

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS UNI- ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**REUSO DE ÁGUAS EM AEROPORTOS PARA FINS NÃO NOBRES: UMA
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO CASO
DE GOIÂNIA**

ÉRICA CRISTINA ALVES FERNANDES
GUILHERME CARNEIRO PASSOS

GOIÂNIA
NOVEMBRO/2018

ERICA CRISTINA ALVES FERNANDES
GUILHERME CARNEIRO PASSOS

**REUSO DE ÁGUAS EM AEROPORTOS PARA FINS NÃO NOBRES: UMA
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO CASO
DE GOIÂNIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Universitário de Goiás – Uni-
ANHANGUERA, sob orientação da
Professora Mestre Regina de Amorim
Romacheli, como requisito parcial para
obtenção do bacharelado em Engenharia Civil.

GOIÂNIA
Novembro/2018

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus que nos capacitou e nos trouxe até aqui, nossas famílias e amigos que tanto nos ajudaram e apoiaram no decorrer do curso, mesmo com as inúmeras dificuldades e obstáculos encontrados nesse percurso, o apoio foi fundamental para conseguirmos o desenvolvimento deste estudo.

Mas Graças a Deus, que nos dá a vitória por meio do nosso Senhor Jesus Cristo. Portanto, meus amados irmãos, mantenha-se firmes e que nada os abale. Sejam sempre dedicados a obra do Senhor, pois vocês sabem que, no Senhor, o trabalho de vocês não será inútil.

1 Coríntios 15: 57-58

RESUMO

Diante da crise de falta de água potável, que vem aumentando nos últimos anos devido ao crescimento de consumo e desperdício por práticas humanas, é de suma importância a utilização de meios alternativos que evitam os desperdícios e que minimizam a utilização da água potável para fins não potáveis. Este artigo teve como objetivo analisar a implantação da técnica de reuso de águas cinzas no Aeroporto Internacional de Goiânia, administrado pela INFRAERO. Para execução da pesquisa foi realizado levantamento de campo, com registro fotográfico, e a análise dos projetos executivos e viabilidade econômica do sistema já implantado. Analisando os dados encontrados e aliando com as informações obtidas do responsável, verificou-se que foram investidos 2,7 milhões de reais em 2014 com o recurso do PAC2, correspondente a 0,5% do total do empreendimento. Conforme informações obtidas, o tempo de retorno do investimento encontrado foi de 24 anos e 4 meses. O sistema gera mensalmente, cerca de 800 m³ de água para reuso, podendo chegar a 20.000 m³ por dia. Do ponto de vista econômico, a alternativa somente é viável a longo prazo, porém há uma vantagem que sobrepõe as condições técnicas e econômicas, que é a redução de pressão pelo uso da água. Ao realizar o reaproveitamento das águas cinzas, o Aeroporto, enquanto grande consumidor, deixa de absorver 800 m³ que passaram a ser direcionados para a comunidade do entorno, podendo contribuir para a estabilidade do abastecimento para mais de 50 residências.

PALAVRAS-CHAVE: Reaproveitamento de água. Tecnologia mais limpa. Sustentabilidade. Crise hídrica .

INTRODUÇÃO

No Brasil, desde a década de 80 vem se valorizando o conceito de sustentabilidade e sua aplicação. Mesmo assim, o desperdício é ainda muito significativo. Segundo Mancuso e Santos (2003), a reutilização de resíduos vem se firmando cada vez mais como um instrumento de grande relevância para a preservação e conservação dos recursos naturais. Entre algumas das alternativas existentes, está o reuso da água.

No ano de 1992 a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) formou um grupo com profissionais do mais alto gabarito para poder publicar orientações para aplicação dessa solução, fornecendo também bases com conceitos para discussões e definiu parâmetros para a utilização do reuso de águas (JUNIOR, 2003).

O reuso de água consiste em um processo em que a água passa para ser reutilizada novamente, nessa tecnologia pode ser encontrada em menor ou maior grau de tratamento, dependendo assim dos fins que a água reutilizada será destinada, e de como ela foi usada anteriormente. Entre os tipos de reuso, destacamos o reuso de águas cinzas e pluviais (MANCUSO, 2003).

Os aeroportos são grandes consumidores de água, pois além de possuir um elevado número de circulação de pessoas, a água é utilizada também na sua manutenção e operação. Devido ao tamanho de sua estrutura é necessário um volume de água semelhante aos consumidos de cidades de médio e pequeno porte, e grande parte desse volume é destinado a atividades que não há necessidade de água potáveis e podem ser substituídas por efluentes tratados (COUTO, 2012)

Este artigo se propôs a verificar a efetividade de uma estação de águas cinzas, já implantada tendo como objeto de estudo o Aeroporto Internacional de Goiânia. Para levantamento das informações foram analisados os projetos e o funcionamento do sistema e posteriormente avaliadas as vantagens ambientais, sociais e econômicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para análise da viabilidade do sistema de reuso do Aeroporto, a pesquisa foi efetivada nas seguintes etapas: 1 - Descrição do objeto de estudo; 2 - Levantamento de dados “in loco” referentes aos consumos de água dos aparelhos sanitários através de entrevistas com o engenheiro responsável pela estação de tratamento a fim de estimar o consumo a partir da população que utiliza o aeroporto e as medições de vazão também foram obtidas a partir de estimativas de vazão por documentos fornecidos pelo próprio engenheiro responsável; 3 – Análise e descrição do projeto executivo e 4 – a Análise da viabilidade de consumo.

1 - Descrição do objeto de estudo

O Aeroporto de Goiânia – Santa Genoveva é, segundo informações da INFRAERO, um dos mais movimentados do Centro-Oeste do Brasil e possui importância estratégica nas áreas comercial, de turismo ecológico e de negócios, caracterizando-se como um polo integrador da região. O grande parque de manutenção de aeronaves instalado nos hangares do aeroporto – com as diversas empresas que fazem manutenção mecânica, elétrica, hidráulica, pintura, estofamento etc. traz também uma boa movimentação de aviação geral.

