza (Pac) foi obtida através da média aritmética entre as medições feitas na entrada do sistema de tratamento.

A média da produção de Águas Negras (P_{an}), incluindo os efluentes da cozinha, foi calculada através dos registros da medição diária feita através de um medidor de esgoto do tipo calha *parshall*.

A média da produção de esgoto doméstico (P_{esgoto}) que é lançado na rede foi calculada através dos dados diários de esgoto fornecidos por Aguiar (2010).

Os valores resultantes dos cálculos estão na **Tabela 3-8**.

Tabela 3-8: Dados utilizados para cálculos dos indicadores no edifício Luiz Nogueira.

Dados LN	
Média do Cap (l/dia)	13444,03
Moradores e funcionários	59,19231
Área computável (m ²)	159,05
Dormitórios	5
Média do Car (l/dia)	1659,589
Média do Cat (l/dia)	15172,05
Número de aptos ocupados	14
Média da Pac (l/dia)	8998,364
Média de Pan (l/dia)	5088,014
Média da $Pesgoto$ (l/dia)	12100,4

3.4.4. Indicadores

Com as séries históricas obtidas nos monitoramentos dos edifícios, foram calculados os indicadores per capita (l/hab,dia), por dormitório (l/dormitório.dia) e por área (l/m².dia) para as variáveis dispostas na **Tabela 3-9**.

Tabela 3-9: Indicadores calculados para consumo e produção per capita (l/hab,dia), por dormitório (l/dormitório.dia) e por área (l/m².dia).

	Variáveis	Sigla
Consumo	De água potável (Cap)	Cap
	De água de reuso (Car)	Car
	De água total (Cat)	Cat
Produção	De águas negras (P_{AN})	Pan
	De águas cinzas (P_{AC})	Pac
	De esgoto doméstico (P_{esgoto})	Pesgoto

- INDICADORES DE CONSUMO

O indicador de consumo de água *per capita* (L/hab.dia) é definido como o volume de água consumido por pessoa por dia, calculado a partir da **Equação 1** (FIESP apud MARTINS E MEMELLI,2011).

$$C_{pc} = \frac{V}{hab} \quad \text{Equação 5}$$

Em que

C_{pc} = consumo per capita de água, em l/hab.dia;

V = volume médio diário de água consumido no edifício, em l/dia.

hab = número total de pessoas que consumiram água do edifício, em habitantes.

Os indicadores de consumo *per capita* de Água Potável (AP), de Água de Reuso (AR) e de Água Total (AT) foram calculados pela variação dos respectivos consumos de água na **Equação 1**.

O indicador de consumo de água por dormitório (l/dormitório.dia) é definido como o volume de água consumido por dormitórios por dia, calculado a partir da **Equação 2** (PERTEL, 2009).

$$C_{pd} = \frac{V}{N_d} \quad \text{Equação 6}$$

Em que

C_{pd} = consumo de água por dormitório, em l/dormitório.dia;

V = volume médio diário de água consumido do edifício, em l/dia.

N_d = número total de dormitórios no edifício, em unidades.

Para o número de dormitórios de cada apartamento, foram considerados além dos dormitórios de moradores também a dependência de empregada.

Os indicadores de consumo por dormitório de Água Potável (AP), de Água de Reuso (AR) e de Água Total (AT) foram calculados pela variação dos respectivos consumos de água na **Equação 2**.

O indicador de consumo de água por área (l/m².dia) é definido como o volume de água consumida por área computável por dia, calculado a partir da **Equação 3**.

$$C_{pa} = \frac{V}{m^2} \quad \text{Equação 7}$$

Onde,

C_{pa} = é o indicador de consumo de água por área (L /m².d);

V = volume médio diário de água consumido no edifício, em l/dia.

m^2 = é a área computável dos apartamentos (m²).

Os indicadores de consumo por área de Água Potável (AP), de Água de Reuso (AR) e de Água Total (AT) foram calculados a partir da **Equação 3**, variando-se os respectivos consumos de água.

- INDICADORES DE PRODUÇÃO

Os indicadores de produção de águas residuais *per capita*, por dormitório e por área foram calculados de acordo com as **Equações 1, 2 e 3**, respectivamente, considerando aqui o volume diário de águas residuais produzidos no edifício.

Foram calculados os indicadores de produção de águas negras (P_{AN}), produção de Águas Cinzas (P_{AC}) e produção de esgoto total pela edificação (P_{Esgoto}). Porém, para o edifício José Paulino, não foi possível obter indicadores de produção de águas negras (P_{AN}) e produção de Águas Cinzas (P_{AC}), devido às características da série histórica.

3.4.5. Testes Estatísticos

A análise estatística dos consumos hídricos para verificar as possíveis diferenças entre dois grupos independentes foi feita com a aplicação do teste não paramétrico U de Mann-Whitney.

Esse teste é do tipo não paramétrico para amostras independentes e deve ser aplicado em casos de amostras pequenas e quando a variável numérica não apresenta sabidamente uma variação normal (ou quando não há possibilidade de se verificar isso satisfatoriamente).

O teste de Mann Whitney foi criado para comparar tendências centrais de duas amostras independentes e de tamanhos iguais. Verifica-se se há evidências para acreditar que valores de um grupo A são superiores aos valores do grupo B, através da igualdade das medianas. Os valores de U calculados pelo teste avaliam o grau de entrelaçamento dos dados de dois grupos após a ordenação. A maior separação dos dados em conjunto indica que as amostras são distintas, rejeitando-se a hipótese de igualdade das medianas.

Em Mann Whitney calcula-se uma certa estatística de teste e obtém-se o p -valor a partir da distribuição amostral dessa estatística. A diferença com o teste t é que ao invés de construir essa estatística com dados originais, eles são previamente convertidos em postos (ordenações). A vantagem é que, com isso, as suposições de normalidade e homogeneidade das variâncias não são necessárias, permitindo mais generalidade aos resultados (CAMPOS, 1981).

Campos (1981) afirma que outra vantagem desse teste é que ele pode ser aplicado em uma variável que seja originalmente ordinal, enquanto que o teste t exige uma escala pelo menos intervalar. Uma desvantagem é que ao substituir os dados originais por postos, “joga-se fora” alguma informação.

A estatística U , que é a base para a decisão sobre a aceitação ou não da hipótese de nulidade é calculada da seguinte maneira:

- É formado um conjunto W , com todos os dados das duas amostras (A e B);
- O conjunto W é ordenado de forma crescente;
- Anota-se a ordem de cada elemento deste conjunto;
- Separam-se novamente as amostras A e B;

- O valor de U é a soma das ordens da amostra A.

Quanto mais baixo for o valor de U, maior será a evidência de que as séries históricas são diferentes. Isso se explica porque U é a soma de ordens, portanto seu valor será baixo se na categoria A estiverem os primeiros da ordem (obviamente em B estarão os dados de ordem superior). É claro então que neste caso se evidencia uma diferença entre as séries.

Se as diferenças entre as situações forem aleatórias, como é postulado pela hipótese nula, então os resultados devem ser aproximadamente os mesmos e, conseqüentemente, as ordens devem ser também aproximadamente as mesmas para as duas situações. Se houver uma preponderância de ordens altas ou baixas numa situação ou na outra, então é porque a diferença no total dos resultados ordenados para cada situação é devida aos efeitos previstos da variável independente e não ao acaso. Se a soma total das ordens for muito baixa para uma das situações, então terá de haver uma preponderância de ordens elevadas na outra situação. Quanto menor for U mais significativas serão as diferenças entre as ordens das duas situações.

Para aplicação do teste U de Mann Whitney foi utilizado o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 18.0.

O teste foi replicado duas vezes, objetivando verificar a diferença entre os meses subsequentes. As hipóteses a serem testadas são:

H_0 : Não há diferença entre a mediana da variável i ao comparar as amostras.

H_1 : Há diferença entre a mediana da variável i nas amostras testadas.

Premissas necessárias para aplicação do teste de Mann-Whitney:

- As duas amostras são amostras aleatórias de suas respectivas populações.
- Há independência entre as duas amostras.
- A escala de medida é pelo menos ordinal.

