



**SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA
GRANDE VITÓRIA
MUNICÍPIO DE VILA VELHA**



**ETE ARAÇÁS
ESTUDO HIDRÁULICO
VOLUME I - RELATÓRIO TÉCNICO**

GANEM
Engenharia Ltda

Nº CESAN: C-050-000-92-5-RT-0002
DEZEMBRO DE 2013

APRESENTAÇÃO

A **GANEM Engenharia Ltda** apresenta a seguir o estudo hidráulico do ETE Araçás, localizado no município de Vila Velha, conforme contrato N°263/2009, celebrado com a **CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento**, em 11 de novembro de 2009.

O trabalho será apresentado em dois volumes.

Volume I - Relatório Técnico

Volume II - Orçamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS.....	7
1.2 METODOLOGIA.....	7
2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE.....	8
2.1 INTRODUÇÃO	8
2.2 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXISTENTES	8
2.2.1 Introdução	8
2.2.2 Estação de tratamento	9
3 VAZÕES AFLUENTES	14
4 PROBLEMAS OPERACIONAIS	16
4.1 INTRODUÇÃO	16
4.2 OCORRÊNCIAS PRINCIPAIS	16
5 AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA.....	18
5.1 VAZÕES DE CÁLCULO.....	18
5.2 VERIFICAÇÕES HIDRÁULICAS E PROPOSIÇÕES DE MELHORIAS	18
6 OUTRAS RECOMENDAÇÕES.....	23
ANEXO I – CÁLCULO HIDRÁULICO	25
ANEXO II – ORÇAMENTO	37
ANEXO III – DESENHOS.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Localização da ETE Araçás	Vila Velha.....	8
Figura 2.2	Área de influência da ETE Araçás.....		9
Figura 2.3	Imagens da Estação de Tratamento de Esgoto Araçás.....		10
Figura 2.4	Representação gráfica do tratamento biológico UNITANK.....		11
Figura 3.1	Variação dos valores de vazão da entrada da ETE Araçás nos dias citados.....		14
Figura 3.2	Variação dos valores de vazão da entrada da ETE Araçás durante todo o mês de dezembro de 2012.....		15
Figura 4.1	Vista do NA no canal afluente ao tanque anóxico.....		16
Figura 4.2	Sobrelevação do NA nas unidades da ETE.....		17
Figura 5.1	Configuração das novas calhas de recolhimento de esgoto tratado.....		19
Figura 5.2	Proposição de melhorias hidráulicas na ETE Araçás - Planta.....		21
Figura 5.3	Proposição de melhorias hidráulicas na ETE Araçás - Cortes.....		22

LISTA DE TABELAS

Tabela A.1 – Lista de desenhos	38
--------------------------------------	----

RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo avaliar hidraulicamente o funcionamento da ETE Araças, com a vazão máxima atualmente praticada e se houver acréscimo da vazão afluyente.

1.2 Metodologia

A metodologia empregada neste estudo resume-se em três fases: (i) levantamento de dados e conhecimento do funcionamento da ETE; (ii) avaliação hidráulica para a vazão máxima praticada; (iii) avaliação hidráulica para o caso de aumento da vazão.

A primeira fase de modelagem do sistema consistiu na reunião de todos os dados pertinentes ao estudo, seguida de visita técnica para conhecimento do critério de funcionamento e constatar os problemas que a ETE vem apresentando na questão hidráulica. Esta fase se inicia com o levantamento de todos os projetos e memoriais descritivos referentes à ETE e do registro das vazões afluentes num determinado período.

A etapa seguinte da fase de modelagem consistiu em calcular o perfil hidráulico da ETE, desde a entrada até a sua saída, com a máxima vazão.

A terceira fase utiliza a mesma metodologia, porém com a vazão majorada.

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

2.1 Introdução

O presente trabalho consiste na avaliação hidráulica da ETE Araçás, localizada no município de Vila Velha - ES. A ETE foi inicialmente dimensionada para atender uma vazão de $39.491\text{m}^3/\text{dia}$, o que corresponde a uma população de 191.653 habitantes.

A Figura 2.1 apresenta a localização da ETE.



Figura 2.1 - Localização da ETE Araçás - Vila Velha.

2.2 Características das Unidades existentes

2.2.1 Introdução

O sistema de esgotamento sanitário que contribui para a Estação de Tratamento de Esgoto Araçás é composto por duas bacias de esgotamento, nomeadamente as bacias B12 e B13 situadas no Município de Vila Velha. O sistema é composto por 23 estações elevatórias de esgoto bruto, cerca de 21 km de linha de recalque com diâmetros compreendidos entre DN100 e DN900, cerca de 5 507 poços de visita e 320 km de rede coletora, com diâmetros compreendidos entre DN100 e DN1000, distribuídas ao longo das duas bacias. A partir de duas elevatórias principais (EEEB - 5, e EEVV - P) o esgoto é conduzido por linhas pressurizadas até a ETE Araçás, onde é tratado. A partir da ETE, o efluente é lançado no Rio Jucu, por meio de um emissário DN900. Na saída do emissário há um difusor para dispersão do esgoto tratado no rio.

Na Figura 2.2 é possível visualizar a área de influência do Sistema ETE Araçás.



Figura 2.2 ã Área de influência da ETE Araçás.

2.2.2 Estação de tratamento

A ETE Araçás está localizada no Bairro Araçás, nas adjacências da Rodovia Darly Santos. O Sistema de tratamento da mesma é do tipo UNITANK, reator biológico aerado com remoção de nitrogênio. A Figura 2.3 apresenta imagens da ETE.



Figura 2.3 ĩ Imagens da Estação de Tratamento de Esgoto Araçás.

As principais unidades constituintes da ETE são as seguintes: grade grossa manual, grade mecanizada, caixa de areia, rosca transportadora, ãUNITANKò digestor de lodos, adensador de lodos, sistema de dosagem de polímero, centrífuga, sopradores, ultravioleta, sistema de controle de odores ĩ ãBiocleanò

2.2.2.1. Pré-tratamento

O esgoto bruto recolhido das bacias adjacentes é bombeado à ETE. Logo na chegada da ETE o esgoto bruto é dividido em três canais secundários, onde passa pelo pré-tratamento.

A finalidade do pré-tratamento é remover toda a parte de sólidos grosseiros que estão presentes no esgoto, e esses são submetidos ao processo de separação. Como elementos constituintes no esgoto que devem ser retidos no pré-tratamento são: madeira, areia, estopa, ou qualquer tipo de detrito.

Cada um dos três canais de pré-tratamento conta com uma Grade Grossa Manual, uma Grade Curva Mecanizada, uma rosca transportadora e que deverá atender os três canais, três desarenadores e caçambas.

O esgoto, flui então pelo canal até ingressar ao desarenador. Esse, é composto por braço raspador com moto-redutor, parafuso classificador, vertedor em fibra de vidro e aletas defletoras e estão instalados em um tanque quadrado.

Após passar pelo pré-tratamento, o esgoto livre de partículas sólidas discretas flui pelo vertedor sendo direcionado ao canal de alimentação do ãUNITANK

2.2.2.2. O sistema UNITANK e Tratamento biológico

O tratamento biológico é realizado no ãUNITANK. Esse, é constituído por cinco compartimentos comunicantes hidraulicamente entre si, sendo um anóxico, dois de aeração e dois de aeração/decação. A representação gráfica pode ser vista na Figura 2.4.