O Novo Aeroporto de Goiânia (figura 01) está localizado a 8 km do centro da cidade pronto para realizar grandes negócios. Em 2016 movimentou 3.016.798 de passageiros e 5.757.988 kg de cargas. Atendendo a média de 10.714 pessoas por dia em 2 pavimentos o aeroporto conta com 971 vagas no estacionamento. Operam em Goiânia as companhias Azul, Gol, Latam, Passaredo e Avianca. O empreendimento conta com uma área total de 24.796,12 m² sob a gestão e exploração comercial da empresa SOCICAM – Administração, Projetos e Representações Ltda.



Figura 1. Fachada do novo Aeroporto
Fonte: Assembleia Legislativa de Goiás (2016)

Em 2016 passou por uma reforma que consistiu na execução de uma nova estrutura de atendimento a passageiros, em conformidade com as normas nacionais, se enquadrando na condição de aeroporto internacional. O novo terminal de passageiros do Aeroporto Santa Genoveva- Aeroporto internacional de Goiânia- se destacou diante das tendências do mercado, sendo um dos primeiros do Brasil a utilizar conceitos e parâmetros seguros no tratamento de reuso direto de águas com um projeto inovador que possibilita o reuso de águas cinza oriundas das torres de resfriamento, pias, chuveiros, bebedouros e águas pluviais (figura2). Embora tenha sido inaugurado em 9 de maio o novo terminal só começou a operar no dia 21 de maio de 2016.

Na proposta de execução foi considerada a estação de tratamento e reuso de águas cinza que está implantada na área entre o Pátio de Estacionamento do Recebimento e o muro de arrimo (figura3), com um total de 744,80 m de áreas de implantação. Na falta de Normas Técnicas da ABNT, foi usado como referência o documento denominado “Conservação e Reuso da Água em Edificações”, uma realização da ANA – Agência Nacional de Águas, SAS/ANA – Superintendência de Conservação de Água e Solo, FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, DMA – Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, SindusCon-SP – Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo e COMASP – Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP. (INFRAERO,2016)



Figura 2: Projeto em 3D do Sistema de Tratamento de Reuso de Águas Pluviais e Águas Cinzas
Fonte: ECOSAN (2016)



Figura 3: Aeroporto Internacional de Goiânia Tratamento de Águas Pluviais e Cinza para Reuso (ETAPA DE EXECUÇÃO); Fonte : ECOBRASILIA (2016)



Figura 4: Aeroporto Internacional de Goiânia Tratamento de Águas Pluviais e Cinza para Reuso (ETAPA DE FINALIZAÇÃO) ; Fonte: ECOSAN (2016)

2 Levantamento de dados “in loco”

Foi realizado em abril de 2018 um levantamento de campo no local, sendo acompanhado pelo responsável por fiscalizar o sistema de reuso de águas, o engenheiro Ambiental Jose Constâncio da Silva Neto, fiscal de meio ambiente por parte da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero). Foi realizado um levantamento fotográfico nos pontos de maior relevância, de forma a registrar o funcionamento atual da estação. No levantamento foram obtidas informações como: conjunto de dispositivos usados, produtos químicos, maquinários, acompanhamentos de manutenção e verificação. Por meio destas primeiras informações adquiridas pudemos desenvolver a primeira etapa do nosso estudo

Posteriormente a equipe da Infraero, encaminhou memoriais completos dos sistemas implantados, projetos em DWG, planilhas de acompanhamento quantitativos e qualitativos.

3 Análise e descrição do projeto executivo

Com base em todos memoriais e projetos que nos foram passados, foram realizadas as análises para balizar a pesquisa, tanto do real funcionamento do sistema, quanto do seu alcance econômico e social. As tabelas apresentadas neste artigo foram retiradas de memoriais da equipe da INFRAERO. Foram utilizados parâmetros para o desenvolvimento dessas referências, adotados conforme se assemelhava a situação implantada no Aeroporto de Goiânia, já que não existem algumas normas específicas para o reaproveitamento estudado.

4 A Análise da viabilidade de consumo.

Desde a inauguração do novo aeroporto o sistema foi monitorado, e fiscalizado até que pudesse entrar em seu pleno funcionamento podendo ter parâmetros para análise de seus resultados. Assim foi possível, por meio de planilhas e gráficos de acompanhamento da equipe Infraero, chegar as nossas conclusões finais da real viabilidade do sistema, mostrando suas vantagens econômicas e sociais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das visitas na estação de tratamento de águas cinza do Aeroporto de Goiânia – Santa Genoveva e análises de projetos, teve-se conhecimento que existem duas redes de captação das Águas Cinza: onde uma é denominada como rede de coleta da Água Cinza do Lado Ar, e a outra é a Lado Terra.

No sistema foi realizada a separação das tubulações provenientes das pias, bebedouros e chuveiros das demais instalações. As águas provenientes das pias, bebedouros e chuveiros são as consideradas como água cinza. Lembrando que as águas provenientes das descargas das torres de resfriamento também são consideradas como águas cinza.

Não existe um laudo onde é possível caracterizar a água cinza bruta no TPS (Terminal de Passageiros) instalado no aeroporto Santa Genoveva em Goiânia. Por essa falta de caracterização quantitativa e qualitativa, o processo de tratamento pode apresentar eficiência maior que a desejada no aeroporto.

