

PROJETO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

MUNICÍPIO DE IRAÍ RS

Iraí RS, março de 2022

ANA MARIA

PEROZA:02169574000



Assinado de forma digital por ANA MARIA
PEROZA:02169574000
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita Federal
do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A1, ou=VALID, ou=AR
SENHA DIGITAL, ou=Presencial, ou=19520630000115,
cn=ANA MARIA PEROZA:02169574000
Dados: 2022.03.16 17:28:50 -03'00'

ANA MARIA PEROZA

CREA RS 223954

PREFEITURA MUNICIPAL DE IRAI
PREF. ANTONIO VILSON BERNARDI

IRAI/RS, Março de 2022.

SUMÁRIO

1. DADOS CADASTRAIS CONTRATANTE.....	6
2. DADOS CADASTRAIS CONTRATADA	6
3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	7
4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO	8
5. MEMORIAL DESCRITIVO	12
5.1 TANQUE DE AMORTIZAÇÃO.....	12
5.2 COAGULAÇÃO	12
5.3 FLOCULAÇÃO	13
5.4 DECANTAÇÃO	13
5.5 FILTRAÇÃO.....	14
5.6 DESINFECÇÃO	14
5.7 TRATAMENTO DO LODO.....	14
5.8 PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO	15
6. MEMORIAL DE CÁLCULO.....	15
6.1 DIMENSIONAMENTO TANQUE DE AMORTIZAÇÃO	15
6.2 DIMENSIONAMENTO FLOCULADOR.....	16
6.2.1 Volume total do floculador	17
6.2.2 Área superficial do floculador.....	17
6.2.3 Largura do floculador.....	18
6.2.4 Largura por câmara.....	18
6.2.5 Tempo de floculação.....	18
6.2.6 Número de espaçamentos entre chicanas em cada câmara de floculação.....	19
6.2.7 Número de divisórias.....	19
Com base nesses dados, define-se a quantidade divisórias para cada um dos trechos.	19
6.2.8 Espaçamento entre as chicanas	19
Para a definição do espaçamento entre as chicanas, considera-se: $e = Ldecn$	19
6.2.9 Velocidades nos trechos retos (V_1)	19
Para a definição das velocidades nos trechos retos, definir de acordo com:.....	19

6.2.10	Velocidade nas curvas 180° (V_2)	20
	Para essa definição, utilizar:	20
6.2.11	Extensão dos canais	20
	Considere:	20
6.2.12	Raio hidráulico	20
6.2.13	Perdas de carga (H)	21
6.2.14	Perda de carga por atrito	21
6.2.15	Perda de carga total	21
	Definido pelo somatório de todas as perdas individuais.	21
6.2.16	Verificação do Gradiente de Velocidade	21
6.2.17	Gradiente de velocidade na abertura dos canais	22
6.3	DIMENSIONAMENTO DECANTADOR LAMELAR ALTA TAXA	22
8.	FILTRAÇÃO	36
8.1.5	Fundo falso	39
8.1.6	Largura e Comprimento total ocupada pelos blocos de Leopold	39
8.1.9	Vazão para lavagem	41
8.1.11	Tubulações imediatas dos filtros	41
8.1.14	Dimensões e vazão de cada calha	43
8.2	PERDAS DE CARGA	43
8.2.1	Perdas de Carga para Altura do Reservatório	43
8.2.3	Velocidade	44
8.2.4	Perda de carga localizada	44
8.2.5	Perda de carga na passagem pelo material filtrante expandido	45
8.3	PERDA DE CARGA NAS BORDAS DA CALHA DE LAVAGEM	45
8.3.1	Comprimento total de vertedouros	45
9.	REFERÊNCIAS	50

ANEXOS:

Anexo I Croqui de localização.....	51
Anexo II Localização da cidade e da ETA.....	52
Anexo III ART.....	53

1. DADOS CADASTRAIS CONTRATANTE

Nome	Prefeitura Municipal de Iraí
CNPJ	87.612.941/0001-64
Endereço	Rua Valzumiro Dutra, 161
Responsável	Antonio Vilson Bernardi
E-mail	<u>Vilson@speedrs.com.br</u> / <u>pmirai@speedrs.com.br</u>
Telefone	55 3745-1288

2. DADOS CADASTRAIS CONTRATADA

Razão Social	Ana Maria Peroza LTDA
CNPJ	37.516.426/0001-02
Endereço	Avenida Sol América, 091, Centro, Vista Alegre RS CEP 98415-000
Telefone	5599647-5962
Responsável Técnico	Ana Maria Peroza
Registro profissional	CREA RS 223954
E-mail	anamperoza@gmail.com

3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento da sociedade é o abastecimento com água de boa qualidade, o que está diretamente relacionado com o aumento da qualidade de vida da população e ao controle de eliminação de doenças. O custo baixo da água faz com que as comunidades se beneficiam de seu uso (WALDMAN, 1998.).

A qualidade de águas para consumo humano deve obedecer a critérios definidos por normas nacionais ou internacionais, para isso seguimos os parâmetros determinados dentro. Do ponto de vista técnico, indiferente da qualidade da água, a mesma pode ser transformada em potável, porém, há relação entre a confiabilidade e os custos relacionados ao tratamento adequado para cada característica de água, o que pode acabar inviabilizando a utilização de determinado curso de água para abastecimento público (DI BERNARDO, et al.).

A uma relação intrínseca entre o meio ambiente e o tratamento de águas, isto é, conforme as características da água do manancial a ser tratado, e o meio ambiente em que está inserido, vão ser determinadas as tecnologias utilizadas para que o tratamento seja eficiente segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433/1997, art. 1º - I e II, a água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

A água potável e de boa qualidade é essencial para a o bem-estar e a saúde humana, necessitando ser incolor, inodora e insípida. Contudo, para que ela esteja em condições mínimas necessárias para consumo, deve-se levá-la do manancial para a estação de tratamento, assim, passando por processos que a padronizam.

O conceito de qualidade da água deve ser concordante com o padrão de potabilidade da água estipulado na Portaria GM/MS Nº 888 de 2021, implicando nos padrões mínimos para que a água a ser consumida não seja transmissora de patógenos. Sendo assim, o tratamento da água tem como finalidade melhorar sua qualidade, removendo bactérias, vírus, protozoários, teores elevados de compostos orgânicos e substâncias nocivas.

A adoção de tecnologias para a prática do uso racional dos recursos e o controle de perdas em sistemas de abastecimento são um dos desafios que se apresentam hoje para o saneamento (ANDRADE SOBRINHO, 2012).

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Iraí está situado ao norte do Rio Grande do Sul, fazendo divisa com Santa Catarina, com uma área territorial de 181.579 km², e densidade demográfica de 44,64 hab/m² (IBGE2010) e sua população estimada é de 7.046 Habitantes (IBGE 2022).

Figura 01: Mapa do Rio Grande do Sul- Localização do Município de Iraí



Fonte: pt.wikipedia.org

Solos: predominantes na região: solo ciríaco-charrua origem basáltica, são solos rasos (2 à 120 cm).

Hidrografia:

Na Bacia do Uruguai, a Sub-Bacia Hidrográfica da Várzea possui uma superfície aproximada de 7.938 Km², da qual fazem parte total ou parcialmente 53 municípios distribuídos em 14 Promotorias.

A bacia hidrográfica do Rio da Várzea, Figura 02, tem formato alongado com dimensão de aproximadamente 140 Km no sentido Norte-Sul. No sentido Leste-Oeste a bacia tem dimensão aproximada de 70 Km (porção central da bacia), diminuindo no extremo Sul para aproximadamente 40 Km.

Considerando a população total dos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio da Várzea, tem-se 482.594 habitantes. Tendo por base a contagem realizada pelo IBGE em 2007, possui uma densidade demográfica de 31,2 habitantes por quilômetro quadrado.

Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea



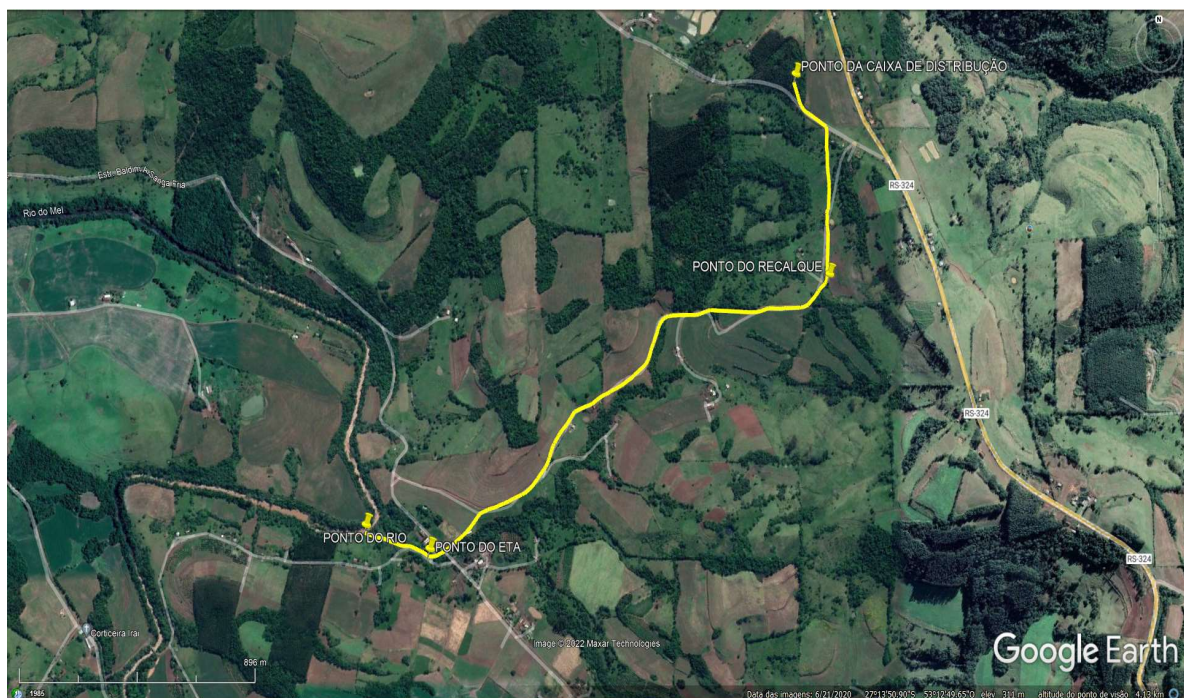
Fonte: Comitê Rio da Várzea 2010

4.1 Caracterização do local indicado para instalação da ETA

A Linha Barra Grande é o local indicado para a instalação da Estação de Tratamento de água, atenderá com a estação de tratamento de água aproximadamente 111 famílias e 350 pessoas, abrangerá inicialmente as comunidades: Barra Grande, Bela Vista e Goretti.

A estação será instalada em uma área do empreendimento, num ponto que possibilitará a melhor viabilidade técnica e econômica. Na imagem 01 (anexo I) verifica-se onde estará localizada a ETA bem como o seu local de captação.

Imagem 01 - Localização da Estação de Tratamento de Água.



Fonte: Google Earth

Na imagem a seguir podemos ver a localização da cidade de Írai até a localização a estação de tratamento de água.

Imagem 02 – planta de localização.



Fonte: Google Earth

Segundo a NBR 12.216/1992, as águas naturais do tipo C devem passar pelos processos de coagulação, seguido ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH, que são as unidades de uma Estação de Tratamento de Água Convencional.

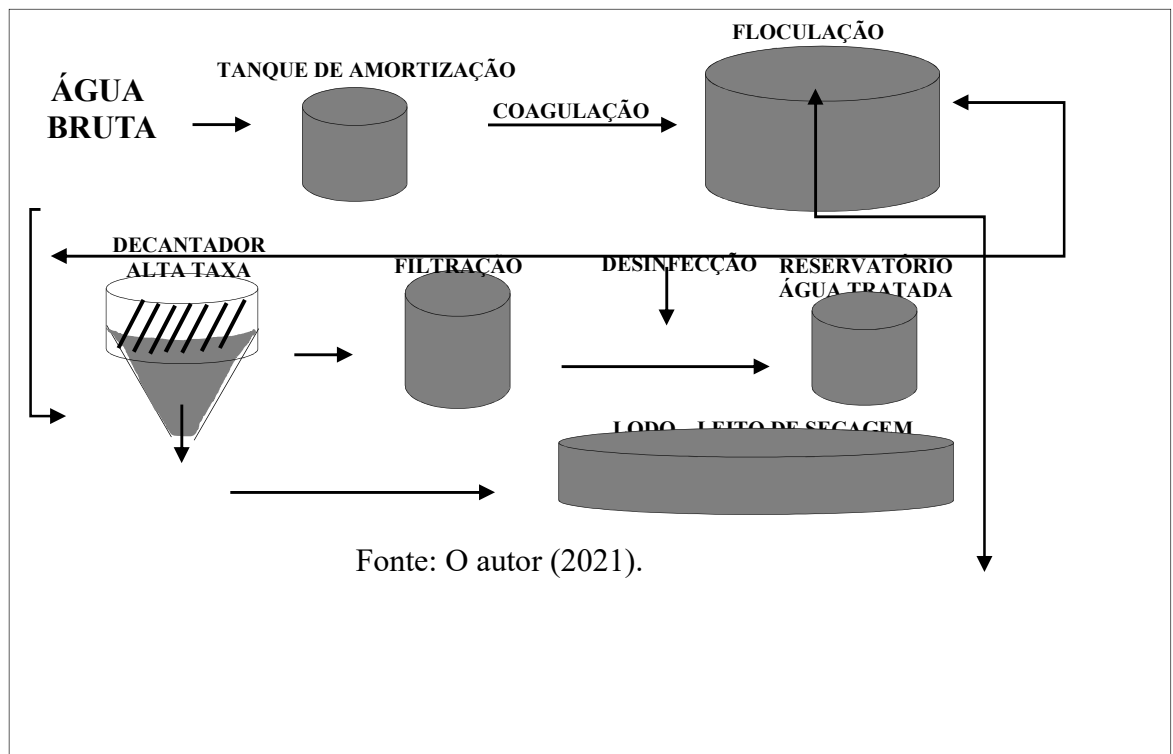
Os sólidos, presentes na água bruta, se aglomeram com relativa facilidade, após uma floculação apropriada, permitindo uma decantação bastante eficiente e, com a filtração em areia, se consegue uma água límpida e isenta de sólidos, com propriedades da água tratada permanecendo rigorosamente dentro dos limites de potabilidade.

Estas características das águas a serem tratadas, levaram ao projeto de um sistema envolvendo a um tratamento físico-químico, incluindo as etapas de equalização, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

5. MEMORIAL DESCRITIVO

Para o dimensionamento das unidades e determinação dos processos de tratamento da estação, foram adotados os parâmetros de projeto conforme relatório de ensaio RE 4822.1.26090 R1 (figura 03). Na figura pode-se observar o fluxograma das etapas que serão adotadas na estação de tratamento de água.

Figura 03: Fluxograma da Estação de Tratamento de Água.



5.1 TANQUE DE AMORTIZAÇÃO

O tanque de amortização é uma estrutura que acumula temporariamente a água bruta oriunda da captação, cujo principal objetivo é amortecer as vazões, controlando desta forma, a quantidade de água que entrará na estação de tratamento de água.

5.2 COAGULAÇÃO

Operação destinada a dispersar produtos químicos na água, mais especificamente o processo de coagulação (NBR12.216/1992). Chama-se de mistura rápida qualquer equipamento ou singularidade em canais, tubulações ou câmaras que providencie o gradiente de velocidade e o tempo de detenção adequado para que a mistura dos produtos químicos ocorra (LIBÂNIO, 2010).

As condições ideais em termos de gradiente de velocidade, tempo de mistura e concentração da solução de coagulante a ser utilizada nesta etapa, devem ser determinadas preferencialmente através de ensaios de laboratórios, ou atender as orientações sobre mistura rápida constadas na NBR 12.216/992.

5.3 FLOCULAÇÃO

A floculação é uma unidade usada para agregação das partículas desestabilizadas, que são formadas durante a mistura rápida, formando os flocos que serão decantados em etapa posterior. O período de detenção no tanque de floculação e os gradientes de velocidade a serem aplicados, devem ser determinados por meio de ensaios realizados com a água a ser tratada (NBR12.216/92).

5.4 DECANTAÇÃO

Do tanque de floculação a água é direcionada, por gravidade, ao decantador, onde se distribui por toda a área perpendicular ao fluxo de líquido, formando as várias camadas de concentrações características destes processos de tratamento. Nessa transferência de massa líquida é adicionado o polímero aniônico, responsável por dar peso ao floco.

Segundo a NRB 12.216/1992, os decantadores são unidades destinadas a remoção de partículas presentes na água a ser tratada pela ação da gravidade. Estes, podem ser convencionais, ou de baixa taxa, e de elementos tubulares, ou de alta taxa.

No interior do decantador estão instaladas placas lamelares que formam um ângulo de 60° com a horizontal, impedindo o fluxo livre das partículas e dificultando a sua entrada para a zona de líquido clarificado, na superfície.

O processo de decantação dos sólidos, forma na superfície, uma lâmina bem definida de líquido límpido que flui para o filtro pressurizado através de uma calha coletora.

