Prefeitura municipal
Itaguaçu

CONTRATANTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAGUAÇU

_____

DARLY DETTMANN
CNPJ nº 27.167.451/0001-74

PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONTRATO: ITA 142-22 (SEDE)

MEMORIAL DESCRITIVO: TOMO I

PARÂMETROS DE PROJETO E CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO ETAPA: PROJETO EXECUTIVO

CONTROLE DE EMISSÕES

DATA	REVISÃO
07/2025	R0 – EMISSÃO INICIAL
02/2026	R1 – EMISSÃO FINAL DE PE

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA ENGENHARIA

CNPJ nº 10.568.340/0001-77

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

RESPONSÁVEL TÉCNICO DA EMPRESA

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=RFB e-CPF A1, email=alessandro.americalatina@gmail.com
Data: 2026.02.05 13:38:49 -03'00'

_____

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU A63305-4
ARQUITETO E URBANISTA

COORDENAÇÃO DO CONTRATO

GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781

Assinado digitalmente por GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781
DN: cn=GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=(em branco), email=contato@homehelp.app
Data: 2026.02.05 13:40:49 -03'00'

_____

GABRIEL RODRIGUES BÓSIO
CREA ES-054146/D
ART nº 0820250136375

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARCOS FELIPE PINTO DE SOUZA
Data: 05/02/2026 14:05:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

MARCOS FELIPE PINTO DE SOUZA
CREA ES-0050929/D
ART nº 0820250218765

MEM-ITA_142_22_02-TOMO_1-PE-R1

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 1 / 354

Sumário

1. DISPOSIÇÕES GERAIS 4
   1.1 Objetivos 4
   1.2 Execução da obra 4
2. INTRODUÇÃO 6
   2.1 Contextualização 6
   2.2 Caracterização do Município 6
3. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO 14
   3.1 Estudo Populacional 14
   3.2 Vazões do Projeto 19
   3.3 Eficiência mínima adotado para ETE 23
   3.4 Legislações e normas 23
4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA 24
   4.1 Sistema Adotado 25
5. DEFINIÇÃO DO PROJETO DA ETE 30
6. MANUAL DE OPERAÇÕES 31
   6.1 Verificação do sistema 31
   6.2 Limpeza e manutenção dos equipamentos 32
7. LICENCIAMENTO AMBIENTAL 33
   7.1 Plano de Monitoramento Ambiental 33
8. Compatibilidade com o PMSB 35
   8.1 Alinhamento com os objetivos e metas do PMSB 35
   8.2 Aderência às alternativas técnicas propostas 35
   8.3 Execução dos programas e projetos prioritários 36
   8.4 Compatibilidade com os indicadores de desempenho do SES 36
   8.5 Conclusão 37

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 2 / 354

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa do Município de Itaguaçu com seus distritos. 7
Figura 2 – Mapa de localização do lançamento da ETE Sede. 8
Figura 3 – Evolução da mancha urbana do município de Itaguaçu – ES entre 2009 e 2024 16
Figura 4 – Análise de regressão dos dados populacionais para sede do município 18
Figura 5 – Fluxograma de processo de tratamento 28

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Principais internações catalogadas no município de Itaguaçu 13
Tabela 2 – Dados Populacionais para Município de Itaguaçu 15
Tabela 3 – Economias residenciais com coleta de esgoto ativas entre 2015 e 2023 15
Tabela 4 – Populações estimadas para os anos de referência 19
Tabela 5 – Consumo diário de esgoto adotado 19
Tabela 6 – Parâmetros utilizados nas estimativas de Vazão 22
Tabela 7 – Determinação das vazões de projeto 22
Tabela 8 – Plano de Monitoramento Ambiental 33
Tabela 9 – Indicadores do Sistema de Esgotamento Sanitário 37

Lista de Quadros

Quadro 1 – Dados hidrográficos do ponto de lançamento da ETE Sede, conforme Banco de Dados IEMA 8
Quadro 2 – Dados hidrográficos do ponto de lançamento da ETE Sede, conforme Portaria de Outorga da Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH. 9
Quadro 3 – Domicílios particulares permanentes ocupados, moradores em domicílios particulares permanentes ocupados e média de moradores em domicílios particulares permanentes ocupados, segundo a situação do domicílio 17

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Temperatura e precipitação do município de Itaguaçu-ES 10
Gráfico 2 – Evolução da população de Itaguaçu entre 1991 e 2022 14

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 3 / 354

1. DISPOSIÇÕES GERAIS

1.1 Objetivos

O presente Memorial Descritivo tem como finalidade apresentar as diretrizes técnicas e metodológicas, os dados levantados, dimensionamento e projeto de implantação da nova Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) a fim de suprir as necessidades atuais e futuras do município de Itaguaçu, Espírito Santo. O projeto apresentado possui atendimento aos parâmetros de legislação ambiental conforme estipulado pelo Conselho Nacional do meio Ambiente (CONAMA), levando em consideração demais parâmetros de âmbito municipal e estadual. Este documento visa subsidiar e orientar a correta execução dos serviços, assegurando a compatibilidade técnica entre as disciplinas e a qualidade final da obra.

1.2 Execução da obra

A execução de todos os serviços deverá seguir estritamente as especificações deste memorial descritivo, bem como as indicações presentes nas pranchas de detalhamento, cortes, plantas e especificações técnicas do projeto executivo desenvolvido pela empresa América Latina Engenharia (CNPJ 10.568.340/0001-77).

1.2.1. Responsabilidade Técnica

A obra será executada sob a responsabilidade técnica de profissionais devidamente habilitados e registrados nos respectivos conselhos profissionais (CREA, CAU), conforme as atribuições de cada disciplina. Todos os serviços deverão ser acompanhados por Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), conforme aplicável.

1.2.2. Fiscalização e Controle de Qualidade

A fiscalização da obra deverá acompanhar de forma permanente e sistemática a execução dos serviços, verificando:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 4 / 354

- O atendimento às especificações técnicas do projeto e deste mem orial;
- A qualidade dos materiais empregados, mediante análise de certificados, laudos e ensaios;
- A adequação dos equipamentos e ferramentas utilizados;
- A conformidade dos resultados dos ensaios de controle tecnológico;
- O cumprimento das normas de segurança do trabalho;
- A correta destinação de resíduos da construção civil.

1.2.3. Divergências e Alterações

Qualquer divergência entre as condições reais encontradas no local da obra e as informações constantes no projeto executivo deverá ser imediatamente comunicada à equipe de fiscalização e ao responsável técnico do projeto para a tomada de decisão e eventuais ajustes necessários.

Alterações no projeto somente poderão ser realizadas mediante aprovação formal do responsável técnico e do contratante, com a devida documentação e atualização dos desenhos técnicos.

1.2.4. Documentação e Registro

Durante toda a execução da obra, deverão ser mantidos registros organizados e atualizados, incluindo:

- Diário de obra;
- Relatórios fotográficos periódicos;
- Resultados de ensaios tecnológicos;
- Certificados de qualidade de materiais;
- ARTs/RRTs dos profissionais envolvidos;
- Notas fiscais de materiais e serviços;
- Cronograma físico-financeiro atualizado.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 5 / 354

2. INTRODUÇÃO

2.1 Contextualização

O atual sistema de tratamento do tipo fossa filtro, não possui performance para atendimento das atuais normas ambientais, pois, além da baixa eficiência, o efluente possui cor e turbidez acima daquelas necessárias para o uso do UV. Com as dificuldades impostas pelos responsáveis pelo licenciamento ambiental do estado em relação ao uso de desinfecção química do efluente de ETE com lançamento em corpo hídrico, o uso do UV praticamente é a única alternativa viável para este propósito.

A partir dos dados levantados foi imprescindível a necessidade do estudo do sistema de tratamento que gerará a melhor desempenho de tratamento a ser implantado na região. Os pontos de relevância para este estudo foram: simplicidade operacional, eficiência de tratamento, vida útil, tempo e custo de implantação.

Além disso, a destinação final do efluente final foi levado em consideração, já que serão encaminhadas para o curso hídrico próximo. Devido a isso o projeto também será acompanhado a Outorga emitido pelo IEMA, autorizando os parâmetros do plano final de tratamento do efluente.

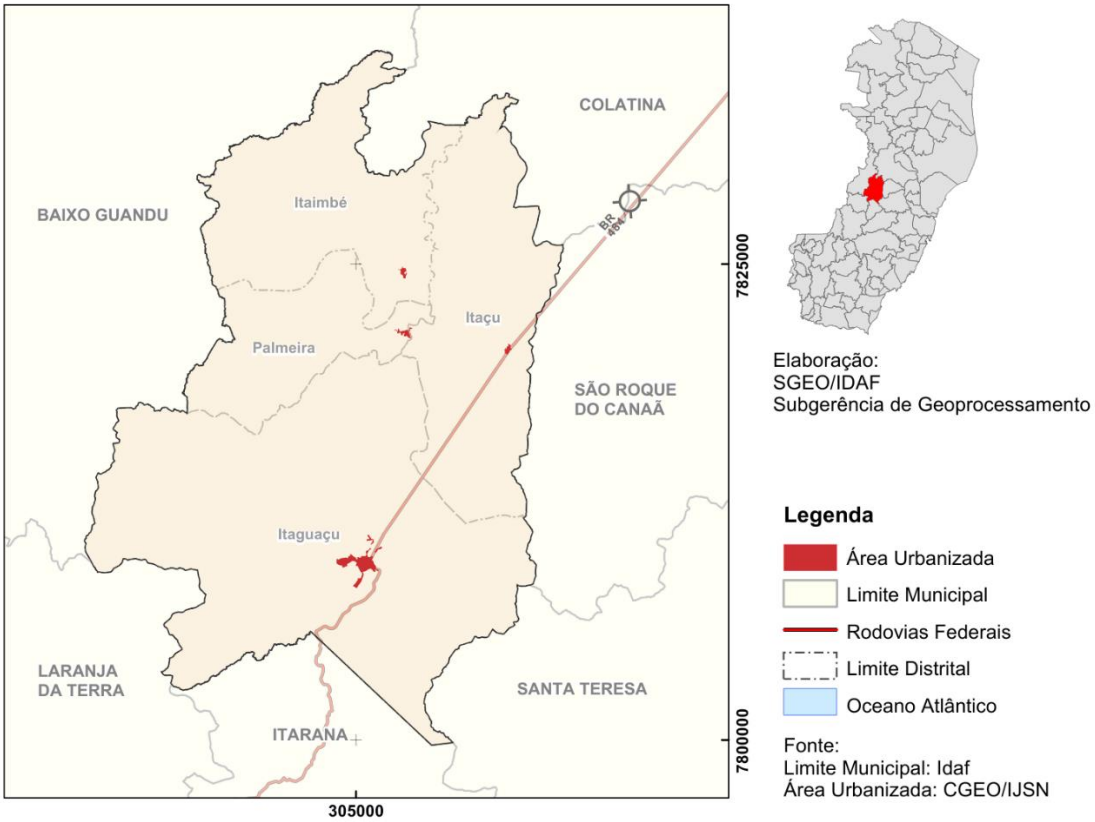
2.2 Caracterização do Município

2.2.1. Localização

O Município de Itaguaçu está localizado às coordenadas geográficas de latitude Sul 19° 48’ 10” e longitude Oeste de Greenwich 40° 51’ 24”, na região Central Serrana do estado do Espírito, distante aproximadamente 137 km da capital Vitória (Figura 1). O município ocupa uma área territorial de 531,5 km² e sua divisão administrativa compreende, além da sede, os distritos de Ituaçu, Itaimbé e Palmeira. O território municipal está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 6 / 354

Figura 1 – Mapa do Município de Itaguaçu com seus distritos.



Fonte: IDAF (adaptada)

A sede municipal, onde se localizará a Estação de Tratamento de Esgoto, objeto desta intervenção, constitui o principal centro urbano do município, concentrando os equipamentos públicos, o comércio local e os serviços essenciais à população.

2.2.2. Aspectos geográficos

O município está inserido na bacia hidrográfica do Rio Santa Joana, tendo como principais rios o Córrego Bom Destino, Córrego Santa Rosa, Córrego Triunfo, Córrego Lajinha, Córrego Grande, Córrego Paraju, Córrego Sobreiro e Córrego Queira Deus.

O lançamento previsto para ETE da sede de Itaguaçu será no Rio Santa Joana, os dados de localização e de estimativa vazão mínima (Q90) estão apresentados na Figura 2 e no Quadro 1 e Quadro 2:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 7 / 354

Figura 2 – Mapa de localização do lançamento da ETE Sede.