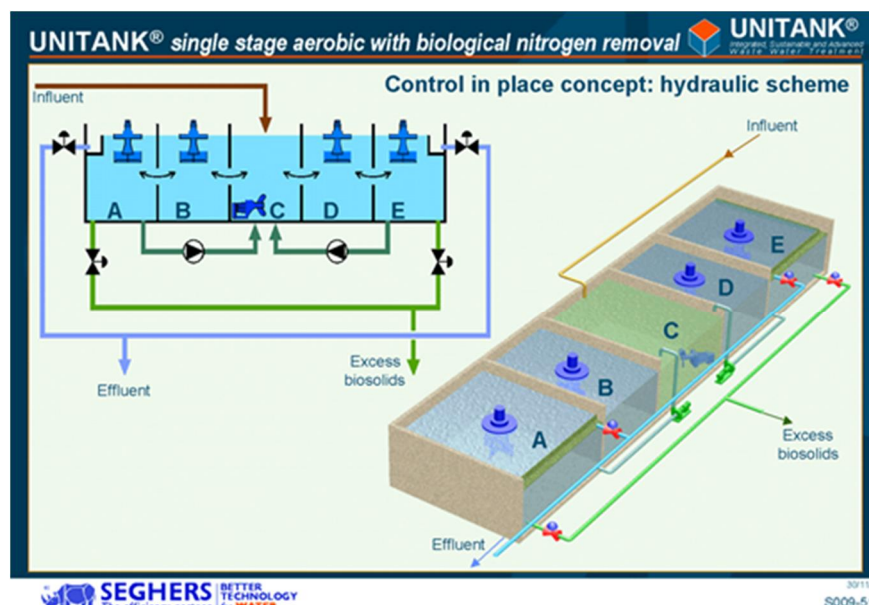


Figura 2.4 e Representação gráfica do tratamento biológico UNITANK.

O fluxo na comunicação hidráulica entre os tanques pode ser revertida, dependendo da fase do processo, essa reversão é controlada no CLP (Controle Lógico Programável), bem como as válvulas automáticas de entrada e saída de esgoto e água de lavagem, e válvulas automáticas de entrada de ar soprado. Toda a operação do UNITANK, como, válvulas, comportas, bombas e agitadores é automatizada e controlada mediante um programa de funcionamento cíclico instalado em um CLP.

Resumidamente o efluente entra pelo tanque anóxico e por meio das etapas de aeração (aeróbia) e anóxica se elimina a matéria orgânica biodegradável, pelo processo de oxidação. O nitrogênio é eliminado por assimilação celular e pelos processos de nitrificação e desnitrificação. O esgoto tratado é separado do lodo ativado por sedimentação acelerada por meio dos sedimentadores tubulares, o lodo então sedimentado é bombeado ao digestor de lodo, enquanto o esgoto tratado extravasa através de canaletas vertedoras.

De forma controlada e totalmente automática, parte do lodo produzido no processo biológico é descartado periodicamente dos compartimentos de sedimentação, mediante válvulas automáticas e bombas que enviam este lodo para o tratamento.

2.2.2.3. Descarga final

O efluente tratado biologicamente é descarregado por gravidade em um canal com um medidor tipo Calha Parshall, para medição, registro da vazão e totalização, antes de seu destino final.

2.2.2.4. Tratamento de lodos

O lodo em excesso é descartado do sistema UNITANK é bombeado pelas bombas ao digestor de lodos. Nele ocorre a estabilização aeróbia do lodo mediante o processo de autodigestão em que o lodo se mineraliza (diminuição do conteúdo orgânico), quando se reduz em uma massa de sólidos (conversão em dióxido de carbono e água). A estabilização é fundamental para evitar posteriores formações de odores.

O lodo estabilizado circula até os adensadores de lodo. Nestes adensadores se formam uma maior concentração de sólidos, mediante a sedimentação por gravidade ajudada pela ação de uma ponte raspadora, que favorece a separação da água dos flocos.

2.2.2.5. Desidratação de lodos

O Decanter Centrífugo é o equipamento utilizado aqui para desidratação, separa uma fase sólida de uma fase líquida, desidratando os sólidos e clarificando os líquidos.

O lodo dos adensadores é bombeado por meio de duas bombas, para a entrada da Centrífuga, a separação entre sólidos e líquidos é feita dentro de um tambor rotativo

que gera a força centrífuga em seu interior. O produto entra na centrífuga pelo tubo de alimentação até a câmara de separação.

2.2.2.6. Desodorização

O esgoto ao passar pelos canais de entrada do pré-tratamento exala gases de forte odor, para minimizar este efeito natural do processo, está instalado o tratamento biológico de gases de exaustão através de biofiltração, o *SEGHERSbioclean*

O ar confinado no pré-tratamento será extraído mediante exaustores centrífugos, que o introduziram no sistema de eliminação de odores *SEGHERSbioclean*. Este é um processo biológico em que os componentes responsáveis pelo odor são absorvidos e degradados mediante uma colônia de microrganismos suportada sobre um meio suporte especial. O *SEGHERSbioclean* é um tratamento biológico de gases de exaustão através de biofiltração.

3 VAZÕES AFLUENTES

Na chegada da ETE, a vazão de entrada da ETE Araçás varia consideravelmente ao longo de todo o dia, como podemos observar na Figura 3.1, que representa a variação de vazão de entrada da ETE entre os dias 15/12/2012 a 21/12/2012. O gráfico foi gerado a partir da média horária dos dias citados, sendo que os dados originais fornecidos pela CESAN estavam de 1 em 1 minuto.

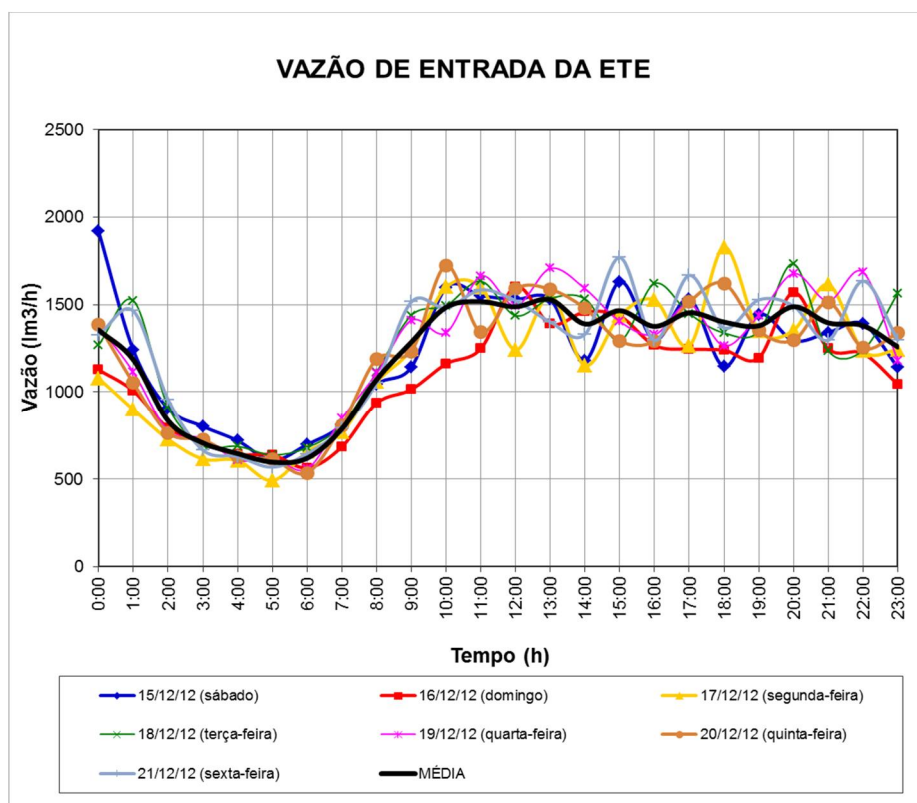


Figura 3.1 – Variação dos valores de vazão da entrada da ETE Araçás nos dias citados.

Também foram apuradas as vazões de todo o mês de dezembro de 2012, essas podem ser vistas na Figura 3.2. Esse gráfico foi gerado a partir da média horária para os dias do mês de dezembro de 2012.

