

# GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA POTÁVEL E DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ

**Ricardo Franci Gonçalves (1), Cristina Engel de Alvarez (2),  
Glyvani Rubim Soares (2), Mônica Pertel (1), Giovana Martinelli da Silva (3)**

(1) Núcleo Água – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil – e-mail: franci@npd.ufes.br

(2) Laboratório de Planejamento e Projetos – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil – e-mail:  
engel@npd.ufes.br; labproj@npd.ufes.br

(3) Fluir Engenharia, Brasil – e-mail: giovana@fluir.eng.br

## RESUMO

Os estudos tecnológicos no âmbito do programa antártico brasileiro encontram-se em desenvolvimento objetivando aumentar o desempenho ambiental da Estação Antártica Comandante Ferraz. Busca-se a otimização de eficiência de construção e dos padrões de utilização das instalações no que se refere aos sistemas de gerenciamento de água potável e de águas residuárias. Um Programa de Conservação de Água está em curso, visando reduzir o consumo e, conseqüentemente, diminuir o volume de esgoto gerado. O uso da água está sendo monitorado, através de setorização da rede e hidrometração em tempo real, gerando informações como: consumo de água no período histórico, número de agentes consumidores, indicadores de consumo, desperdício diário, perda por vazamento visível e invisível, perda diária total, consumo diário nos sistemas especiais e procedimentos inadequados dos usuários. No que tange à ETE, esta associa em série os processos de um reator anaeróbio compartimentado, um filtro biológico aerado submerso e desinfecção ultravioleta, cuja tecnologia é capaz de produzir um efluente final de acordo com padrões de balneabilidade brasileiros e da O.M.S.: DBO  $5 \leq 30$  mg/l, DQO  $\leq 90$  mg/l, SST  $\leq 30$  mg/l e coliformes fecais  $< 103$  NMP/100ml.

Palavras-chave: antártica, água potável, esgoto sanitário, tratamento, estação compacta.

## I. INTRODUÇÃO

É inegável que as condições de inospicidade do ambiente antártico, principalmente em relação às condições climáticas extremas e ao isolamento característico, são fatores amplificadores de estresse dos usuários das edificações e da necessidade de adoção de medidas coerentes com as restrições logísticas disponíveis. Por sua vez, a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), principal instalação científica brasileira instalada na Antártica, esta situada numa condição ambiental privilegiada – a Baía do Almirantado na Ilha Rei George - cuja fartura de água oriunda de duas lagoas de degelo permite o desenvolvimento de algumas atividades que proporcionam conforto aos usuários, bem como instalações relativamente simples para a obtenção de água (Figura 1). Praticamente todas as atividades que utilizam a água são realizadas sem a preocupação com a economia, visto não haver, teoricamente, uma “conta a pagar”, embora o tributo final seja a geração de uma grande quantidade de resíduo sólido que precisa ser tratado, eliminado, ou ainda, transportado de volta ao Brasil.

Ressalta-se ainda que o ambiente antártico caracteriza-se por sua extrema fragilidade ambiental, cuja interferência humana pode ocasionar conseqüências irreversíveis, principalmente no que se relaciona aos impactos ambientais decorrentes das atividades científicas e logísticas.



**Figura 1 – Vista aérea do sítio de implantação da Estação Antártica Comandante Ferraz com ênfase para as lagoas de captação de água.**

Uma das principais linhas de desenvolvimento tecnológico que integram o PROANTAR refere-se ao desenvolvimento de soluções arquitetônicas e construtivas que viabilizem a ocupação humana da Antártica de maneira a causar o menor impacto ambiental possível (ALVAREZ et al, 2005). Além do ambiente construído, dos materiais e das técnicas construtivas, encontra-se dentre os principais focos atuais da pesquisa brasileira o desenvolvimento de tecnologia para aumentar o desempenho ambiental da EACF. Nesse sentido, uma ampla revisão da infra-estrutura instalada encontra-se em curso, visando o aprimoramento dos seguintes sistemas básicos: sistemas de águas potável e não potável; sistema de esgotamento sanitário e outros resíduos líquidos; sistema de gerenciamento de resíduos sólidos; sistema de gerenciamento da qualidade do ar ambiente interno e externo; sistema de gerenciamento de energia, sendo também objeto de particular interesse das pesquisas os padrões comportamentais dos habitantes da EACF, os aspectos construtivos e de ocupação do solo.