5.5 FILTRAÇÃO

Segundo a NBR 12.216/1992, filtros rápidos são unidades destinadas à remoção das partículas suspensas na água, após o processo de coagulação, floculação e decantação, ou quando comprovado que a filtração é suficiente para remoção da turbidez. Tais filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples.

O filtro utilizado na ETA em questão é de camada simples de areia, e fluxo ascendente.

5.6 DESINFECÇÃO

Objetivando a inativação dos patógenos a água filtrada passará pela unidade de desinfecção, onde a adição está realizada em line a partir da adição de um agente oxidante. Usualmente empregado é o Hipoclorito de Sódio (NaClO), Cl_2 , a uma concentração de 12%. Não é possível dosar exatamente a quantidade de cloro por litro de água filtrada, devido à falta de dados sobre a qualidade da água ao longo de todo processo de tratamento. Complementando os processos de tratamento, a água passa pelo tanque de contato sendo, finalmente, dirigido para o armazenamento e consumo.

5.7 TRATAMENTO DO LODO

Segundo o livro do PROSAB (2001), uma Estação de Tratamento de Água gera lodo nos decantadores e floculadores devido aos processos de coagulação, floculação e sedimentação das partículas presentes na água bruta.

A NBR 10.004/2004 define os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água como resíduos sólidos, e como tais devem receber o devido tratamento e/ou disposição final.

Uma alternativa existente para a secagem do lodo são os leitos de secagem, que tem sido utilizado para remoção de água de rejeitos de tratamento de águas residuárias e de abastecimento. A estrutura básica deste tipo de sistema é formada por camada suporte, meio filtrante e sistema drenante, e após a secagem, o lodo pode ser encaminhado a um aterro industrial.

5.8 PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO

A estação de tratamento físico-químico possui, além das unidades citadas, um sistema automático de dosagens constituído por um painel de comando elétrico com duas bombas dosadoras, sendo uma para coagulante e outra para floculante, um sistema de controle de nível para o acionamento e desligamento automático do sistema, uma bomba de recalque responsável por transferir a água do tanque de amortização para o tanque de floculação, uma bomba que realizaram a filtragem e retro-lavagem dos filtros e, uma bomba dosadoras de cloro.

6. MEMORIAL DE CÁLCULO

6.1 DIMENSIONAMENTO TANQUE DE AMORTIZAÇÃO

Volume solicitado para o projeto = 5.000L

Com base na vazão da ETA de 0,001389 m³/s e na velocidade que chega do tanque, calcula-se a área superficial do tanque de amortização, a partir da seguinte equação:

$$A_{sup} = \frac{Q}{V}$$

Onde:

A_{sup} = Área superficial (m^2);

Q = Vazão de projeto (m^3/s);

V = Velocidade de subida é 1 m/min.

Com base em A_{sup} , e na profundidade estimada em metros, calcula-se o volume deste reservatório:

$$V = A_{sup} \times H$$

Onde:

V = Volume do reservatório (m^3);

A_{sup} = Área superficial (m^2);

H = Profundidade do reservatório (m).

Para estimar as dimensões da base do tanque, tem-se:

$$L = \sqrt{A_{sup}}$$

6.2 DIMENSIONAMENTO FLOCULADOR

Variáveis a serem consideradas:

Vazão de projeto (m^3/s)

Tempo de detenção Hidráulico: TDH em min

Número de floculadores

Profundidade dos floculadores

Largura decantador

Gradiente de velocidade: $70s^{-1}$, $50s^{-1}$, $30s^{-1}$ e $20s^{-1}$

O dimensionamento das chicanas de fluxo vertical é baseado nos dados de projeto citados anteriormente, assim como na NBR 12.216 e demais bibliográficas.

6.2.1 Volume total do floclador

A partir dos dados de vazão total de projeto e o tempo de detenção em segundos (s) é determinado o volume total de floclação:

$$Vt = Q \times Td$$

Onde:

Vt = Volume total do floclador (m^3);

Q = Vazão de projeto (m^3/s);

Td = Tempo de detenção (s).

Tendo volume total de floclação e o número de chicanas, é calculado o volume para cada chicana:

$$Vf = \frac{Vt}{Nf}$$

Onde:

Vt = Volume total do floclador (m^3);

Nf = Número de flocladores;

Vf = Volume do floclador (m)

6.2.2 Área superficial do floclador

Adotando-se uma profundidade (h) de 3,8 m para cada chicana, encontrou-se a área superficial:

$$As = \frac{Vf}{h}$$

Em que:

As = Área superficial (m^2);

Vf = Volume do floclador (m^3);

h = Profundidade (m).

6.2.3 Largura do floculador

É calculada a largura do floculador com base na largura do decantador.

$$L_f = \frac{A_s}{L_d}$$

Onde:

L_f = Largura do floculador (m);

A_s = Área superficial (m²);

L_d = Largura total do decantador (m).

6.2.4 Largura por câmara

A chicana é dividida em câmaras, sendo assim, encontra-se a largura para cada câmara com o valor de largura do floculador sem as espessuras:

$$a = \frac{L_f}{n^{\circ} \text{ câmaras}}$$

Onde:

a = largura por câmara (m);

L_f = largura do floculador (m).

6.2.5 Tempo de floculação

A NBR 12216 estabelece que o tempo de detenção hidráulico nos floculadores deve ser 20 a 30 minutos. Para o presente projeto foi atribuído o tempo de 40 min de floculação.

Com essas informações, a quantidade de unidades de floculação e os gradientes de velocidade escalonados por zonas ou trechos, define-se o tempo de floculação para cada floculador.

6.2.6 Número de espaçamentos entre chicanas em cada câmara de floculação

O espaçamento entre as chicanas é variável para cada gradiente de velocidade, sendo calculado a baixo:

$$n = 0,045 \times \sqrt[3]{\left(\frac{a \times L \times G}{Qt}\right)^2 \times Td}$$

Onde:

n = Número de espaçamentos;

a = Largura do canal do floculador (m);

L = Comprimento do decantador (m);

G = Gradiente de velocidade (s-1);

6.2.7 Número de divisórias

Com base nesses dados, define-se a quantidade divisórias para cada um dos trechos.

6.2.8 Espaçamento entre as chicanas

Para a definição do espaçamento entre as chicanas, considera-se:

$$e = \frac{Ldec}{n}$$

Onde:

e = Espaçamento entre as chicanas (m);

$Ldec$ = Largura total do decantador (m);

n = Número de espaçamentos.

6.2.9 Velocidades nos trechos retos (V₁)

Para a definição das velocidades nos trechos retos, definir de acordo com:

$$V_1 = \frac{Q}{a \times e}$$

Onde:

V_1 = Velocidade nos trechos retos (m/s);

Q = Vazão (m³/s);

e = Espaçamento entre as chicanas (m).

6.2.10 Velocidade nas curvas 180° (V_2)

Para essa definição, utilizar:

$$V_2 = \frac{2}{3} \times V_1$$

Onde:

V_2 = Velocidade nos trechos curvos com 180° (m/s);

V_1 = Velocidade nos trechos retos (m/s).

6.2.11 Extensão dos canais

Considere:

$$Lt = Td \times V_1$$

Onde:

Lt = Extensão do canal (m);

Td = Tempo de detenção (s);

V_1 = Velocidade nos trechos retos (m/s).

6.2.12 Raio hidráulico

$$Rh = \frac{a \times e}{2 \times (a + e)}$$

Onde:

Rh = Raio hidráulico (m);

a = Largura por câmara (m);

e = Espaçamento entre as chicanas (m).

6.2.13 Perdas de carga (H)

$$H = \frac{n \times V_1^2 + (n - 1) \times V_2^2}{2 \times g}$$

Onde:

H = perda de carga (m);

n = número de espaçamento entre as chicanas;

V_1 = velocidade nos trechos retos (m/s);

V_2 = velocidade nos trechos com curvas de 180° (m/s);

g = força da gravidade (m/s²).

6.2.14 Perda de carga por atrito

$$hp = \frac{(V1 + nm)^2 * Lt}{Rh^{\frac{4}{3}}}$$

Sendo:

nm: número de Manning (0,013 para concreto).