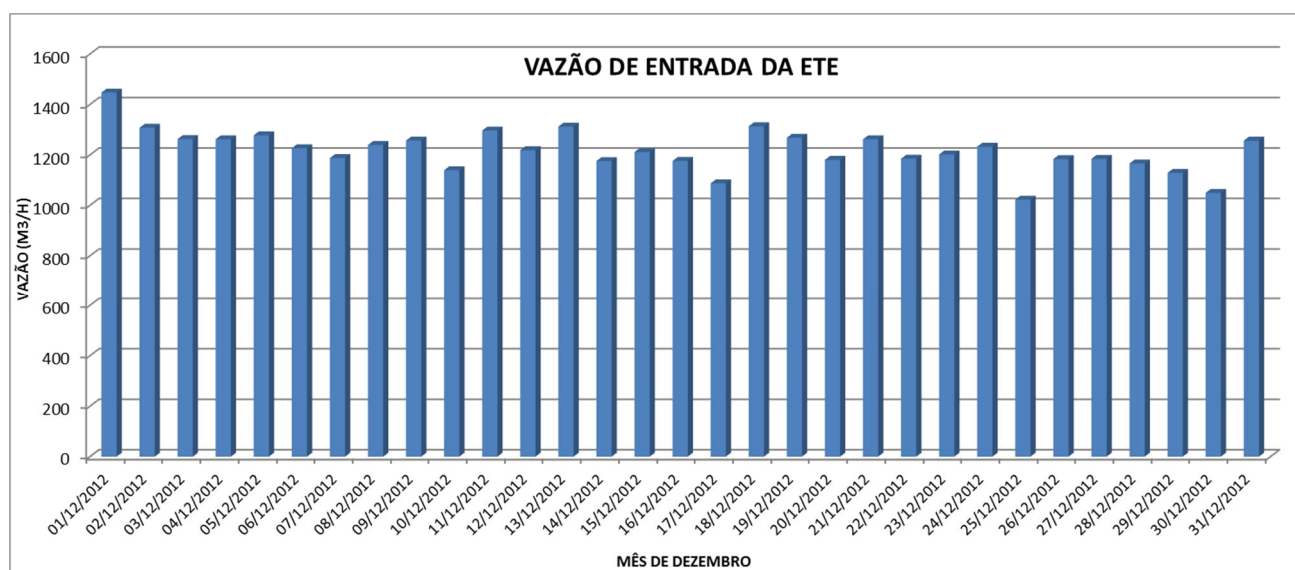


Figura 3.2 - Variação dos valores de vazão da entrada da ETE Araçás durante todo o mês de dezembro de 2012.

4 PROBLEMAS OPERACIONAIS

4.1 Introdução

Conforme demonstrado anteriormente, a vazão média diária não fica muito além de 1.200m³/h. Porém, esta é uma vazão de controle de entrada na ETE, pois a capacidade das unidades de recalque possibilitam uma adução superior a 2.200m³/h.

A ETE foi dimensionada para atender uma vazão de 1.645m³/h, mas vem apresentando problemas operacionais com picos de vazão superiores a média de cálculo.

4.2 Ocorrências principais

Na entrada da ETE, não se constata nenhum problema hidráulico com o acréscimo da vazão, nem no gradeamento nem no desarenador. Há uma elevação de nível no canal afluente ao tanque anóxico, quando a vazão é majorada, chegando bem próximo à estrutura das grades de cobertura do canal. A Figura 4.1 ilustra este canal.



Figura 4.1 – Vista do NA no canal afluente ao tanque anóxico

Nas unidades de tratamento do UNITANK o problema hidráulico está na sobrelevação do NA, que causa, de maneira generalizada o afogamento das estruturas hidráulicas que compõem este sistema. A Figura 4.2 demonstra o comportamento hidráulico da ETE.



Figura 4.2 ĩ Sobrelevação do NA nas unidades da ETE

De acordo com o cálculo hidráulico anexo, os problemas ocorrem principalmente devido aso seguintes fatores:

- Incapacidade do vertedor circular DN700 na saída do decantador;
- Baixa capacidade de transporte das calhas de recolhimento de esgoto decantado, devido a pequena largura e pequena altura;
- Perda de carga nos dispositivos de transição entre o decantador e o tanque de aeração;
- Perda de carga na comporta entre o tanque de aeração e o tanque anóxico.

O nível do NA da saída da ETE tem influência direta com a capacidade de adução do emissário de esgoto, que é afetado pelo NA do rio Jucu e pela vazão de esgoto tratado. Mas o nível de água a montante deste canal é influenciado diretamente pela calha Parshall, que não é compatível com a vazão de operação da ETE.

Todos este cálculos, com a demonstração dos respectivos níveis d'água são apresentados na planilha anexa.

5 AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA

5.1 Vazões de cálculo

Para este estudo foram estabelecidas duas vazões de verificação das condições operacionais da ETE. Quais sejam:

- $Q = 600\text{l/s} = 2.160\text{m}^3/\text{h};$
- $Q = 720\text{l/s} = 2.592\text{m}^3/\text{h}.$

Os cálculos com a primeira vazão tiveram como objetivo verificar o comportamento para o pico de vazão atual e com a segunda vazão o objetivo foi verificar se a ETE, com pequenas intervenções poderá suportar o aumento de vazão.

5.2 Verificações hidráulicas e proposições de melhorias

As verificações da capacidade hidráulica da ETE foi concentrada na fase líquida do processo de tratamento, ou seja, abrangeu as unidades de decantação, aeração e anóxico.

Como todas elas trabalham como vaso comunicantes, o inícios dos cálculos se deu pela capacidade do vertedor circular DN700 na saída do decantador 2. A altura do NA para as duas vazões acima referenciadas será:

- $H1 = 0,686\text{m};$
- $H2 = 0,759\text{m}.$

De o diâmetro do vertedor é de 700mm, então com o pico de vazão atual o vertedor já está quase comprometido e se houver acréscimo de vazão o mesmo estará afogado. Há de se observar, que a altura do NA no vertedor de saída do decantador influencia o nível de água na calha de recolhimento do esgoto decantado. Diante disso, foi proposto que devido a baixa capacidade destas calhas, houvesse mais dispositivos de saída do decantador. Neste caso foram propostos inserir em cada um dos decantadores mais duas unidades de vertedor circular com o mesmo diâmetro do vertedor existente, ou seja, DN700. Assim, a altura do NA no vertedor circular será:

- $H1 = 0,373\text{m};$
- $H2 = 0,413\text{m}.$

Mesmo com esta altura de NA no vertedor de saída, as calhas de recolhimento de esgoto decantado não tem capacidade suficiente para transportar o líquido sem se afogar. Por isso, é proposto um incremento destas calhas, na configuração apresentada na Figura 5.1, para que dê condições destas calhas operarem sem que ocorra afogamento. As calhas terão largura de 0,70m e deverá ser mantida a mesma

altura das calhas existentes, ou seja, 0,55m. Pode-se verificar que as calhas existentes possuem pequena largura e baixa altura para as condições de trabalho. Observamos, que mesmo com o incremento de novas calhas as condições de trabalho serão extremas, de quase afogamento.