Fonte: Google Earth

Quadro 1 – Dados hidrográficos do ponto de lançamento da ETE Sede, conforme Banco de Dados IEMA

nom_hidrog	Rio Santa Joana
(Derivado)	
(Ações)	
oid	1105500
cd_hidrogr	1105500
nom_hid...	Rio Santa Joana
tip_regime	Permanente
tip_hidrog	Rio
tip_domini	Estadual
vlr_area_d	685898419,594238042831421
vlr_precip	1086,822937233399898
vlr_vazao_	1647,714284136259948
vlr_vaza_1	7846,258495886930177
vlr_vaza_2	2,402271585799840
sis_compri	1456,975681925129948

Fonte: Banco de dados de Regionalização Hidrográfica do IEMA
(Onde: vlr_vaza_1 – Vazão Média (Qmed); vlr_vazao_ – Estimativa de Vazão Mínima (Q90)

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 8 / 354

Quadro 2 – Dados hidrográficos do ponto de lançamento da ETE Sede, conforme Portaria de Outorga da Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH.

Art. 1º Outorgar pelo prazo de 12 (doze) anos contados a partir da data de publicação desta Portaria, a Prefeitura Municipal de Itaguaçu CNPJ nº 27.167.451/0001-74, doravante denominada Outorgada, o direito de uso de recursos hídricos na modalidade de Concessão, para lançamento de efluente no Córrego Lavrinha de Baixo (1121480), região hidrográfica do Rio Doce, município Itaguaçu, requerido por meio do processo n° 2024-2NHR3, com as seguintes características:

I. Coordenadas UTM do ponto de lançamento: 306805 E / 7810497 N, *Datum* WGS-84;

II. Dados do lançamento (valores máximos):

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Q (l/s)	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47
H/dia	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
N° dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

III. Concentração máxima de DBO no efluente lançado: 10,40 mg/l.

IV. Vazão máxima de diluição referente ao parâmetro DBO: 38,43 l/s.
Considerando a DBO natural do rio igual a 1,0 mg/l e o padrão atual de referência para a DBO do corpo d'água igual a 5,0 mg/l.

V. Finalidade de uso da água: Diluição de Efluente.

Fonte: Portaria de Outorga n° 228 de 12 de Junho de 2025 – AGERH.

Os dados apresentados no quadro 2 foram obtidos através do Bando de dados de regionalização hidrológica do IEMA.

A cobertura vegetal do município é composta com maciços florestais abundantes e representativos, além de capões de matas interligados por plantios de café, eucalipto e pastagens.

O município de Itaguaçu está localizado a uma altitude de 400m, apresentando-se com um relevo bem acidentado com partes mais elevadas chegando a 1000m, ficando a sede do município a uma altitude de 182 metros.

As paisagens são acuminadas de relevo forte, típico montanhoso com grandes vales, cobertos com robusta mata atlântica, e extensas áreas plantios e pastagens, com um percentual superior a 20 % de área preservada.

Nestas áreas encontramos grande parte de nascentes, ravinas, valões, topos de morro e áreas de preservação permanente estão conservados ou em processo de regeneração.

2.2.3. Aspectos naturais

a) Clima

De acordo com a última atualização da Classificação Climática de Köppen e Geiger (1928) feita por Alvares et al. (2014), a cidade de Itaguaçu está

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 9 / 354

classificado com o clima do tipo “Aw”, ou seja, tropical chuvoso, com estação seca no inverno.

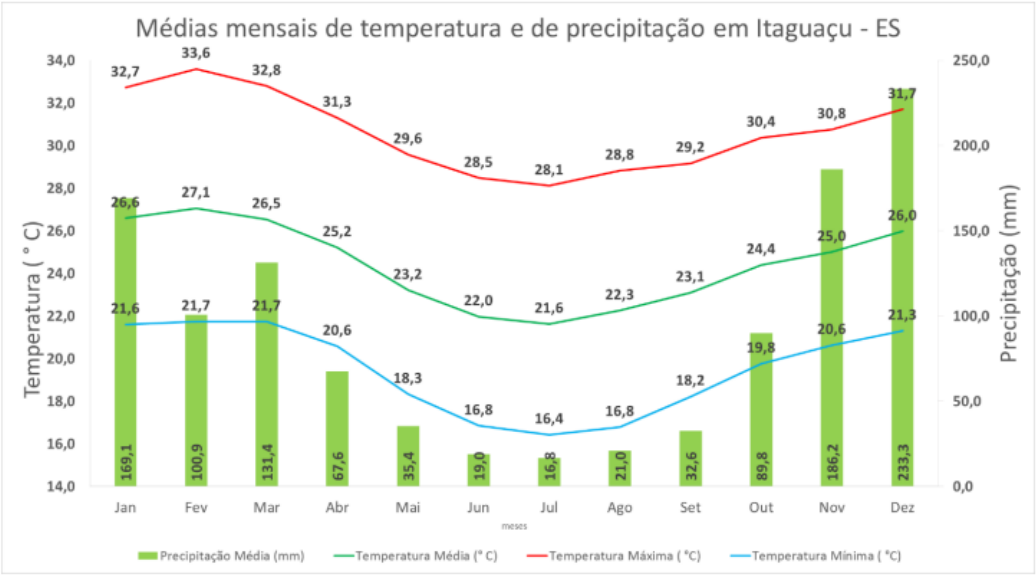
b) Precipitação

A média anual de precipitação no município de Itaguaçu é de 1.103 mm, sendo sazonalmente dividido em dois períodos. Um chuvoso, entre os meses de outubro a abril, com um total de 978,3 mm, o que corresponde a 88,7 % do total acumulado anual e um período menos chuvoso entre os meses de maio a setembro, com um total de 124,7 mm que corresponde a 11,3 % do total (Gráfico 1).

c) Temperatura

A temperatura média anual no município de Itaguaçu é de 24,4 °C, com a maior média ocorrendo no mês de fevereiro, com 27,1 °C, caracterizando como um mês típico de verão e a menor média ocorre no mês de julho 21,6 °C, período em que ocorrem temperaturas amenas na região (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Temperatura e precipitação do município de Itaguaçu-ES



Fonte: Incaper

Considerando os aspectos sazonais de temperatura, o trimestre mais quente do ano normalmente ocorre entre os meses de janeiro, fevereiro e março, sendo observada a maior amplitude térmica no mês de fevereiro. Por

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 10 / 354

outro lado, o trimestre mais frio ocorre normalmente entre os meses de junho, julho e agosto, porém, a menor amplitude térmica é observada apenas no mês de novembro.

d) Recursos Hídricos

O município está inserido na bacia hidrográfica do Rio Santa Joana, tendo como principais rios o Córrego Bom Destino, Córrego Santa Rosa, Córrego Triunfo, Córrego Lajinha, Córrego Grande, Córrego Paraju, Córrego Sobreiro e Córrego Queira Deus.

2.2.4. Meio Ambiente e Saneamento

Dentre os problemas mais graves de agressão ao meio ambiente, podemos destacar:

- Lixo jogado a céu aberto, e em locais impróprios;
- Esgotos domésticos "*in natura*";
- Parte da população não recebe água tratada adequadamente;
- Desmatamento desenfreado das matas;
- Desmatamento de topos de morros e encostas;
- Uso inadequado e excessivo de agrotóxicos;
- Uso excessivo e inadequado de água para irrigação.

Dos problemas relacionados com o meio ambiente o que repercutem na saúde da população do município, está relacionado à falta de saneamento básico. Destacamos aqui os problemas relacionados a coleta e tratamento de esgoto, pois apesar do município possuir mais de 85% de coleta de esgoto, parte dos esgotos chegam "*in natura*" ou com deficiência de tratamento nos corpos hídricos. Este fato se dá, pois, parte do esgoto coletado é lançado diretamente na rede pluvial, e a parte que chega na rede nas ETE´s muitas vezes não tem o tratamento adequado devido a problemas nos sistemas que necessitam de melhoramentos.

O município faz parte do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos, juntamente com os municípios de Baixo Guandu, Marilândia, Colatina, Santa

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 11 / 354

Teresa e São Roque do Canaã, onde todo o lixo produzido pelas Unidades Sanitárias, Hospital, Drogarias, Laboratórios de Análises Clínicas e Consultórios Odontológicos é coletado e incinerado em Colatina.

O abastecimento de água da cidade e distritos é efetuado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, Autarquia Municipal, ficando também a cargo do SAAE o serviço de esgoto do município. A água fornecida é de excelente qualidade (cloretada e fluoretada), atingindo quase 100% os moradores da denominada Zona Urbana.

2.2.5. Aspectos Socioeconômicos

Em pesquisa realizada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, divulgada no Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, Itaguaçu ocupa, em relação ao Espírito Santo, é o 29° lugar (0, 702), no ranking do I.D.H. - Índice de Desenvolvimento Humano (PNUD/2010). Os índices avaliados foram: longevidade, mortalidade, educação, renda e sua distribuição. O município de Itaguaçu, além da rede privada, conta com 14 escolas da rede municipal e 6 escolas da rede estadual, atendendo a 100% das crianças e adolescentes do município.

De acordo com o IBGE (2016) o município tem na agropecuária quase 31,48 % do seu PIB (Tabela 3), com PIB per capita de R$ 17.147,41. Aproximadamente 43,02 % da população do município está ocupada em atividades agropecuárias.

A agricultura exerce influência marcante dentro do contexto econômico do município. Baseia-se em sua maioria por pequenos e médios proprietários, que possuem como principal produto a cultura cafeeira, porém, também observamos em menor escala outros produtos como: banana, cana de açúcar, milho, feijão, arroz, e hortaliças entre outros. Na pecuária, destaca-se a produção de bovinos e suínos e no setor industrial podemos observar pequenas empresas, destacando-se os produtos derivados do leite, aguardente e algumas produções caseiras de massas, costura e confecções, além de artesanatos e doces.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 12 / 354

O comércio do município é formado por diversos tipos de estabelecimentos, a saber: Hotéis, Bares, Restaurantes, Panificadoras, Cartórios, Casa Funerária, Supermercados, Mercearias, Drogarias, Açougues, entre outros.

Destacam-se os Produtos alimentícios, indústrias de aguardente, Laticínios, Madeira e manufaturados de madeira, Pré-moldados, Beneficiamento do café, cereais, fábrica de biscoitos entre outras.

O Município está bem servido por estradas, sendo que as vias principais, de acesso à cidade são todas asfaltadas, com exceção das estradas que ligam a sede a zona rural do município, somente os Distritos de Itaimbé e Palmeira têm seus acessos por vias asfaltadas.

Em 2014, iniciou-se as obras de asfaltamento da rodovia ES-446, que foi de grande importância para região se tornando uma importante via de escoamento de produtos agrícolas e de interligação da região norte com a região sul do Estado.

O município é composto por 02 Unidades Sanitárias na Sede, sendo 01 Tipo 3 (Policlínica), e outra Tipo 1, 09 Unidades no interior todas do tipo 1, 02 Pontos de Atenção à Saúde, 1 Central de Regulação, 1 Agência de Marcação de Consultas e 01 Unidade de Urgência emergência, de médio Porte.

Segundo o Plano Municipal de Saúde 2022-2025 as principais internações no munícipios catalogadas são (Tabela 1):

Tabela 1 – Principais internações catalogadas no município de Itaguaçu.

Descrição	2014	2015	2016	2017
Neoplasias (tumores)	98	92	113	160
Gravidez parto e puerpério	93	90	122	130
Doenças do aparelho respiratório	124	91	103	108
Doenças do aparelho digestivo	93	98	92	87
Lesões enven e alg out conseq causas externas	98	103	86	83
Doenças do aparelho circulatório	93	93	112	69
Doenças do aparelho geniturinário	79	52	69	54
Denças infecciosas e parasitárias	42	38	38	46
Doenças sistosteomuscular e tec conjuntivo	22	24	15	34
Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	12	35	13	21
Doenças da pele e do tecido subcutâneo	12	14	19	20
Outros	36	46	49	49

Fonte: Autoria Própria, 2025.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 13 / 354

3. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

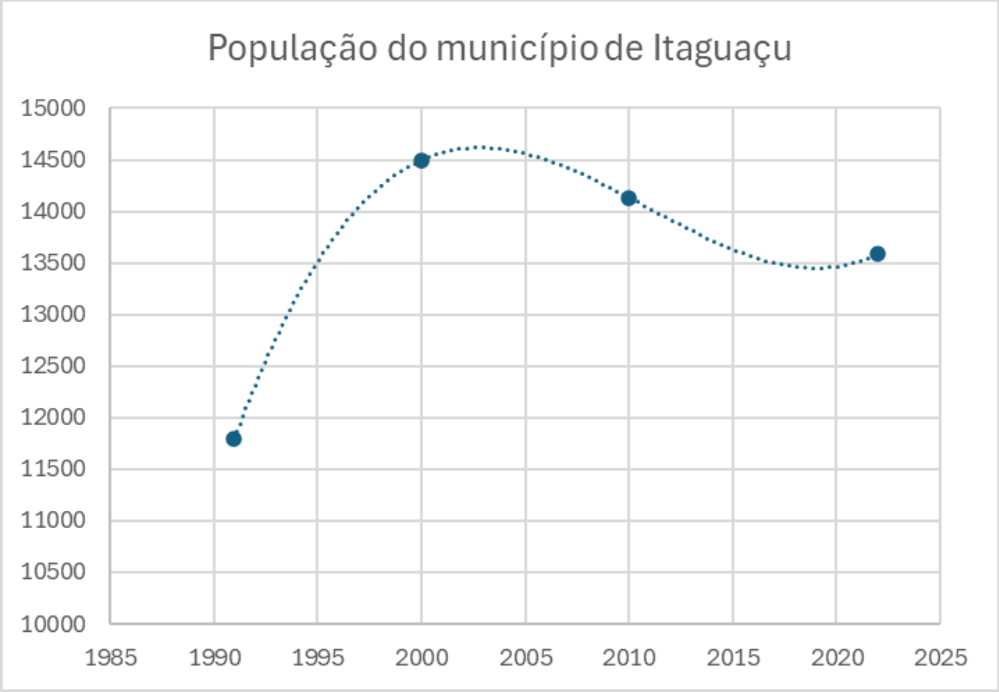
Neste item serão definidos os parâmetros a serem adotados para definição da concepção do projeto.