Os projetistas utilizaram como base, como referência para a qualidade da água cinza bruta o programa de pesquisa em saneamento básico (PROSAB), o volume 5 , apresentado na tabela seguinte:

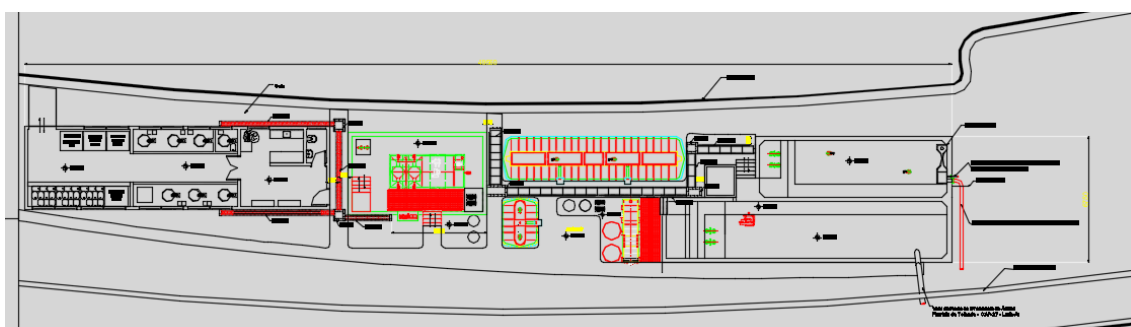


Figura 5: Planta de situação

Fonte: Imagens retirada do Autocad de um dos projetos fornecidos pela INFRAERO

Figura 6. Reprodução da Tabela 2 – PROSAB (Volume 5) – Águas cinzas brutas

Caracterização de águas cinza brutas (concentrações médias de parâmetros físico-químicos) segundo pesquisas em diferentes locais do mundo.							
ORIGEM DA ÁGUA CINZA/AUTORES/LOCAL	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS						
Águas cinza: Chuveiro, lavatório, lavação de roupas.	pH	Turbidez	DQO	DBO	SST	N-NH ₄ -	P total
		(NTU)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Peters, 2008 (UFSC) – Florianópolis, Brasil.	7,7	167,5	382,5	-----	119,5	4,2	5,6
Valentina, 2009 (Ufes) – Vitória, Brasil.	7,8	73	237	106	78	1,28	2,87
Nolde, 1999 – Alemanha.	---	-----	340,0	200,0	-----	-----	-----

March et al, 2004 – Espanha.	7,6	20,0	171,0	-----	44,0	11,4 *	-----
Birks & Hills, 2007 – Inglaterra.	7,2	26,5	96,3	46,4	36,8	4,6 *	0,9
Gilboa & Friedler, 2008 – Israel.	----	33,0	148,0	95,0	-----	-----	-----
Pidou et al., 2008 – Inglaterra.	6,6	35,0	144,0	39,0	-----	0,7	0,5**
Águas cinza: Chuveiro, lavatório, lavação de roupas, cozinha.	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	N-NH ₄ - (mg/L)	P total (mg/L)
Dallas et al., 2004 – Costa Rica.	---	96,0	-----	167,0	-----	-----	-----
Lesjean et al., 2006 – Alemanha.	---	-----	493,0	-----	90,0	5,7	7,4
Paulo et al., 2007 – Campo Grande, Brasil	6,5	187,0	508,0	-----	109,0	8,0	40,0**
Jamrah et al, 2007 – Oman.	7,6	279,0	426,0	408,0	236,0	-----	-----
Gross et al., 2008 – Israel.	6,3	-----	839,0	466,0	158,0	0,3	-----
Águas cinza: Chuveiro, lavatório.	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	N-NH ₄ - (mg/L)	P total (mg/L)
Nolde, 1999 – Alemanha.	---	-----	150,0	75,0	-----	7,5*	0,4
Gual et al., 2008 – Espanha.	6,8	39,0	73,0	-----	32,0	4,0*	-----

(*) Concentrações referentes ao Nitrogênio Total.

(**) Concentrações referentes a Fósforo Ortofosfato.

O processo de tratamento e dimensionamento dos diversos estágios de tratamento da Estação de Tratamento e Reuso de Água Cinza (ETR-AC), considerou que as Águas Cinzas Brutas, terão a qualidade apresentada na Tabela 2 que se segue:

Figura 7. Quadro da Qualidade da Água Cinza Bruta

Parâmetros	Concentração		
	(1)	(2)	(3)
Temperatura (° C)	24	-----	-----
Cor (UH)	52,30	Ausente	Ausente
Odor	-----	Ausente	Ausente
Turbidez (UT)	37,35	0,8	1,3
pH.	7,2	8,4	8,8
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,63	-----	-----
Cloro Livre (mg/L)	0,00	-----	-----
Cloro Total (mg/L)	0,00	-----	-----
Fósforo Total (mg/L)	6,24	-----	-----
DBO (mg/L)	96,54	20,3	96
Sólido Suspenso (mg/L)	-----	54	86
Dureza	-----	122	130
Zinco	-----	0,03	0,10
Cobre	-----	0,23	0,19

Parâmetros	Concentração		
	(1)	(2)	(3)
Ferro	-----	0,33	0,1
Coliforme Total (MPN/100 ml)	11×10^6	< 200	23000
Coliforme Fecal (MPN/100 ml)	1×10^6	-----	-----

(1) Edifício residencial: Curitiba-PR;

(2) Banheiro masculino: Complexo esportivo – Passo Fundo - RS;

(3) Banheiro feminino: Complexo esportivo – Passo Fundo – RS

A Figura 7 é uma reprodução da Tabela 5.5: Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinza originadas em banheiros brasileiros (Fonte: Santos e Zabracki -2003; Fonini, Fernandes e Pizzo -2004) apresentada no documento denominado “Conservação e Reuso de Água em Edificações”.

Segundo o memorial o volume descartado proveniente das torres de resfriamento é de 14,40 m³/dia. Por se tratar de um empreendimento novo não se tem a qualidade das águas provenientes das torres de resfriamento. Essas águas são usadas, pois são compatíveis com a qualidade de água cinza apresentada na tabela 1 deste documento.