### **1.1. Uso racional e conservação da água**

Soluções que preservam a quantidade e a qualidade da água passam, necessariamente, por uma revisão do uso da água nas edificações, tendo como meta a redução do consumo de água potável e, concomitantemente, da produção de águas residuárias (Gonçalves e Bazzarella, 2005). No caso da EACF, esse último aspecto assume importância maior no que se refere à necessidade de conservação da água. O consumo de água em uma edificação, ou seja, a quantidade consumida, pode ser descrita pela expressão: consumo = uso + perda + desperdício (ALVES et al., 2006):

A categoria “uso” compreende a quantidade de água necessária à realização de determinada atividade; já a categoria “perdas” enquadra-se as deficiências de um sistema que levam à perda física da água, ou seja, são águas não utilizadas, reconhecidas como pertencentes a essa categoria, mas que não podem ser aproveitadas ou reaproveitadas em um dado momento, dadas limitações ou impossibilidades. Finalmente, a categoria “desperdício” compreende basicamente as perdas evitáveis, ou seja, correspondem claramente à negligência do usuário que não tem consciência sobre o valor da água. A eliminação ou redução das parcelas de perdas e desperdícios a níveis razoáveis resulta em consideráveis benefícios ambientais e econômicos, assim, um Programa de Conservação e Reúso de Água – PCRA pode ser definido como um conjunto de ações específicas de racionalização do uso da água nas edificações. Tendo como objetivo direto a conservação de água, os PCRA devem realizar uma análise de demanda e oferta de água, em função dos usuários e atividades consumidoras,

com base na viabilidade técnica e econômica de implantação das mesmas (HESPANHOL e GONÇALVES, 2005).

Os grandes motivadores para a implantação de um PCA são: economia gerada pela redução do consumo de água; economia criada pela redução dos efluentes gerados; conseqüente economia de outros insumos como energia e produtos químicos; redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação; aumento da disponibilidade de água; preservação dos recursos hídricos, favorecendo o desenvolvimento sustentável (SAUTCHÚK, 2004). O PCA em curso na EACF não está relacionado com eventuais problemas de escassez, mas sobretudo com a produção excessiva de águas residuárias e a preservação ambiental conseqüente dessa produção. A redução do consumo de água através de medidas racionalizadoras do uso proporciona uma redução proporcional da produção de esgoto sanitário que, após tratamento, será lançado na Baía do Almirantado.

## **1.2. Sistema de esgoto sanitário**

Os principais desafios tecnológicos para a implantação de um sistema de tratamento de esgoto sanitário são: a eficiência na remoção de matéria orgânica e microrganismos presentes no esgoto, a estabilidade do sistema frente às condições climáticas, a logística de construção, a robustez e a simplicidade de operação e de manutenção. Na melhoria do desempenho das ETEs através da otimização dos processos busca-se incrementar no volume reacional os fenômenos de retenção de biomassa, de misturamento de fases e transferência de massa (substratos), bem como aprimorar o monitoramento e o controle das reações de depuração. Na melhoria da aceitação das ETEs pelas comunidades: a rejeição das ETEs pelas comunidades é um fenômeno marcante do século XX, denominado recentemente como efeito NIMBY (“not in my back yard” = não no meu quintal). As novas tendências de desenvolvimento, registradas nos últimos 15 anos na Europa e no Japão, concentram-se nos seguintes pontos de desenvolvimento tecnológico:

1. Eficiência: as novas ETEs deverão atender padrões de qualidade cada vez mais restritivos, tratando esgotos a taxas cada vez maiores (em volumes menores);
2. Compacidade: ETEs pequenas são mais facilmente situáveis em sub-solo de áreas públicas ou mesmo edifícios (p. e., ETE de Mônaco);
3. Automação: Busca-se reduzir ao mínimo possível a presença de seres humanos em ambientes tão inóspitos, reduzindo concomitantemente a incidência de falhas;
4. Economia de energia: O desenvolvimento de tecnologia com baixo consumo de energia é estratégico para o setor e a preservação ambiental (GONÇALVES et al, 1994);
5. Produção e processamento de lodo: Privilegiam-se processos que minimizem a produção e que assegurem a higienização e a mineralização avançada do lodo, bem como aqueles que simplifiquem o seu circuito de tratamento na própria ETE (GONÇALVES et al., 1997).
6. Controle de odores e integração com o ambiente: ETEs passíveis de serem cobertas, limitando a emissão de odores, e processos de desodorização dos gases provenientes da ETE fazem parte da corrida tecnológica que marca esse final de século;

7. Sustentabilidade: a adoção de determinada tecnologia deve considerar o nível de capacitação das equipes de operação e manutenção, bem como a disponibilidade de equipamentos, materiais e recursos para a estabilidade operacional da ETE; e
8. Novos materiais e métodos construtivos: a pesquisa de novos materiais e novos métodos construtivos visam minimizar custos de implantação e aumentar a vida útil das instalações, sobretudo face ao problema da corrosão.