3.1 Estudo Populacional

Para determinar a contribuição de projeto foram utilizados dados do SAAE de Itaguaçu, PMSBGIRS (Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Itaguaçu), SNIS (Sistema Nacional de Informações de Saneamento), IBGE. No presente estudo primeiramente será determinada a população de projeto para então determinar a contribuição de projeto.

O IBGE possui dados Censitários dos anos de 1991, 2000, 2010 e 2022, para o município de Itaguaçu. No SNIS podemos encontrar além destes dados censitários encontramos as projeções populacionais no período de 2009 a 2021 (Tabela 2 e Gráfico 2).

Gráfico 2 – Evolução da população de Itaguaçu entre 1991 e 2022



Fonte: Autoria Própria

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 14 / 354

Tabela 2 – Dados Populacionais para Município de Itaguaçu

Ano	População
1991	11789
2000	14.495
2010	14.134
2022	13.589

Fonte: IBGE e SNIS

Apesar da redução populacional observada no último censo, os dados do SAAE referente às economias ocupadas mostram uma evolução crescente desde 2015 (Tabela 3).

Tabela 3 – Economias residenciais com coleta de esgoto ativas entre 2015 e 2023

ANO	SEDE
2015	3137
2019	3596
2021	3643
2023	3723

Fonte: SAAE – Itaguaçu

Uma das hipóteses aventadas aqui é que este crescimento pode estar relacionado ao asfaltamento da via que liga Itaguaçu a Colatina, que iniciou em 2014.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 15 / 354

Figura 3 – Evolução da mancha urbana do município de Itaguaçu – ES entre 2009 e 2024



Fonte: Google Earth

Sendo assim, optou-se por utilizar a evolução do número de economias residenciais ativas como base para calcular o crescimento populacional da sede, tendo em vista que:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 16 / 354

- Apesar do crescimento populacional do município mostrar um decaimento no último censo, este decaimento não é observado nos dados do SAAE;
- A área de abrangência do censo é diferente da área de atuação do SAAE, enquanto o a área abrangida pelo Censo tem 2675 residências em 2022, o SAAE neste ano já tinha mais de 3600 economias residenciais ativas;
- Serão utilizados apenas os anos de 2019, 2021 e 2023 no estudo de regressão para determinar a população, visto que o cadastro de 2015 do SAAE ainda possui algumas falhas de registro. Falha esta devido ao sistema estar em fase de implantação.

Para estimar a população a partir das economias residenciais ativas, utilizou-se o número médio de moradores por residência do Censo de 2022 que é de 2,51 hab/res (Quadro 3).

Quadro 3 – Domicílios particulares permanentes ocupados, moradores em domicílios particulares permanentes ocupados e média de moradores em domicílios particulares permanentes ocupados, segundo a situação do domicílio

Tabela 9922 - Domicílios particulares permanentes ocupados, moradores em domicílios particulares permanentes ocupados e média de moradores em domicílios particulares permanentes ocupados, segundo a situação do domicílio
Variável - Média de moradores em domicílios particulares permanentes ocupados (Pessoas)
Distrito - Itaguaçu - Itaguaçu (ES)
Ano - 2022
Situação do domicílio - Urbana
2,51
Fonte: IBGE - Censo Demográfico

Fonte: IBGE – Censo Demográfico, 2022

A partir do exposto, a concepção estimativa populacional da sede, teve das seguintes premissas:

- Horizonte de projeto será 22 anos, para permitir uma vida útil da obra de 20 anos, visto que a previsão da ETE entrar em pleno funcionamento será no ano de 2028;
- Crescimento de populacional do distrito, acompanhará o crescimento das economias residenciais ativas com coleta de esgoto, utilizando dados mais recente e confiáveis de 2019, 2021 e 2023;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 17 / 354

- A taxa de ocupação das economias ativas a ser adotada será aquela do Censo IBGE de 2022 (2,51 hab/res);
- Como modelo de estimativa de população será utilizado a projeção aritmética.

A Figura 4 apresenta a regressão linear dos dados de população obtida pela multiplicação da taxa de ocupação do IBGE em 2022, pela quantidade de economias residenciais ativas, entre os anos de 2019 e 2023.

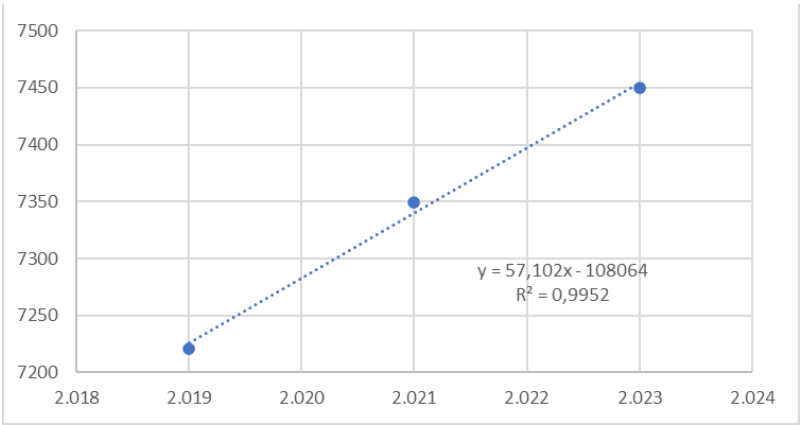
Dada pela equação:

$$P_{ano} = N_{EA} \times T_{It} \qquad \textit{Equação 1}$$

Onde:

- P_{ano} – População do ano de referência;
- N_{EA} – Número de economias ativas;
- T_{IT} – Taxa de ocupação das Economias ativas do município de Itaguaçu (2,51).

Figura 4 – Análise de regressão dos dados populacionais para sede do município



Fonte: Google Earth

Sendo assim a estimativa da população deve ser dada por regressão:

$$P_{ano} = a \times ano + b \qquad \textit{Equação 2}$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 18 / 354

Onde:

- P_{ano} – População do ano de referência);
- a – coeficiente angular da regressão (57,102;
- b – coeficiente linear da regressão (108.064).

Tabela 4 – Populações estimadas para os anos de referência

Ano	População
2026	7625
2028	7739
2033	8024
2038	8310
2043	8595
2048	8881

Fonte: Autoria Própria

Início de plano – 2028 7739 habitantes
Final de Plano – 2048 8881 habitantes

3.2 Vazões do Projeto

Definida a vazão de projeto faz-se necessário definir a contribuição de esgoto e as vazões de Projeto. O Ministério das Cidades em no "Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário", que faz parte da SISTEMÁTICA – PPA 2020-2023 indica que os projetos de saneamento deverão adotar consumo "*per capita*" médio de 150 litros/(habxdia).

Este projeto seguirá esta diretriz e sendo assim o consumo diário de esgoto adotado para sede de Itaguaçu será:

Tabela 5 – Consumo diário de esgoto adotado

	Início de plano	Fim de plano	
Consumo de água	303,90	1332,15	m³/dia

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 19 / 354

As normas e a literatura referentes a esgotamento sanitário consolidaram o valor de 0,8 como coeficiente de retorno de esgoto (NBR 9649). Assim a contribuição de esgoto na rede será:

$$C_{esg} = C_{água} \times C \qquad \textit{Equação 3}$$

Onde:

- C_{esg} – contribuição de esgoto, em m³/dia;
- $C_{água}$ – consumo de água, em m³/dia;
- C – Coeficiente de retorno (adotado 0,8).

A vazão de contribuição de esgoto é dada por:

$$Qesg = {Cesg}/{86,4} \qquad \textit{Equação 4}$$

Onde:

- Qesg – Vazão de contribuição de esgoto, em L/s.

Além da vazão de contribuição de esgoto, deverá ser considerada a vazão de infiltração na rede, para determinar qual a vazão de efluente que deverá ser tratada pela ETE. A NBR 14486/2000 indica que a taxa de infiltração dependerá das condições locais, como: nível de água do lençol freático, natureza do solo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e o tipo de junta utilizada, e que estes valores devem variar entre 0,01 e 1,0 L/s x km.

Neste projeto será adotado o valor indicado em muitos textos da literatura de 0,05 L/(s x Km), então teremos que:

$$Q_i = L_{rede} \times Tx_i \qquad \textit{Equação 5}$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 20 / 354

Onde:

- Q_i – Vazão de infiltração em L/s;
- L_{rede} – Comprimento da rede, Km;
- Tx_i – Taxa de infiltração na rede (adotado 0,05 L/(s x Km).

O comprimento da rede foi obtido através das seguintes informações:

- dados do SNIS 2022 de rede existente naquele ano;
- projetos existentes para o município;
- acréscimo de 20% referente à previsão de expansão da coleta de esgoto para fim de plano.

Com cálculo da vazão de infiltração (Equação 5) e a contribuição diária de esgoto (Equação 4), é possível se determinar a vazão média de projeto:

$$Q_{med} = Q_{esg} + Q_i \qquad \textit{Equação 6}$$

Onde:

- Qmed – Vazão média de esgoto, em L/s.

Além da vazão média de esgoto, é importante definir a Vazão Máxima dia, a Vazão Máxima Hora e a Vazão Mínima. A NBR 14486/2000 define as constantes K1, K2 e K3, estas constantes são utilizadas para estimar estas vazões singulares, onde:

- K1 – Constante definida para estimativa da vazão máxima dia, tendo seu valor 1,2 como o valor indicado para esta constante;
- K2 – Constante definida para estimativa da vazão máxima hora, tendo seu valor 1,5 como o valor indicado para esta constante;
- K3 – Constante definida para estimativa da Vazão mínima, tendo seu valor 0,5 como o valor indicado para esta constante.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 21 / 354

As equações 7, 8 e 9 definem estas vazões singulares:

$$Q_{max.d} = Q_{esg} \times K1 + Q_i \qquad \textit{Equação 7}$$

$$Q_{max.h} = Q_{esg} \times K1 \times K2 + Q_i \qquad \textit{Equação 8}$$

$$Q_{min} = Q_{esg} \times K3 + Q_i \qquad \textit{Equação 9}$$

Onde:

- $Q_{max.d}$ – Vazão Máxima dia, em L/s.
- $Q_{max.h}$ – Vazão Máxima Hora, em L/s.
- Q_{min} – Vazão Mínima, em L/s.

Na Tabela 6 e Tabela 7 são apresentados os parâmetros de cálculo e as vazões de projeto calculas e que serão adotadas no projeto da ETE.

Tabela 6 – Parâmetros utilizados nas estimativas de Vazão

Consumo Per capta=	150	L/dia
Tx_i	0,05	L/(s*Km)
C=	0,8	
K1=	1,2	
K2=	1,5	
K3=	0,5	

Fonte: Autoria Própria

Tabela 7 – Determinação das vazões de projeto

	Início de plano	Fim de plano	
Consumo de água	3,52	15,42	L/s
	303,90	1332,15	m^3/dia
População=	7739	8881	hab
Contribuição de esgoto=	2,81	12,33	L/s
Cmax dia=	3,38	14,80	L/s
Cmax hora=	5,07	22,20	L/s
Q min=	1,41	6,17	L/s

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 22 / 354

	Início de plano	Fim de plano	
L rede=	32026	37694	m
Qinf=	1,60	1,88	L/s
Qméd=	4,42	14,22	L/s
Qmax=	6,67	24,09	L/s
Q mínimo rio (outorga) =	38,43	38,43	L/s
DBO de lançamento (outorga) =	10,40	38,43	L/s

Fonte: Autoria Própria

3.3 Eficiência mínima adotado para ETE

- Eficiência mínima remoção de DBO_5 – 96,5%;
- Eficiência mínima remoção de CT – 99,98%;
- Utilização de decantador secundário;
- Utilizar sistema aerado de tratamento antes do lançamento.