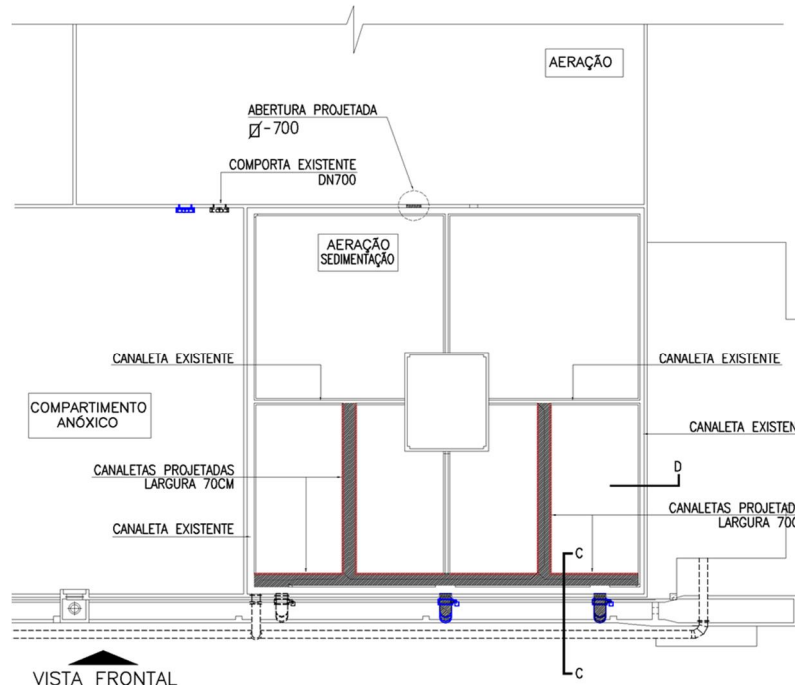


Figura 5.1 i Configuração das novas calhas de recolhimento de esgoto tratado

As alturas do NA nas calhas para as vazões de cálculo serão:

- $H1 = 0,490\text{m}$;
- $H2 = 0,549\text{m}$.

A passagem do tanque de aeração 2 para o decantador 2 é feita através de uma tubulação em forma de rãchimbô com diâmetro DN1000. Adicionalmente a CESAN inseriu um orifício com DN300. Por estes dois contatos entre os tanques e com as vazões de cálculo as perdas de carga teriam as seguintes grandezas:

- $hf1 = 0,065\text{m}$;
- $hf2 = 0,094\text{m}$.

Para diminuir esta perda de carga foi proposto a instalação de mais um orifício DN500, ou se a CESAN preferir, substituir o orifício existente DN300, por um orifício DN700.

A passagem do tanque anóxico para o tanque de aeração 2 é feito por uma comporta DN700. Esta passagem provoca uma perda de carga de 0,193m se a vazão for de 600l/s e perda de carga de 0,277m se a vazão for de 720l/s.

O mesmo problema ocorre com a passagem do tanque de aeração 1 para o tanque anóxico, com um agravante a mais, devido a vazão de cálculo chegar ao valor da recirculação máxima, prevista para 800l/s.

Neste caso é recomendável a duplicação dessa passagem com a instalação de mais uma comporta DN700. Assim sendo, a perda de carga nestas passagem passa a ser de:

- $h_f = 0,064\text{m}$ para vazão máxima de recirculação (800l/s).

A passagem do líquido do decantador 1 para o tanque de aeração 1 e deita através de um vertedor tipo tulipa (forma de cachimbo) e por um orifício DN400. Pelo fato do NA no tanque de aeração 1 ser bem elevado, afogando a saída. Assim, o sistema irá funcionar como conduto forçado. Pelo fato do decantador 1 poder receber a vazão de recirculação de até 800l/s, advinda do tanque anóxico, através de bombeamento, a perda de carga na passagem para o tanque de aeração 1, já com a substituição do DN400 pelo orifício DN700, será:

- $h_f = 0,061\text{m}$ para vazão máxima de recirculação (800l/s).

Diante de todas considerações feitas, caso seja implementadas as medidas indicadas, o nível máximo do NA no decantador 1 (unidade onde o nível do NA é maior) para as vazões de cálculo será:

Cota do NA no decantador 1 para vazão de 600l/s: 8.141m;

Cota do NA no decantador 1 para vazão de 720l/s: 8.173m.

Sabendo que a cota da soleira do passadiço é de 8,400m, a diferença para o NA será:

- Diferença entre a soleira do passadiço e o NA do decantador 1(vazão 600l/s): 0,259m;
- Diferença entre a soleira do passadiço e o NA do decantador 1(vazão 720l/s): 0,227m.

Na verificação hidráulica do canal de saída da ETE foram calculados os seguintes valores para altura do NA a montante do canal:

- $H_1 = 0,754\text{m}$;
- $H_2 = 0,849\text{m}$.

Sendo a cota da soleira do passadiço de 4.881m, então a diferença de nível para o NA no canal de saída da ETE será:

- Diferença entre a soleira do canal de saída e o NA (vazão 600l/s): 0,027m;
- Diferença entre a soleira do canal de saída e o NA (vazão 720l/s): -0,069m.

Fica evidente que, mesmo com a vazão máxima atual o canal transbordaria. Além disso, devido a ocorrência de turbulência motivada pela dissipação de energia, será

preciso elevar as paredes do canal em, pelo menos, 0,80m. Caso ainda ocorra respingos ou formação de espumas, devido a presença de surfactantes, então esta elevação deverá ser maior.

A Figura 5.2 e a Figura 5.3 ilustram as proposições de melhorias hidráulicas para a ETE Araças.