6.2.15 Perda de carga total

Definido pelo somatório de todas as perdas individuais.

$$Ht = H + hp$$

6.2.16 Verificação do Gradiente de Velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * Ht}{t * \mu}}$$

Onde:

G = Gradiente de velocidade (s-1);

γ = Peso específico da água = 9779 N.m⁻³

μ = Viscosidade dinâmica da água (n.s/m³);

Td = Tempo de detenção (s)

Ht = Perda de carga total (m)

6.2.17 Gradiente de velocidade na abertura dos canais

Para realização desse cálculo é necessário calcular o número de Reynolds, já que o coeficiente de Darcy-Weisbach é calculado através dele.

$$Re = \frac{V2 * 4 * Rh}{\mu}$$

Caso $Re < 2000$ em todos os trechos, o regime do escoamento será laminar, logo não se precisa determinar o coeficiente de Darcy-Weisbach. Utiliza-se a fórmula de Reynolds para escoamento Laminar.

$$f = \frac{64}{Re}$$

Gradiente de velocidade nas aberturas:

$$G = \left(\frac{\gamma}{2 * \mu * g} \right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{f}{4 * Rh} \right)^{\frac{1}{2}} * (V2)^{\frac{3}{2}}$$

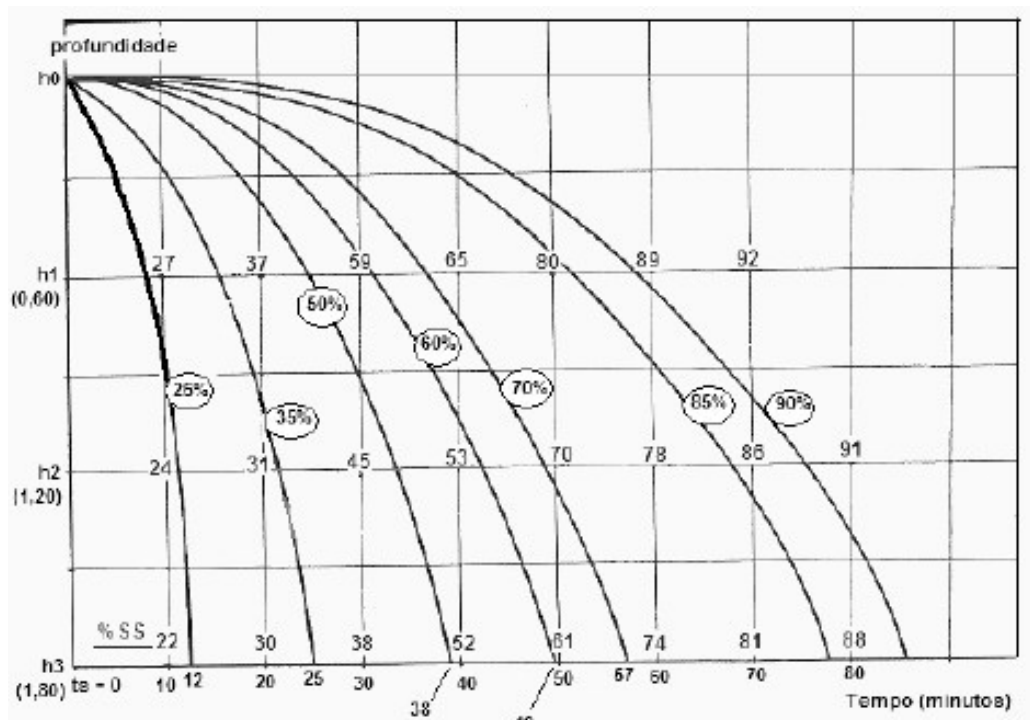
A norma NBR 12.216/1992 dispõe que as dimensões das aberturas devem ser suficientes para que o gradiente de velocidade, na passagem da água, tenha valor igual ou inferior ao do compartimento anterior, evitando que ocorra a ruptura do floco, logo se pode concluir que a unidade está dimensionada de acordo com a norma citada.

6.3 DIMENSIONAMENTO DECANTADOR LAMELAR ALTA TAXA

A partir da dosagem dos produtos químicos nas etapas anteriores, o efluente segue para o decantador para que possa haver a separação da parte coagulada e a clarificação do efluente. O processo de decantação é de extrema importância, sobretudo, para a remoção de parcela significativa de Sólidos Suspensos Totais (SST).

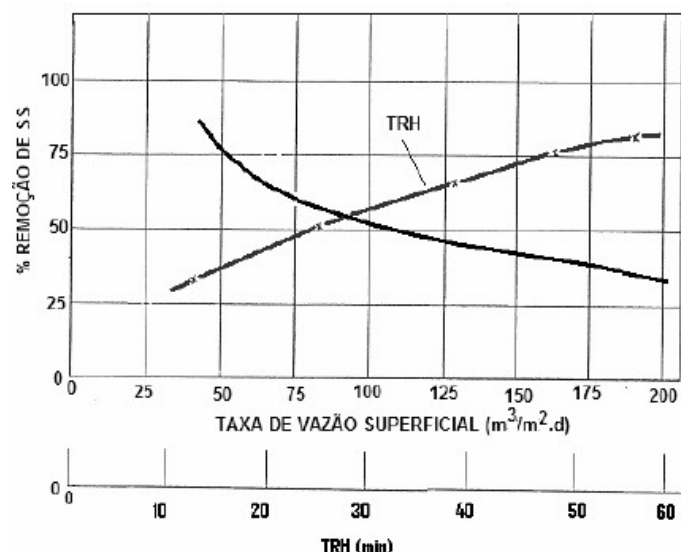
Conforme exposto na imagem 04 a seguir, cerca de 90% de remoção é obtida com tempo de detenção hidráulica próximo a 90 minutos e com profundidade igual a 1,8m. Já conforme a figura 05, é possível visualizar a taxa de remoção de SST versus o tempo de detenção hidráulica e taxa de aplicação superficial.

Figura 04: Percentual de remoção em uma coluna de 1,8 metros.



Fonte: (ano).

Figura 05: Remoção de SST versus o tempo de retenção e taxa de transbordo.



Fonte: (ano).

Neste projeto sugere-se a utilização de decantadores lamelares, os quais podem ser de fluxo horizontal ou vertical, sendo o que os difere dos decantadores convencionais é o emprego de placas ou módulos no interior dos mesmos, os quais diminuem a turbulência e reduzem o valor de Reynolds. Estes módulos podem ser na forma de dutos de seção circular, quadrada, retangular ou hexagonal. Além disso, esses decantadores apresentam resultados de eficiência de remoção de turbidez superiores aos decantadores convencionais, quando comparados sob a mesma condição operacional.

Para o presente projeto adotaremos os seguintes valores para possibilitar uma alta eficiência do decantador lamelar:

- Vazão: 20m³/h;
- Taxa de Aplicação Superficial (Ta): 40m³/m².dia (NBR 12.216/1992);

A seguir, será abordado as fórmulas e cálculos necessários para o dimensionamento do decantador de alta taxa.

- **Cálculo da relação L/W:**

$$L = \frac{l}{w}$$

Onde:

l = comprimento da placa;

w = espaço entre as placas.

- **Velocidade de escoamento entre as placas:**

$$V_s = \frac{V_o * Sc}{(L * \cos \theta + (\text{sen } \theta))}$$

$$V_o = V_s * (L * \cos \theta + \text{sen } \theta)$$

Onde:

V_s =

L = relação L/W ;

V_o = Velocidade de escoamento entre as placas.

- **Área útil entre as placas:**

$$Q \text{ (dia)} = V_o * A_{\text{útil}}$$

Onde:

V_o = Velocidade de escoamento entre as placas.

- **Área superficial útil entre as placas:**

$$A_{s \text{ útil}} = \frac{A_{\text{útil}}}{\text{sen } \theta}$$

Logo, admitindo uma relação entre o comprimento e a largura, tem-se que:

$$A_{s \text{ útil}} = B * L$$

Onde:

B = Largura.

- **Número de espaçamento entre as placas:**

$$N_e = \frac{L_{\text{útil}}}{w}$$

Onde:

N_e = Número de espaçamento entre as placas;

w = Espaço entre as placas.

- **Número de placas:**

$$Np = (Ne + 1)$$

- **Comprimento do decantador perpendicular às placas:**

$$Lp = Ne \cdot w + N \text{ placas} \cdot Esp$$

- **Comprimento do decantador relativo ao plano horizontal:**

$$L = 1,2 * \cos \theta + \frac{1,37}{\sin \theta}$$

- **Comprimento total do vertedor:**

$$Lv = \frac{L}{\sin \theta} = 1,5$$

$$Lv = 3,7m$$

- **Número de calhas:**

$$N \text{ calhas} = \frac{Lv}{2 * L}$$

- **Poço de lodo:**

Dimensões do fundo do poço (saída): 50cm x 50cm.