3.4 Legislações e normas

A concepção do projeto da rede coletora e da Estação de tratamento de esgoto do distrito da Sede, em Itaguaçu-ES, foram baseados e norteados pelas legislações e normas:

- CONAMA 357/2005 – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
- CONAMA 430/2011 – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
- ABNT NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. (ABNT, 1993);
- ABNT NBR 12209 – Elaboração de projetos Hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários (ABNT, 2011);
- ABNT NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário (ABNT, 1986);
- NBR 16085 – Poços de visita e poços de inspeção para sistemas enterrados – Requisitos e métodos de ensaio;
- NBR 8890 – Tubo de concreto de seção circular par águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios;
- NBR 15645 – Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 23 / 354

- NBR 10160 – Tampões e grelhas de ferro fundido dúctil – Requisitos e métodos de ensaio;
- NBR 5737 – Cimento Portland resistentes a sulfatos;
- NBR 15900 – Água para amassamento de concreto – Parte 1: Requisito;
- NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado;
- NBR 8965 – Barras de aço CA 42 S com características de soldabilidade destinadas a armaduras para concreto armado;
- NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento;
- NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento-Procedimento.
- NBR 12266 – Projeto e Execução de Valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana - Procedimento.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA

O local de instalação da ETE já está previamente estabelecido, visto que é uma área já licenciada para tal. Esta área tem cerca de 1200m², e sendo assim não poderão ser adotados sistemas de lagoa, por necessitarem de grandes áreas.

Atualmente os órgãos de controle ambiental são muito resistentes ao uso de produtos químicos para desinfecção do efluente tratado, restando praticamente a desinfecção por UV como a única opção a ser adotada.

Como a desinfecção UV precisa de efluentes com baixa turbidez, sistemas de tratamento puramente anaeróbios também estão descartados. Por outro lado, sistema puramente aeróbios possuem operação muito cara, por necessitar de altas taxas de aeração.

Com as restrições apresentadas acima, o sistema de tratamento a ser adotado, deverá possuir uma etapa anaeróbia de tratamento, seguido por uma etapa aeróbia. Dentre os sistemas consagrados para tratamento de esgoto com estas características temos o UASB seguido de Biofiltro aerado e

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 24 / 354

decantador secundário, este será o sistema adotado, segue a descrição geral do sistema.

4.1 Sistema Adotado

O sistema de tratamento de esgoto adotado combina um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB), um filtro aerado submerso (FAS) e um decantador secundário esta concepção traz uma abordagem eficaz e econômica para o tratamento de águas residuais.

4.1.1. Características Gerais do Sistema

4.1.1.1 UASB (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo):

a) Funcionamento

O UASB é um reator anaeróbio de fluxo ascendente que utiliza a digestão anaeróbia para remover matéria orgânica, onde os microrganismos degradam poluentes em condições sem oxigênio.

b) Eficiência de Remoção de Matéria Orgânica

Pode variar amplamente, mas geralmente alcança eficiências de remoção de carga orgânica de 60% a 80%. Em condições ideais, pode ser ainda mais alto, dependendo das características do efluente.

4.1.1.2 FAS (Filtro Aerado Submerso):

a) Funcionamento

O FAS é um sistema de tratamento aeróbio onde as bactérias aeróbias aderem a um meio filtrante submerso e tratam as águas residuais por oxidação biológica.

b) Eficiência de Remoção de Matéria Orgânica

O FAS é eficaz na remoção residual de matéria orgânica, alcançando eficiências de 80% a 95%, dependendo do projeto específico e das condições operacionais.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 25 / 354

4.1.1.3 Decantador Secundário:

a) Funcionamento

O decantador secundário separa os sólidos biológicos do efluente tratado antes da sua descarga final.

b) Eficiência

Garante a clarificação do efluente tratado, melhorando sua qualidade antes da liberação.

c) Eficiência do Sistema como um Todo

A eficiência do sistema UASB+FAS está dentro da seguinte faixa 90% a 95%.

d) Eficiência Energética

O sistema é geralmente mais eficiente em termos de consumo de energia comparado a sistemas convencionais como lodos ativados, especialmente devido à menor necessidade de aeração contínua pois o uso de ar é otimizado no FAZ, devido a remoção preliminar de carga orgânica no UASB que não utiliza energia elétrica.

4.1.1.4 Custos de Operação

a) Investimento Inicial

Geralmente, o custo inicial pode ser menor do que sistemas convencionais, devido à simplicidade de operação do UASB e ao menor espaço físico necessário para instalação.

b) Operação e Manutenção

O UASB requer menos energia devido à ausência de aeração contínua, reduzindo os custos operacionais em comparação com os lodos ativados.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 26 / 354

c) Custos de Manutenção

A manutenção do FAS pode ser mais simples e econômica em comparação com sistemas de biofiltro aerado, devido à menor necessidade de substituição de meio filtrante e menor consumo de energia.

4.1.1.5 Consumo de Energia Elétrica do FAS

a) Comparação com Lodos Ativados

O FAS tende a consumir menos energia do que os sistemas de lodos ativados devido à menor necessidade de aeração intensiva.

b) Comparação com Biofiltro Aerado

Enquanto o biofiltro aerado também utiliza menos energia do que os lodos ativados, o FAS pode ser mais eficiente devido ao menor consumo de ar e à maior eficiência no tratamento de águas residuais com cargas orgânicas variáveis.

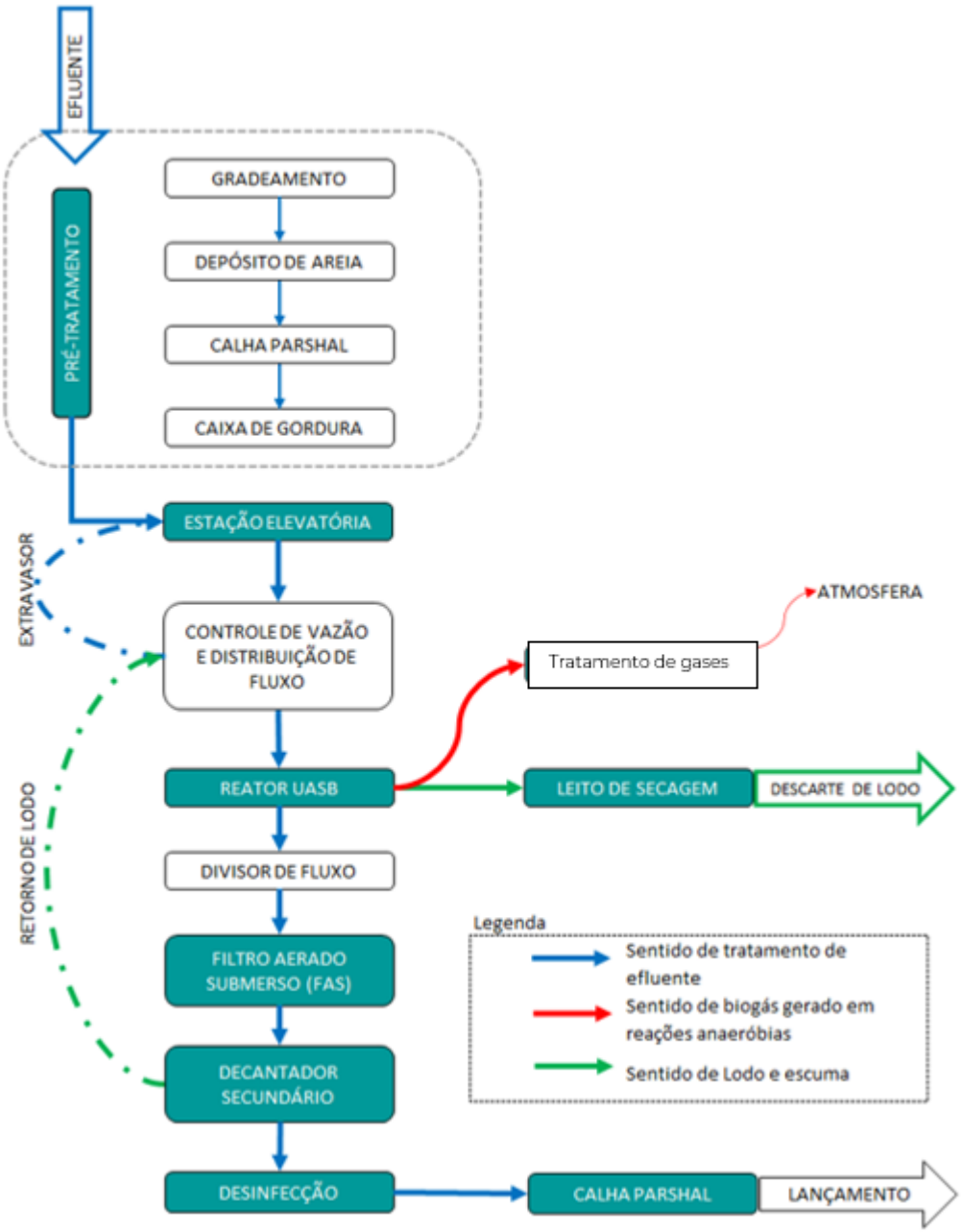
Em resumo, o sistema de tratamento de esgoto utilizando UASB seguido de FAS e decantador secundário é uma solução robusta e eficiente, oferecendo benefícios significativos em termos de remoção de poluentes, eficiência energética e custos operacionais. A escolha entre FAS e outras tecnologias aeróbias deve considerar não apenas a eficiência de tratamento, mas também os custos operacionais e energéticos ao longo do ciclo de vida do sistema.

A partir disso, foram definidos os processos e a sequência necessária para que o tratamento do efluente da localidade atinja os melhores resultados e níveis de eficiência projetados.

O sistema de tratamento de esgoto adotado é nomeado de tratamento misto (tratamento anaeróbio e aeróbio) as etapas de tratamento seguem o fluxograma a seguir:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 27 / 354

Figura 5 – Fluxograma de processo de tratamento



Fonte: Autoria Própria

O sistema de tratamento de esgoto adotado é dividido em 5 etapas: pré-tratamento; tratamento anaeróbio; tratamento aeróbio; decantação e desinfecção.

O pré-tratamento é dividido em 4 fases, inicia-se com o gradeamento, ao qual impede que elementos de maior tamanho e não biodegradáveis, tais como sacolas plásticas, fraldas, elementos granulares maiores, entre outros, avancem no processo e prejudiquem os equipamentos. Em sequência o

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 28 / 354

efluente passa pelo depósito de areia, para a decantação de elementos granulares menores.

Em seguida, a calha Parshall, dispositivo ao qual informa ao operador o fluxo do efluente a partir do medidor de altura. O fim do pré-tratamento o efluente é a caixa de gordura, processo que há separação de gordura a partir de anteparos que impedem sua passagem. O dispositivo permite que o fluxo ascendente de gordura aconteça no intervalo de passagem do efluente entre os anteparos.

Já na estação elevatória, por meio de bombas, o efluente é enviado para o tanque de controle de vazão e distribuição de fluxos (CVD) ao qual regula a vazão distribuída para os dois Reatores UASB. Iniciando a etapa de tratamento anaeróbio, inicia-se a conversão e digestão da matéria orgânica e geração dos gases, que são colhidos na estrutura interna do dispositivo e encaminhados para o sistema de tratamento de gases.

Sequencialmente, o efluente passa por um novo divisor de fluxos, encaminhando o efluente para o Filtro Aerado Submerso (FAS), iniciando a etapa com as bactérias aeróbicas. O FAS, possui em seu meio elementos de tamanho homogêneo, nomeados de mídias MBBR, definidos em projeto que são agitados por meio de ar bombeado por sopradores. O tratamento Aeróbio acontece pela proliferação das bactérias que necessitam de oxigênio e pelo acúmulo de biomassa na área superficial das mídias.

Após o tratamento aeróbio, o efluente chega ao Decantador secundário, separando o lodo do efluente tratado, sendo o primeiro encaminhado a desinfecção e o segundo retornando ao CVD, a fim de repetir as etapas de tratamento. Na desinfecção, o efluente é tratado a partir de carga ultravioleta a partir de lâmpadas UV.

Por fim, o efluente tratado passa pela Calha Parshall, onde permite que o operador possa medir novamente a vazão do sistema, assim identificando se há alguma irregularidade no tratamento a partir da vazão de saída de efluente. Após isso, o efluente é lançado ao corpo hídrico mais próximo.

Importante ressaltar que o sistema adotado, depende necessariamente da proliferação das bactérias, demandando certa de 6 meses para atingir o

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 29 / 354

volume adequado de microrganismos e assim atingir as eficiências desejadas. Contudo é possível utilizar inóculos que aceleram o processo de proliferação, podendo reduzir o tempo de espera em certa de 80%.

5. DEFINIÇÃO DO PROJETO DA ETE

O projeto da ETE está divido em duas partes, uma denominada *Projeto de Obras Civis*, contemplado as obras de:

- Pré-tratamento composto de gradeamento, caixa de areia, calha parshall, caixa de gordura e elevatória, inclusive projetos hidráulico, estrutural e elétrico;
- Leito de secagem, inclusive projetos hidráulico e estrutural;
- Casa de operações, inclusive projetos hidráulico, estrutural e elétrico;
- Urbanismo: composto por terraplanagem, pavimentação, drenagem, rede de chegada de efluente na ETE e lançamento, projetos hidráulico, estrutural e elétrico.