As águas de torres de resfriamentos são continuamente tratadas quimicamente para que o ajuste do valor pH, controle de corrosão e incrustação e controle do crescimento de algas. lembrando que as águas de drenagens das Torres de Resfriamento devem ter uma composição qualitativa / quantitativa, igual ou inferior à composição qualitativa / quantitativa da Água Cinza Bruta e, igual ou inferior, aos limites estabelecidos na Norma ABNT NBR 9800/1987

Como informações da equipe do Aeroporto de Goiânia, devido a inexistência de uma norma da ABNT que estabeleça padrões de qualidade da água cinza tratada, no projeto implantado essas águas deverão atender os Parâmetros característicos para água de reuso classe 1, abaixo reproduzida.

Figura 8 . Quadro dos Parâmetros característicos para água de reuso classe 1.

Parâmetros	Concentrações
Coliformes Fecais ¹	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 a 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO ² (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L

Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo Total ⁴ (mg/L)	$\leq 0,1$ mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

Observações

- Este parâmetro é prioritário para os usos considerados.
- O controle da Carga Orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.
- O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.
- O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques, etc.
- Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

Em função das composições das Águas Cinzas Brutas apresentadas nas Figuras 6 e 7 acima, o processo de tratamento dessas águas segue de acordo as etapas:

- Tratamento biológico (sistema aeróbio) – realizado para remover a carga orgânica: 1 – Equalização; 2 – Recalque; 3 – Aeração; 4 – Sedimentação; 5 – Polimento.(Ver figura 9)



Figura 9: Etapas do tratamento Biológico

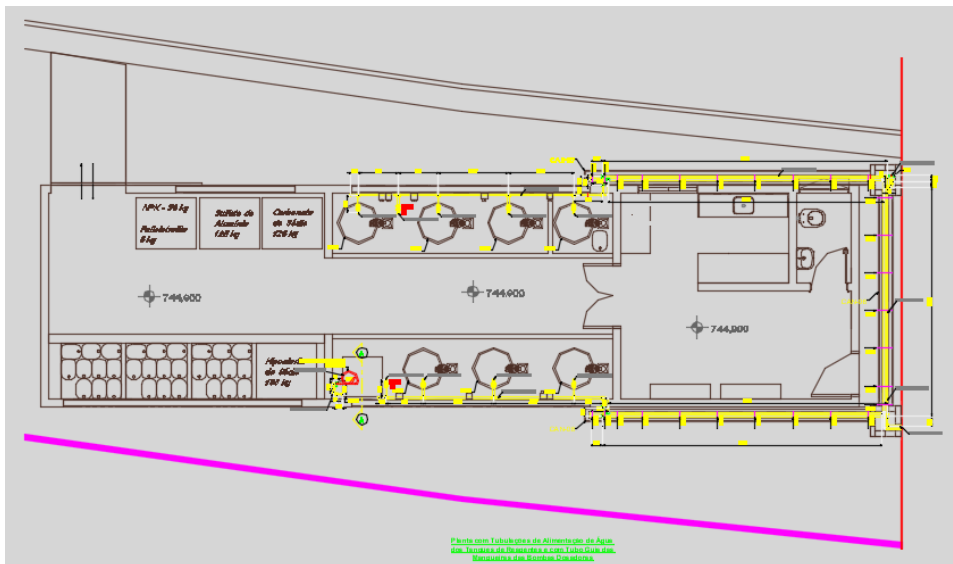


Figura 10: Planta com Tubulações de Alimentação de Água dos Tanques de Reagentes e com Tubo Guia das Mangueiras das Bombas Dosadoras;

Fonte: imagem retirado do Autocad, projeto fornecido pela INFRAERO.

- Tratamento físico-químico – realizado para remover outros contaminantes presentes. Na Desinfecção (4) com Hipoclorito de Sódio e após a Filtração através do Ultravioleta: 1 - Mistura Rápida; 2- Floculação; 3 – Sedimentação; 4 – Desinfecção; 5 – Elevatória; 6-Filtração; 7 -Desinfecção UV. (Ver figura 11,12,13 e 14)



Figura 11: mistura rápida e floculação



Figura 12: Sedimentação



Figura 6: sistema de tratamento de água cinza.

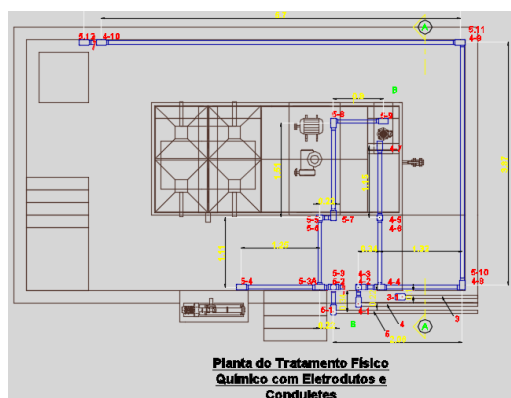


Figura 14: Planta tratamento físico-químico

A Estação de Tratamento e Reuso de Águas Cinzas é automatizada (PLC+IHM), com a operação supervisionada por Técnico habilitado.

Existe apenas a rede de transferência de lodo do Tratamento biológico para o Condicionador de Lodo e a drenagem do lodo do Sedimentador do Tratamento Físico Químico. O Lodo retirado é destinado para terceiro contratado pela Infraero, para desidratação e para disposição para Aterro licenciado.

Há também o reaproveitamento parcial das águas de chuva para bacias sanitárias e mictórios. Essas águas são captadas do Lado Ar. Há a implantação de tanques capazes de armazenar uma quantidade específica para os reaproveitamentos (CAP- 27). Assim o excesso de águas pluviais captadas pelo lado Ar e Lado Terra, são direcionadas para a Rede de Coleta de Águas Pluviais e não são reaproveitadas (CAP-30).