No caso da EACF, o desafio consistiu na substituição da ETE anterior por uma nova, concebida à luz dos critérios anteriormente descritos. As principais dificuldades se concentraram na logística de transporte dos materiais e equipamentos que compõem o sistema de tratamento, bem como no planejamento das atividades de operação e de manutenção da ETE após sua entrada em funcionamento. A questão das baixas temperaturas também foi um condicionante, sendo desejável que a operação do sistema seja realizada sob temperatura positiva.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O sistema hidro-sanitário da EACF pode ser classificado como convencional, dispondo de um sistema de abastecimento de água potável (fria e quente) e um sistema de esgotamento sanitário. O sistema de abastecimento de água é composto pelas seguintes etapas: dupla captação em dois lagos de degelo, duas estações de tratamento do tipo filtração rápida em leito arenosos + filtração em carvão ativado, e uma rede de distribuição interna. Esta infra-estrutura tem suprido a EACF ao longo dos anos, mesmo com sua população máxima ocorrida no verão 2006/2007 com aproximadamente 70 pessoas. O sistema de esgotamento sanitário é composto pela rede de esgoto sanitário, as caixas de gordura e um sistema de tratamento do tipo tanques sépticos + filtros anaeróbios. O esgoto tratado tem como destino final o mar, sendo lançado através de um emissário submarino de curta extensão.

Embora eficiente no que diz respeito ao conforto dos usuários, o sistema hidro-sanitário da EACF é um dos principais geradores de impacto ambiental no sítio de inserção. Sua concepção, realizada há mais de uma década, não previu a utilização de dispositivos economizadores de água e baseou-se no carreamento hídrico da excretas. Esta concepção resulta em fluxo linear de materiais, causando acumulação e mistura do ciclo da água com o ciclo de alimento na EACF. Ademais, a premissa de que os nutrientes eliminados nas excretas humanas não têm valor significativo, e devem ser descartados hidricamente, praticamente desconsidera as dificuldades de gerenciamento dos grandes volumes de águas residuárias produzidas (OTTERPOHL et al., 1997; ESREY et al., 1998). O sistema mistura quantidades comparativamente pequenas de substâncias potencialmente prejudiciais (0,08% a 0,1% de sólidos no esgoto doméstico, por exemplo), com grandes quantidades de água, aumentando a magnitude do problema. Se por um lado os problemas urgentes relacionados à higiene são solucionados, por outro, os impactos ambientais nos recursos hídricos utilizados para o suprimento de água potável são enormes (OTTERPOHL, 2001).

Estudos anteriores realizados sobre a qualidade da água do mar na Baía do Almirantado evidenciaram o impacto aportado pelo lançamento de esgoto sanitário tratado na Estação Antártica Comandante Ferraz. A ETE atual possui capacidade de tratamento equivalente a 45 pessoas e é composto por caixas de gordura compartimentadas, 4 tanques sépticos funcionando em série dois a dois, e dois filtros anaeróbios também em série que recebem o efluente dos 4 tanques sépticos. Este tipo de sistema de tratamento possui capacidade limitada de remoção de matéria orgânica (eficiência = 65% em relação a DBO5), de nutrientes (eficiência < 30%) e de coliformes termotolerantes de esgotos sanitários.

## 2.1. O Programa de Conservação de Água (PCA) na EACF

A implementação do PCA na EACF foi estruturada nas seguintes etapas:

1. Auditoria do consumo de água: levantamento de todos os dados que envolvam o uso da água na edificação e de indicadores de consumo;
2. Diagnóstico do consumo de água: síntese das informações obtidas na auditoria;
3. Definição e execução do plano de intervenção: elaborado após diagnóstico realizado com ações direcionadas ao ponto crítico do sistema e à correção de vazamentos; e
4. Implementação de um sistema de gestão de água: compreende ações de base operacional e educacional, visando a manutenção dos índices de economia obtidos.

Para caracterizar o consumo de água na EACF foi instalado um sistema de monitoramento do consumo de água, composto por um conjunto de hidrômetros com saída de sinal, conectados a uma central de registro de dados. Os dados de consumo encontram-se em fase de registro. A setorização do consumo (Figura 2) detalha as principais rotas de uso da água e consiste em uma das etapas de auditoria do consumo que também prevê as seguintes atividades: detalhamento do sistema hidro-sanitário; detecção dos vazamentos visíveis e não visíveis; levantamento dos sistemas hidráulicos especiais; análise da qualidade da água; e detalhamento dos procedimentos dos usuários.