Os testes estatísticos foram aplicados para cada consumo de água (Cap, Car e Cat) setorizados da seguinte forma:

- Consumo de água potável: nos apartamentos, nas áreas externas e geral (apartamentos + áreas externas);
- Consumo de água de reuso: nos apartamentos, nas áreas externas e geral (apartamentos + áreas externas);
- Consumo de água total: nos apartamentos, nas áreas externas e geral (apartamentos + áreas externas).

Nos testes foram considerados separadamente os consumos dos meses de inverno e verão. Isso porque algumas series históricas eram referentes aos meses do verão e outras do inverno, o que poderia influenciar nos resultados caso fossem considerados juntamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. INDICADORES

Os resultados encontrados pelos cálculos dos indicadores de Consumo de Água Potável (Cap), de Água de Reuso (Car), de Água Total (Cat), de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Pesgoto) estão apresentados na **Tabela 4-1**.

Tabela 4-1: Resultados para os Indicadores nas três edificações.

Indicadores de consumo e produção de águas						
Indicadores	Consumo (L)			Produção (L)		
	Cap	Car	Cat	Pan	Pac	Pesgoto
Ed José Paulino						
L/hab.dia	303,61	-	303,61	-	-	226,82
l/m ² .dia	9,66	-	9,66	-	-	7,21
l/dormitório.dia	275,04	-	275,04	-	-	205,47
Ed Royal Blue						
L/hab.dia	158,02	52,46	210,48	54,36	144,04	175,00
l/m ² .dia	5,46	1,81	7,28	1,88	4,98	6,05
l/dormitório.dia	161,18	53,51	214,69	55,45	146,92	178,50
Ed Luiz Nogueira						
L/hab.dia	227,12	28,04	256,32	85,96	152,02	204,43
l/m ² .dia	6,04	0,75	6,81	2,29	4,04	5,43
l/dormitório.dia	192,06	23,71	216,74	72,69	128,55	172,86

4.1.1. Consumo

O **Gráfico 4-1** apresenta os resultados obtidos para o consumo de água total per capita, que é aquele consumo que considera tanto a água potável quanto a água de reuso nos edifícios estudados.

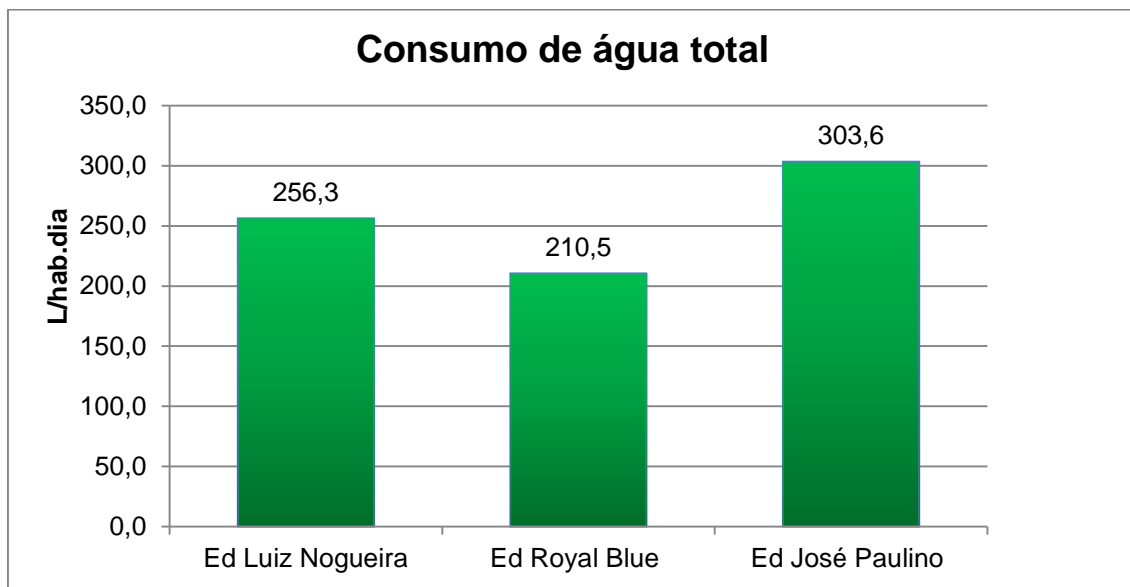


Gráfico 4-1: Consumo de água total (considerando potável e de reuso) para cada edifício, por habitante.

O maior consumo de água per capita foi encontrado no edifício José Paulino, com 303,6 L/hab.dia. Vale ressaltar que o sistema hidrossanitário do edifício José Paulino não contempla o reuso de água, sendo que todo o consumo neste edifício é referente à água potável fornecida pela concessionária. Porém, Pertel (2009) ao estudar o consumo de água neste edifício, afirmou que é possível que haja um possível erro de medição nos hidrômetros das colunas, visto que há um maior volume medido na soma dos apartamentos se comparado ao volume registrado pelos medidores. Os edifícios Royal Blue e Luiz Nogueira possuem o sistema de reuso de água, apresentando um consumo per capita de 210,48 L/hab.dia e 256,32 L/hab.dia, respectivamente.

Mesmo com o reuso de água, todos os três edifícios apresentaram indicadores de consumo de água potável acima do estimado para o estado do Espírito Santo, de 190,3 L/hab.dia, de acordo com o SNSA (2014).

Os indicadores de consumo per capita de água potável e água de reuso estão apresentados no **Gráfico 4-2**.

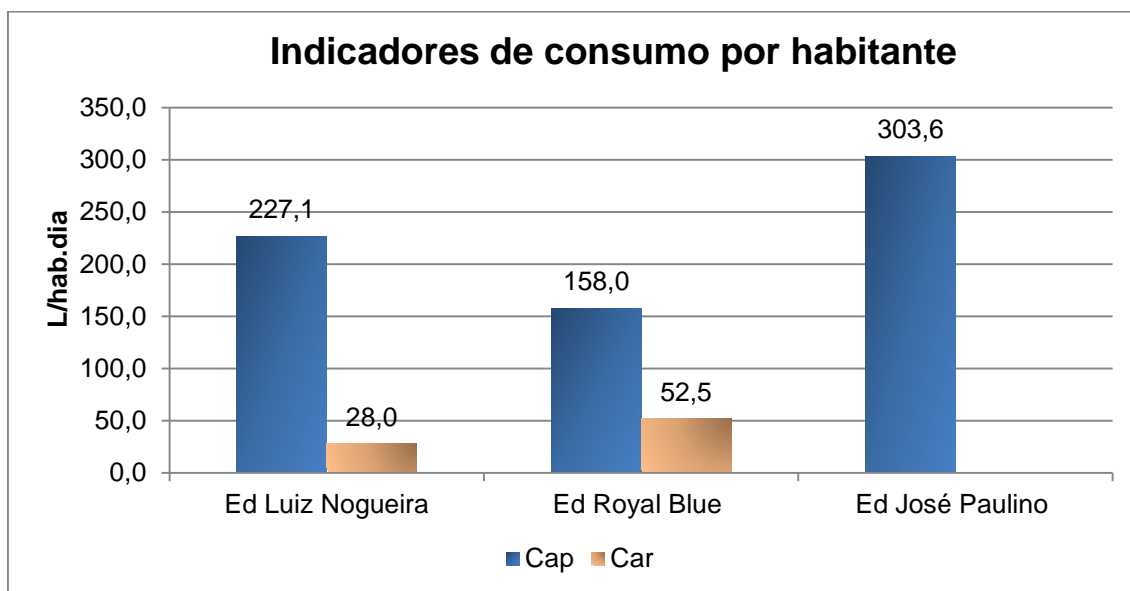


Gráfico 4-2: Indicadores de consumo de Água Potável (Cap) e Água de Reuso (Car) para cada edifício, por habitante.

Neste gráfico é possível observar que o consumo de água potável dos edifícios Royal Blue e Luiz Nogueira, de 158 L/hab.dia e 227,1 L/hab.dia, é consideravelmente menor se comparado ao edifício José Paulino, que não possui sistema de reuso de água, confirmando o alto consumo neste edifício.

Para o consumo de água de reuso, o edifício Royal Blue apresentou maior aproveitamento (52,5 L/hab.dia) se comparado ao Luiz Nogueira (28 L/hab.dia). Esse resultado pode estar associado ao sistema de aproveitamento de água de reuso dos edifícios, em que no Luiz Nogueira a água de reuso é usada exclusivamente nas descargas das bacias sanitárias dos apartamentos, enquanto no Royal Blue, esse uso se estende para a lavagem de pisos das áreas externas e irrigação, além das bacias sanitárias.