A outra denominada *Projeto de Referência do Sistema de Tratamento de esgoto*, este projeto contém as definições utilizadas para estimativa de custos do **Sistema de tratamento pré-fabricado** a ser adquirido e instalado, contemplando:

- Sistema
- Reator UASB,
- Filtro Aerado Submerso, integrado com decantador secundário;
- Sistema de tratamento de gás;
- Sistema de desinfecção UF;
- Estruturas de concreto das bases dos reatores de demais equipamento;
- Projetos hidráulicos, estruturais e elétricos.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 30 / 354

6. MANUAL DE OPERAÇÕES

6.1 Verificação do sistema

O primeiro passo para a verificação das condições das instalações é a inspeção completa a seco, quando devem ser observados os seguintes pontos:

- Apresentação, para a equipe encarregada da manutenção, de todas as partes do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários, localizando todas as unidades, registros (se houver), tubulações e equipamentos;
- Instruções sobre normas de segurança e utilização dos Equipamentos de Proteção Individual, como Luvas, botas, óculos de segurança e macacão apropriados;
- Verificação do funcionamento de todos os registros, bem como acompanhamento e averiguação do percurso e condições das tubulações, incluindo entrada e saída dos equipamentos.

Já a verificação com água, deve tomar os seguintes cuidados:

- A operação do Sistema de tratamento de esgotos sanitários será precedida de teste hidráulico e mecânico de todos os sistemas envolvidos. Esse teste, também já realizado na fase de instalação, deve ser executado de forma definitiva antes da entrada do sistema em operação. Dessa forma, as unidades que ainda não estiverem preenchidas com água poderão passar por uma verificação quanto à sua estanqueidade.
- Todos os dispositivos de entrada e saída dos equipamentos devem ser verificados e limpos conforme especificado, incluindo volumetrias mínimas e máximas específicas, para que não sejam eliminadas as colônias de bactérias ou outros fatores importantes ao funcionamento do sistema.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 31 / 354

- Alguns equipamentos são de simples verificação, como é o caso da Caixa de Gradeamento, disposta antes do sistema, que tem por objetivo a remoção de sólidos, e preservação do sistema de tratamento quanto aos materiais não-degradáveis. O gradeamento deverá ser inspecionado e os sólidos aderidos à grade removidos sempre que necessário, sem deixar de lado os procedimentos-padrões de segurança.
- A manutenção dos equipamentos como sopradores e bombas devem seguir os respectivos manuais de manutenção preventiva próprios de cada fabricante. Nesses casos caberá somente a detecção de mau funcionamento com o remanejamento do equipamento próprio ou do seu revezamento através quadro de comando elétrico, adotando-se as medidas cabíveis de manutenção ou reposição.

6.2 Limpeza e manutenção dos equipamentos.

a) Limpeza da Caixa de Gradeamento

Utilizando-se Equipamentos de Proteção Individual (Luva de Borracha, óculos etc.), deverão ser recolhidos os Sólidos Grosseiros (Lixo), disposto em recipiente próprio e descartados adequadamente. Frequência mínima de limpeza: 3 vezes por semana;

b) Limpeza da Areia

Utilizando-se Equipamentos de Proteção Individual (Luva de Borracha, óculos etc.), deverão ser recolhidos areia, disposto em recipiente próprio e descartados adequadamente. Frequência mínima de limpeza: 3 vezes por semana;

c) Leito de secagem

Deve possuir limpeza periódica de acordo com o dimensionado. Apesar dos ciclos possuírem ciclos de 14 dias, suas limpezas e abastecimentos deverão ser feitos a cada 7, ou seja, na primeira semana de partida apenas um

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 32 / 354

leito de secagem deverá estar aberto, liberando o segundo apenas após 7 dias.

A partir disso, manter a rotina de limpeza de cada leito de secagem a cada 14 dias, nunca ocorrendo a limpeza dos dois leitos no mesmo dia. O resíduo recolhido deverá ser descartado em aterro controlado ou área de transbordo para futuro transporte ao aterro controlados, que recebam, resíduos de classe II A.

Tendo em vista que, conforme a ABNT NBR 10004/2004, que classifica as classes de periculosidade dos resíduos sólidos, o lodo gerado em estação de tratamento de esgoto doméstico não é classificado segundo critérios de patogenicidades (4.2.1.5.2), sendo assim estão na classe de resíduos II A, resíduos não perigosos e não inertes.

7. LICENCIAMENTO AMBIENTAL

7.1 Plano de Monitoramento Ambiental

O projeto inclui um Plano de Monitoramento Ambiental que define os parâmetros a serem monitorados, a frequência de amostragem, os pontos de coleta e os métodos analíticos a serem empregados. O monitoramento visa verificar a qualidade do efluente tratado e a qualidade do corpo receptor (rio), garantindo o cumprimento dos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental.

Sendo assim, os parâmetros a serem monitorados, os pontos de coleta e a frequência de amostragem são definidos conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Plano de Monitoramento Ambiental

Parâmetro	Local	Frequência	Parâmetro	Local	Frequência
0DBO5	Afluente Bruto	Mensal	Fósforo Total	Afluente Bruto	Trimestral
	Efluente tratado	Mensal		Efluente tratado	Trimestral
	Rio Montante	Mensal		Rio Montante	Semestral
	Rio Jusante	Mensal		Rio Jusante	Semestral

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 33 / 354

Parâmetro	Local	Frequência	Parâmetro	Local	Frequência
O2	Efluente tratado	Mensal	Nitrogênio Amoniacal	Afluente Bruto	Trimestral
	Rio Montante	Mensal		Efluente tratado	Trimestral
	Rio Jusante	Mensal		Rio Montante	Semestral
Nitrogênio Total	Rio Montante	Semestral		Rio Jusante	Semestral
	Rio Jusante	Semestral	Materiais Flutuantes	Afluente Bruto	Trimestral
Sólidos totais	Rio Montante	Semestral		Efluente tratado	Trimestral
	Rio Jusante	Semestral	Materiais Sedimentáveis	Afluente Bruto	Trimestral
Óleos e Graxas	Efluente tratado	T		Efluente tratado	Trimestral
	Rio Montante	Semestral	Surfactante	Afluente Bruto	Semestral
	Rio Jusante	Semestral		Efluente tratado	Semestral
Coliformes Termotolerantes	Afluente Bruto	Trimestral	Carga Orgânica Total	Afluente Bruto	Trimestral
	Efluente tratado	Trimestral		Efluente tratado	Trimestral
	Rio Montante	Semestral	pH	Afluente Bruto	Trimestral
	Rio Jusante	Semestral		Efluente tratado	Trimestral
DQO	Afluente Bruto	Trimestral		Rio Montante	Semestral
	Efluente tratado	Trimestral		Rio Jusante	Semestral
	Rio Montante	Semestral	Temperatura	Afluente Bruto	Trimestral
	Rio Jusante	Semestral		Efluente tratado	Trimestral
Turbidez	Rio Montante	Semestral		Rio Montante	Semestral
	Rio Jusante	Semestral		Rio Jusante	Semestral

Fonte: Autoria Própria, 2026.

7.1.1. Responsabilidades

A operadora do sistema será responsável pela coleta das amostras, encaminhamento ao laboratório e manutenção dos registros de monitora-

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 34 / 354

mento. Os resultados das análises deverão ser compilados em relatórios semestrais e anuais, que serão encaminhados aos órgãos ambientais competentes.

8. COMPATIBILIDADE COM O PMSB

8.1 Alinhamento com os objetivos e metas do PMSB

O PMSB de Itaguaçu, em seu Quadro 4-8 - Objetivos e Metas, estabelece como meta de longo prazo e alta prioridade "aumentar a abrangência do tratamento de esgoto nas áreas urbanas para 100%". O projeto da nova ETE é a ação central para o cumprimento desta meta, uma vez que sua capacidade e tecnologia foram dimensionadas para atender à demanda atual e futura da Sede, em conformidade com as projeções populacionais e de vazão apresentadas nos Quadros 4-9, 4-10 e 4-11 do Plano.

Adicionalmente, o projeto atende ao Cenário Prospectivo Desejável (Quadro 4-4), que prevê a "universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário por rede geral" e a "não ocorrência de poluição ambiental advinda do sistema de saneamento básico". A implantação da ETE é um passo fundamental para a concretização deste cenário, eliminando o lançamento de esgoto in natura nos corpos hídricos, um dos principais problemas identificados no diagnóstico do PMSB (Quadro 5-3).

8.2 Aderência às alternativas técnicas propostas

O Quadro 4-7 - Alternativas para atendimento das demandas do PMSB aponta a necessidade de reforma ou substituição das fossas-filtro existentes, cuja eficiência se encontra comprometida. O Plano sugere, como alternativa, a substituição por tecnologias mais eficientes, como reatores UASB, ou a interligação das redes a uma ETE central na Sede.

O projeto da ETE adota uma solução tecnológica moderna e robusta, composta por tratamento preliminar, reator UASB (anaeróbio) e Filtro Aerado Submerso (aeróbio), seguida de desinfecção. Esta concepção não apenas atende à recomendação de substituição dos sistemas obsoletos, mas

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 35 / 354

também representa a alternativa mais completa e eficiente para o tratamento do esgoto municipal, garantindo a remoção de carga orgânica e patógenos em conformidade com a legislação ambiental vigente, notadamente as Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

8.3 Execução dos programas e projetos prioritários

A implantação da ETE materializa a execução de programas e projetos prioritários detalhados no PMSB, conforme o Apêndice C e o Quadro 5-3. O projeto está diretamente enquadrado em:

- Programa 09 - Programa Esgoto Urbano: Especificamente no que tange ao Projeto 10 - Implantação/ampliação de ETE.
- Programa 12 - Programa de Tratamento nos Distritos e Comunidades: A ETE da Sede servirá como unidade central de tratamento, viabilizando a futura interligação de outras localidades, conforme previsto no plano.

O investimento na construção e operação da ETE também se alinha ao Projeto 14 (Manutenção e operação de sistema de esgotamento sanitário), garantindo a sustentabilidade e a eficiência do sistema a longo prazo.

8.4 Compatibilidade com os indicadores de desempenho do SES

O Apêndice C do PMSB estabelece os indicadores selecionados para a avaliação da eficiência do plano. A implantação da ETE impactará positivamente os três indicadores definidos para o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), conforme detalhado na tabela abaixo:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 36 / 354

Tabela 9 – Indicadores do Sistema de Esgotamento Sanitário

Indicador (Conforme Apêndice C, Item 2)	Fórmula de Cálculo	Impacto do Projeto da ETE
Índice de Atendimento por Rede Coletora de Esgoto	(População atendida com rede coletora de esgoto / População total urbana) x 100	A ETE é a infraestrutura central que viabiliza a expansão da rede coletora, sendo um pré-requisito para a elevação deste índice. O projeto é o principal vetor para alcançar a meta de 100% de atendimento.
Índice de Tratamento de Esgoto	(Volume de esgoto tratado / Volume de esgoto coletado) x 100	Com a ETE em operação, todo o volume de esgoto coletado pela rede será direcionado para tratamento, elevando o indicador para 100% e garantindo o cumprimento das metas de tratamento.
Índice de Qualidade do Efluente Tratado	(Número de amostras do efluente tratado em conformidade com a legislação / Número total de amostras analisadas) x 100	A tecnologia de tratamento adotada (UASB + Filtro Aerado Submerso) foi dimensionada para garantir que o efluente final atenda aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental, assegurando um índice de qualidade próximo a 100%.

Fonte: Autoria Própria, 2026.