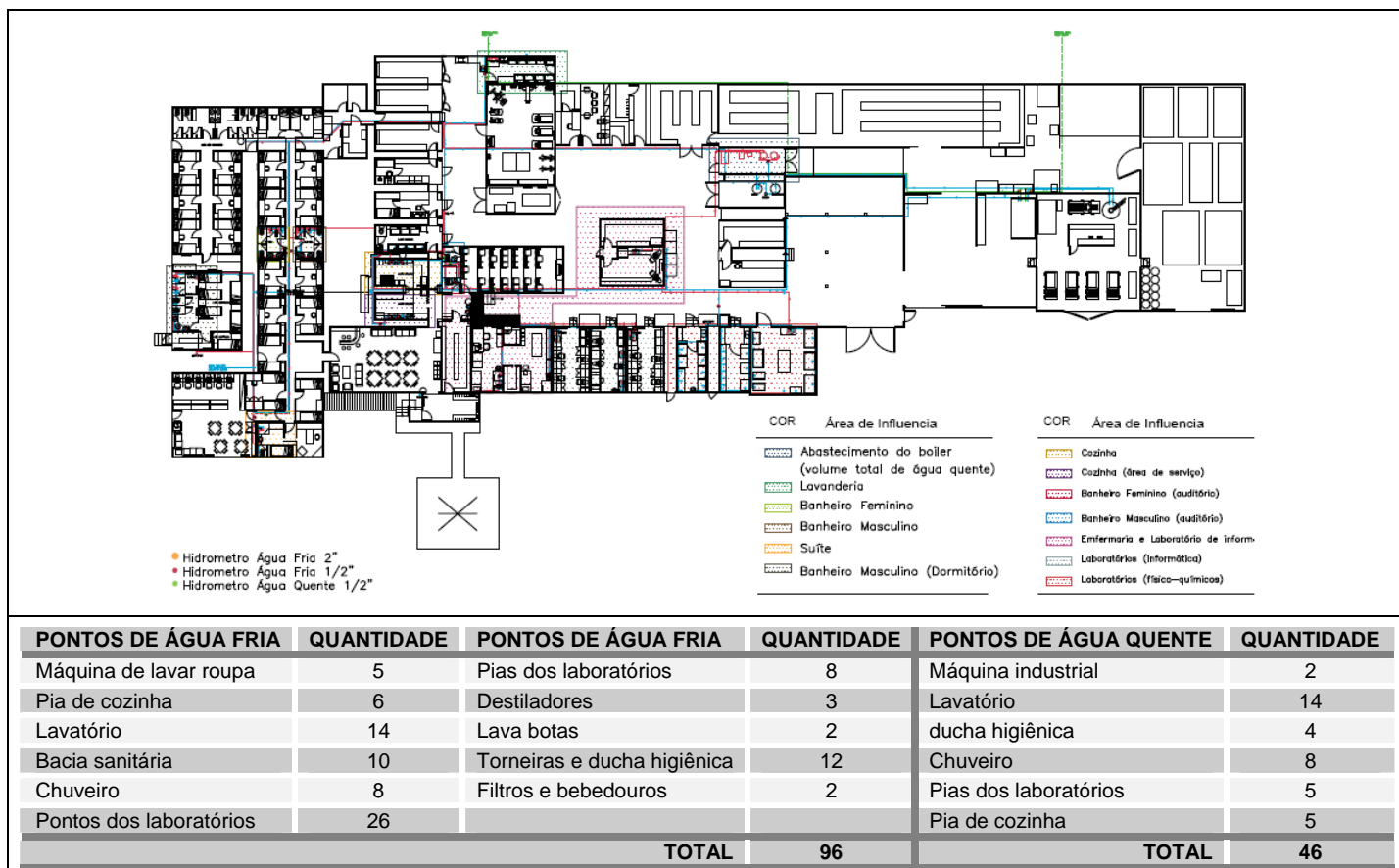


Figura 2 – Layout básico com a setorização na EACF e a identificação dos pontos de consumo de água.

Ao fim do diagnóstico, serão obtidas as seguintes informações: consumo de água no período histórico, número de agentes consumidores, indicadores de consumo de água no período, desperdício diário estimado, perda por vazamento visível, índice de perda por vazamento visível, perda por vazamento invisível, índice de perda por vazamento invisível, perda diária total no sistema, consumo diário de água nos sistemas hidráulicos especiais e procedimentos inadequados dos usuários com relação à água. Tais informações servirão de base à elaboração e implantação do PCA.