- **Área do poço de lodo:**

$$A \text{ poço} = 2,20 \times 2,20 = 4,84m^2$$

1 poço de lodo

- **Altura entrada de água:**

0,8m (adotado)

- **Altura das placas:**

$$l \cdot \sin 60^\circ$$

- **Altura das placas para o vertedouro:**

0,6m (adotado)

7. ENTRADA DE ÁGUA FLOCULADA NO DECANTADOR

7.1 Área dos orifícios

Os orifícios de entrada de água no decantador terão espaçamento entre eles de 0,5m de acordo com a NBR 12.216 e diâmetro comercial de 0,15m. Assim, a área de cada orifício foi calculada de acordo com a equação a seguir.

$$A_{orifícios} = \pi \times \frac{\phi_{dist}^2}{2}$$

$A_{orifícios}$: Área ocupada por orifício

$\phi_{orifício}$: Diâmetro do orifício

Considerando o espaço ocupado pelos orifícios e o espaçamento entre eles, é possível calcular a área necessária através da equação a seguir.

$$A_{orifícios} = \pi \times \frac{\phi_{orifício}^2}{2}$$

Onde:

$A_{orifícios}$: Área ocupada por orifício considerando o espaçamento

$\phi_{orifício}$: Diâmetro do orifício

7.1.1 Número de orifícios

Para isso, considerar pela equação a seguir.

$$\text{Número de orifícios} = \frac{\text{Área da seção transversal}}{\text{Área do orifício}}$$

7.1.2 Vazão por orifício

$$Q_{orifícios} = \frac{Q}{n}$$

Onde:

$Q_{orifícios}$: Vazão por orifício

Q : Vazão do decantador

n: Número de orifícios

7.1.3 Velocidade nos orifícios

$$V_{orifício} = \frac{Q_{orifícios}}{A_{orifícios}}$$

Onde:

$V_{orifício}$: Velocidade nos orifícios

$Q_{orifícios}$: Vazão por orifício

$A_{orifícios}$: Área ocupada por orifício

7.1.4 Raio hidráulico nos orifícios

Em secções circulares plenos, de acordo com Azevedo Netto (1998):

$$R_h = 0,50 \cdot \frac{\varnothing}{2}$$

Onde:

R_h : Raio hidráulico

\varnothing : Diâmetro do orifício

7.1.5 Gradiente de velocidade

$$G = k \times \left(\frac{f}{4R_h} \right)^{\frac{1}{2}} \times v^{1,5}$$

Onde:

G : Gradiente de velocidade

k : 700,6 para 20°C

f : Fator de atrito do concreto – 0,0552

R_h : Raio hidráulico

v : Velocidade no orifício

7.2 DIMENSIONAMENTO DO DECANTADOR

Foram dimensionados dois decantadores idênticos, estando de acordo com a NBR 12.216, que estabelece a necessidade de dois decantadores para estações de tratamento de água com capacidade superior a 10000 m³/dia. Para viscosidade cinemática da água considerou-se 1007.10⁻⁹m²/s, a temperatura de 20 °C.

7.2.2 Espaçamento entre placas

$$d = (dh \cdot \sen \theta) - ep$$

Onde:

d: Espaçamento entre placas

dh: Distância entre as placas

ep: Espessura das placas

7.2.3 Comprimento útil

$$l_{\text{útil}} = l - dh \cdot \cos \theta$$

Onde:

l_{útil} : Comprimento útil

l: Largura das placas

dh: Distância entre as placas

7.2.4 Comprimento relativo

$$L = \frac{l_{\text{útil}}}{d}$$

$$L = \frac{1,15}{0,078}$$

$$L \cong 14,63m$$

Onde:

L: Comprimento relativo

$l_{\text{útil}}$: Comprimento útil

d: Espaçamento entre placas

7.2.5 Fator de área

$$F = \frac{\text{Sen } \theta \times (\text{Sen } \theta + L \cdot \text{Cos } \theta)}{S}$$

Onde:

F: Fator de área

L: Comprimento relativo

S: 1 (placas paralelas e planas)

7.2.6 Velocidade crítica de sedimentação

$$\text{Velocidade crítica de sedimentação} = V_s \cdot K$$

Onde:

V_s : Velocidade de sedimentação

K: Coeficiente

7.2.7 Área superficial do decantador

$$A = \frac{Q}{F \times V_s}$$

Onde:

A: Área superficial do decantador

Q: Vazão do decantador

F: Fator de área

V_s : Velocidade crítica de sedimentação

7.2.8 Número de canais entre as placas

$$N = \frac{A \cdot \sin \theta}{a \cdot d}$$

Onde:

N : Número de canais entre placas

A : Área superficial do decantador

a : duas vezes o comprimento das placas

d : Espaçamento entre placas

7.2.9 Comprimento do decantador

$$C = l \cdot \cos \theta + \frac{N \cdot d + (N + 1) \cdot ep}{\sin \theta}$$

Onde:

C : Comprimento do decantador

l : Largura das placas

N : Número de canais entre placas

d : Espaçamento entre placas

ep : Espessura das placas

7.2.10 Largura do decantador

$$a = (n_{\text{seções}} \cdot L_{\text{placas}}) + 0,6$$

Onde:

a : Largura do decantador

$n_{\text{seções}}$: Número de seções

L_{placas} : Comprimento das placas

7.2.11 Velocidade longitudinal entre as placas

$$V_0 = \frac{Q}{A \cdot \sin \theta}$$

Onde:

V_0 : Velocidade longitudinal entre as placas

Q : Vazão do decantador

A : Área superficial do decantador

7.2.12 Raio hidráulico

$$R_H = \frac{a \times d}{2(a + d)}$$

Onde:

R_H : Raio hidráulico

a : duas vezes o comprimento das placas

d : Espaçamento entre placas

7.2.13 Número de Reynolds

$$N_R = \frac{4R_H \times V_0}{\nu}$$

Onde:

N_R : Número de Reynolds

R_H : Raio hidráulico

V_0 : Velocidade longitudinal entre as placas

ν : Viscosidade dinâmica da água

7.2.14 Checagem da velocidade longitudinal máxima

$$V_{0chec} = \left(\frac{N_R}{8}\right)^{0,5} \cdot V_{cs}$$

Onde:

V_{0chec} : *Checagem da velocidade longitudinal máxima*

N_R : *Número de Reynolds*

V_{cs} : *Velocidade crítica de sedimentação*

$$V_{0chec} \approx V_0$$

✓ Indicativo que a unidade está bem dimensionada.

7.3 SAÍDA DO DECANTADOR

7.3.2 Vazão nas calhas de coleta

$$ql = 0,018 \cdot H \cdot V_s$$

Onde:

ql : *Vazão nas calhas*

H : *Profundidade do decantador*

V_s : *Velocidade de sedimentação*

7.3.3 Comprimento total de calhas

$$L_v = \frac{Q}{ql}$$

Onde:

L_v : *Comprimento do vertedor*

Q : *Vazão do decantador*

ql : *Vazão nas calhas*

7.3.4 Quantidade de calhas

$$n_{calhas} = \frac{L_v}{2B}$$

Onde:

n_{calhas} : *Número de calhas*

L_v : *Comprimento do vertedor*

B: Largura das placas

7.3.5 Espaçamento entre calhas

$$Esp = \frac{L - (\emptyset \cdot n_{calhas})}{n_{calh}}$$

Onde:

Esp: Espaçamento entre calhas

L: Comprimento do decantador

\emptyset : Diâmetro da calha

n_{calhas} : Número de calhas

7.4 POÇO DE LODO

Considerando o ângulo de 60° do poço de lodo.

7.4.2 Orifícios de remoção de lodo

Por recomendação de Richter e Netto (1991), o diâmetro a ser adotado para cada coletor é de 38 mm, com espaçamento de 0,6 m, com remoção de lodo a uma velocidade de 5 m/s, cuja é controlada por válvula de descarga. Assim, a quantidade de orifícios necessária foi calculada pela equação a seguir.

$$\text{Número de orifícios} = \frac{L}{d + D}$$

Onde:

L: Comprimento do decantador

d: Diâmetro do coletor

D: Espaçamento entre coletores

7.5 CANAL DE ÁGUA DECANTADA PARA OS FILTROS

Uma vez definida a largura do canal de água decantada e com altura para a saída de um decantador, segue-se.

7.5.2 Área molhada

$$A_m = H \times L$$

Onde:

A_m : Área molhada

H : Altura do canal

L : Largura do canal

7.5.3 Perímetro molhado

$$P_m = L + (H \cdot 2)$$

Onde:

P_m : Perímetro molhado

L : Largura do canal

H : Altura do canal

7.5.4 Velocidade no canal

$$v = \frac{Q}{A_m}$$

Onde:

v : Velocidade no canal

Q : Vazão do decantador

A_m : Área molhada

7.5.5 Raio hidráulico

$$Rh = \frac{A_m}{P_m}$$

Onde:

R_h : Raio hidráulico

A_m : Área molhada

P_m : Perímetro molhado

7.5.6 Gradiente de velocidade

$$G = k \times \left(\frac{f}{4R_h} \right)^{\frac{1}{2}} \times v^{1,5}$$

Onde:

G : Gradiente de velocidade

k : 700,6 para 20°C

f : Fator de atrito do concreto – 0,0552

R_h : Raio hidráulico

v : Velocidade no orifício

7.5.7 Canal de distribuição para os filtros

Neste canal ocorre a junção da água dos dois decantadores, de acordo com a vazão do sistema e a velocidade calculada a partir da equação a seguir.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Para suportar esta velocidade, mantendo as dimensões do canal descritas anteriormente, é necessário aumentar a declividade do canal.