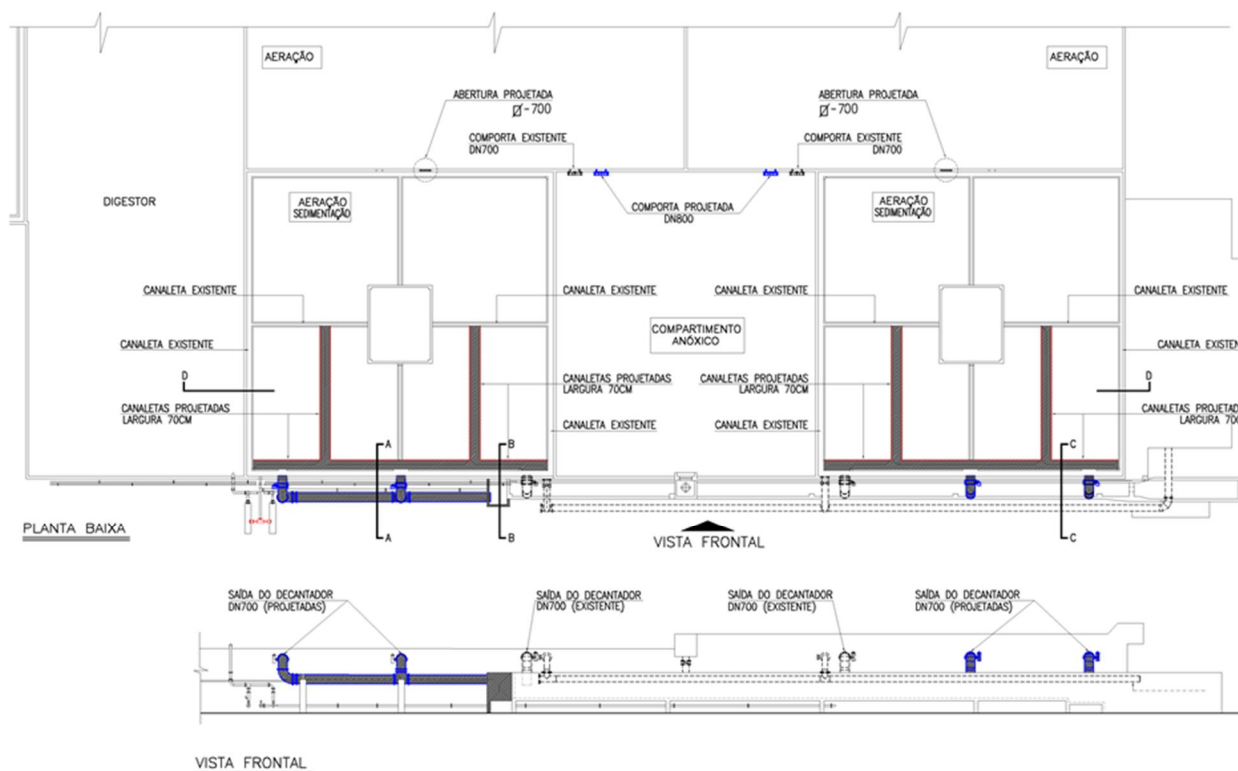


Figura 5.2 ĩ Proposição de melhorias hidráulicas na ETE Araças - Planta

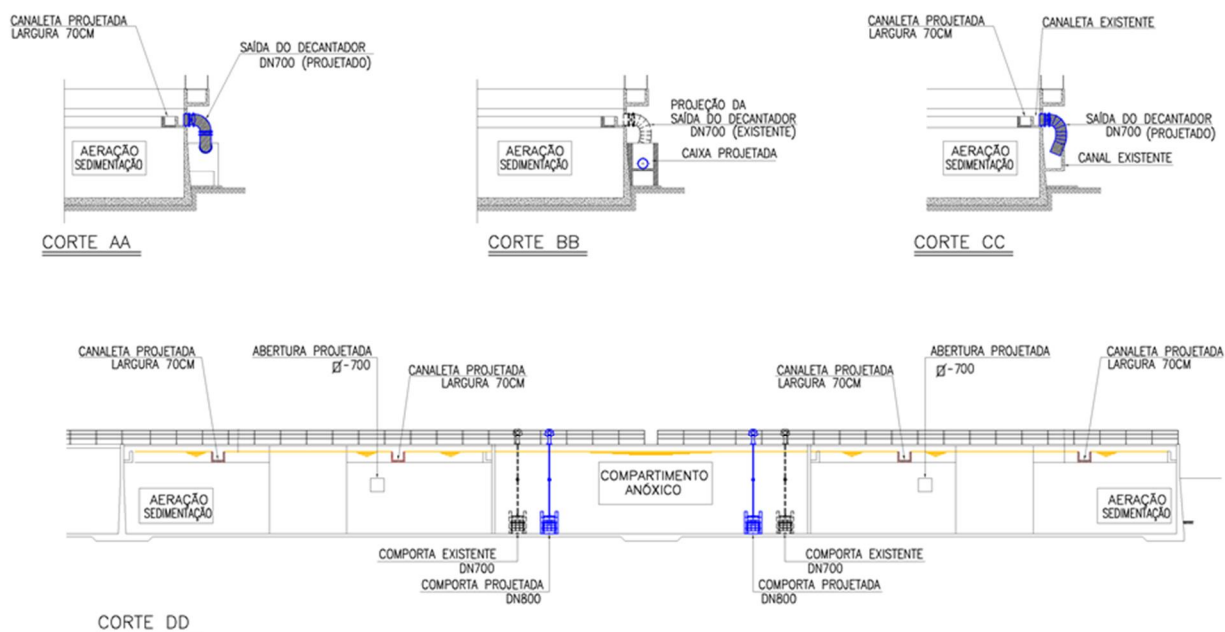


Figura 5.3 ĩ Proposição de melhorias hidráulicas na ETE Araças - Cortes

6 OUTRAS RECOMENDAÇÕES

A calha Parshall, tanto de entrada como de saída da ETE, tem dimensão de garganta de 45,7cm e por isso possibilita medições de vazão até 700l/s, ainda assim em final de escala. A ETE para operar com vazão acima de 600l/s deveria estar com uma calha de 61,0cm, cuja capacidade alcança até 930l/s. Mantendo as calhas existentes há possibilidade de ocorrência de medições de vazões equivocadas.

O aumento da capacidade da ETE irá aumentar o NA no canal de saída e pode vir a atingir os dispositivos elétricos do sistema de desinfecção por ultravioleta.

O nível d'água no poço de saída da ETE foi motivo de outro estudo apresentado à CESAN, cujo número do documento é: C-050-000-96-5-RT-0001.

O presente estudo teve como principal objetivo fazer uma avaliação hidráulica das unidades de tratamento da ETE Araçás. Qualquer alteração na sua capacidade atual requer um estudo específico no que vem afetar o processo biológico de tratamento do esgoto.

ANEXO

ANEXO I - CÁLCULO HIDRÁULICO

AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DA ETE ARAÇAS.

1 - DADOS

1.1 - VAZÃO:	ATUAL:	600 l/s
	FUTURA:	720 l/s

2 - CÁLCULO

2.1 HIDRÁULICA NO PRÉ-TRATAMENTO

DISPOSITIVO DE CONTROLE DO "NA": VERTEDOR DE SAÍDA DO DESARENADOR

NÚMERO DE DESARENADORES: ATUAL:		2
	FUTURO	2
VAZÃO EM CADA DESARENADOR: ATUAL:		300 l/s
	FUTURA:	360 l/s
COMPRIMENTO DO VERTEDOR:	4.88 m	
ALTURA DE ÁGUA SOBRE O VERTEDOR:		

$$Q = 1,71 LH^{3/2}$$

$$H_{At} = 0.109 \text{ m}$$

$$H_{Fu} = 0.123 \text{ m}$$

COTA DA SOLEIRA DO VERTEDOR:	9.75 m	
COTA DO "NA" NA SAÍDA DO DESARENADOR:	ATUAL:	9.859 m
	FUTURO:	9.873 m

COTA DO "NA" NO DESARENADOR: ATUAL:	9.859 m
FUTURO:	9.873 m

COTA DO FUNDO DO CANAL A MONTANTE DO DESARENADOR:	9.49	m
ALTURA DO "NA" NO CANAL A MONTANTE DO DESARENADOR: ATUAL:	0.369	m
	FUTURO:	0.383 m

COMPRIMENTO DO CANAL ATÉ O GRADEAMENTO FINO:	10 m
GRADIENTE HIDRÁULICO CALCULADO (EM ANEXO):	0.001 m/m

COTA DO "NA" A JUSANTE DA GRADE FINA: ATUAL:	9.869 m
FUTURO:	9.883 m

PERDA DE CARGA NA GRADE FINA: ADMITIDA = 0.1 m

COTA DO "NA" A MONTANTE DA GRADE FINA: ATUAL: 9.969 m

FUTURO: 9.983 m

PERDA DE CARGA NA GRADE GROSSA

Espassamento entre as grades - a = 0.0254 m

Espessura da grade - t = 8 mm

Ângulo com a horizontal = 60 graus

Largura do canal - l = 1 m

Altura do NA no canal - h = 0.479 m

$\beta = 1.83$

$$Au = Sx \frac{a}{a+t}$$

S = seção molhada = 0.479 m²

Au = 0.364 m²

Velocidade na grade - v = Atual = 0.824 m/s

Futuro = 0.988 m/s

$$hf = \beta x \left(\frac{t}{a}\right)^{4/3} x \sin \alpha \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

hf = Atual = 0.012 m

Futuro = 0.017 m

SE A GRADE ESTIVER 40% SUJA SIGNIFICA QUE Au FICARÁ REDUZIDA

Velocidade na grade suja - v = Atual = 1.373 m/s

Futuro = 1.647 m/s

hf = Atual = 0.033 m

Futuro = 0.047 m

COTA DO "NA" A MONTANTE DA GRADE GROSSA: ATUAL: 10.002 m

FUTURO: 10.030 m

DISPOSITIVO DE CONTROLE DO "NA": CALHA PARSHALL

ALTURA DO "NA" NA ENTRADA DA CALHA PARSHALL

$$Q = KH^n$$

W = 0.457 m

K = 1.054

n = 1.538
H = ATUAL = 0.693 m
FUTURO = 0.781 m

COTA DO FUNDO DA C.PARSHALL A MONTANTE: 8.5 m
COTA DO "NA" NA ENTRADA DA C.PARSHALL: ATUAL: 9.193 m
FUTURO: 9.281 m

COTA DO FUNDO DA CALHA A MONTANTE DA CALHA PARSHALL: 8.8 m
ALTURA DO "NA" CALCULADO (ANEXO): ATUAL: 0.759 m
FUTURO: 0.877 m

COTA DA SOLEIRA DO CANAL: 9.714 m
BORDA LIVRE: ATUAL: 0.155 m
FUTURO: 0.037 m

OBS.: O CANAL DE SAÍDA DO DESARENADOR NÃO IRÁ SUPORTAR A VAZÃO FUTURA DE 720L/S, SEM QUE HAJA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DE SOLEIRA EM, PELO MENOS, 20CM.