Também não existe laudo em que é caracterizado a qualidade da água pluvial bruta gerada no TPS do Aeroporto Santa Genoveva em Goiânia, podendo assim ter uma eficiência muito aquém do desejado

Inclui-se na tabela abaixo, a coluna com a qualidade exigida para a água cinza tratada, para fins de comparação. É importante lembrar que a água pluvial será misturada com a água cinza e não poderá ocorrer a redução na qualidade dessa água misturada

Figura 15: Quadro de Características físicas, químicas e bacteriológicas da água pluvial bruta

Parâmetros	Água coletada na tubulação			Reservatório	Qualidade da água de reuso (Tabela 5.1)
	Mínimo	Médio	Máximo	Médio	
Cor (UH)	20	52,5	218	23,0	≤ 10 UH
Turbidez (UNT)	0,6	1,6	7,1	0,8	≤ 2 UT
Alcalinidade (mg/L)	4	30,6	60	18,8	
pH.	5,8	7,0	7,6	6,7	6,0 a 9,0
Condutividade (µS/cm)	7,0	63,4	126,2	25,7	
Dureza (mg/L)	4,0	39,4	68,0	19,6	
Cálcio (mg/L)	ND	15,0	24,3	4,7	
Magnésio (mg/L)	ND	1,1	2,2	0,5	
Ferro (mg/L)	0,01	0,14	1,65	0,06	
Cloretos (mg/L)	2,0	8,8	14,0	12,2	
Sulfatos (mg/L)	2,0	8,3	21,0	5,1	
Sólidos Totais (mg/L)	10	88	320	25	
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	2	30	183	2	≤ 5 mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	0	15	72	2	
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	2	58	177	24	≤ 500 mg/L
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	0	39	128	24	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1,6	20	42	17,6	
DBO (mg/L)	0,4	2,5	5,2	1,5	≤ 10 mg/L
Nitrato (mg/L)	0,5	4,7	20	3,1	≤ 10 mg/L
Nitrito (mg/L)	0,1	0,8	3,8	0,1	≤ 1 mg/L
Coliformes totais em 1000 ml	< 1	> 70	> 80	> 65	Não detectáveis

Fonte: Memorial INFRAERO

A tabela não apresenta para a água pluvial bruta, qual seria a contaminação por óleos e graxas (essa caracterização foi realizada para a água cinza bruta). Num

Aeroporto, é praticamente certo que haverá nos telhados certa concentração de hidrocarbonetos, razão pela qual foi previsto um tratamento para remoção dos óleos e graxas eventualmente presentes nesse despejo em particular.(figura 17)

Como já citado anteriormente neste projeto, tem se estabelecido que as águas pluviais tratadas, deverão atender ao disposto Parâmetros característicos para água de reuso classe 1, apresentada no documento “Conservação e Reuso da Água em Edificações” acima apresentada.

O processo de tratamento dessas águas foi definido como sendo o seguinte: 1 - Reserva da Água Pluvial; 2 - Separação Água Óleo; 3 - Estação Elevatória; 4 - Filtração e 5 – Desinfecção.

A reserva da água pluvial consiste na implantação de um reservatório, que capta as águas pluviais no momento de sua precipitação, até o limite do volume útil desse reservatório e possibilita que o excesso de vazão flua por gravidade para a rede de coleta de águas pluviais. (figura 16)



Figura 16: Sistema de tratamento de águas; Pluviais;



Figura 17: Separação água e óleo.

O volume armazenado será automaticamente recalado para o Separador Água Óleo, onde ocorre a remoção do óleo presente no despejo. Em seguida, o despejo que não apresenta óleo flui por gravidade para a Estação Elevatória, sendo recalado para a unidade de Filtração. Ainda sob pressão, o despejo passa por um Sistema de

Desinfecção por Ultravioleta e é recalcado para a Cisterna de Acumulação de Água de Reuso.

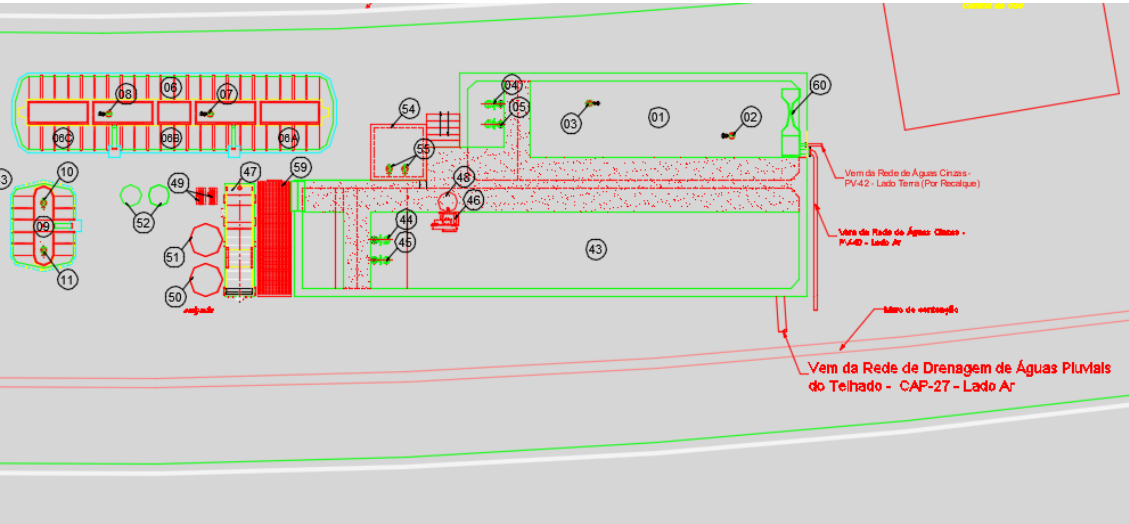


Figura 18: sistema de tratamento águas pluviais;

Fonte: imagem retirado do Autocad, projeto fornecido pela INFRAERO.