Os indicadores de consumo *per capita* obtidos para os edifícios são apresentados na **Tabela 4-2** juntamente com valores observados na literatura técnica para estudos realizados no Brasil e em outros países.

Tabela 4-2: Comparativo dos indicadores de consumo *per capita* para água total (Cat), água potável (Cap) e água de reuso (Car) encontrados neste estudo e em outros estudos no Brasil e no mundo.

Referências	Local	Edificação	Cat (L/hab.dia)	Cap (L/hab.dia)	Car (L/hab.dia)
Esta pesquisa - Ed Luiz Nogueira	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	256,3	227,1	28,0
Esta pesquisa - Ed José Paulino	Vitória - ES	Multifamiliar convencional	303,6	303,6	-
Esta pesquisa - Ed Royal Blue	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	210,5	158,0	52,4
Rodrigues (2005)	Vitória - ES	Com caixa de descarga acoplada e medição individualizada	155,0	-	-
		Sem reuso, com caixa de descarga acoplada	189,0	-	-
		Sem reuso, sem dispositivos economizadores	223,0	-	-
Agotini (2009)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	236,0	182	54
Pertel (et al, 2009)	Vitória - ES	Multifamiliar verão	214,0	214	-
Pertel (et al, 2009)	Vitória - ES	Multifamiliar Inverno	237,0	237	-
Pertel (et al, 2009)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	164,0	-	-
Martins e Memelli (2011)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	271,0	240	31
Aguiar (2010)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	278,4	247	31,5
Santana (2013)	Brasília	Multifamiliar sem reuso	172,0	-	-
Cheung et al. (2009)	Florianópolis	Unifamiliar baixa renda com reuso	144,0	63	31
Ilha e Gonçalves (1994)	Ref. de projetos	Aps.	200,0	-	-
Macintyre (1986)	Ref. de projetos	Aps.	200,0	-	-
Barreto (2008)	São Paulo	Residências	262,7	-	-
Kose et al. (2004)	Japão	Multifamiliar 1 dormitório	292,0	-	-
Jamrah et al (2006)	Amã, Jordânia	Residências	84,0	-	-
Custódio e Ferreira (2005)	Goiânia - GO	Unifamiliares	376,0	-	-
Ghisi e Ferreira (2006)	Florianópolis	Multifamiliar	151,3	-	-

Pela **Tabela 4-2** é possível observar que para edificações multifamiliares, o edifício José Paulino apresentou os maiores indicadores de consumo de água total, ficando abaixo somente do resultado encontrado por Custódio e Ferreira (2005), que estudaram uma edificação unifamiliar em Goiânia – GO.

Além disso, para o consumo da água de reuso, o edifício Royal Blue apresentou o segundo maior indicador, ficando abaixo apenas do encontrado por Agostini (2009), de 54 L/hab.dia.

Vale destacar o que os três edifícios estudados são considerados de alta renda, e a tendência é de que o consumo seja maior nestes edifícios. Santana (2013) sugere que moradias de alta renda apresentaram consumo de água per capita significativamente maior em relação às faixas de renda mais baixa.

Pertel (2009), ao estudar os indicadores de consumos do edifício José Paulino, encontrou valores menores que aqueles apresentados neste estudo. Essa discrepância pode estar associada ao fato de que em Pertel (2009), para o cálculo dos indicadores de consumo considerou-se somente o consumo dos apartamentos, excluindo aqueles da área externa e lazer do edifício.

O **Gráfico 4-3** mostra os indicadores de área para consumo de água potável e de reuso nas edificações, assim como o tamanho da área computável de cada edifício.

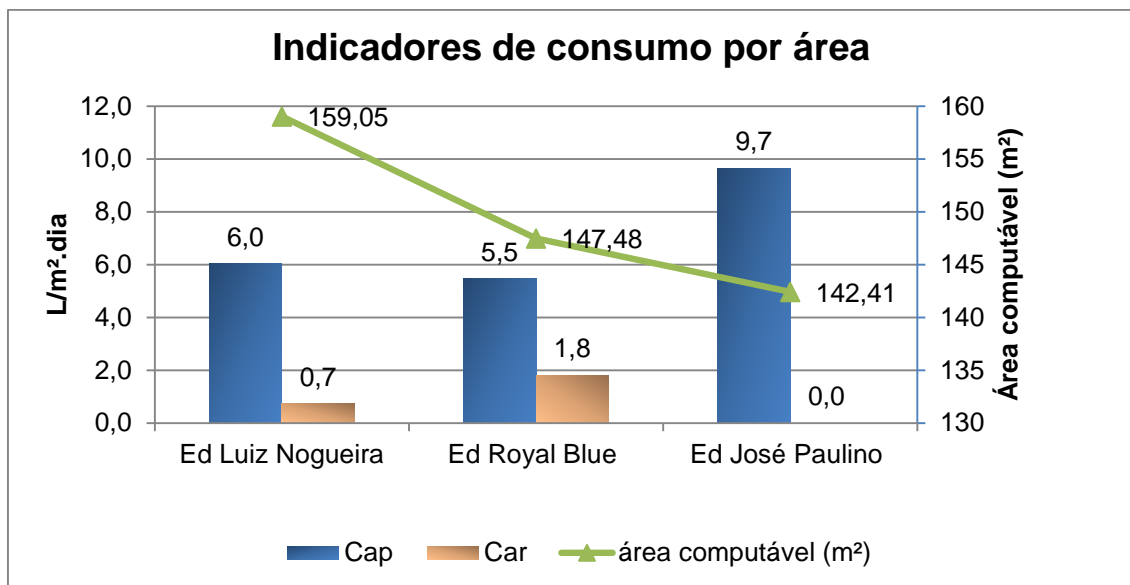


Gráfico 4-3: Indicadores de consumo de Água Potável (Cap) e Água de Reuso (Car), por área, e a área total computável de cada edifício.

Como apresentado no **Gráfico 4-3**, os consumos de água potável e de reuso por área nos edifícios segue a mesma tendência do indicador per capita, conforme o esperado. O edifício José Paulino apresenta o maior consumo por m² de área, sendo a menor área computável de todos os edifícios. Tal fato evidencia que grande parte do consumo neste local é proveniente do consumo individual, já que a área comum para lavagem e irrigação é a menor entre as três séries.

Ao contrário do indicador *per capita*, a tendência do indicador por área é diminuir com a melhoria da situação econômica, visto que essas famílias tendem a ocupar residências com áreas maiores (Pertel, 2009).

O **Gráfico 4-4** mostra os indicadores de consumo de água potável e de reuso por dormitórios nas edificações, assim como o número de dormitórios total de cada um.

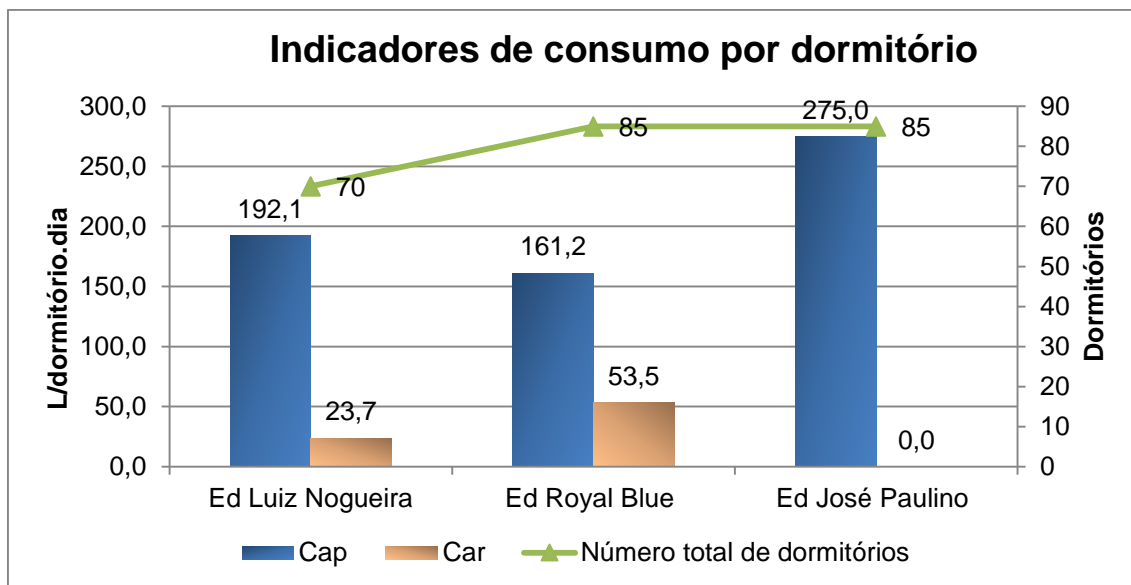


Gráfico 4-4: Indicadores de consumo de Água Potável (Cap) e Água de Reuso (Car), por dormitório, e número de dormitórios total de cada edifício.