8. FILTRAÇÃO

As características dos materiais filtrantes foram adotadas conforme a recomendação de Richter e Netto (1991).

A) Areia

Espessura da camada: 40 cm

Tamanho efetivo: 0,45 mm;

Coefficiente de uniformidade: 1,4.

B) Antracito

Espessura da camada: 50 m;

Tamanho efetivo: 0,9 mm;

Coefficiente de uniformidade: 1,1.

Ritcher e Netto (1991) salientam a necessidade de atender as seguintes condições para a definição do tamanho efetivo dos materiais:

$$0,9 \geq 1,8 \times 0,45$$

$$0,9 \geq 0,81$$

$$0,9 \leq 2,1 \times 0,45$$

$$0,9 \leq 0,945$$

8.1 DIMENSIONAMENTO DOS FILTROS

8.1.1 Área de filtração total

A taxa de filtração é a vazão dividida pela área de filtração, portanto, calculou-se a área de filtração necessária pela divisão da vazão total em m³/dia pela taxa de filtração em m³/m².dia.

$$q = \frac{Q}{A}$$

Onde:

q = Taxa de filtração (m³/m².dia);

Q = Vazão total (m³/dia);

A = Área (m²).

8.1.2 Área de cada filtro

Definindo-se a área total necessária para a filtração com determinada taxa de filtração, determina-se a área de cada um filtros, que foram determinados para a ETA, dividindo-se a área total pelo número de filtros.

$$A_{cada\ filtro} = \frac{A_{total}}{n^{\circ} de filtros}$$

Onde:

A_{filtro} = Área de cada filtro (m²);

A_{total} = Área total de filtração (m²).

8.1.3 Largura e comprimento de cada filtro

Afim de projetar a estação de tratamento alinhada, a largura total de todos os filtros será o comprimento total dos dois decantadores. Serão colocadas quatro paredes para dividir os filtros. Para determinar a largura útil total descontou-se a largura ocupada pelas paredes.

$$Largura\ útil = comprimento\ dos\ decantadores - (espessura\ da\ parede * número\ de\ paredes) - (parede\ passarela * número\ de\ paredes)$$

Para determinar a largura útil de cada filtro dividiu-se a largura total pelo número de filtros.

$$Largura\ de\ cada\ filtro = \frac{Largura\ útil\ total}{n^{\circ} de filtros}$$

Através da área de cada filtro e da largura útil, determinou-se o comprimento dos filtros.

$$Comprimento\ de\ cada\ filtro = \frac{Área\ de\ cada\ filtro}{Largura\ de\ cada\ filtro}$$

8.1.4 Camada suporte

A camada de pedregulho é normalmente composta por cinco camadas com uma espessura total recomendável de 0,5 m descrita no Quadro 4 adaptado de Richter e Netto (1991).

Quadro 4: Camadas de pedregulho e suas respectivas espessuras.

<i>Tamanho (mm)</i>	<i>Espessuras (cm)</i>
4,8 - 2,4	7,5
12,5 - 4,8	7,5
19 - 12,5	8
38 - 19	12
63 - 38	15

Fonte: adaptado de Richter e Netto (1991).

8.1.5 Fundo falso

Fundo falso dos filtros será de blocos pré-moldados de Leopold: largura de 0,275 m e altura de 0,25 m (RICHTER E NETTO, 1991).

8.1.6 Largura e Comprimento total ocupada pelos blocos de Leopold

Considerando o total de blocos por filtro, o espaço entre as paredes e entre os blocos,:

$$L_{ocupada} = (L_{bloco} \times n^{\circ}_{bloco}) + (n^{\circ}_{espaços} \times e_{bloco}) + (n^{\circ}_{espaços} \times e_{parede})$$

Onde:

$L_{ocupada}$ = Largura ocupada pelos blocos (m);

L_{bloco} = Largura dos blocos (m);

n°_{bloco} = Número de blocos necessários;

$n^{\circ}_{espaços}$ = Número de espaços;

e_{bloco} = Espaçamento entre os blocos (m).

O comprimento do bloco usado no fundo falso é igual ao comprimento do filtro, menos dois espaços da parede.

$$C_{bloco} = C_{filtro} - (2 \times e_{bloco})$$

Onde:

C_{bloco} = Comprimento dos blocos (m);

C_{filtro} = Comprimento dos filtros (m);

e_{bloco} = Espaçamento entre os blocos (m).

8.1.7 Altura do filtro (H)

Adota-se:

Quadro 5: Camadas do filtro

Altura livre adicional	0,3 m
Altura de água sobre o leito filtrante	2,2 m
Camada antracito	0,5 m
Camada areia	0,4 m
Camada pedregulho	0,075 m
Camada pedregulho	0,075 m
Camada pedregulho	0,08 m
Camada pedregulho	0,12 m
Camada pedregulho	0,15 m
Altura do fundo falso	0,25 m
Altura total do filtro	4,15 m

Fonte: Autores.

8.1.8 Velocidade ascensional

A velocidade ascensional é a velocidade necessária na retrolavagem para expandir determinada porcentagem do meio filtrante. Segundo Ritcher e Netto (1991), consideram-se expansões do meio filtrante entre 25% e 50 % como satisfatórias. Afim de obter-se uma velocidade ascensional igual para ambos os materiais, determinou-se uma expansão de 40% para a areia e 50% para o antracito, tendo-se uma velocidade de 0,64 m/min, conforme as Tabelas 12.13 e 12.14 presentes em Ritcher e Netto (1991), Anexo F. Portanto, obteve-se as seguintes expansões:

Expansão da areia = 30%

Expansão do antracito = 40%

8.1.9 Vazão para lavagem

Calculou-se a vazão de lavagem para um filtro através da multiplicação da velocidade ascensional pela área do filtro.

$$Q_{lavagem} = v_{asc} \times A_{filtro}$$

Onde:

$Q_{lavagem}$ = Vazão para lavagem (m³/min);

v_{asc} = Velocidade Ascensional (m/min);

A_{filtro} = Área do filtro (m²).

8.1.10 Volume de água para a lavagem de filtro

Conforme a NBR 12.216, o reservatório deve possuir uma capacidade que suporte no mínimo o volume necessário para a lavagem de dois filtros, e o tempo mínimo de lavagem é de 10 minutos. Dessa forma, calculou-se o volume, dividindo a vazão para a lavagem de dois filtros pelo tempo.

$$V_{lavagem} = Q_{lavagem\ 2\ filtros} \times T$$

Onde:

$V_{lavagem}$ = Volume de água para lavagem (m³);

$Q_{lavagem\ 2\ filtros}$ = Vazão de lavagem de dois filtros (m³/min);

T = Tempo de lavagem (min).

8.1.11 Tubulações imediatas dos filtros

Segundo Ritcher e Netto (1991) para um filtro de areia e antracito: área em torno de 14 m² e taxa de filtração de 400 m³/m².dia é recomendado a utilização dos diâmetros das tubulações imediatas apresentados no Quadro 6, conforme adaptado do Anexo G.

Quadro 6: Tubulações e seus devidos diâmetros.

<i>Tubulação</i>	<i>Diâmetro (mm)</i>
Água para lavagem	300
Afluente	450
Efluente	300
Descarga de lavagem de água	400

Fonte: adaptado de Ritcher e Netto (1991).

8.1.12 Calhas para a água de lavagem

Primeiramente é necessário determinar a expansão da areia e antracito, para evitar que o material seja perdido no momento da retrolavagem. Conforme Richter e Netto (1991) a expansão é dada pela seguinte relação considerando uma folga de 0,15 m:

$$\text{Expansão da areia} = \left(\frac{\% \text{ expansão}}{100} \times e_{\text{camada}} \right) + 0,15$$

$$\text{Expansão do antracito} = \left(\frac{40}{100} \times 0,5 \right) + 0,15$$

Onde:

% expansão = Porcentagem de expansão de areia ou antracito;

e_{camada} = Espessura da camada;

8.1.13 Vazão em cada calha

Cada filtro será composto por duas calhas, portanto a vazão de lavagem de um filtro foi dividida por dois.

$$Q = \frac{Q_{\text{lavagem}}}{n^{\circ}_{\text{calhas}}}$$

Onde:

Q = Vazão (m^3/min);

$Q_{lavagem}$ = Vazão de lavagem para um filtro (m^3/min);

n^o_{calha} = Número de calhas.

8.1.14 Dimensões e vazão de cada calha

As calhas são dimensionadas em forma retangular com as devidas recomendações e cálculos provenientes de Richter e Netto (1991). A largura útil e altura máxima de água estão evidenciadas em Anexo C.

$$Q = 1,3 \times b \times H^{\frac{3}{2}}$$

Onde:

Q = Vazão (m^3/s);

b = Largura útil da calha de lavagem (m);

H = Altura máxima de água na calha (m).