8.5 Conclusão

Em face do exposto, conclui-se que o projeto da Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu está em total consonância com o Plano Municipal de Saneamento Básico. A sua implantação representa um avanço estratégico para o município, atendendo diretamente aos objetivos de universalização do tratamento de esgoto, à proteção dos recursos hídricos e à promoção da saúde pública. O projeto não se constitui como uma obra isolada, mas como parte integrante e fundamental da política municipal de saneamento, viabilizando o alcance das metas de longo prazo e a construção de um futuro mais sustentável para Itaguaçu, em conformidade com o planejamento estabelecido.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 37 / 354

Prefeitura municipal
Itaguaçu

CONTRATANTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAGUAÇU

_____

DARLY DETTMANN
CNPJ n° 27.167.451/0001-74

PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONTRATO: ITA 142-22 (SEDE)

MEMORIAL DESCRITIVO: TOMO II

DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS CIVIS ETAPA: PROJETO EXECUTIVO

CONTROLE DE EMISSÕES

DATA	REVISÃO
07/2025	R0 – EMISSÃO INICIAL
02/2026	R1 – EMISSÃO FINAL DE PE
05/2026	R2 – SEGUNDA EMISSÃO FINAL DE PE

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

CNPJ n° 10.568.340/0001-77

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

RESPONSÁVEL TÉCNICO DA EMPRESA

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=videoconferencia
Data: 2026.06.22 14:52:47 -03'00'

_____

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU A63305-4
ARQUITETO E URBANISTA

COORDENAÇÃO DO CONTRATO

GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781
Assinado digitalmente por GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781
DN: cn=GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Presencial
Data: 2026.06.22 14:52:29 -03'00'

_____

GABRIEL RODRIGUES BÓSIO
CREA ES-054146/D
ART n° 0820250136375

RESPONSÁVEL TÉCNICO

gov.br
Documento assinado digitalmente
MARCOS FELIPE PINTO DE SOUZA
Data: 23/06/2026 17:45:55-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

MARCOS FELIPE PINTO DE SOUZA
CREA ES-0050929/D
ART n° 0820250218765

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 38 / 354

SUMÁRIO GERAL DO TOMO

SEÇÃO 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DAS OBRAS CIVIS

SEÇÃO 2 – MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL DAS OBRAS CIVIS

SEÇÃO 3 – MEMORIAL DE CÁLCULO DRENAGEM INFRAESTRUTURA DAS OBRAS CIVIS

SEÇÃO 4 – MEMORIAL DESCRITIVO DAS OBRAS CIVIS

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 39 / 354

SEÇÃO 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DAS OBRAS CIVIS

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 40 / 354

Sumário

1. INTRODUÇÃO 5
2. DIMENSIONAMENTOS 6
2.1 Pré-tratamento 6
2.2 Estações Elevatórias 11
2.3 Produção de lodo e leito de secagem 17

Lista de Figuras

Figura 1 – Planta-chave da Estação de Tratamento de Esgoto 5
Figura 2 – Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema 15
Figura 3 – Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema 17

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Largura nominal da Calha Parshall, valores das constantes n e K e sua capacidade 7
Tabela 2 – Dimensionamento de profundidade de acúmulo de sedimentos 8
Tabela 3 – Largura adotada para o canal da caixa de areia 8
Tabela 4 – Comprimento de projeto para caixa de areia 9
Tabela 5 – Dimensões calculadas para caixa de gordura 11
Tabela 6 – Dimensões adotadas para Caixa de gordura 11
Tabela 7 – Perda de carga da tubulação 14
Tabela 8 – Perda de carga localizada 15
Tabela 9 – Perda de carga da tubulação 16
Tabela 10 – Perda de carga localizada 16
Tabela 11 – Determinação de volume de lodo. 18
Tabela 12 – Determinação da área do leito de secagem 19
Tabela 13 – Dimensões do leito de secagem e volume de descarte de lodo. 19

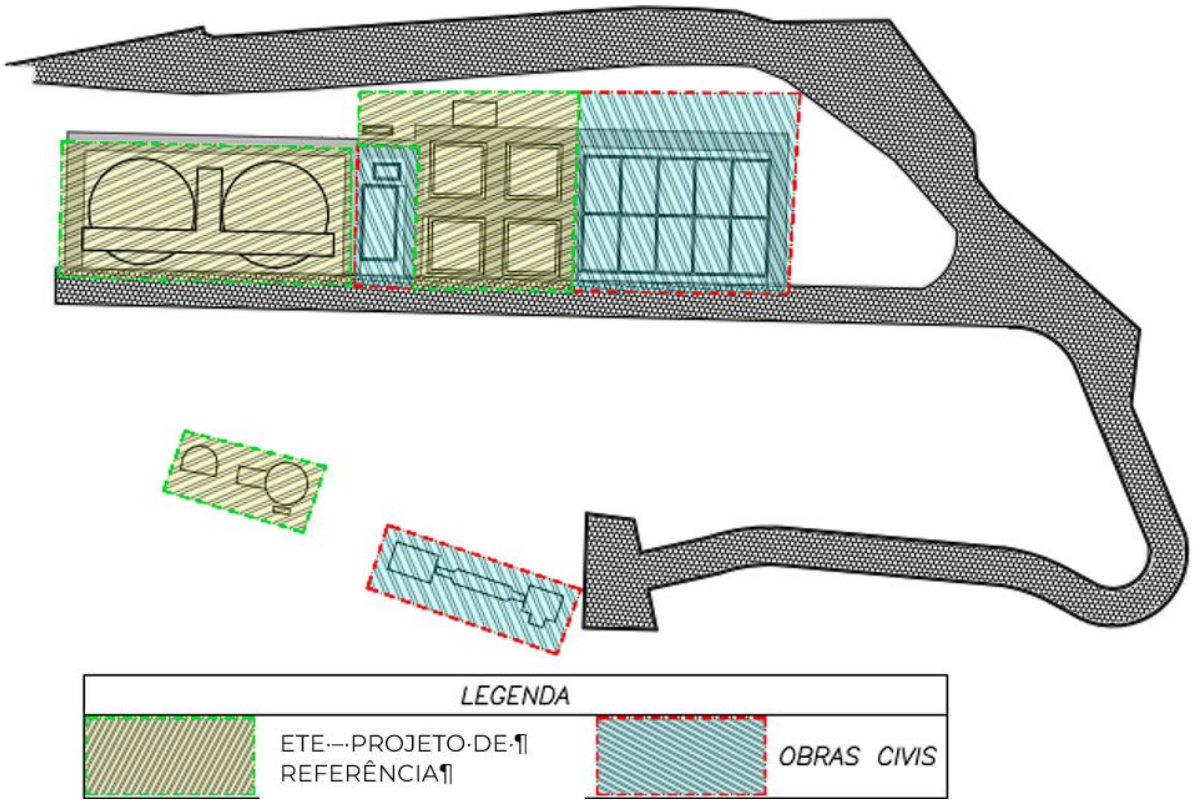
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 41 / 354

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial de cálculo apresenta o dimensionamento das unidades que compõem a etapa de Projetos de Obras Civis da Estação de Tratamento de Esgoto do Município de Itaguaçu, contemplando as obras de:

- Pré tratamento:
  - Peneira estática;
  - Caixa de areia;
  - Calha Parshall;
  - Caixa de Gordura;
- Elevatórias;
- Leitos de Secagem.

Figura 1 – Planta-chave da Estação de Tratamento de Esgoto



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 42 / 354

2. DIMENSIONAMENTOS

2.1 Pré-tratamento

2.1.1. Peneira estática

A utilização da peneira estática leva em consideração a vazão máxima de utilização, em final de plano. Dessa forma, essa vazão é de 86,71 m³/h. A Peneira estática escolhida contém as seguintes características:

- Vazão requerida: 100 m³/h;
- Ranhura da tela: 5,00 mm;
- Acionamento: Motoredutor;
- Tipo de redutor: Rosca sem fim;
- Partida: Inversor de frequência.

2.1.2. Caixa de areia tipo canal com velocidade constante e calha parshall.

A caixa de areia deve ser projetada para remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetro equivalente igual ou superior a 0,2 mm e densidade de 2,65.

Foi previsto a caixa de areia de fluxo horizontal e seção retangular. A velocidade do fluido no canal deve estar situada entre 0,15 m/s e 0,40 m/s, isso porque quando a velocidade está fora deste intervalo há deposição da matéria orgânica, além disso, deve ser previsto o espaço de acumulação do material sedimentado com profundidade mínima de 0,20 m.

A Calha Parshall adotada para o sistema foi a de 3”, a tabela abaixo apresenta os valores das constantes “K” e “n” para cada dimensão de calha parshall.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 43 / 354

Tabela 1 – Largura nominal da Calha Parshall, valores das constantes n e K e sua capacidade

Largura Nominal	n	K	Capacidade (L/s)	
			Mín.	Máx.
3"	1,547	0,176	0,85	53,8
6"	1,580	0,381	1,52	110,4
9"	1,530	0,535	2,55	251,9
1'	1,522	0,690	3,11	455,6
1 1/2'	1,538	1,054	4,25	696,2
2'	1,550	1,426	11,89	936,7

A velocidade adotada (Vh) ao sistema foi de 0,30 m/s.

O rebaixo localizado a jusante da caixa de areia e a montante da Calha Parshall foi calculado de modo que mantenha a velocidade constante no canal com a variação das vazões. O rebaixo é calculado pela expressão:

$$z = \frac{Q_{max} \times h_{min} - Q_{min} \times h_{max}}{Q_{max} - Q_{min}}$$ *Equação 1*

Onde:

- Qmáx, vazão máxima, convertendo em m³/s;
- Qmin, vazão mínima, convertendo em m³/s;
- Hmáx, altura máxima da lâmina d'água, em m; e
- Hmin, altura mínima da lâmina d'água, em m.

As alturas máxima e mínima são obtidas através da expressão abaixo:

$$Q = K \times h^n$$ *Equação 2*

Onde:

- Q, vazão do sistema, em m³/s;
- H, altura da lâmina, em m;
- K, constante característica da Calha Parshall; e

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 44 / 354

- n, constante característica da Calha Parshall.

Os valores obtidos são apresentados abaixo:

Tabela 2 – Dimensionamento de profundidade de acúmulo de sedimentos

$Q_{máx}$=	0,02409	m³/s
Q_{min}=	0,00617	m³/s
n=	1,547	
K=	0,176	
$h_{máx}$=	0,276	m
h_{min}=	0,115	m
z=	0,060	m

A largura da caixa (b) é definida pela expressão:

$$b = \frac{Qmáx}{(h-z) \times vh}, \; em \; m \qquad Equação \; 3$$

Onde:

- $Q_{máx}$, vazão máxima, em m³/s;
- H, altura da lâmina d'água, em m;
- Z, rebaixo da caixa de areia, em m;
- V_h, velocidade no canal, em m/s; e
- B, largura da caixa, em m.

A partir disso, a largura definida para o canal da caixa de areia está demonstrada na tabela abaixo:

Tabela 3 – Largura adotada para o canal da caixa de areia

v_h=	0,30	m/s
b_{calc}=	0,37	m
$b_{adotado}$=	0,40	m

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 45 / 354

Por fim, é necessário definir o comprimento do canal. Este parâmetro é definido pela Equação 4:

$$L = \frac{vh\ x\ (h-z)}{vs} x\ FS\ ,\ em\ m \qquad Equação\ 4$$

Onde:

- L, comprimento do canal, em m;
- V_h, velocidade horizontal do fluxo, em m/s;
- V_s, velocidade vertical do fluxo no canal, em m/s;
- h, altura da lâmina de água, em m;
- z, rebaixo do canal, em m; e
- FS, fator de segurança adotado.

Para determinação do comprimento do canal, abaixo apresentamos os dados obtidos e adotados:

Tabela 4 – Comprimento de projeto para caixa de areia

h_{max}=	0,27	m
z=	0,06	m
v_h=	0,30	m/s
v_s=	0,02	m/s
FS=	1,50	
L=	4,58	m
L_{adot}=	4,65	m

2.1.3. Caixa de gordura

Para o dimensionamento da caixa de gordura é necessário conhecer a princípio o volume útil adotado e a área superficial para o escoamento do efluente.

O volume útil segue a expressão abaixo:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 46 / 354

$$Vu = \theta \times Q_{max}\ , em\ m^3 \qquad Equação\ 5$$

Onde:

- Vu, volume útil, em m³;
- Qmáx, vazão máxima afluente, em m³/s; e
- θ, tempo de detenção hidráulica, em s.

Já a área superficial segue a Equação 6:

$$A = \frac{Qmax}{Tx}\ , em\ m^2 \qquad Equação\ 6$$

Onde:

- A, área superficial, em m²;
- Qmáx, vazão máxima afluente, em m³/s; e
- Tx, taxa de escoamento superficial.

Com os valores encontrados, obtém-se as dimensões da caixa. Importante ressaltar que as dimensões comprimento e largura possuem a relação de 1,5.

A altura útil é dada por:

$$hu = \frac{Vu}{A}\ , em\ m \qquad Equação\ 7$$

Onde:

- hu, altura útil, em m;
- Vu, Volume útil, conforme a equação 16, em m³; e
- A, área da caixa de gordura, em m².

Logo, abaixo, seguem os parâmetros adotados e as dimensões calculadas:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 47 / 354

Tabela 5 – Dimensões calculadas para caixa de gordura

Dimensionamento			
$Q_{máx}$	=	0,02409	m^3/s
Tempo retenção hidráulica	=	300	s
$V_{útil}$	=	7,226	m^3
Taxa de escoamento superficial	=	0,0038	$m^3/m^2.dia$
Área (A)	=	6,40	m^2
C/L	=	1,50	S/unid
Comprimento base (C)	=	3,10	m
Largura base (L)	=	2,07	m
$H_{útil}$	=	1,13	m

A partir disso, foi adotado para o projeto, uma caixa de gordura com as dimensões:

Tabela 6 – Dimensões adotadas para Caixa de gordura

Verificação de dimensões usuais			
C	=	3,50	m
L	=	2,15	m
H	=	1,15	m

2.2 Estações Elevatórias

As Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs) constituem componentes fundamentais do sistema de coleta, responsáveis pelo bombeamento do efluente desde os pontos de coleta até a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). O projeto prevê a implantação de quatro estações elevatórias estrategicamente localizadas ao longo do município (Elevatória do Centro, Elevatória do Loteamento, Elevatória de chegada da ETE e Elevatória Pulmão), dimensionadas para atender às vazões de projeto e às condições topográficas específicas de cada local.