Para os indicadores de consumo de águas por dormitórios, o maior valor foi encontrado para o edifício José Paulino, com 275 L/dormitório.dia, enquanto o menor indicador foi obtido no Royal Blue, com 161,2 L/dormitório.dia. O valor de consumo de água total de referência para projetos estimado por Macintyre (1986) é de 300 a 400 L/dormitórios.dia para apartamentos de luxo.

Entre os edifícios com sistema de reuso de água, o Luiz Nogueira apresentou indicadores maiores que o Royal Blue, enquanto o número de dormitórios foi menor (70 para o Luiz Nogueira e 85 para Royal Blue e Luiz Nogueira).

Por fim, o **Gráfico 4-5** relaciona as contribuições de cada tipo de água no consumo total dos edifícios.

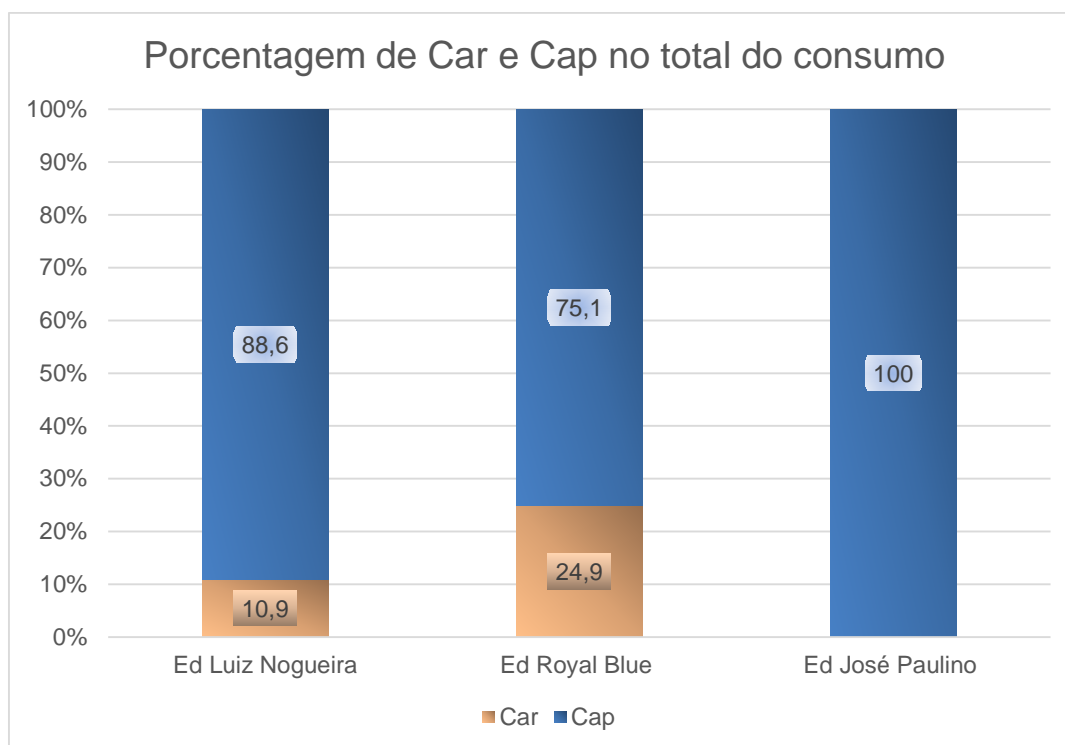


Gráfico 4-5: Porcentagens de consumo de água de reuso (Car) e água potável (Cap) no consumo total dos edifícios.

Os dados mostram que o edifício com maior participação de água de reuso no consumo de água total é o Royal Blue, com quase 25% de seu consumo atendido pela água cinza tratada, enquanto no Luiz Nogueira este percentual é de apenas 10,9.

Destaca-se, entretanto, que no Royal Blue a água de reuso é direcionada para atendimento das demandas de descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e irrigação de jardim. Em contrapartida, no Luiz Nogueira, essa demanda de água de reuso é apenas para descargas de bacias sanitárias dos apartamentos, perdendo assim grande parte das suas águas cinzas no esgoto sanitário, e demandando quase 90% do seu consumo inteiramente por água potável fornecida pela concessionária. Já o edifício José Paulino, não possui sistema de separação das águas cinzas para reutilização, e portanto, conta com 100% de sua demanda atendida pela concessionária de abastecimento.

O **Gráfico 4-5** mostra e evidencia do quanto a prática de reuso de águas pode influenciar nos consumos de água potável e nos custos com águas nos edifícios.

4.1.2. Produção

O **Gráfico 4-6** apresenta os indicadores de produção de águas residuais per capita.

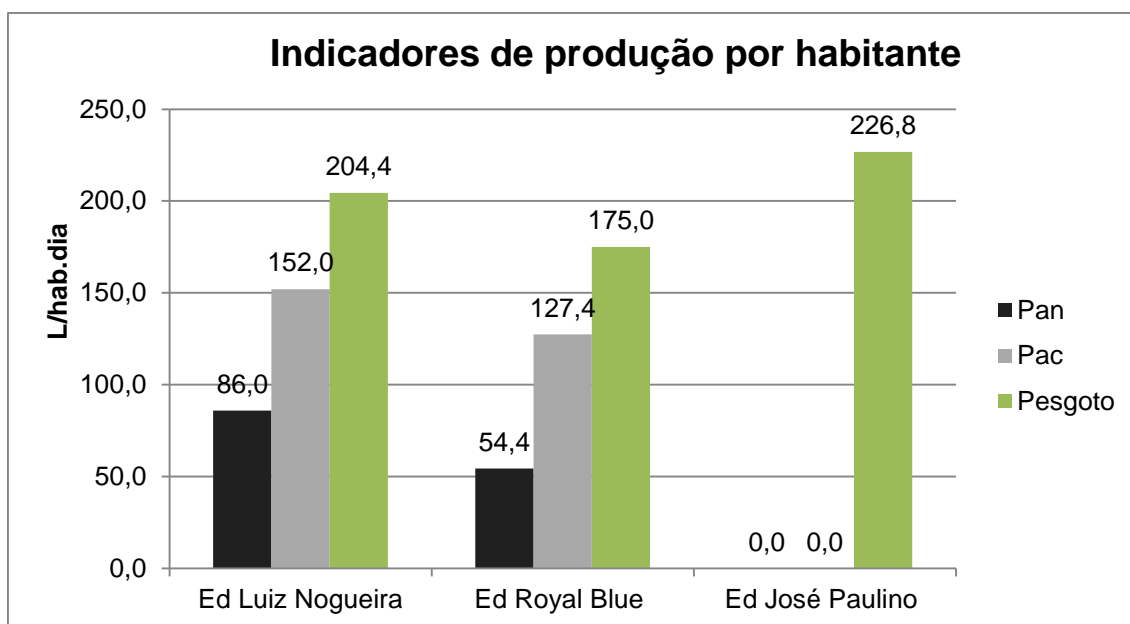


Gráfico 4-6: Indicadores de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Psgoto) nos três edifícios, por habitante.

Os dados mostram que entre os edifícios que possuem o sistema de reuso de água, o Royal Blue é o que produz menor quantidade de esgoto doméstico per capita, com 175 L/hab.dia. O edifício Luiz Nogueira, que também possui separação de águas, obteve um indicador per capita de 204,4 L/hab.dia de esgoto lançado na rede.