O dimensionamento da calha deve atender aos requisitos necessários.

$$Vazão\ requerida \leq Vazão\ suportada$$

8.2 PERDAS DE CARGA

8.2.1 Perdas de Carga para Altura do Reservatório

Conforme a NBR 12.216 o reservatório de água para a lavagem deve situar-se em uma altura que possibilite, com a vazão máxima prevista, a lavagem do filtro. Para determinar esta cota é necessário calcular as perdas de carga desde a saída do reservatório até os bordos das calhas do filtro (RITCHER E NETTO, 1991).

O Quadro 7 apresenta os acessórios que estarão na tubulação de água para lavagem, com suas respectivas quantidades, diâmetros e valores de K, conforme o Anexo D.

Quadro 7: Peças na tubulação de água de lavagem para cada filtro.

Acessórios	Quantidades	K (unitário)	K (total)	Diâmetro (mm)
Válvula borboleta aberta	1	0,25	0,25	300
Curva 90°	1	0,4	0,4	300
Tê passagem direta	1	0,6	0,6	300

Fonte: Adaptado de Ritcher e Netto (1991).

8.2.2 Área

Calculou-se a área através do diâmetro e com a vazão de lavagem para um filtro, determinou-se a velocidade. Através da velocidade, obteve-se as perdas de cargas localizadas:

$$Área = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \pi$$

Onde:

D = Diâmetro da tubulação (m).

8.2.3 Velocidade

$$Q = v \times A$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

Onde:

Q = vazão de lavagem de um filtro (m³/s);

A = Área (m²);

v = Velocidade (m/s).

8.2.4 Perda de carga localizada

Para as perdas de carga localizada, foi utilizada a tabela de RICTHER E NETTO (1991), conforme a velocidade de 2,13 m.s⁻¹ de água no tubo em todas as peças existente do quadro 8.

Quadro 8: Perdas de carga localizadas na tubulação de água de lavagem.

Acessórios	Perda de carga total (m)
Válvula borboleta aberta	0,08
Curva 90°	0,12
Tê passagem direta	0,18
Total	0,38

Fonte: Richter e Netto (1991).

8.2.5 Perda de carga na passagem pelo material filtrante expandido

Segundo Richter e Netto (1991) a perda de carga no material filtrante expandido é dada pela seguinte fórmula:

Areia:

$$hf = 0,9 \times e_{camada}$$

Onde:

hf = Perda de carga na passagem da camada de areia (m);

e_{camada} = Espessura da camada de areia (m).

✓ Antracito:

$$hf = 0,25 \times e_{camada}$$

Onde:

hf = Perda de carga na passagem da camada de antracito (m);

e_{camada} = Espessura da camada de antracito (m).

8.3 PERDA DE CARGA NAS BORDAS DA CALHA DE LAVAGEM

8.3.1 Comprimento total de vertedouros

Para determinar o comprimento total de vertedouros em um filtro, multiplicou-se o número de vertedouros pelo comprimento do filtro.

$$C_{total} = n^o_{vertedouros} \times C_{filtro}$$

Onde:

C_{total} = Comprimento total de vertedouro (m);

$n^o_{vertedouros}$ = Número de vertedouros;

C_{filtro} = Comprimento do filtro (m).

8.3.2 Vazão por metro de vertedor

Tendo uma vazão de 149,33 L/s de lavagem de cada filtro, dividiu-se esta pelo comprimento total de vertedouros.

$$Q = \frac{Q_{lavagem}}{C_{total}}$$

Onde:

$Q_{lavagem}$ = Vazão de água de lavagem para um filtro (L/s);

C_{total} = Comprimento total de vertedouros (m).

A partir dessa vazão por metro de vertedor, obteve-se uma altura de lâmina d'água igual a 3 cm com base na tabela do anexo B, retirado do livro de Richter e Netto (1991).

8.3.3 Velocidade da água

Através da vazão de lavagem e da área molhada da calha determinou-se a velocidade da água na calha.

$$Q = v \times A_{calh}$$

Onde:

v = Velocidade (m/s);

Q = Vazão de água para lavagem (m³/s);

A_{calh} = Altura de água na calha x largura útil da calha x quantidade de calhas

8.3.4 Perda de carga nas bordas de calha vertedora

Para calcular a perda de carga utilizou-se a fórmula presente em Netto et al, (1998). O valor de K para entrada de bordas é igual a 1.

$$hl = K \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Onde:

hl = perda de carga (m);

V = velocidade (m/s);

g = gravidade (m/s²).

8.3.5 Perda de carga na tubulação de água de lavagem

Determina-se o comprimento da tubulação para calcular-se a perda de carga unitária, a qual multiplica-se pelo comprimento para obter-se a perda de carga total.

$$J = \frac{10,65 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Onde:

Q: vazão de lavagem para um filtro;

D: diâmetro da tubulação;

C: coeficiente de rugosidade para concreto 140 (NETTO et al 1998).

8.3.6 Perda de carga no fundo falso

O Anexo A estabelece aproximadamente para 8 blocos de Leopold a uma taxa de filtração de 400 m³/m².dia, correspondendo uma perda de carga de 0,33 m.

8.3.7 Perda de carga na camada suporte

Através da Tabela 12.2 de Ritcher e Netto (1991), Anexo E.

8.3.8 Perda de carga total

$$\text{Perda de carga total} = \text{somatório das perdas unitárias}$$

8.3.9 Altura do reservatório de água de lavagem

A altura do reservatório será determinada pela equação de Bernoulli, e acrescida da perda de carga total. Para utilização da fórmula de Bernoulli é necessário determinar a cota das calhas de coleta da água de lavagem.

Cota das calhas = Espessura da camada de areia + Espessura da camada de antracito + Altura do fundo falso + Altura da camada suporte + Distância entre a camada filtrante e a calha

8.3.10 Altura do reservatório pela fórmula de Bernoulli

A velocidade referente a cota das calhas de coleta de água de lavagem será a velocidade ascensional. Já a velocidade no reservatório será considerada zero. A massa específica e a pressão neste caso são anuladas.

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2 \times g} + \frac{\rho}{\gamma} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \times g} + \frac{\rho}{\gamma} + \Delta h$$

Onde:

Z_1 = Cota do reservatório (m);

Z_2 = Cota das calhas de coleta de água para a lavagem (m);

V_2 = Velocidade Ascensional (m/s);

g = Gravidade (m/s²);

ρ = Densidade (N/m²);

γ = Peso específico (N/m³);

V_1 = Velocidade no reservatório (zero);

Δh = Perda de carga (m).

A tubulação de água filtrada que abastecerá o reservatório possuirá um diâmetro de 300 mm

9. REFERÊNCIAS

ANDRADE SOBRINHO, R. (2012) **Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS**. 178 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento)- Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.216 – **Projeto de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro/RJ, 2011, 18 p.

AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. **Manual de Hidráulica**. São Paulo, Edigar Blucher, 2015 9ª ed. 632p.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Paulo: Rima, 2002

IBGE- <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/irai.html>

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010

PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, republicada em 24/05/2021
Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