Na imagem apresentada temos parcialmente o sistema do aeroporto de Goiânia, nesse corte temos a parte equivalente responsável pela captação e tratamento das águas pluviais, onde a identificação com o número 43 -reservatório de aguas pluviais , os números 44 e 45 - bombas submersas, 46- Removedor de óleo sobrenadante, 47- separador Óleo/ Agua, 51- Filtro de área 54- estação elevatória

Das informações apresentadas no documento GO.06 / 506.76 / 08564 /06 informado pela INFRAERO, extraiu-se as informações apresentadas nas Tabelas que se seguem. Trazendo os referenciais ao consumo por pessoa.

Figura 19: Quadro de população do aeroporto de Goiânia

Nº de Passageiros / Ano	6.413.582
Nº de Passageiros / Dia	17.571
Nº de Acompanhantes / Dia	17.571
População fixa	3.238
Nº de Funcionários (75% da População Fixa)	2.429
Nº Total de Pessoas / Dia	40.809

A tabela das populações apresenta os quantitativos de pessoas que circulam no aeroporto de Goiânia por dia e por ano e apresenta também o percentual de pessoas fixas no empreendimento por trabalharem no local. (figura 19)

Figura 20: Quadro de população feminina e masculina do aeroporto de Goiânia

População Feminina	40,00 %	De	35.142 pessoas (17.571 *2)	14.057
População Masculina	60,00 %			21.086

Figura 21: Quadro de águas cinzas dos lavatórios e chuveiros do aeroporto de Goiânia

Consumo por tipo de População	Feminina	Masculina	Funcionários
Nº de Pessoas / Dia	14.057	21.086	2.429
Nº de Usos / Dia	0,5	1	3
Consumo de água/Uso – Litros	2	2	2
Consumo por tipo / Dia – m ³	14,06	42,17	14,57
Consumo total / Dia – m ³	70,80		
ÁGUAS CINZAS DOS CHUVEIROS			
Consumo pelos:			Funcionários
Nº de Funcionários / Dia			2.429
Nº de Usos / Dia			0,05
Nº de Banhos / Dia (Nº de Funcionários * Nº de Usos)			121
Tempo de um Banho (minutos)			10
Consumo de Água / Minuto – Litros			14
Consumo total /dia – m ³ (121 *10*14) /1000			17,00

Figura 20 e 21, que tem por intuito apresentar o percentual de usuários femininos e masculinos no aeroporto.

Figura 22: Quadro de volume total de água cinza do aeroporto de Goiânia /DIA – m³

Lavatório Feminino	14,06
Lavatório Masculino	42,17
Lavatório Funcionários	14,57
Chuveiros	17,00
Total /dia – m ³ /dia	87,80

Com dados apresentados na tabela, considerou-se o volume total de água cinza a tratar por dia como sendo igual a 87,80 m³, a vazão média ao longo de 24 horas seria igual a aproximadamente 3,66 m³/h e a vazão de pico aproximadamente igual a 5,49 m³/h.

De acordo com os diversos dimensionamentos da estação de tratamento e seus acessórios, é considerado que o volume total de água cinza é 87,08, será gerado 2 m³/dia. Assim é adotada a vazão média igual a 6,27 m³/hora e, Vazão de Pico igual a 9,40 m³/hora.

Os critérios a serem observados neste dimensionamento, de acordo com as recomendações das Normas ABNT são os seguintes:

Figura 23: Quadro de Recomendações das Normas ABNT

Vazão a ser recalçada	9,40	m ³ /h
Quantidade de Bombas	2	Unidades
Número de partidas por hora	15	Partidas
Número de partidas adotado por hora	10	Partidas
Duração do ciclo entre partidas (T.min..)	6	Minutos
Tempo de retenção hidráulico – máximo	30	Minutos
Tempo de retenção hidráulico adotado	11	Minutos
Velocidade no conduto de entrada	0,60 a 1,50	m/s
Velocidade no conduto de saída	0,60 a 3,0	m/s

Desde a inauguração do novo aeroporto o sistema foi monitorado, e fiscalizado até que pudesse entrar em seu pleno funcionamento podendo ter parâmetros para análise de seus resultados. Assim pudemos, através dos seguintes gráficos analisar os resultados do sistema de reuso.

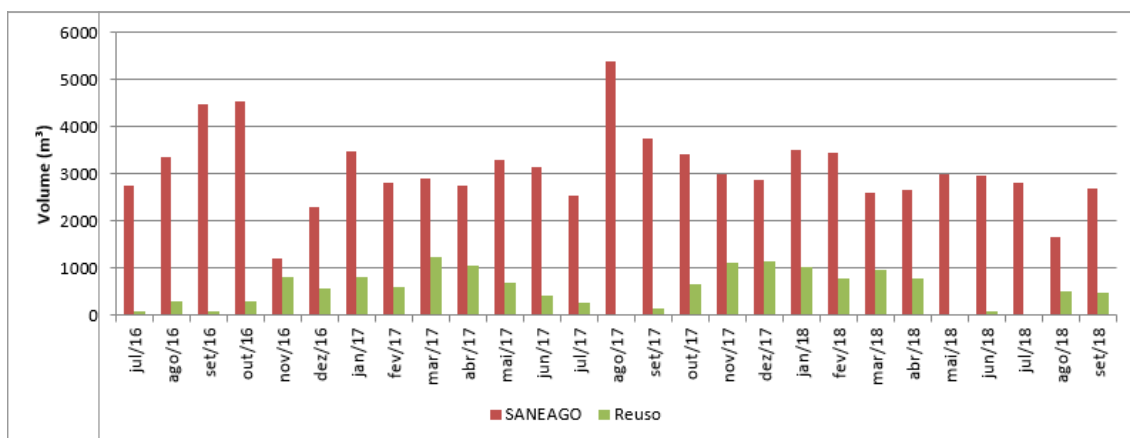


Figura 24: Gráfico referente água de reuso

Fonte: Memorial equipe Infraero

Por meio do acompanhamento mensal desde o início de seu funcionamento obteve-se o quantitativo de águas cinza que foram tratadas no sistema e mesmo para as águas pluviais. Somadas essas duas entradas tem-se o que está representado no gráfico acima na cor verde em comparação com o quantitativo da entrada de água tratada representado pela cor vermelha (figura 15)