O sistema é constituído pelas seguintes unidades:

- EEEB Centro: Localizada em uma região estratégica, no centro do município;
- EEEB Loteamento: Situado no loteamento existente;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 48 / 354

- EEEB ETE: Posicionado no acesso à ETE, recebendo as vazões das EEEB Centro e EEEB Loteamento, conduzindo os efluentes para o pré-tratamento da ETE;
- EEEB Pulmão: Unidade de recirculação e equalização, instalada após o pré-tratamento, com a função de regular a vazão excedente de entrada no reator UASB.

Com isso o fluxo principal de esgoto ocorre a partir do recebimento dos efluentes coletados da EEEB Centro e EEEB Loteamento, sendo assim destinado para o pré-tratamento da ETE. Após o pré-tratamento, o efluente é conduzido a uma caixa difusora de fluxo, que distribui a vazão de forma controlada para os reatores UASB. O excedente de vazão não direcionado aos UASBs é captado pela Elevatória Pulmão, que realiza a recirculação do efluente de volta para a caixa difusora de fluxo, permitindo assim uma equalização das vazões, e flexibilidade operacional frente as variações de vazão afluente.

A EEEB Pulmão possui um extravasor que, em situações de vazão excessiva ou emergência, direciona o efluente de volta para o início do sistema na ETE, especificamente para a EEE ETE. A EEE ETE, por sua vez, também está equipada com um extravasor, que em última instância descarrega o efluente diretamente na rede coletora de esgoto sanitário, garantindo que não ocorra retorno de esgoto aos pontos de origem ou transbordamentos incontrolados.

Todas as EEEs foram dimensionadas para as vazões de pico do horizonte de projeto, considerando a taxa de crescimento populacional e a evolução da ocupação urbana. As tubulações de interligação foram calculadas com base na vazão máxima, velocidade mínima de autolimpeza e perdas de carga localizadas e distribuídas. As bombas foram selecionadas segundo curvas características compatíveis com as alturas manométricas totais e as vazões específicas de cada trecho. Os extravasores foram dimensionados para vazões superiores à capacidade máxima de bombeamento, assegurando segurança hidráulica em todas as situações operacionais.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 49 / 354

Para os fins de cálculos serão apresentados apenas da EEEB ETE e EEEB Pulmão, devido a finalidade do memorial.

2.2.1. Dimensionamento

As estações elevatórias foram dimensionadas através das vazões descritas no Tomo I e com as perdas de carga descritas nas equações, abaixo:

$$j = \frac{6{,}815 \times v^{1{,}85}}{(C^{1{,}85} \times \emptyset^{1{,}167})} \qquad \textit{Equação 8}$$

Onde:

- j, perda de carga unitária, em m/m;
- v, velocidade na tubulação, em m/s; e
- ⌀, diâmetro da tubulação, em m.

$$hf = \frac{k \times v^2}{(2 \times g)} \qquad \textit{Equação 9}$$

Onde:

- Hf, perda de carga localizada, em mca;
- V, velocidade na tubulação, em m/s; e
- K, coeficiente de perda de carga da singularidade.

Além da perda de carga do sistema ainda deve levar em consideração o desnível geométrico de recalque (Δh). Sendo:

$$Hrec = \Delta h + h(sis) \qquad \textit{Equação 10}$$

Onde:

- Hrec, altura manométrica do sistema de recalque, em mca;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 50 / 354

- Δh, desnível geométrico de recalque, m; e
- h(sis), perda de carga do sistema, definido pela soma dar perdas de carga localizada e da tubulação, em mca.

2.2.1.1 Estação Elevatória de Chegada (EEEB ETE)

Com base nas vazões de projeto, a vazão da bomba (QTbomba) adotada foi de 32,58 L/s. A partir disso, abaixo é apresentado os parâmetros utilizados para verificação da escolha da bomba da elevatória.

Tabela 7 – Perda de carga da tubulação

PERDA DE CARGA DA TUBULAÇÃO		
TRECHO 1		
h(tub).sis	=	Jt1 x L(tub)t1
QT.bomb	=	0,02 m³/s
Φ(tub).bomb	=	100,00 mm
L (tub).bomb	=	2,20 m
C	=	135,00
vt.bomb	=	2,44 m/s
Jt.bomb	=	0,06 m/m
h(tub).bomb	=	0,13 mca
TRECHO 2		
h(tub).sis	=	Jt2 x L(tub)t2
QT.bomb	=	0,04 m³/s
Φ(tub).bomb	=	150,00 mm
L (tub).bomb	=	105,51 m
C	=	135,00
vt.bomb	=	2,17 m/s
Jt.bomb	=	0,03 m/m
h(tub).bomb	=	3,17 mca

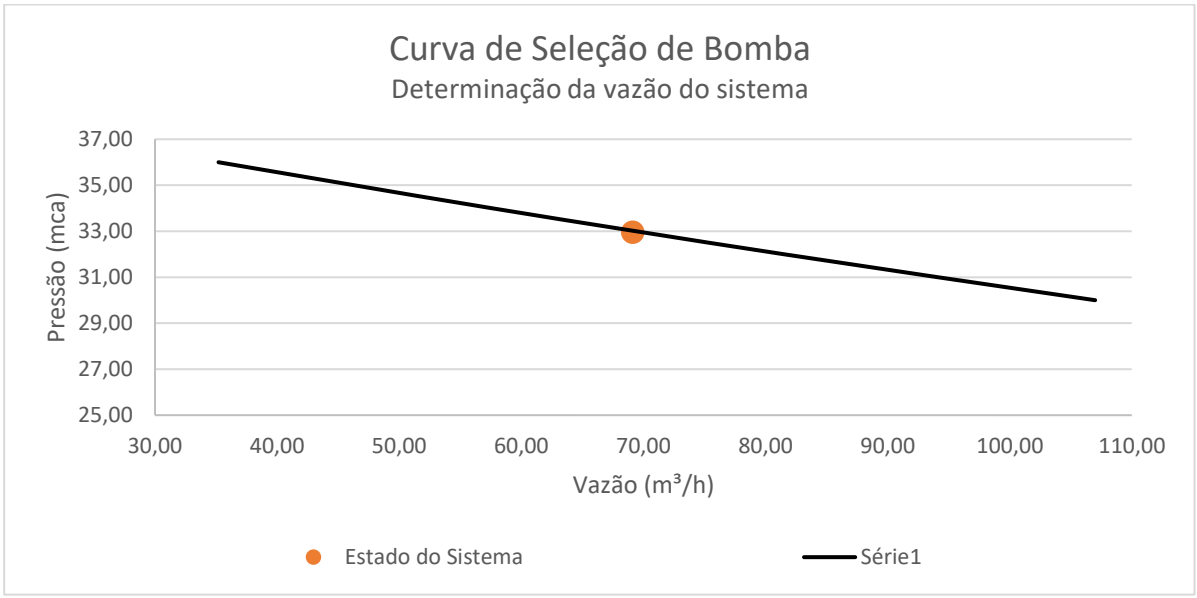
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 51 / 354

Tabela 8 – Perda de carga localizada

PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS (hf)						
Peças	Qtde	Φ.saae [m]	QT.saae m³/s	v.re m/s	K	hf=K.V^2/2g [mca]
ENTRADA C/BORDAS	1	0,100	0,01920	2,44	1,00	0,3046
VALV.RETENCAO	1	0,100	0,01920	2,44	2,50	0,7615
VAV.BORBO.AB.	1	0,100	0,01920	2,44	0,30	0,0914
CURVA 90* R.LONGO	2	0,100	0,01920	2,44	0,60	0,3655
CURVA 45* R.LONGO	1	0,100	0,01920	2,44	0,30	0,0914
AMPL.GRADUAL	1	0,100	0,01920	2,44	0,30	0,0914
JUNCAO	1	0,100	0,01920	2,44	0,40	0,1218
TEE PAS.DIRETA	1	0,150	0,03840	2,17	0,60	0,1444
CURVA 90* R.LONGO	6	0,150	0,03840	2,17	0,60	0,8664
CURVA 45* R.LONGO	3	0,150	0,03840	2,17	0,30	0,2166
				h(loc).sis		3,0550

O desnível geométrico do projeto é de 26,60 m. Logo, a pressão requerida do sistema de recalque é de **32,95 mca**. O gráfico apresenta a relação entre a pressão (mca) e a vazão (m³/h) para atendimento do sistema.

Figura 2 – Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema



Desta forma, a bomba adotada com vazão Q_{rec} = 19,20 L/s, possui valor equivalente Q_{rec} = 69,12 m³/h, atendendo o requerido pelo sistema. Com isso,

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 52 / 354

a bomba escolhida para o projeto é do modelo: **Bomba Submersível Schneider HIPPO 4 NH2 de 20 cv**.

2.2.1.2 Estação Elevatória Pulmão (EEEB PULMÃO)

Com base nas vazões de projeto, a vazão da bomba (QTbomba) adotada foi de 3,12 L/s. A partir disso, abaixo é apresentado os parâmetros utilizados para verificação da escolha da bomba da elevatória.

Tabela 9 – Perda de carga da tubulação

PERDA DE CARGA DA TUBULAÇÃO			
h(tub).sis	=	Jt1 x L(tub)t1	
QT.bomb	=	0,01	m³/s
Φ(tub).bomb	=	75,00	mm
L (tub).bomb	=	9,90	m
C	=	135,00	
vt.bomb	=	2,80	m/s
Jt.bomb	=	0,11	m/m
h(tub).bomb	=	1,07	mca

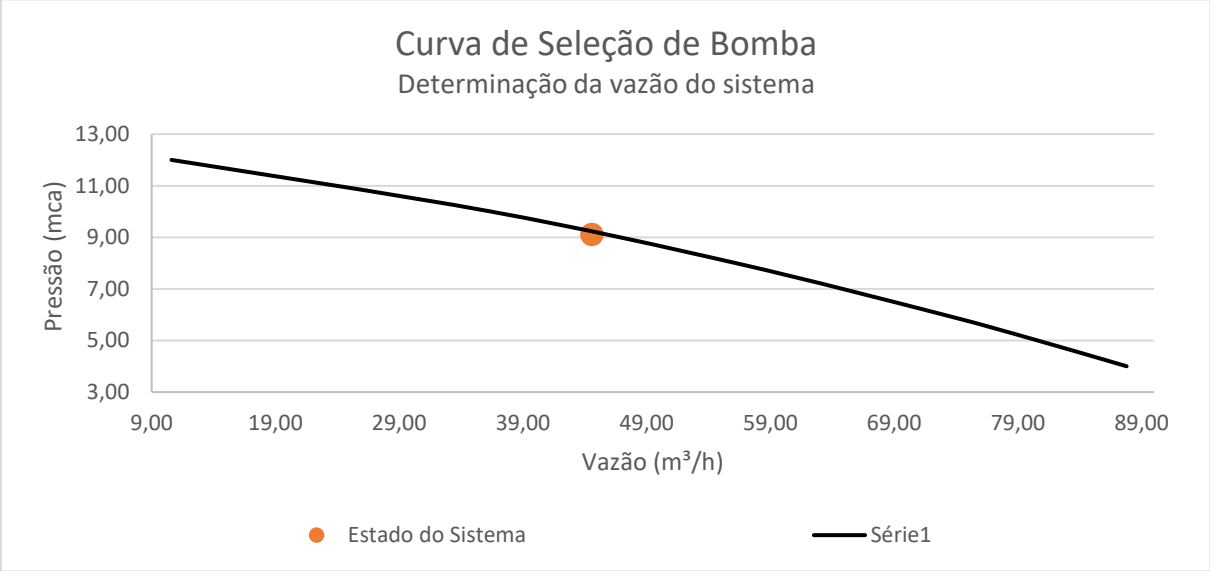
Tabela 10 – Perda de carga localizada

PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS (hf)						
Peças	Qtde	Φ.saae [m]	QT.saae m³/s	v.re m/s	K	hf=K.V^2/2g [mca]
ENTRADA C/BORDAS	1	0,075	0,01238	2,80	1,00	0,4002
VALV.RETENCAO	1	0,075	0,01238	2,80	2,50	1,0006
CURVA 90* R.LONGO	4	0,075	0,01238	2,80	0,60	0,9606
VAV.BORBO.AB.	1	0,075	0,01238	2,80	0,30	0,1201
JUNCAO	1	0,075	0,01238	2,80	0,40	0,1601
CURVA 45* R.LONGO	1	0,075	0,01238	2,80	0,30	0,1201
				h(loc).sis		2,7616

O desnível geométrico do projeto é de 5,29 m. Logo, a pressão requerida do sistema de recalque é de **9,12 mca**. O gráfico apresenta a relação entre a pressão (mca) e a vazão (m³/h) para atendimento do sistema.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 53 / 354

Figura 3 – Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema



Desta forma, a bomba adotada com vazão Q_{rec} = 12,38 L/s, possui valor equivalente Q_{rec} = 44,57 m³/h, atendendo o requerido pelo sistema. Com isso, a bomba escolhida para o projeto é do modelo: **Bomba Submersível Schneider BCS-365 de 2 cv**.