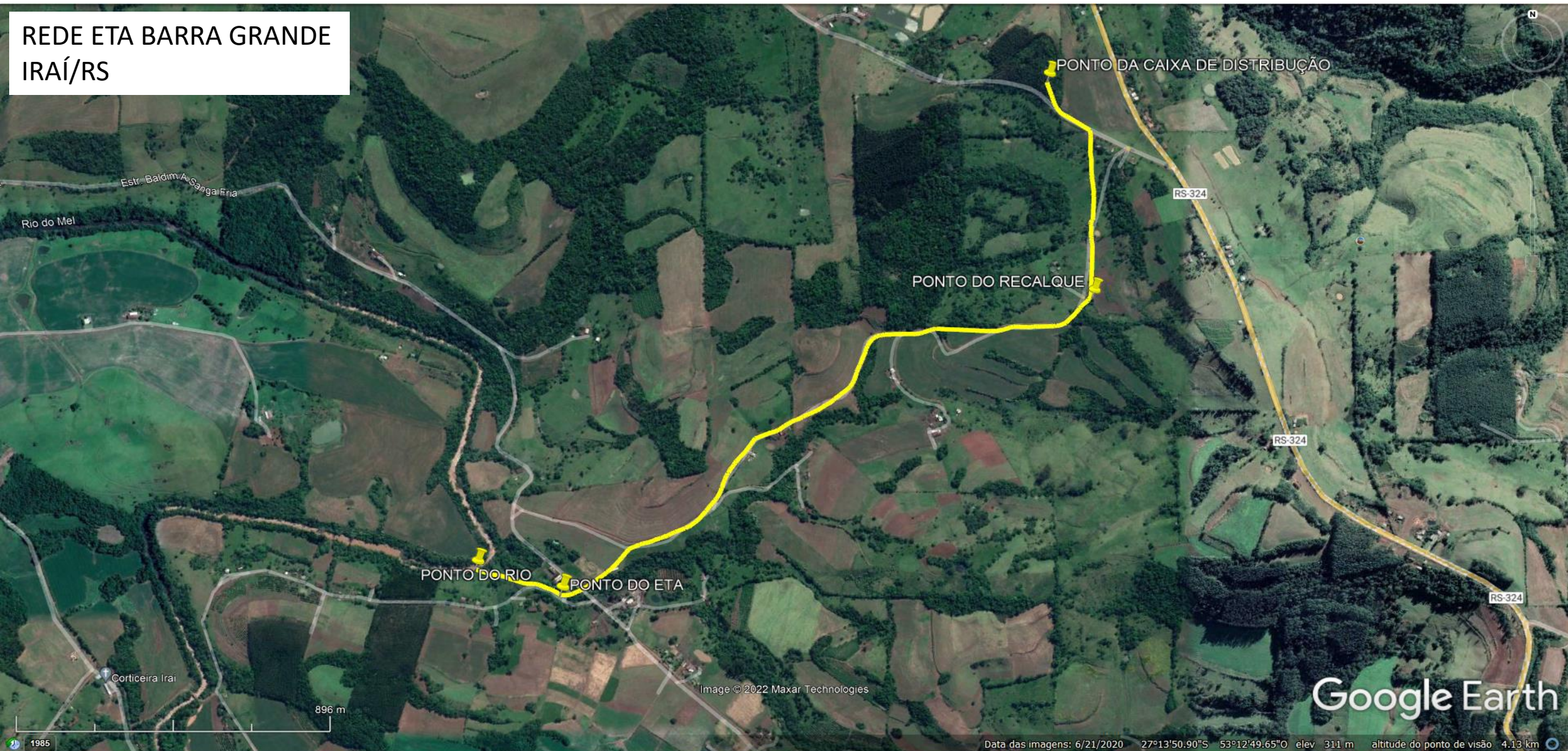
PROSAB, Projeto. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. 2001.

RICHTER, Carlos A.; DE AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Editora Blucher, 1991.

WALDMAN, Eliseu Alves et. Al. **Vigilância em saúde pública.** NAMH/FSP-USP;
Peirópolis, 1998.

ANEXO: PLANTA DE SITUAÇÃO

REDE ETA BARRA GRANDE IRAÍ/RS



- Ponto do Rio
- Ponto do Eta
- Ponto do Recalque
- Ponto da caixa de Distribuição

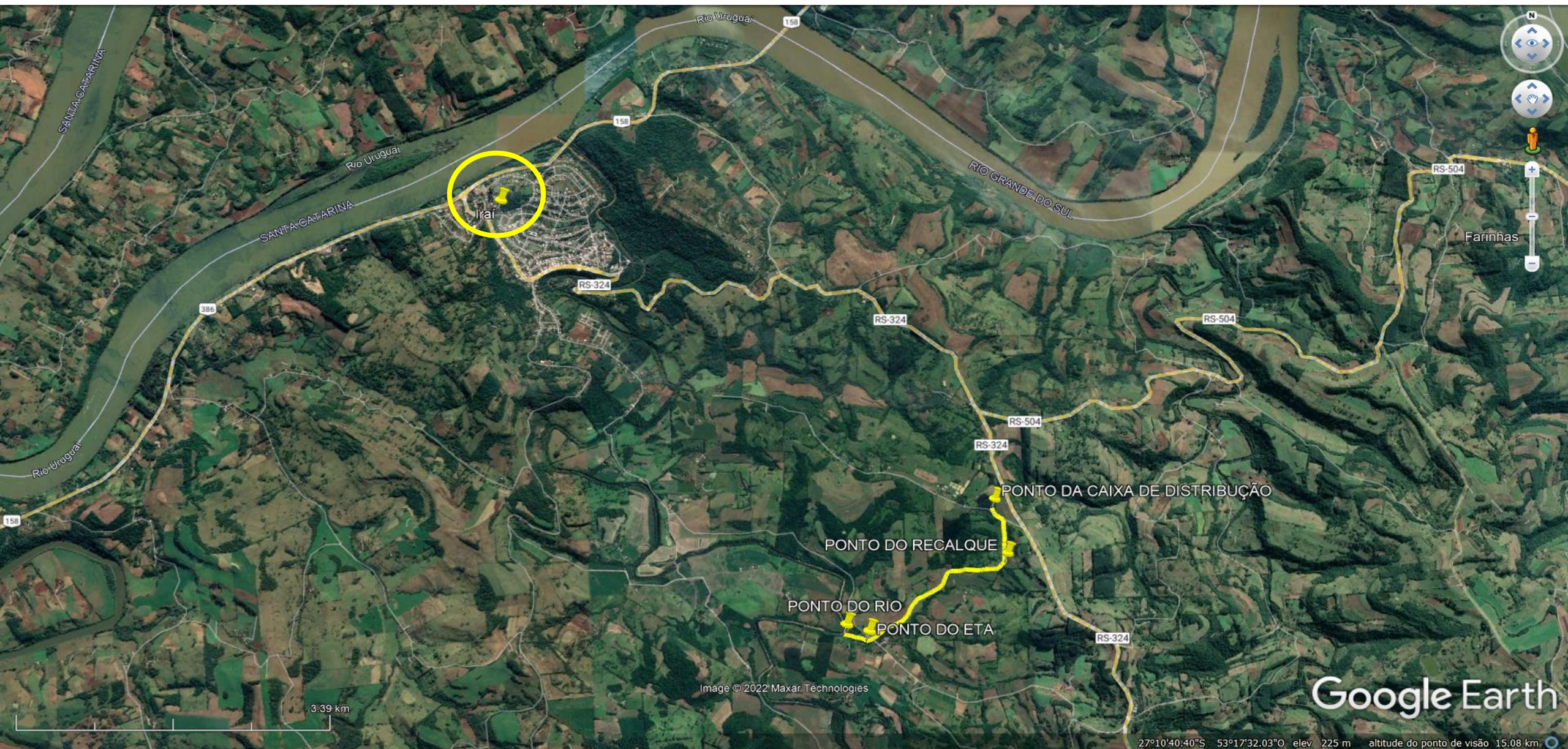
ANA MARIA
PEROZA:02169574000

Ana Maria Peroza
Eng^a Civil – CREA RS 223954

Assinado de forma digital por ANA MARIA PEROZA:02169574000
Data e hora: 06/21/2020 15:00:00
ou-RFB e CPF ALI, ou-VALID, ou-AR SENHA DIGITAL, ou-Presencial,
ou-IP 193.206.100.001 15, ou-ANA MARIA PEROZA:02169574000
Data: 2022.03.16 17:31:53 -03'00'

Antonio Vilson Bernardi
Prefeito Municipal

ANEXO: PLANTA DE LOCALIZAÇÃO



ANA MARIA
PEROZA:02169574000

Ana Maria Peroza
Engª Civil – CREA RS 223954

Assinado de forma digital por ANA MARIA PEROZA:02169574000
DN: c=BR, ou=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB,
ou=RFB e CPF A1, ou=VALID, ou=AR SENHA DIGITAL, ou=Presencial,
ou=19520620000115, cn=ANA MARIA PEROZA:02169574000
Data: 2022.03.16 17:32:13 -03'00'

Antonio Vilson Bernardi
Prefeito Municipal



Tipo:PRESTAÇÃO DE SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS223954 **Profissional:** ANA MARIA PEROZA **E-mail:** anaperoza@unochapeco.edu.br
RNP: 2216502430 **Título:** Engenheira Civil
Empresa: ANA MARIA PEROZA LTDA **Nr.Reg.:** 244901

Contratante

Nome: MUNICÍPIO DE IRAI **E-mail:**
Endereço: RUA VALZUMIRO DUTRA 161 **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 87612941000164
Cidade: IRAÍ **Bairro.:** CENTRO **CEP:** 98460000 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: MUNICÍPIO DE IRAI **CPF/CNPJ:** 87612941000164
Endereço da Obra/Serviço: LINHA BARRA GRANDE, BELLA VISTA E GORETTI
Cidade: IRAÍ **Bairro:** INTERIOR **CEP:** 98460000 **UF:** RS
Finalidade: PÚBLICO **Valor Contrato(R\$):** 14.980,00 **Honorários(R\$):**
Data Início: 16/03/2022 **Prev.Fim:** 16/03/2023 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto	Estação de Tratamento de Água - ETA	5,00	M³

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/03/2022

	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	ANA MARIA PEROZA	MUNICÍPIO DE IRAI
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.