## 2.2. Estação Compacta de Tratamento de Esgoto Sanitário Na EACF

A ETE nova é composta por um reator RAC com 12,5 m<sup>3</sup> de volume útil (3 tanques em série, cada um com altura = 2,5 m e diâmetro = 1,75 m), um FBAS com 5,0 m<sup>3</sup> (altura = 1,65 m e diâmetro = 2,55 mm), um decantador secundário com 5,0 m<sup>3</sup> e um reator UV com 6 canais com lâmpadas emersas (Figura 4).

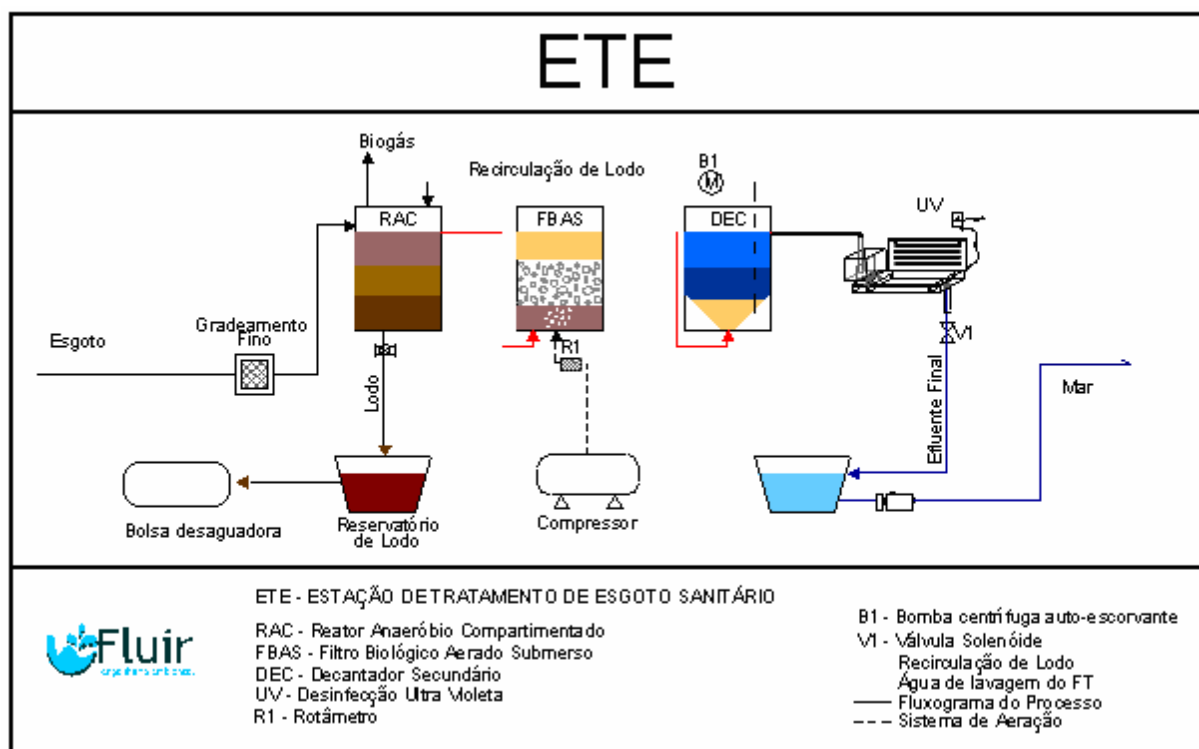


Figura 4 – Fluxograma em planta da nova ETE da EACF.

O meio granular do FBAS é flutuante e totalmente submerso, sendo composto por eletrodutos cortados com diâmetro efetivo de 25 mm, comprimento de 26 mm, superfície específica de 250 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> e densidade de 0,85. O suprimento de ar é assegurado por um compressor marca SCHULZ modelo NISI - 26 VL/60 (1/2 cv). O ar é injetado na base do FBAS e atravessa o leito em fluxo ascendente, em sentido co-corrente com o esgoto. As operações de manutenção da ETE compreendem o descarte de lodo do RAC, quando a altura da manta de lodo assim o exigir, bem como a rotineira remoção do lodo do decantador através de bombeamento temporizado automaticamente. O período de monitoramento terá duração total de 1 ano, para avaliar o desempenho do conjunto durante as duas estações climáticas antárticas: verão e inverno.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Em relação à economia de água

O monitoramento do consumo de água encontra-se em curso na EACF, no entanto, trata-se de um período em que a demanda é pequena, tendo em vista que a ocupação da EACF é realizada por uma população de 18 pessoas durante o inverno. Não obstante, considerando a vazão de consumo de água dos diferentes equipamentos e peças que compõem o sistema hidro-sanitário da EACF, realizou-se um estudo de racionalização do consumo através da substituição de alguns elementos. O consumo de água resultante de uma ocupação da EACF pode ser estimado em cerca de 127 m<sup>3</sup>/dia, caso o uso da água seja realizado sem critérios de racionalização nos equipamentos e peças hoje disponíveis (Tabela 1). Entretanto, considerando-se a substituição de equipamentos e peças por similares economizadores, tal como ilustra a Tabela 2, o consumo de água pode ser consideravelmente menor. No cenário 2, que corresponde a utilização de dispositivos facilmente disponíveis no mercado e que aportam economia mediana, o consumo de água do sistema hidro-sanitário atual pode ser reduzido em cerca de 46%.