O edifício José Paulino apresentou a maior produção de esgoto per capita entre os três estudados, com 226,8 L/hab.dia. Destaca-se entretanto que não foi possível calcular os indicadores de produção de águas cinzas e de águas negras nesta edificação devido às características da sua série histórica, que não contemplou o monitoramento dessas águas. Além disso, a produção de esgoto

doméstico foi estimada com base em dados fornecidos mensalmente nas cobranças de água da concessionária.

Os indicadores de produção de águas residuais *per capita* obtidos para os edifícios são apresentados na **Tabela 4-3**, juntamente com valores encontrados na literatura técnica para estudos realizados no Brasil e em outros países.

A tabela mostra que se comparado com outros estudos apresentados, o edifício José Paulino é o que apresenta o maior indicador de produção de esgoto *per capita*, com 226,82 l/hab.dia. Já o menor valor foi obtido por Peters et al. (2006) em residências de baixa renda (90,63 L/hab.dia).

Para a produção de águas cinzas, o maior valor foi encontrado por Valentina (2009) em estudo realizado também em Vitória em edificações com sistema de reuso de água, com um indicador de produção de águas cinzas de 195 L/hab.dia. O menor indicador foi encontrado na Inglaterra, por Magri (2008), de 73,3 L/hab.dia.

De todos os valores apresentados na **Tabela 4-3**, o edifício Royal Blue é o que apresentou o menor indicador de produção de esgoto *per capita* se comparado com outras edificações multifamiliares.

Nenhuma edificação estudada nesta pesquisa apresentou indicadores acima do limite de referência para projetos em apartamentos, proposto por Metcalf e Eddy (1979), de 260 L/hab.dia de esgoto total.

Tabela 4-3: Comparativo dos indicadores de produção de águas residuais *per capita* para águas cinzas (Pac), água negra (Pan) e esgoto (Pesgoto) encontrados neste estudo e em outros estudos no Brasil e no mundo.

Referências	Local	Edificação	Pac claras (L/hab.dia)	Pan (L/hab.dia)	Pesgoto (L/hab.dia)
Esta pesquisa - Ed Luiz Nogueira	Vitória - ES	Multifamiliar	152,02	85,96	204,43
Esta pesquisa - Ed José Paulino	Vitória - ES	Multifamiliar	-	-	226,82
Esta pesquisa - Ed Royal Blue	Vitória - ES	Multifamiliar	127,4	54,36	175,00
Martins e Memelli (2011)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	147,01	38,07	
Aguiar (2011)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	152,02	33,46	238,12
Valentina (2009)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	195,00	-	-
Agotini (2009)	Vitória - ES	Multifamiliar com reuso	54,00	-	-
Personato et al. (2007)	Campo Grande - MS	residência de baixa renda	58,60	-	-
Cheung et al. (2009)	Florianópolis -SC	Unifamiliar de baixa renda com reuso	91,00	31,00	-
Peters et al. (2006)	Florianópolis -SC	Residência de baixa renda	54,30	-	90,63
Magri (2008)	Florianópolis -SC	residência de baixa renda	77,33	-	-
Prathapar et al.(2005)	Omã	Residências	105,00	55,00	200,00
Palmquist e Hanaeus (2005)	Suécia	Residências	-	-	-
Parkinson et al (2005)	Goiânia - GO	Unifamiliar	-	-	241,00
Almeida et al (1999)	Inglaterra	Residências	57,49	31,51	102,30
Henze e Ledin (2001)	Japão	Unifamiliares	120,00	50,00	200,00
Metcalf e Eddy (1979)	valor de referência	apartamentos	-	-	260,00

O **Gráfico 4-7** mostra os indicadores de produção de águas residuais por área dos edifícios.

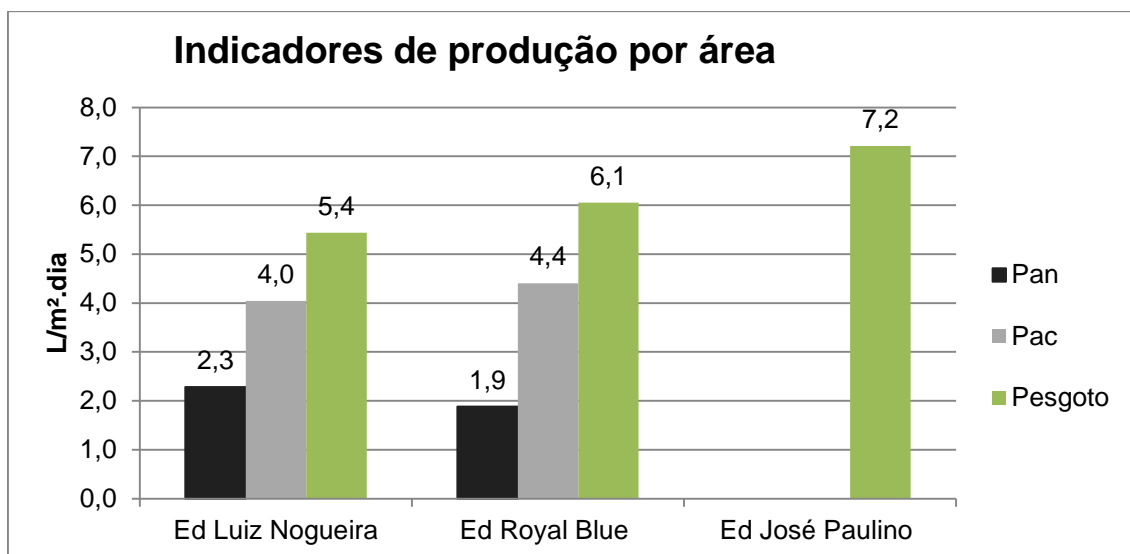


Gráfico 4-7: Indicadores de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Pesgoto) nos três edifícios, por área.

Nota-se no referido gráfico que cerca de 6 L/m².dia de esgoto total são produzidos no edifício Royal Blue, que contém 147,48 m² de área computável. O edifício Luiz Nogueira obteve um indicador de 5,4 L/m².dia e o José Paulino de 7,2 L/m².dia para a produção de esgoto total. Esses valores estão diretamente relacionados com o consumo de água total nas edificações apresentado no **Gráfico 4-2**, já que quanto maior o consumo de água, maior a produção de esgoto doméstico, ou seja, os gráficos devem seguir a mesma tendência entre consumo e produção por área.

O **Gráfico 4-8** apresenta os indicadores de produção de águas residuais por dormitório.

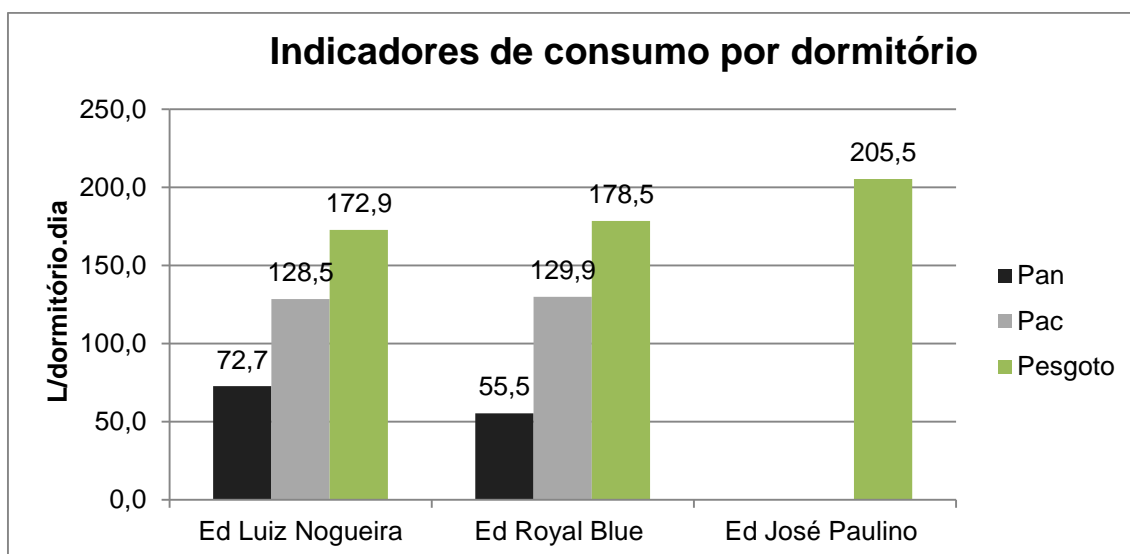


Gráfico 4-8: Indicadores de Produção de Águas Negras (Pan), Produção de Águas Cinzas (Pac) e Produção de Esgoto (Pesgoto) nos três edifícios, por dormitório.