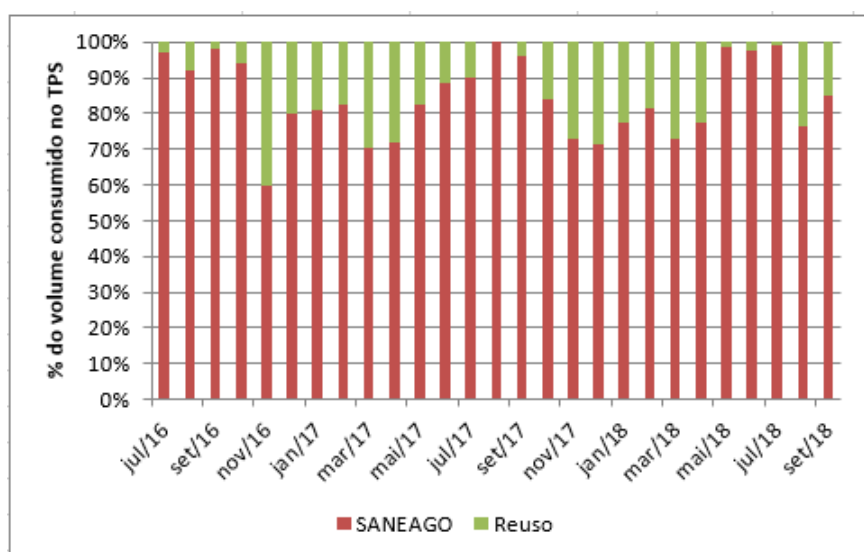


Figura 25: Gráfico referente ao consumo de água;

Fonte; Memorial equipe Infraero

Observando os mesmos parâmetros anteriores, observa-se a porcentagem de consumo de água no TPS, colocando em questão qual a porcentagem do consumo da água fornecida pelo sistema de reuso e da água fornecida pelo saneamento, diante da porcentagem total consumida (figura 27)

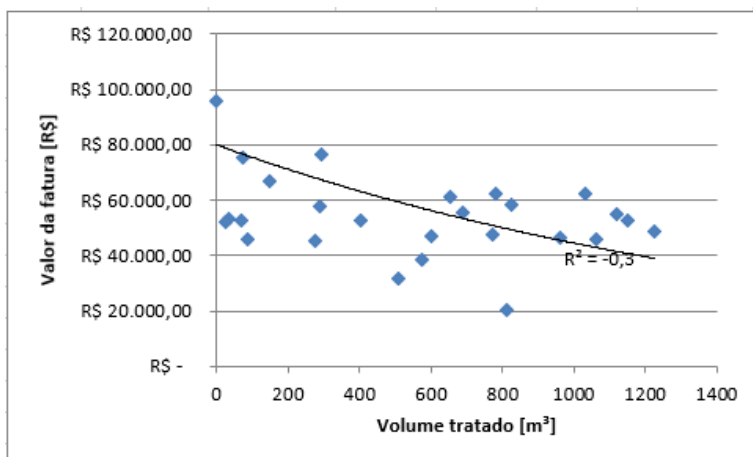


Figura 26: Demonstrativo da queda na fatura referente ao aumento do volume tratado;
Fonte; Memorial equipe Infraero

Na figura 26 temos a apresentação dos valores inversamente proporcionais referentes, quanto maior o volume tratado maior a queda na fatura mensal de consumo de águas abastecidas pela distribuidora SANEAGO. Onde temos quedas consideráveis na fatura, consequentemente no consumo de água tratada, que fica agora disponível para o melhor abastecimento das famílias da redondeza.

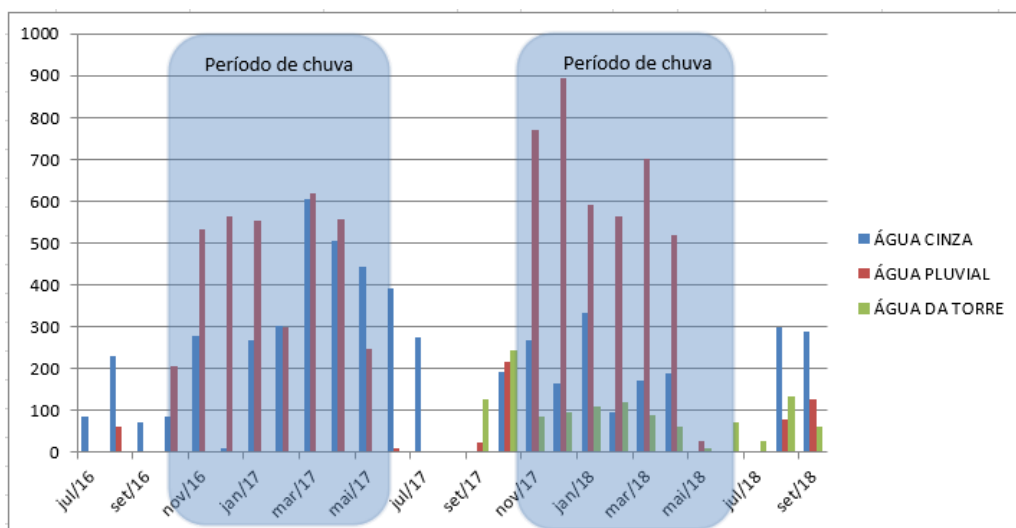


Figura 27: Volume de águas cinza e pluviais, acentuando épocas de chuva
Fonte; Memorial equipe Infraero