REBAIXO A JUSANTE DA CALHA PARSHALL: 0.5 m
COTA DO FUNDO DO CANAL A JUSANTE DA CALHA PARSHALL: 8.050 m

OBS.: O ESGOTO PRÉ-TRATADO ENTRA NO TANQUE ANÓXICO POR DESCARGA LIVRE A PARTIR DO CANAL DE SAÍDA DA CALHA PARSHALL. O MOVIMENTO É EXTREMAMENTE TURBULENTO, MAS HÁ UM GRANDE DESNÍVEL ENTRE O FUNDO E A SOLEIRA DO CANAL.

2.2 - HIDRÁULICA NOS REATORES

DISPOSITIVO DE CONTROLE DO "NA": CALHA DE SAÍDA DO DECANTADOR 2

DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO DE SAÍDA DO DECANTADOR: 700 mm

VERTEDOR CIRCULAR:

$$Q = 1,518 \times D^{0.693} \times H^{1.807}$$

ATRIBUINDO A VAZÃO ATUAL E A FUTURA.

H = ATUAL: 0.686 m
FUTURO: 0.759 m

OBS.: NA SITUAÇÃO ATUAL O VERTEDOR DE SAÍDA DO DECANTADOR JÁ ESTÁ PRATICAMENTE AFOGADO. COM A VAZÃO FUTURA, HAVERÁ SUBMERGÊNCIA COMPLETA DO VERTEDOR.

COTA DO FUNDO DA CALHA DE SAÍDA DO DECANTADOR:	7.300 m	
COTA DA SOLEIRA DO VERTEDEDOR DA CALHA DE SAÍDA DO DEC.:		7.850 m
LARGURA DO CANAL:	0.45 m	
COMPRIMENTO DO CANAL:	96.96 m	
COMPRIMENTO DOS CANAIS ADICIONAIS:	37.8 m	
COMPRIMENTO TOTAL DE VERTEDEDOR:	172.56 m	
ALTURA TOTAL DO VERTEDEDOR:	0.1 m	
NÚMERO DE VERTEDEDORES POR METRO:	10 und	
NÚMERO TOTAL DE VERTEDEDORES TRIANGULARES:	1726 und	
VAZÃO POR VERTEDEDOR: ATUAL:	0.348 l/s	
FUTURO:	0.417 l/s	

ALTURA DE ÁGUA SOBRE O VERTEDEDOR:

$$Q = 1,4 \times H^{5/2}$$

H =	ATUAL:	0.036 m
	FUTURO:	0.039 m

O PROBLEMA RECAI SOBRE A CAPACIDADE DE DESCALGA DA CALHA E SOBRE A CAPACIDADE DE DESCAGA DO VERTEDEDOR DE SAÍDA DO DECANTADOR. SE FOR INSTALADO OUTRO VERTEDEDOR CIRCULAR COM O MESMO DIÂMETRO NA OUTRA PONTA DA CALHA, A VAZÃO FICARÁ DIVIDIDA E A LÂMINA D'ÁGUA SOBRE O VERTEDEDOR SERÁ ENTÃO CALCULADA DA SEGUINTE FORMA:

H =	ATUAL:	0.467 m
	FUTURO:	0.517 m

AINDA ASSIM, NAS DUAS CONDIÇÕES, ATUAL E FUTURA, HAVERÁ AFOGAMENTO DA CALHA DE COLETA DE ÁGUA DECANTADA. CASO ADMITÍSSEMOS TRÊS UNIDADES VERTEDEDORAS DE SAÍDA DO DECANTADOR, A LÂMINA D'ÁGUA TERIA AS SEGUINTE GRANDEZAS:

H =	ATUAL:	0.373 m
	FUTURO:	0.413 m

NESTA CONCEPÇÃO PROPÕE-SE INSTALAR MAIS DUAS CALHAS COLETORAS NA DIREÇÃO DA PAREDE ONDE SERIA INSTALADO MAIS DOIS VERTEDEDORES CIRCULARES DN700.

VERIFICAÇÃO DA ALTURA DO "NA" NAS CALHAS COLETORAS. VALE OBSERVAR QUE SERÃO QUATRO CALHAS DIRECIONADAS À PAREDE ONDE ESTARÃO OS VERTEDEDORES CIRCULARES. ISSO SIGNIFICA QUE A VAZÃO TOTAL SERÁ DIVIDIDA POR QUATRO.

$$h_0 = \sqrt{h_L^2 + \frac{2}{h_L} \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)}$$

h_0 = altura do NA no início da calha;

h_L = altura do NA no final da calha, de acordo com um dispositivo de controle;

b = largura da calha = 0.45 m

Sendo h_L os valores acima calculados para altura do vertedor circular com três unidades, então:

h_0 =	ATUAL:	0.618 m
	FUTURO:	0.698 m

PELOS RESULTADOS ACIMA CONSTATA-SE QUE AINDA HAVERÁ AFOGAMENTO DA CALHA, TENDO EM VISTA QUE A ALTURA TOTAL DA MESMA É DE 0,55m. PORTANTO, ESTA ALTERNATIVA NÃO ATENDE COMPLETAMENTE A NECESSIDADE DE AUMENTO DA CAPACIDADE DA ETE. SE A LARGURA DAS CALHAS FOSSEM MAJORADAS:

b = largura da calha = 0.70 m

h_0 =	ATUAL:	0.490 m
	FUTURO:	0.549 m

NESTA CONDIÇÃO AS CALHAS FICARÃO NO LIMITE DE TRABALHO PARA A VAZÃO DE 720l/s.

COTA DO "NA" NO DECANTADOR:	ATUAL:	7.886 m
	FUTURO:	7.889 m

PASSAGEM DO DECANTADOR 2 PARA O TANQUE DE AERAÇÃO 2

DISPOSITIVO: CONDUTO FORÇADO

DIÂMETRO: 1000 mm

COTA DA SOLEIRA: 7.786 m

COTA DO NA:	ATUAL:	7.886 m
	FUTURO:	7.889 m

COMPRIMENTO DA TUBULAÇÃO: 11.41 m

PERDA DE CARGA CONTÍNUA: $0.0173 \times Q_1^{1.85}$

PERDA DE CARGA LOCALIZADA: $0.1983 \times Q_1^2$

ATRIBUINDO UMA SIMPLIFICAÇÃO COM A SOMA DOS DOIS FATORES ACIMA,

PERDA DE CARGA TOTAL NO CACHIMBO: $h = 0.216 \times Q_1^2$

ALÉM DO CACHIMBO HÁ UM ORIFÍCIO DO TANQUE "C" PARA O TANQUE "E" COM DIÂMETRO DE:
DN 300 mm

$$Q_2 = CdS \sqrt{2gh}$$

VAZÃO PELO ORIFÍCIO:

$$C_d = 0.63$$

$$S = 0.0707 \text{ m}^2$$

$$h = 25.701 \times Q_2^2$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$0.216Q_1^2 = 25.701Q_2^2$$

$$\text{PARA } Q = \text{ATUAL} = 600 \text{ l/s}$$

$$Q_1 = 0.6 - Q_2$$

$$0.216 (0.6 - Q_2)^2 = 25.701Q_2^2$$

$$Q_2 = 0.0504 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = 0.5496 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = 0.065 \text{ m}$$

$$\text{PARA } Q = \text{FUTURO} = 720 \text{ l/s}$$

$$Q_1 = 0.72 - Q_2$$

$$0.216 (0.72 - Q_2)^2 = 25.701Q_2^2$$

$$Q_2 = 0.0605 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = 0.6595 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = 0.094 \text{ m}$$