**Tabela 1 – Consumo estimado de água na EACF considerando a ocupação de verão.**

PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA	QUANTIDADE	CENÁRIO 1 - CONVENCIONAL		
		Q UNITÁRIA	FREQUÊNCIA	Q TOTAL (L/dia)
Chuveiro	7	12,41 l/min	7 min/hab.dia	4343,50
Pia do banheiro (lavatório)	10	9,06 l/min	4 min/hab.dia	1812,00
Bacia sanitária	9	8,26 l/descarga	4 desc/hab.dia	1652,00
Ducha higiênica	7	6,94 l/min	1 min/hab.dia	347,00
Pia de cozinha entrada	1	24,84 l/min	129 min/dia	3193,71
Pia de cozinha janela	1	10,49 l/min	129 min/dia	1348,71
Pia copa lavagem	1	12,45 l/min	171 min/dia	2134,29
Pia copa enxague	1	25,01 l/min	257 min/dia	6431,14
Pia copa pré-lavagem	1	25,22 l/min	24,5 min/dia	617,53
Pia churrasqueira	1	6,87 l/min	5,71 min/dia	39,26
Pia enfermaria	2	9,20 l/min	24,5 min/dia	450,54
Pia laboratório 1	1	8,25 l/min	6,15 min/dia	50,56
Pia laboratório 2	2	9,98 l/min	171 min/dia	3421,71
Pia laboratório 3	1	10,37 l/min	24,5 min/dia	253,92
Destilador	3	10 l/min	42,9 min/dia	1285,80
Lava-botas	2	21,47 l/min	24,5 min/dia	1051,42
Torneira pedágio	1	9 l/min	171 min/dia	1542,86
Máquina de lavar LF90	1	171 l/min	2,14 min/dia	366,43
Máquina de lavar LF90	2	171 l/min	8,57 min/dia	2931,43
Máquina de lavar LQ11	1	154 l/min	8,57 min/dia	1320,00
Máquina de lavar industrial	1	171 l/min	11,4 min/dia	1954,29
Tanque lavanderia	1	9,27 l/min	36,7 min/dia	340,47
Filtro	1	0,09 l/min	214 min/dia	19,29
Pia aquário/triagem/lab4	5	11,58 l/min	6 min/dia	347,40
Tanque aquário/triagem	15	28,19 l/min	0,5 min/dia	211,43
Torneira aquário	9	12,84 l/min	3 min/dia	346,68
Tanque 7 triagem	1	14,89 l/min	10 min/dia	148,90

Com o emprego de dispositivos avançados de economia de água, tal como os mictórios sem água e bacias sanitárias compostadoras, o consumo de água pode ser reduzido em cerca de 65%. Evidentemente, o uso de tais equipamentos modifica completamente o gerenciamento de excretas na EACF, devendo ser objeto de estudos específicos de viabilidade. Não obstante, tendo em vista a significativa redução de consumo água e sua conseqüente redução na produção de esgoto sanitário, esta é uma opção a ser considerada nas ações futuras de aprimoramento do desempenho ambiental da EACF. Quando analisado o cenário 1 (verão) observa-se um

consumo per capita de água de 216 l/habitante dia. Com a utilização de dispositivo de economia mediana ocorre uma redução para 127 L/habitante.dia, o que corresponde a uma diminuição de aproximadamente 41% no consumo per capita. Com o uso de dispositivos de alta economia de água a redução chega a aproximadamente 53% (101 L/habitante.dia).