Para os indicadores de produção de águas cinzas, águas negras e esgoto por dormitórios, o comportamento dos edifícios é o mesmo daqueles indicadores per capita. O edifício Royal Blue apresentou o maior indicador de produção de águas cinzas e esgoto total por dormitório, de 129,9 L/dormitório.dia e 178,5 L/dormitório.dia, respectivamente, entre os que possuem sistema de reuso de água. Para as águas negras, o Luiz Nogueira teve um indicador de 72,7 L/dormitório/dia e Royal Blue de 55,5 L/dormitório.dia. Por fim, a edificação que apresentou a maior produção de esgoto doméstico por dormitórios entre as estudadas foi o José Paulino, com 205,5 L/dormitórios.dia.

A relação entre o consumo de água de reuso e a produção de águas cinzas é mostrada no **Gráfico 4-9**.

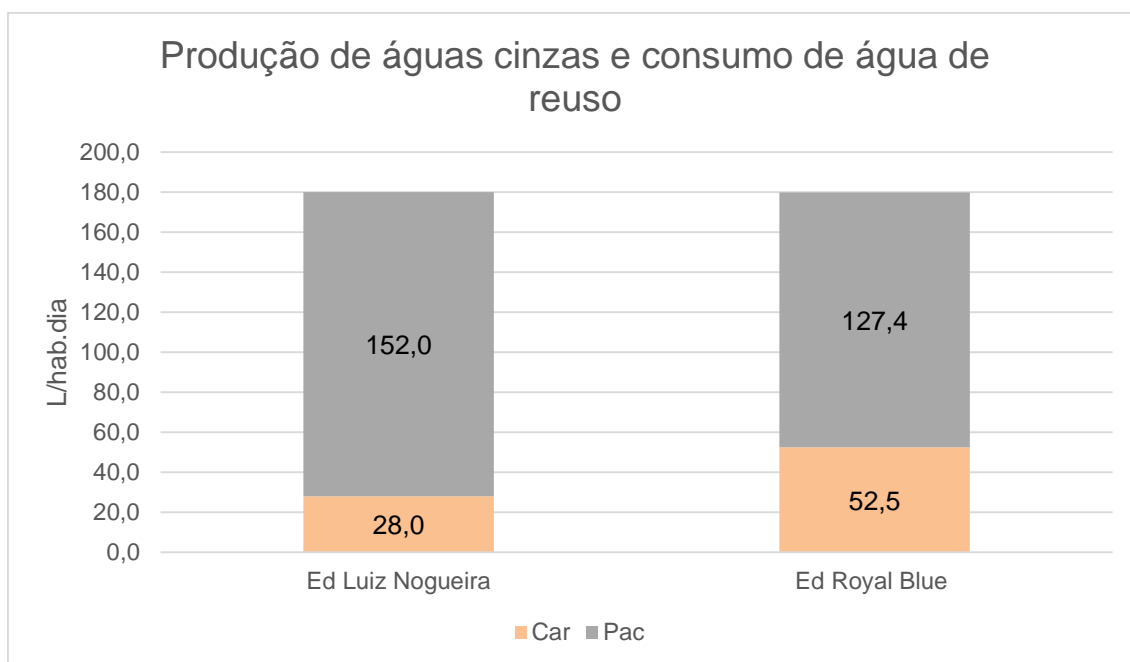


Gráfico 4-9: Relação entre a produção de águas cinzas e o consumo de águas de reuso nas edificações com sistema de reuso de águas.

É possível observar neste gráfico que entre os edifícios que possuem o sistema de reuso de águas cinzas, o Royal Blue consome 52,5 L/hab.dia de um total de 127,4 L/hab.dia de águas cinzas produzida, enquanto a edificação Luiz Nogueira, consome cerca de 34 L/hab.dia a menos de água de reuso. Essa diferença entre as edificações pode decorrer do fato de que no Luiz Nogueira o consumo de águas cinzas é restrito ao atendimento das descargas de bacias sanitárias, e o Royal Blue reutiliza a água cinza também nas áreas externas, em limpezas e banheiros da área de lazer, e na irrigação de jardins.

4.1.3. Coeficiente de Retorno

Com os monitoramentos do consumo de água e da produção de esgoto doméstico nas três edificações, através do cálculo do balanço hídrico foi possível estimar o coeficiente de retorno dos edifícios, que é definido como a relação entre a quantidade de esgoto doméstico lançado na rede pública de esgoto e o consumo de água total. Os indicadores de consumo de água total (Cat) e

produção de esgoto doméstico (Pesgoto) estão apresentados juntamente com os coeficientes de retorno no **Gráfico 4-10**.

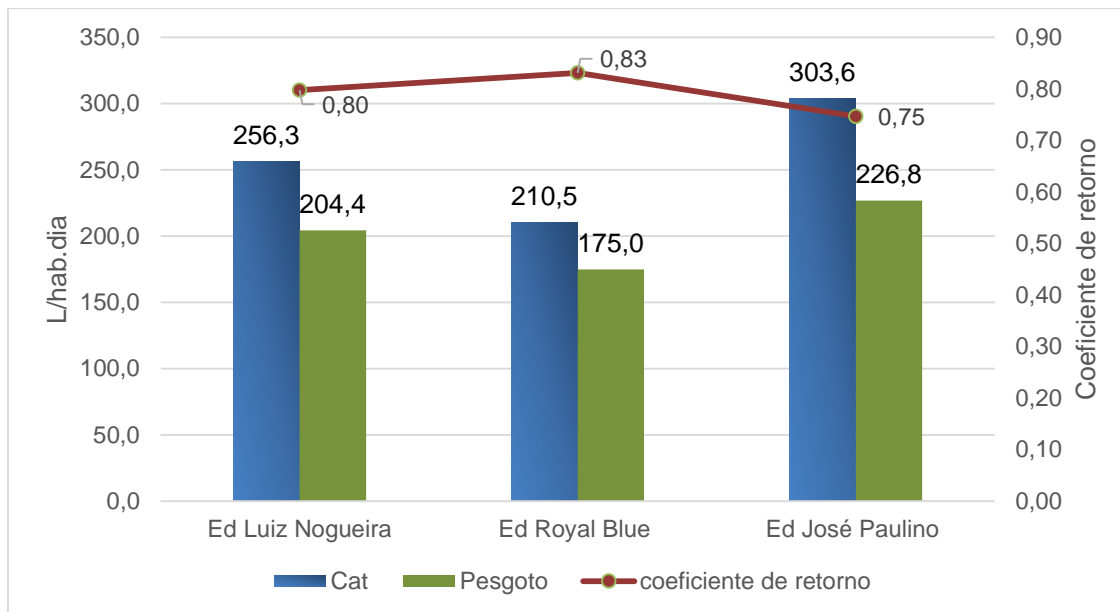


Gráfico 4-10: Coeficiente de retorno obtido nas três edificações.

Os coeficientes de retorno das edificações estudadas estão de acordo com o encontrado na literatura, que apresentam valores entre 0,5 e 0,9 em geral. Esses valores podem ser afetados pela quantidade de água usada na rega de jardins, lavagem de automóveis e pisos externos.

No Brasil, as recomendações para projeto da NBR 9649/1886 são de coeficiente de retorno variando de 0,7 a 0,8. NETTO (1977) afirma que é usual a adoção de valores na faixa de 0,7 a 0,9. Dessa forma, apenas o edifício Royal Blue apresentou um valor ligeiramente acima do estabelecido pela norma, porém dentro do que a literatura considera comum no Brasil.

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.2.1. Consumo de água potável – Cap

A **Tabela 4-4** apresenta os resultados do teste U de Mann Whitney aplicado para avaliar as tendências e dispersões do consumo de água potável em apartamentos.