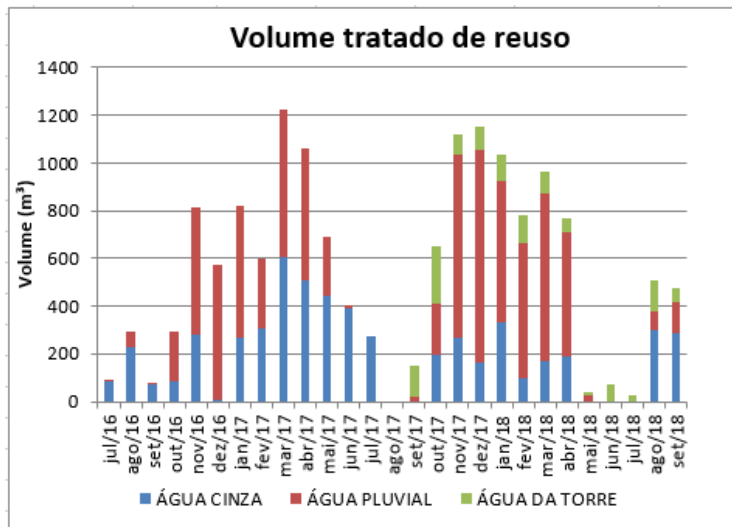


Figura 28: Volume total tratado para reuso

Fonte; Memorial equipe Infraero

Nas imagens 27 e 28 apresentadas tem-se a disposição de águas tratadas para o reuso, em destaque na figura 27 os períodos de chuva, acentuando assim o volume de captação de águas pluviais nesse período específico, no gráfico 28 observa-se todas as entradas de águas somadas, sendo elas: águas cinzas, águas pluviais e a captação das torres de resfriamento, tendo assim o volume total de águas que entraram para serem tratadas e reaproveitadas.

CONCLUSÕES

De acordo com os quantitativos levantados no decorrer de 2017 o Aeroporto de Goiânia/Santa Genoveva alcançou uma economia de 8,15 mil m³ de água, o que equivale a um volume capaz de abastecer 55 residências com 4 pessoas durante todo o ano e é resultado do reuso de água, feito pelo aeroporto desde novembro de 2016, quando a Estação de Tratamento e Reuso de águas pluviais e de águas cinzas (ETR) foi implementada.

Além de reduzir o consumo de água, a ETR alcançou uma economia na fatura de água de mais de R\$ 136 mil reais. Desconsiderados os custos operacionais, a economia final foi de R\$ 95,7 mil no ano passado.

Essa medida possibilita ainda focar o uso da água potável para fins mais nobres do que encaminhar para a descarga da bacia sanitária, principalmente no período chuvoso, quando a cobertura do terminal recebe uma grande contribuição de água de chuva. Como consequência, ao invés do aeroporto ser abastecido com essa parcela de água, a água da potável segue para abastecer as casas da região.

Diante da crise hídrica, uma fonte alternativa de água para o aeroporto é importante. O tratamento não só traz inúmeras vantagens ao terminal de passageiros, como a preservação de água para casos que exijam sua potabilidade, como o consumo humano.

Para execução da pesquisa foi realizado levantamento de campo, com registro fotográfico, e a análise dos projetos executivos e viabilidade econômica do sistema já implantado. Analisando os dados encontrados e aliando com as informações obtidas do responsável, verificou-se que foram investidos 2,7 milhões de reais em 2014 com o recurso do PAC2, correspondente a 0,5% do total do empreendimento. Conforme informações obtidas, o tempo de retorno do investimento foi de 24 anos e 4 meses. O sistema gera mensalmente, cerca de 800 m³ de água para reuso, podendo chegar a 20.000 m³ por dia. Do ponto de vista econômico, a alternativa somente é viável a longo prazo, porém há uma vantagem que sobrepõe as condições técnicas e econômicas, que é a redução de pressão pelo uso da água. Ao realizar o reaproveitamento das águas cinzas, o Aeroporto, enquanto grande consumidor, deixa de absorver 800 m³ que passaram a ser direcionados para a comunidade do entorno, podendo contribuir para a estabilidade do abastecimento para mais de 50 residências.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969/1997. Tanques sépticos- unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BONI, Solange da Silva Nunes. **Gestão de água em edificações: Formulação de diretrizes para o reuso de água para fins não potáveis**. Campinas, 2009, 20p. Tese de doutorado apresentado á comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas para obtenção de título de doutor em Engenharia Civil. Campinas – SP 2009.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Diretrizes estratégicas para o fundo de recursos hídricos de desenvolvimento científico e tecnológico. Brasília, 2001.

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, 2006.

HKIA, HONG KONG INTERNATIONAL AIRPORT. (2010)

RAPOPORT, Beatriz. **Águas cinzas**: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Rio de Janeiro, 2004.

MACHADO, C.J.S. Reuso de água doce. **Revista Eco** 21, v.86, n.1, 2004

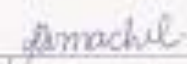
INFRAERO, Tecnologia de sistema de reuso de águas cinza e pluviais do Aeroporto Internacional de Goiânia / Santa Genoveva. Goiânia, 2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

ERICA CRISTINA ALVES FERNANDES
GUILHERME CARNEIRO PASSOS

REUSO DE ÁGUAS EM AEROPORTOS PARA FINS NÃO NOBRES: UMA ANÁLISE
DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO CASO DE GOIÂNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 08 de Novembro de 2018 pela banca examinadora constituída por:



Professora Mestre Regina de Amorim Romacheli,
Orientadora



Professora Especialista Marcela Pimentel Falcões dos Santos,
Membro



Professor Mestre Fernando Pinheiro Camilo,
Membro