COTA DO "NA" NO TANQUE DE AERAÇÃO 2

$$\text{PARA VAZÃO ATUAL: } 7.951 \text{ m}$$

$$\text{PARA VAZÃO FUTURA: } 7.983 \text{ m}$$

PASSAGEM DO TANQUE DE AERAÇÃO 2 PARA O TANQUE ANÓXICO

ORIFÍCIO DE 70CM X 70CM

$$Q = C_d S \sqrt{2gh}$$

$$\text{ÁREA: } 0.49 \text{ m}^2$$

$$C_d : 0.63$$

$$\text{PARA VAZÃO ATUAL - } h = 0.193 \text{ m}$$

$$\text{PARA VAZÃO FUTURA - } h = 0.277 \text{ m}$$

COTA DO "NA" NO TANQUE ANÓXICO

$$\text{PARA VAZÃO ATUAL: } 8.144 \text{ m}$$

$$\text{PARA VAZÃO FUTURA: } 8.260 \text{ m}$$

COTA DA SOLEIRA DO PASSADIÇO ENTRE OS TANQUES: 8.40 m

DIFERENÇA ENTRE A COTA DO PASSADIÇO E O NA: ATUAL: 0.256 m

FUTURO: 0.140 m

OBS.: NÍVEL D'ÁGUA JÁ ENCOSTANDO NA LAJE

PASSAGEM DO TANQUE ANÓXICO PARA O TANQUE DE AERAÇÃO 1

ORIFÍCIO DE 70CM X 70CM

$$Q = CdS \sqrt{2gh}$$

ÁREA: 0.49 m²

Cd : 0.63

NESTE CASO, VALE RESSALTAR QUE A BOMBA DE RECIRCULAÇÃO TEM CAPACIDADE PARA 800l/s E O DIMENSIONAMENTO SERÁ VERIFICADO PARA TAL CONDIÇÃO.

VAZÃO DE RECIRCULAÇÃO: 800 l/s

PARA VAZÃO ATUAL - h = 0.342 m

PARA VAZÃO FUTURA - h = 0.342 m

COTA DO "NA" NO TANQUE DE AERAÇÃO 1

PARA VAZÃO ATUAL: 8.486 m

PARA VAZÃO FUTURA: 8.602 m

OBS.: NÍVEL D'ÁGUA JÁ ULTRAPASSA A LAJE

OBS.: NÍVEL D'ÁGUA JÁ ULTRAPASSA A LAJE

É PRECISO AUMENTAR A SEÇÃO DE PASSAGEM ENTRE O TANQUE DE AERAÇÃO 2 E O TANQUE ANÓXICO, COMO TAMBÉM DO TANQUE ANÓXICO PARA O TANQUE DE AERAÇÃO 1. SE ADMITIRMOS UMA NOVA SEÇÃO DE 80cm x 80cm, A PERDA DE CARGA SERÁ DE:

ÁREA ADICIONAL: 0.64 m²

PARA VAZÃO ATUAL - h = 0.064 m

PARA VAZÃO FUTURA - h = 0.064 m

COTA DO "NA" NO TANQUE ANÓXICO

PARA VAZÃO ATUAL: 8.016 m

PARA VAZÃO FUTURA: 8.047 m

COTA DO "NA" NO TANQUE DE AERAÇÃO 1

PARA VAZÃO ATUAL: 8.080 m

PARA VAZÃO FUTURA: 8.111 m

PASSAGEM DO TANQUE DE AERAÇÃO 1 PARA O DECANTADOR 1

O SISTEMA FUNCIONA COM A PASSAGEM DO ESGOTO DO DECANTADOR 1 PARA O TANQUE DE

AERAÇÃO 1 ATRAVÉS DE UM VERTEDOR TIPO TULIPA E DE UM ORIFÍCIO DN400. PORÉM, PELO FATO DO NÍVEL DO "NA" DE JUSANTE (TANQUE DE AERAÇÃO 1) SER ELEVADO, IMPEDE QUE O SISTEMA OPERE COMO VERTEDOR E FUNCIONE COMO CONDUTO FORÇADO.

DISPOSITIVO: CONDUTO FORÇADO

DIÂMETRO: 1000 mm

COTA DA SOLEIRA: 7.786 m

COTA DO "NA" NO TANQUE DE AERAÇÃO 1 ATUAL: 8.080 m

FUTURO: 8.111 m

COMPRIMENTO DA TUBULAÇÃO: 11.41 m

PERDA DE CARGA CONTÍNUA: $0.0173 \times Q_1^{1.85}$

PERDA DE CARGA LOCALIZADA: $0.1983 \times Q_1^2$

ATRIBUINDO UMA SIMPLIFICAÇÃO COM A SOMA DOS DOIS FATORES ACIMA,

PERDA DE CARGA TOTAL NO CACHIMBO: $h = 0.216 \times Q_1^2$

ALÉM DO CACHIMBO HÁ UM ORIFÍCIO DO TANQUE "C" PARA O TANQUE "E" COM DIÂMETRO DE:

DN 400 mm

VAZÃO PELO ORIFÍCIO:

$$Q_2 = CdS \sqrt{2gh}$$

Cd = 0.63

S = 0.1257 m²

$h = 8.132 \times Q_2^2$

$Q = Q_1 + Q_2$

$0.216Q_1^2 = 8.132Q_2^2$

PARA Q = RECIRCULAÇÃO = 800 l/s

$Q_1 = 0.80 - Q_2$

$0.216 (0.80 - Q_2)^2 = 8.132Q_2^2$

$Q_2 = 0.112 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_1 = 0.688 \text{ m}^3/\text{s}$

$h = 0.102 \text{ m}$

COTA DO "NA" NO DECANTADOR 2

PARA VAZÃO ATUAL: 8.182 m

PARA VAZÃO FUTURA: 8.213 m

COTA DA SOLEIRA DO PASSADIÇO ENTRE OS TANQUES: 8.40 m

DIFERENÇA ENTRE A COTA DO PASSADIÇO E O NA: ATUAL: **0.218 m**
FUTURO: **0.187 m**

OBS.: É RECOMENDADO, TAMBÉM NESTE CASO, QUE SEJA ADICIONADO AO ORIFÍCIO EXISTENTE MAIS UM, COM DIÂMETRO DE 500mm, COM O OBJETIVO DE DIMINUIR A PERDA DE CARGA ENTRE OS DOIS TANQUES E COM ISSO, AUMENTAR A BORDA LIVRE, JÁ QUE HÁ AERAÇÃO NOS DOIS TANQUE E FORMAÇÃO DE AEROSOL. ESTA OBSERVAÇÃO VALE TAMBÉM PARA A PASSAGEM ENTRE O TANQUE DE AERAÇÃO 2 E O DECANTADOR 2, OU SUBSTITUIÇÃO DO ORIFÍCIO DN 400 POR OUTRO DN700

SE O ORIFÍCIO DN400 FOR SUBSTITUÍDO POR OUTRO DN700, ENTÃO:

DN 700 mm

VAZÃO PELO ORIFÍCIO:

$$Q_2 = CdS \sqrt{2gh}$$

Cd = 0.63

S = 0.3848 m²

h = 0.867 x Q₂²

Q = Q₁ + Q₂

$$0.216Q_1^2 = 0.867Q_2^2$$

PARA Q = RECIRCULAÇÃO = 800 l/s

$$Q_1 = 0.80 - Q_2$$

$$0.216 (0.80 - Q_2)^2 = 0.867Q_2^2$$

Q₂ = 0.266 m³/s

Q₁ = 0.534 m³/s

h = 0.061 m

COTA DO "NA" NO DECANTADOR 1

PARA VAZÃO ATUAL: 8.141 m

PARA VAZÃO FUTURA: 8.173 m

COTA DA SOLEIRA DO PASSADIÇO ENTRE OS TANQUES: 8.40 m

DIFERENÇA ENTRE A COTA DO PASSADIÇO E O NA: ATUAL: **0.259 m**

FUTURO: **0.227 m**

2.3 HIDRÁULICA NO CANAL DE SAÍDA

DISPOSITIVO DE CONTROLE DO "NA" NO FINAL DO CANAL: CALHA PARSHALL

ALTURA DO "NA" NA ENTRADA DA CALHA PARSHALL

$$Q = KH^n$$

	W =	0.457 m
	K =	1.054
	n =	1.538

H =	ATUAL =	0.693 m
-----	---------	---------

	FUTURO =	0.781 m
--	----------	---------

VAZÃO POUCO SUPERIOR AO LIMITE DA PARSHALL

COTA DO FUNDO DA C.PARSHALL A MONTANTE:	4.100 m
---	---------

COTA DO "NA" NA ENTRADA DA C.PARSHALL:	ATUAL:	4.793 m
--	--------	---------

	FUTURO:	4.881 m
--	---------	---------

CANAL A MONTANTE DA CALHA PARSHALL

COMPRIMENTO:	44.75 m
--------------	---------

LARGURA:	1.10 m
----------	--------

COTA DE FUNDO DO CANAL:	4.400 m
-------------------------	---------

COTA DA SOLEIRA DO CANAL:	5.314 m
---------------------------	---------

VERIFICAÇÃO DA ALTURA DO "NA" NO CANAL A MONTANTE DA CALHA PARSHALL

$$h_0 = \sqrt{h_L^2 + \frac{2}{h_L} \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)}$$

h_0 = altura do NA no início do canal;

h_L = altura do NA no final do canal, de acordo com um dispositivo de controle;

b = largura do canal =	1.10 m
------------------------	--------

Sendo h_L os valores acima calculados para altura do NA na calha Parshall, então:

h_0 =	ATUAL:	0.754 m
---------	--------	---------

	FUTURO:	0.849 m
--	---------	---------

COTA DO NA A MONTANTE DO CANAL: ATUAL:	4.854 m
--	---------

	FUTURO:	4.949 m
--	---------	---------

DIFERENÇA DE COTA EM RELAÇÃO À SOLEIRA:	ATUAL:	0.027 m
---	--------	---------

	FUTURO:	-0.069 m
--	---------	----------

OBS.: FICA EVIDENTE QUE, MESMO COM A VAZÃO MÁXIMA ATUAL, O CANAL TRANSBORDARIA. ALÉM DISSO, DEVIDO A OCORRÊNCIA DE TURBULÊNCIA MOTIVADA PELA DISSIPAÇÃO DE ENERGIA, SERÁ PRECISO ELEVAR AS PAREDE DO CANAL A MONTANTE DA CALHA PARSHALL EM, PELO MENOS, 80CM. CASO OCORRA RESPINGOS OU FORMAÇÃO DE ESPUMAS DEVIDO A PRESENÇA DE SUFACTANTES, ENTÃO ESTA ELEVAÇÃO DEVERÁ SER MAIOR.

COM A VAZÃO DE 720l/s A CALHA PARSHALL IRÁ OPERAR ACIMA DE SUA CAPACIDADE, E PODERÁ

INSERIR ERRO NA MEDIÇÃO DE VAZÃO.

A LÂMINA D'ÁGUA, COM VAZÃO DE 720l/s, NO CANAL DAS LÂMPADAS ULTRAVIOLETA, DEVE ALCANÇAR 60cm, QUE, POSSIVELMENTE, VENHA ATINGIR OS DISPOSITIVOS ELÉTRICOS DE COMANDO DAS LÂMPADAS.

O NÍVEL D'ÁGUA NO POÇO DE SAÍDA DA ETE FOI MOTIVO DE OUTRO ESTUDO APRESENTADO PARA A CESAN, CUJO NÚMERO DO DOCUMENTO É: C-050-000-96-5-RT-0001

O PRESENTE ESTUDO TEVE COMO OBJETIVO FAZER UMA AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DA ETE ARAÇAS. QUALQUER ALTERAÇÃO NA SUA CAPACIDADE ATUAL REQUER UM ESTUDO ESPECÍFICO NO QUE VEM AFETAR O PROCESSO BIOLÓGICO DE TRATAMENTO.

Canal Copyright (2000) © GPRH RELATÓRIO Dimensionamento de Canais Retangulares	
IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO	
Nome: ETE ARAÇAS - CANAL A MONTANTE DO DESARENADOR Técnico: JULIO CESAR ALI GANEM Estado: ES	Empresa: GANEM ENGENHARIA LTDA EPP Local: VILA VELHA Data: 26/11/2013
DADOS DE ENTRADA	
INCÓGNITA DO PROBLEMA: Declividade	
Vazão: 0.36 m ³ /s Declividade: 0.0010 m/m Folga: 0.36 m Largura da Base: 1.00	Profundidade Normal: 0.383 m Coeficiente de Rugosidade: 0.0120 Comprimento do Canal: 10.0 m
RESULTADOS	
Área: 0.3830 m ² Largura da Superfície: 1.000 m Número de Froude: 0.485 Velocidade: 0.940 m/s Movimentação de Terra: 7.430 m ³	Perímetro Molhado: 1.766 m Profundidade Crítica: 0.236 m Regime de Escoamento: Subcrítico Energia Específica: 0.428 m





RELATÓRIO
Dimensionamento de Canais Retangulares

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Nome: ETE ARAÇAS - CANAL DE SAÍDA DOS DESARENADORES
Técnico: JULIO CESAR ALI GANEM
Estado: ES

Empresa: GANEM ENGENHARIA LTDA EPP
Local: VILA VELHA
Data: 26/11/2013

DADOS DE ENTRADA

INCÓGNITA DO PROBLEMA: Profundidade Normal

Vazão: 0.60 m³/s
Declividade: 0.0004 m/m
Folga: 0.20 m
Largura da Base: 1.10

Profundidade Normal: 0.759 m
Coeficiente de Rugosidade: 0.0130
Comprimento do Canal: 53.4 m

RESULTADOS

Área: 0.8354 m²
Largura da Superfície: 1.100 m
Número de Froude: 0.263
Velocidade: 0.718 m/s
Movimentação de Terra: 56.357 m³

Perímetro Molhado: 2.619 m
Profundidade Crítica: 0.312 m
Regime de Escoamento: Subcrítico
Energia Específica: 0.786 m



RELATÓRIO
Dimensionamento de Canais Retangulares

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Nome: ETE ARAÇAS - CANAL DE SAÍDA DOS DESARENADORES
Técnico: JULIO CESAR ALI GANEM
Estado: ES

Empresa: GANEM ENGENHARIA LTDA EPP
Local: VILA VELHA
Data: 26/11/2013

DADOS DE ENTRADA

INCÓGNITA DO PROBLEMA: Profundidade Normal

Vazão: 0.72 m³/s
Declividade: 0.0004 m/m
Folga: 0.20 m
Largura da Base: 1.10

Profundidade Normal: 0.877 m
Coeficiente de Rugosidade: 0.0130
Comprimento do Canal: 53.4 m

RESULTADOS

Área: 0.9646 m²
Largura da Superfície: 1.100 m
Número de Froude: 0.254
Velocidade: 0.746 m/s
Movimentação de Terra: 63.258 m³

Perímetro Molhado: 2.854 m
Profundidade Crítica: 0.352 m
Regime de Escoamento: Subcrítico
Energia Específica: 0.905 m



ANEXO II - ORÇAMENTO

ANEXO III – DESENHOS

Tabela A.1 – Lista de desenhos

	Número da CESAN	Referência do desenho
1	B-050-000-92-5-XX-0001	Planta Geral e lista de materiais
2	B-050-000-92-5-XX-0002	Cortes BB, CC, DD, EE, FF e planta de situação