Tabela 4-4: Medidas de tendência central e dispersão para a variável Consumo de água potável (Cap) dos apartamentos do estudo por estação do ano e P-Valor do teste de Mann-Whitney.

Estação	Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Inverno	Luiz Nogueira	202,66	208,80	72,84	0,001
	Royal Blue	131,53	135,20	37,07	
	Luiz Nogueira	202,66	208,80	72,84	0,001
	José Paulino	255,70	277,10	60,74	
	Royal Blue	131,53	208,80	72,84	0,001
	José Paulino	255,70	277,10	60,74	
Verão	Luiz Nogueira	195,29	222,20	82,00	0,001
	Royal Blue	161,77	171,90	35,59	
	Luiz Nogueira	195,29	222,20	82,00	0,001
	José Paulino	250,25	252,60	99,41	
	Royal Blue	161,77	171,90	35,59	0,001
	José Paulino	250,25	252,60	99,41	

Nos testes estatísticos que consideram o *p-valor*, os valores críticos são aqueles que apresentam 5% para rejeição da igualdade, ou seja, para *p-valor* abaixo de 0,05 resulta que os consumos hídricos foram muito diferentes entre si. Ao contrário, os valores acima de 5% de rejeição resultam em consumos parecidos entre os edifícios.

Dessa forma, conforme pode ser observado na **Tabela 4-4**, para todas as variáveis, houve diferença significativa se considerado 5% como valor crítico para rejeição da igualdade. Nos meses do inverno o edifício que apresentou maior desvio padrão dos dados foi o Luiz Nogueira (72,84) e no verão foi José Paulino (99,41).

A **Tabela 4-5** apresenta os resultados estatísticos para a variável consumo de água potável (Cap) nas áreas externas dos edifícios.

Tabela 4-5: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água potável nas áreas externas e *p-valor* do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	29,98	18,45	48,04	0,001
Royal Blue	17,60	7,80	39,23	
Luiz Nogueira	29,98	18,45	48,04	0,177
José Paulino	62,52	40,30	172,82	
Royal Blue	17,60	7,80	39,23	0,009
José Paulino	62,52	40,30	172,82	

Conforme pode ser observado na tabela acima, a comparação feita entre os edifícios Luiz Nogueira e José Paulino apresentou um *p-valor* acima de 5% para a rejeição de igualdade, comprovando que entre esses edifícios há um consumo de água potável nas áreas externas parecidos. Isso se deve ao fato de que no edifício Luiz Nogueira, que possui o sistema de reaproveitamento de águas cinzas, o reuso de águas é feito apenas nas descargas das bacias sanitárias dos apartamentos, não se estendendo para as demandas da área externa do prédio. Como em José Paulino o consumo de água é exclusivamente potável, é normal que os consumos dessa água nas áreas externas dos dois edifícios tenham valores aproximados entre si.

Por fim, as medidas de tendência central e resultados de dispersão e *p-valor* foram calculadas para a variável consumo de água potável geral (apartamentos, áreas de reuso e possíveis perdas) dos edifícios. Os resultados estão na **Tabela 4-6**.

Tabela 4-6: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água potável geral e *p-valor* do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	227,13	248,95	100,26	0,001
Royal Blue	158,03	156,55	53,73	
Luiz Nogueira	227,13	248,95	100,26	0,001

José Paulino	316,10	285,70	162,33	
Royal Blue	158,03	156,55	53,73	
José Paulino	316,10	285,70	162,33	0,001

Para o consumo geral de água potável os testes mostraram que não há similaridade entre os valores de consumo de cada edifício se comparados. O maior desvio padrão dos dados foi encontrado em José Paulino (162,333) e o menor em Royal Blue (52,73).

4.2.2. Consumo de água de reuso – Car

A **Tabela 4-7** apresenta os resultados para as análises estatísticas aplicadas para o consumo de água de reuso dos apartamentos e da área externa das edificações com sistema de reuso de águas.

Tabela 4-7: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água de reuso (Car) dos apartamentos e *p-valor* do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	28,95	31,10	12,29	
Royal Blue	41,83	41,00	11,02	0,001

Para a variável consumo de água de reuso (Car), o *p-valor* encontrado está mostrando que os consumos são muito diferentes entre si, com um valor de desvio padrão maior em Luiz Nogueira, indicando que neste edifício os consumos diários estão mais distantes das médias dos consumos se comparado ao Royal Blue.

A **Tabela 4-8** apresenta os resultados do teste U de Mann Whitney aplicado para avaliar as tendências e dispersões do consumo de água total (Cat) da área externa dos edifícios.

Tabela 4-8: Medidas de tendência central e dispersão para a variável consumo de água total da área externa e P-Valor do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	227,13	248,95	100,26	0,001
Royal Blue	316,10	285,70	162,33	
Luiz Nogueira	227,13	248,95	100,26	0,001
José Paulino	255,70	277,10	60,74	
Royal Blue	316,10	285,70	162,33	0,001
José Paulino	255,70	277,10	60,74	

Pela **Tabela 4-8** é possível perceber que houve diferença significativa para todos os edifícios, comparados dois a dois. A maior média foi do Royal Blue que também apresentou o maior desvio padrão dos dados, indicando que este é o edifício com maior dispersão dos dados em relação à média. Como os valores de *p-valor* encontrados estão todos abaixo de 5%, o teste comprova que os consumos de água total (potável e reuso) nas áreas externas dos prédios são muito diferentes entre si. Além disso, os valores do desvio padrão as séries históricas do edifício Royal Blue apresentaram o maior desvio padrão, indicando que seus dados estão espalhados por uma gama maior de valores.

A **Tabela 4-9** mostra os resultados das medidas de tendências central e dispersão para o consumo de água de reuso em toda a edificação, nas três edificações estudadas.

Tabela 4-9: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água de reuso geral e *p-valor* do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	28,04	30,90	13,04	0,001
Royal Blue	52,46	50,80	22,03	
Luiz Nogueira	28,04	30,90	13,04	-
José Paulino	.	.	.	
Royal Blue	52,46	50,80	22,03	-
José Paulino	.	.	.	

Como edifício José Paulino não possui sistema de reaproveitamento de águas, não foi possível obter resultados comparativos com o consumo dele. Entre o Royal Blue e o Luiz Nogueira, os resultados mostram que o consumo de água de reuso nos edifícios possui uma diferença entre seus valores considerável.

4.2.3. Consumo de água total

A **Tabela 4-10** apresenta os resultados encontrados para as médias, medianas, desvio padrão e *p-valor* para a variável consumo de água total (Cat) considerando a área comum e apartamentos dos edifícios.

Tabela 4-10: Medidas de tendência central e dispersão para a variável Consumo de água total geral e P-Valor do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	256,32	284,40	108,55	0,001
Royal Blue	210,48	208,80	62,19	
Luiz Nogueira	256,32	284,40	108,55	0,032
José Paulino	316,10	285,70	162,33	
Royal Blue	210,48	208,80	62,19	0,001
José Paulino	316,10	285,70	162,33	

Assim como a maioria das outras variáveis, para o consumo de água total das áreas externas, apartamentos e possíveis perdas dos edifícios os testes estatísticos demonstraram que houve diferença significativa para o consumo total de água de todas as edificações, já que nenhum *p-valor* foi acima de 0,05.

Nesta variável, o maior desvio padrão foi observado no José Paulino, com 162,33 e uma média de consumo de 316,10 L/dia nestas áreas.

Na **Tabela 4-11** estão registrados os resultados referentes a variável consumo de água total dos apartamentos das edificações.

Tabela 4-11: Medidas de tendências central e dispersão para a variável consumo de água total dos apartamentos e *p-valor* do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	226,05	253,30	90,09	0,001
Royal Blue	182,25	184,15	46,60	
Luiz Nogueira	226,05	253,30	90,09	0,002
José Paulino	260,70	276,00	74,41	
Royal Blue	182,25	184,15	46,60	0,001
José Paulino	260,70	276,00	74,41	

Como pode ser observado, a comparação de nenhum edifício atingiu 5% para o **p-valor** indicando que os consumos de água total dos apartamentos dos três edifícios possuem valores diferentes entre si. Além disso, o maior desvio padrão da série histórica foi para o Luiz Nogueira, com 90,09.