**Tabela 2 – Consumo estimado de água na EACF considerando a ocupação de verão e a instalação de economizadores de água disponíveis no mercado.**

PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA	APARELHOS ECONOMIZADORES	CENÁRIO 3 – MÁXIMA ECONOMIA			
		ECONOMIA %	Q UNITÁRIA	FREQUÊNCIA	Q TOTAL
Chuveiro	Chuveiro com tempo de fluxo determinado	40	7,45 l/min	7 min/hab.dia	2606,10
Pia do banheiro (lavatório)	Torneira com sensor	75	2,27 l/min	4 min/hab.dia	453,00
Bacia sanitária	Mictório seco	100	0,00 l/desc.	4 desc/hab.dia	0,00
Ducha higiênica	-	0	6,94 l/min	1 min/dia	347,00
Pia de cozinha entrada	Torneira com sensor	75	6,21 l/min	90 min/dia	798,43
Pia de cozinha janela	Torneira com sensor	75	2,62 l/min	90 min/dia	337,18
Pia copa lavagem	Torneira com sensor	75	3,11 l/min	120 min/dia	533,57
Pia copa enxágüe	Torneira com sensor	75	6,25 l/min	180 min/dia	1607,79
Pia copa pré-lavagem	Torneira com sensor	75	6,31 l/min	17 min/dia	154,38
Pia churrasqueira	Torneira com sensor	75	1,72 l/min	4 min/dia	9,81
Pia enfermaria	Torneira com sensor	75	2,30 l/min	17 min/dia	112,63
Pia laboratório 1	Torneira com sensor	75	2,06 l/min	4,3 min/dia	12,64
Pia laboratório 2	Torneira com sensor	75	2,50 l/min	120 min/dia	855,43
Pia laboratório 3	Torneira com sensor	75	2,59 l/min	17 min/dia	63,48
Destilador	-	0	10 l/min	43 min/dia	1285,80
Lava-botas	Restritores	60	8,59 l/min	17 min/dia	420,57
Torneira pedágio	Torneira com sensor	75	2,25 l/min	120 min/dia	385,71
Máquina de lavar LF90	-	0	171 l/min	1,5 min/dia	366,43
Máquina de lavar LF90	-	0	171 l/min	6 min/dia	2931,43
Máquina de lavar LQ11	-	0	154 l/min	6 min/dia	1320,00
Máquina de lavar industrial	-	0	171 l/min	8 min/dia	1954,29
Tanque lavanderia	Torneira com sensor	75	2,32 l/min	26 min/dia	85,12
Filtro	-	0	0,09 l/min	150 min/dia	19,29
Pia aquário/triagem/lab4	Torneira com sensor	75	2,90 l/min	6 min/dia	86,85
Tanque aquário/triagem	Restritores	60	11,28 l/min	0,5 min/dia	84,57
Torneira aquário	Torneira com sensor	75	3,21 l/min	3 min/dia	86,67
Tanque 7 triagem	Torneira com sensor	75	3,72 l/min	10 min/dia	37,23

### 3.2. Em relação à estação de tratamento de esgoto sanitário

As pesquisas de desenvolvimento da ETE-UFES buscaram a otimização dos processos que a compõem, explorando ao máximo as características ambientais favoráveis no Brasil, principalmente no que se refere ao clima. A utilização de processos anaeróbios compactos no início do fluxograma de tratamento das ETEs tipo UFES resulta em significativa redução de volumes e áreas, redução da quantidade de etapas de tratamento (menos unidades operacionais) e grande simplificação operacional do conjunto (GONÇALVES et al., 1997). As ETEs-UFES constituem a tecnologia mais compacta de tratamento de esgotos sanitários disponível no Brasil hoje em dia. Demandam cerca de 50% a menos de energia do que estações convencionais e produzem de 30 a 40% a menos de lodos, que se constituem no sub-produto do tratamento mais difícil de ser gerenciado.

Por outro lado, sabe-se que a eficiência do tratamento biológico em processos anaeróbios é praticamente nula quando a temperatura atinge valores inferiores a 15oC. Para evitar o colapso do sistema, foi prevista a climatização ambiente através de aquecedores a base de energia elétrica, prevendo-se uma temperatura interior mínima de 20 oC durante o inverno. Informações mais detalhadas sobre a ETE compacta encontram-se na



Tabela 4. O espaço total disponível para implantação da ETE é de apenas 65 m<sup>2</sup>, em uma área situada embaixo do heliponto da EACF (Figuras 5 e 6). Considerando a população máxima a ser atendida, totalizando 75 pessoas, a demanda relativa de área da nova ETE atingiu o valor de 0,87 m<sup>2</sup>/hab. No que se refere à obra de implantação, as limitações físicas do local, que conduziram à opção por uma ETE compacta, foram: pé direito inferior a 2,4 m, lençol freático muito alto e solo congelado. Outro aspecto importante refere-se à necessidade de climatização do ambiente, uma vez que a principal etapa do tratamento é composta por processos biológicos. Conforme a descrição já realizada, a ETE compacta é capaz de realizar o tratamento a nível secundário com desinfecção, tendo sido dimensionada para produzir um efluente final que atenda aos padrões de balneabilidade da resolução do CONAMA nº357/2005 e aos padrões da O.M.S. (Organização Mundial de Saúde).