A mesma tendência é observada na **Tabela 4-12**, mostrando os resultados para o consumo de água total nas áreas externas dos edifícios. Para todas as comparações houve diferença significativa considerando 5% como valor crítico para rejeição da igualdade.

Tabela 4-12: Medidas de tendência central e dispersão para a variável consumo de água total na área externa de edificações, e *p-valor* do teste de Mann-Whitney.

Edifício	Média	Mediana	Desv. Pad.	P-valor
Luiz Nogueira	227,13	248,95	100,26	0,001
Royal Blue	316,10	285,70	162,33	
Luiz Nogueira	227,13	248,95	100,26	0,001
José Paulino	255,70	277,10	60,74	
Royal Blue	316,10	285,70	162,33	0,001
José Paulino	255,70	277,10	60,74	

5. CONCLUSÕES

Considerando que quanto menor a produção de esgoto sanitário doméstico, menor o impacto causado por esses lançamentos em mananciais, então o

edifício Royal Blue é o que mais contribui para a conservação de águas entre os estudados, visto que ele apresentou o maior aproveitamento de águas cinzas das três edificações do estudo.

Para os indicadores de consumo de água, o Royal Blue foi o que apresentou menor consumo de água potável, com médias de 158 L/hab.dia, enquanto no Luiz Nogueira foi de 227,1 L/hab.dia. No edifício José Paulino, cujo consumo de água é exclusivamente potável, esse consumo per capita foi de 303,6 L/hab.dia, sendo o maior valor encontrado entre estudos similares no Brasil.

Os indicadores de produção de águas residuais mostraram que o Edifício José Paulino também foi o que obteve os maiores valores per capita, por área e por dormitório para a produção de esgoto doméstico lançado na rede. O per capita foi de 226,8 L/hab.dia, enquanto em Royal Blue esse valor foi o menor entre as edificações estudadas de 175 L/hab.dia. O mesmo comportamento é observado para os indicadores de produção de águas cinzas e águas negras, sendo que esses valores não foram avaliados para o José Paulino devido às características do monitoramento que não contemplaram essas análises.

As análises de similaridade entre os consumos dos três edifícios, identificadas através do teste estatístico de Mann-Whitney, mostraram que houve diferença significativa para todos os edifícios em quase todos os tipos de consumo analisados, com exceção apenas do consumo de água potável nas áreas externas dos edifícios José Paulino e Luiz Nogueira, onde o *p-valor* resultante dessa comparação apresentou valor acima de 5%, característico para amostras similares. Esse comportamento era o esperado, visto que nos dois edifícios não há reaproveitamento de águas cinzas nessas áreas.

6. RECOMENDAÇÕES

Objetivando o aprimoramento do conhecimento acerca do consumo de água e reaproveitamento de águas cinzas em edifícios multifamiliares em Vitória-ES, recomenda-se:

- Monitoramentos simultâneos dos hidrômetros instalados nas três edificações, visando avaliar os possíveis erros encontrados decorrentes de amostras que possuem características temporais diferentes;
- Realizar um levantamento estatístico dos dados dos três edifícios para verificar a confiabilidade dos dados e estimar os dados faltantes.
- Realizar as análises das perdas de água nos três edifícios apresentados, visando uma comparação entre eles;
- Desenvolver um programa para o aproveitamento do excedente de águas cinzas produzida e descartada na rede pública de esgoto;
- Continuar os estudos com águas cinzas em Vitória-ES, visando conhecer os perfis de consumo de água de outras edificações residenciais com alto padrão;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalação Predial de Água Fria: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução: NBR 8160. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997

AGOSTINI, R. S.; Dos; de. Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reuso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão. 2009. 69 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009. (Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves).

AGUIAR, K. C. Comparação dos Potenciais de Conservação de Água com a Prática do Reuso de Águas Cinza e com a Coleta Segregada da Urina Humana em uma Edificação Residencial Multifamiliar. Vitória, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo.

ALMEIDA, M.A., SCHAEFFER, R., LA ROVERE, E.L. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil, 2001.

AZEVEDO NETTO, J. M., *et alli*. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. Revista ambiente construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr.-jun. 2008.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de águas cinza para uso não potável em edificações. Vitória. 184p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 164 p.: Il.

Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2011. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2013. 432 p.

Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2003. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2005. 235 p.

CAMPOS, H. Estatística experimental não-paramétrica. 4ed. FEALQ, Piracicaba, S.P., 1983.

CHEUNG, P. B.; *et al.* Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98.

COHIM, E. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, UFBA, 2009.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 23p.

COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. Estatística. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264 p.

CUSTÓDIO, S. P.; FERREIRA, O. M. Condomínio residencial Aldeia do Vale: consumo de água e geração de esgoto. 2005. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prograd/graduacao/ArquivosUpload/36/file/CONDOM%20C3%8DNIO%20RESIDENCIAL%20ALDEIA%20DO%20VALE%20-20CONSUMO%20DE%20%20C3%81GUA%20E%20GERA%20C3%87%20C3%83O%20DE%20ESGOTO.pdf>>. Acesso em: 10 de out de 2014.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Conservação e Reuso da Água em Edificações. São Paulo, 2005.

FIORI, S. FERNANDES, V.M.C. PIZZO H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, v.6, n.1, p. 19-30. Porto Alegre. 2005.

FIRJAN, Sistema. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Manual de Indicadores Ambientais. DIM/GTM, 2008.

GHISI, E. FERREIRA, D. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. Building and Environmental, vol. 42, p 2512 – 2522, 2006.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1.290 p.

HASTENREITER, T. A. Estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de reuso de água cinza para fim não potável em edificação empresarial. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, 2013.

HENZE, M; LEDIN, A. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. Decentralised sanitation and reuse: Concepts, systems and implementation. London: IWA Publishing, 2011, chapter 4, p. 59-72, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-076.pdf>>. Acesso em: 30 de out 2014.

ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M.; KAVASSAKI, Y. Sistemas prediais de água quente. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. EPUSP, 1994. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/ttpcc08.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2014.

JAMRAH, A., AL-OMARI, A., AL-QASEM, L., ABDEL GHANI, N. Assessment of availability and characteristics of grey water in Amman. Water international. v. 31, n.2, p. 210–220, 2006.

KOSE, H.; SAKAUE, K.; IIZUKA, H. Measurement of water, electronic power and gas.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas: prediais e industriais. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1986. 798 p.

MARTINS J. L. MEMELLI M. S. Balanço hídrico e indicadores de consumo de água potável e não potável em uma edificação dotada de sistema de reuso de águas cinza. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, 2013.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo. 2004. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering – treatment, disposal and reuse, 3ª edition, McGraw-Hill, Inc. New York, 1334 p. 1991

MONTGOMERY, Douglas. Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros, 2ed., Editora LTC, R.J., 2003.

OLIVEIRA, L. H; CARDOSO, C.G. The influence of water losses in the water consumption indicator value of apartment buildings. In: CIB-W62 – WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 27, 2001, Slovênia. Proceedings: CIB W62, 2001, 12p.

OTTERPOHL R.U. Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. Water, V 21,2001.

PARKINSON, J. N. CAMPOS, L. C. Desenvolvimento de um modelo para a caracterização

PERTEL, M. Caracterização do Uso da Água e da Energia Associada à Água em uma Edificação Residencial Convencional e uma Dotada de um Sistema de Reuso de Águas Cinza. Vitória, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

PETERS, M.R. et al. Quantificação e caracterização de águas cinzas para reuso doméstico. In: V Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2006, Porto Alegre. Gestão Integrada do Meio Ambiente. Porto Alegre: ABES, 2006.

REBÊLO, M. M. P. S. Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia, Maceió, 2011.

RODRIGUES, L. C. S. Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES. 2005. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em:<<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 12 out. 2014.

SANTANA, D. BOEGER, L. MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – Parte 1: redução no consumo de água. Paranoá, Brasília, nº 10, p. 77-84, 2013.

SIEGEL, S. Estatística não-paramétrica (para as ciências do comportamento). Editora McGraw-Hill do Brasil, 1981.

SPSS for Windows Release 11.5.0 (6 sep 2002). Help do SPSS.

VALENTINA R. S. D. Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reuso não potável. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

ZORZAL, F. M. B. Indicador de Qualidade Ambiental Urbana para o Município de Vitória. Vitória 114p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 1998.