**Tabela 4 – Dados sobre demanda de área e de energia da ETE compacta**

Item	Unidade	Valor
Vazão total	m <sup>3</sup> /d	13
Área total	m <sup>2</sup>	65
Área de circulação	m <sup>2</sup>	35
Demanda de área	m <sup>2</sup> /hab	0,87
Potência instalada	cv	3,5
Potência relativa	cv/hab	0,05



**Figura 5 – Detalhe do reator UV instalado na EACF**



**Figura 6 - Vista aérea do heliponto**

O desempenho previsto para a ETE da EACF é apresentado Tabela 5:

**Tabela 5 – Desempenho previsto para o tratamento com a instalação da nova ETE**

Etapa do tratamento	SS (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	NTK (mg/L)	E. coli (NMP/100mL)
Esgoto bruto	350	360	650	75	1 x 10 <sup>7</sup>
RAC	100	120	240	70	1 x 10 <sup>6</sup>
FBAS + Decantador	30	30	100	15	1 x 10 <sup>5</sup>
UV	30	30	100	15	1 x 10 <sup>3</sup>

#### 4. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou os estudos tecnológicos que encontram-se em curso no âmbito do Programa Antártico Brasileiro, objetivando aumentar o desempenho ambiental da Estação Antártica Comandante Ferraz. O Programa de Conservação de Água em desenvolvimento indicou, na sua fase preliminar, um elevado potencial de economia de água (e de não produção de esgoto sanitário) com relação ao padrão de consumo atual. Com a utilização de dispositivos sanitários de economia mediana poderá ocorrer uma redução do consumo per capita para 127 L/habitante.dia o que corresponde a uma economia de cerca 41%. Com o uso de dispositivos de alta economia de água, a economia atingirá 53% (101 L/habitante.dia). A nova ETE compacta, que associa em série os processos de um reator anaeróbio compartimentado, um filtro biológico aerado submerso e desinfecção ultravioleta, é capaz de produzir um efluente final de acordo com padrões de balneabilidade brasileiros e da O.M.S.: DBO  $5 \leq 30$  mg/l, DQO  $\leq 90$  mg/l, SST  $\leq 30$  mg/l e coliformes fecais  $< 103$  NMP/100ml. Trata-se de uma importante ferramenta de mitigação dos impactos ambientais historicamente aportados pela EACF na Baía do Almirantado – Antártica.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, C. E. de, SOARES, G. R., CASAGRANDE, B., CRUZ, D. O. **Conceitos e critérios adotados para o Plano Diretor da Estação Científica Comandante Ferraz**. In: Reunión Anual de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2005, Lima. **Documento de Información**. Lima: Inanpe, 2005, p. 1-22
- ALVES, W.C., ROCHA, A. L., GONÇALVES, R. F. **Capítulo 6: Aparelhos Sanitários Economizadores**. In Racionalização do uso da água em edificações. Ed. ABES. Rio de Janeiro. ISBN 85.7022.154-1. 352 pgs. 2006
- ESREY, S. et al. **Ecological sanitation**. Sida, Stockholm, 1998.
- GONÇALVES, R.F. e BAZZARELLA, B.B. (2005) - Reúso de águas cinzas e gerenciamento alternativo das águas amarelas (urina) em áreas urbanas, Anais eletrônicos do Workshop sobre Reúso. Campina Grande, PB.
- GONCALVES, Ricardo Franci - Reatores Manta de Lodos Como Etapa de Tratamento Primario de Águas Residuarias ( $1,1 < T_{dh} < 4,3$  Horas. Anais do VI SEMINARIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, FLORIANOPOLIS v.1, p.308-323, 1994
- GONCALVES, Ricardo Franci; ARAUJO, V. L.; CHERNICHARO, C. A. L. The Association Of Uasb Reactors And Submerged Aerated Biofilters For The Treatment Of Sewage In Large Brazilian Metropolitan Areas. WATER SCIENCE AND TECHNOL., v. 38, p. 8-9, 1997.
- HESPANHOL, I. e GONÇALVES, O. M. . **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. São Paulo: Prol Editora, 2005.
- OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation**. Water 21. p. 37-41, out. 2001.
- OTTERPOHL, R.; GROTTKER, M.; LANGE, J. **Sustainable water and waste management in urban areas**. Water Science Technologies. V. 35, N. 9, p. 121-133, 1997.
- SAUTCHÚK, Carla Araújo. **Formulação de Diretrizes para Implantação de Programas de Conservação de Água em Edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 304 pgs. 2004.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com o apoio do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Os autores agradecem ainda ao PROANTAR, em especial à SECIRM e AMRJ.