2.3 Produção de lodo e leito de secagem

A produção do lodo a partir do FAS e do DS serão destinados ao leito de secagem. Foi considerado a produção de lodo em 0,15 KgSST/KgDQO.

A quantidade de DQO é a relação de 1:2 com a carga de DBO. A carga de sólidos suspensos totais (KgSST/dia) é o produto da Carga de DQO (KgDQO/dia) e a produção de lodo (KgSST/KgDQO).

Foi considerado que o ciclo de secagem do lodo aconteça a cada 20 dias, determinando a carga de sólidos presente em cada ciclo de secagem. Além disso, o teor de sólidos por ciclo foi determinado em 50 Kg/m³, assim, o volume de lodo acumulado é a relação entre a carga por ciclo (KgSST/ciclo) pelo teor de sólidos (Kg/m³). Os dados encontrados são apresentados na Tabela 11.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 54 / 354

Tabela 11 – Determinação de volume de lodo.

MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS		
Eficiência do Pré Tratamento:	5,0%	
Eficiência do UASB:	66,9%	
Eficiência do FAS:	88,5%	
DQO de entrada pré tratamento:	1.022.402,97	gDQO/dia
	1.022,40	kg/dia
Total de DQO removido pré-tratamento:	51.120,15	g/dia
	51,12	kg/dia
DQO de entrada UASB+FAS:	971.282,82	gDQO/dia
	971,28	kg/dia
Total de DBO removido UASB+FAS:	934.229,09	g/dia
	934,23	kg/dia
Produção de lodo anaeróbio:	0,15	kgSST/kgDQO
SST:	140,13	kgSST/dia
Teor de sólidos:	50,00	kg/m³
Volume de lodo/dia:	2,80	m³/dia
Nº de tanques UASB:	2	unidades
Volume de lodo/UASB:	1,40	m³/dia
Altura de retirada de lodo UASB:	0,30	m
Volume de lodo/UASB:	13,50	m³/uasb
dias para produzur 13,5 m³ de lodo:	10,00	dias
Volume de lodo:	27,00	m³
Área da célula=	14,00	m²
Células utilizadas	5,00	células
h de lodo na célula	0,39	m
Tempo de ciclo	20,00	dias
Tempo de mínimo Secagem	15,00	dias
Tempo máximo de Preparo dos leitos	5,00	dias

A área do leito de secagem é determinada pela equação abaixo:

$$Asec = \frac{Carga\ por\ ciclo}{Carga\ máxima\ por\ ciclo}, em\ m^2 \qquad Equação\ 11$$

Onde:

- Carga por ciclo é dada por KgSST/ciclo; e
- Carga máxima por ciclo é dada por Kg/m².ciclo;

Logo:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 55 / 354

Tabela 12 – Determinação da área do leito de secagem

CÁLCULO DA ÁREA DO LEITO DE SECAGEM			
Carga por ciclo	=	1480,72	KgSTS/ciclo
Carga máx. por ciclo	=	15,00	Kg/m².ciclo
Asec	=	98,71	m²

Foram considerados 10 leitos de secagem com limpeza periódica a a cada 20 dias a partir do primeiro ciclo. As dimensões adotadas e volume de descarte estão apresentados abaixo e são referentes ao descarte de cada Reator UASB, sendo assim, apresentados apenas 5 leitos:

Tabela 13 – Dimensões do leito de secagem e volume de descarte de lodo.

DIMENSÕES DO LEITO DE SECAGEM			
QL.op	=	10,00	Unid
A.L	=	12,30	m²
L1	=	3,00	m
L2	=	4,75	m
A.L(adot)	=	14,25	m²
VOLUME DE DESCARTE DE LODO			
Vlodo	=	14,81	m³
Aleito	=	14,25	m²
H no Leito	=	0,95	m

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 56 / 354

SEÇÃO 2 – MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL DAS OBRAS CIVIS

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 57 / 354

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO 5
   - 2.1. Referências normativas 5
   - 2.2. Softwares utilizados 5
   - 2.3. Desenvolvimento teórico 5
3. PENEIRA ESTÁTICA 11
   - 3.1. Pilaretes 11
   - 3.2. Fundação 24
4. CAIXA DE AREIA 31
   - 4.1. Dados de entrada e análises 31
   - 4.1. Dimensionamento 33
5. CAIXA DE GORDURA 35
   - 5.1. Dados de entrada 35
   - 5.2. Análises – Paredes 36
   - 5.3. Análises – Radier 39
   - 5.4. Dimensionamento – Paredes 40
   - 5.5. Dimensionamento – Radier 43
6. LEITO DE SECAGEM 46
   - 6.1. Dados básicos 46
   - 6.2. Análises 46
   - 6.3. Dimensionamentos 49

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 58 / 354

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros médios dos solos – Joppert – Adaptada 6

Tabela 2 – Valores de $\boldsymbol{KBerb}$ Segundo Berberian, Apud Mingardi (2016) – Adaptado 26

Tabela 3 – Valores para $\boldsymbol{Kv}$, Segundo Safe, Morrison (1993) – Adaptado 27

Lista de Figuras

Figura 1 – Planta-chave da Estação de Tratamento de Esgoto 4

Figura 2 – Relatório de sondagem: SP-001 9

Figura 3 – Dimensões do radier da peneira estática 24

Figura 4 – Tensão atuante no solo 28

Figura 5 – Dimensões do radier da caixa de areia 31

Figura 6 – Tensão atuante no solo 32

Figura 7 – Dimensões da caixa de gordura 35

Figura 8 – Flecha 38

Figura 9 – Tensão atuante no solo 39

Figura 10 – Tensão atuante no solo 47

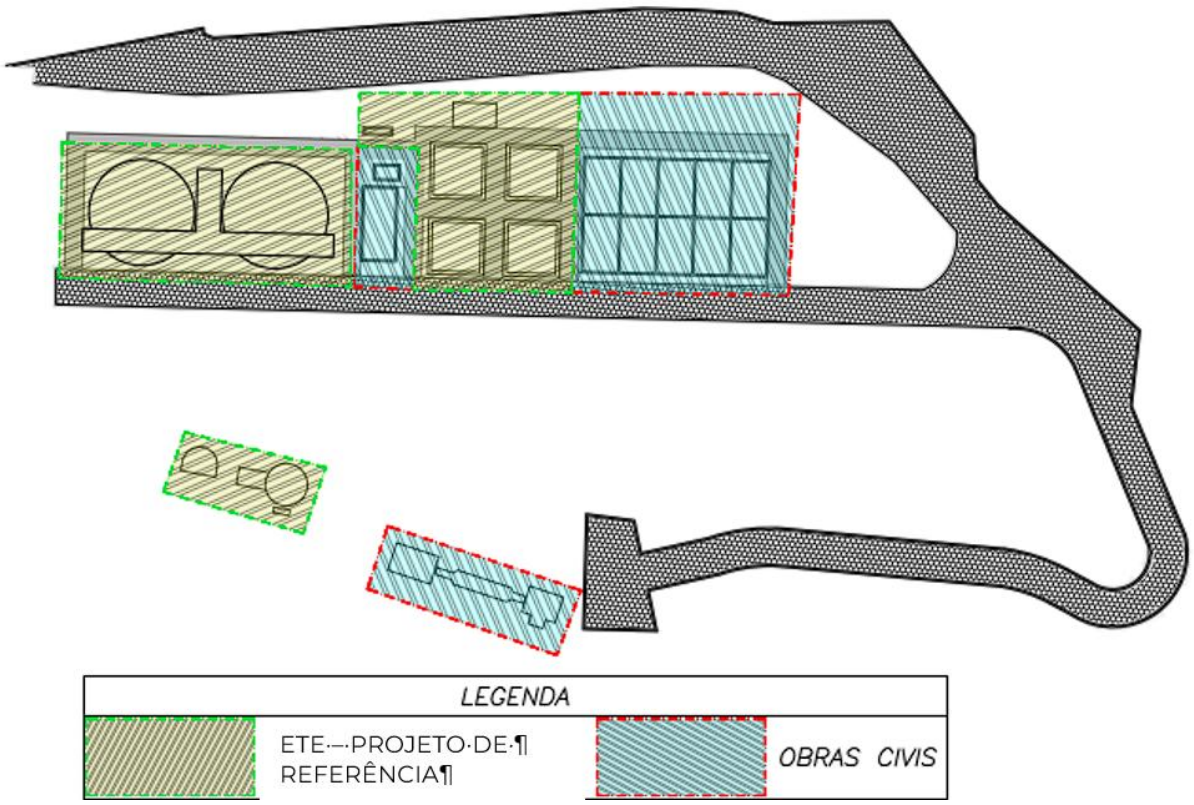
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 59 / 354

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial de cálculo tem como finalidade apresentar o dimensionamento das estruturas que compõem a etapa de **Obras Civis da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)**, localizada na sede do município de Itaguaçu – ES.

O projeto é composto pelas seguintes estruturas que necessitam de dimensionamento: Peneira Estática, Caixa de Areia, Caixa de Gordura e Leito de Secagem, locados conforme planta-chave representada na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Planta-chave da Estação de Tratamento de Esgoto



Ao longo do documento, serão expostas as informações básicas utilizadas, bem como as análises, os procedimentos de dimensionamento e os resultados referentes a cada elemento estrutural integrante das Obras Civis.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 60 / 354

2. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO

2.1. Referências normativas

As normas utilizadas análise e dimensionamento dos elementos deste memorial estão elencadas abaixo:

- ABNT NBR 6118/2023 – Projeto de estruturas de concreto;
- ABNT NBR 6120/2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 6122/2019 – Projeto e execução de fundações.

2.2. Softwares utilizados

Para análise e dimensionamento das estruturas que compõe a edificação, foram utilizados os seguintes programas computacionais para cálculo estrutural.

- **AUTOCAD 2025 –** Para auxiliar na modelagem dos elementos que compõe a estrutura conforme os pressupostos da arquitetura e detalhamento final;
- **CYPECAD 3D 2024 –** Software para análise e dimensionamento estrutural dos elementos;
- **MICROSOFT EXCEL –** Software utilizado para pré-dimensionamento da estrutura e conferência dos resultados obtidos pelo software de dimensionamento estrutural.

2.3. Desenvolvimento teórico

2.3.1. Parâmetros do Solo

Os parâmetros do solo necessários para os cálculos geotécnicos podem ser determinados através de ensaios laboratoriais de amostra indeformável. Contudo, na prática esse tipo de ensaio é restrito a obras específicas de grande complexidade. No caso geral, a ensaio disponível para determinação destes valores é o ensaio de SPT.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 61 / 354

Diversos autores se propuseram a determinar equações que pudessem fazer correlação entre os números de golpes apontados no ensaio e os valores dos parâmetros de solo necessários para os cálculos.

Serão adotados os valores definidos por Ivan Joppert Jr na página 99 do livro Fundações e contenções de edifícios – Qualidade total na gestão do projeto e execução. A seguir é descrita a tabela com os valores determinados pelo autor.

Tabela 1 – Parâmetros médios dos solos – Joppert – Adaptada

Tipo de solo	Faixa de SPT	Módulo de Elasticidade t/m²	Peso específico (g)		Ângulo de atrito efetivo f	Coesão efetiva tf/m²
			Natural t/m³	Saturado t/m³		
Areia pouco siltosa / pouco argilosa	0 - 4	2000 - 5000	1,70	1,80	25°	-
	5 - 8	4000 - 8000	1,80	1,90	30°	-
	9 - 18	5000 - 10000	1,90	2,00	32°	-
	19 - 41	8000 - 15000	2,00	2,10	35°	-
	> 41	16000 - 20000	2,00	2,10	38°	-
Areia média e fina / muito argilosa	0 - 4	2000	1,70	1,80	25°	0,00
	5 - 8	4000	1,80	1,90	28°	0,50
	9 - 18	5000	1,90	2,00	30°	0,75
	19 - 41	10000	2,00	2,10	32°	1,00
Argilosa porosa vermelha e amarela	0 - 2	200 - 500	1,50	1,70	20°	0,75
	3 - 5	500 - 1000	1,60	1,70	23°	1,50
	6 - 10	1000 - 2000	1,70	1,80	25°	3,00
	> 10	2000 - 3000	1,80	1,90	25°	3,0 a 7,0
Argila siltosa pouco arenosa (terciário)	0 - 2	100	1,70	1,80	20°	0,75
	3 - 5	100 - 250	1,80	1,90	23°	1,50
	6 - 10	250 - 500	1,90	1,90	24°	2,00
	11 - 19	500 - 1000	1,90	1,90	24°	3,00
	20 - 30	3000 - 10000	2,00	2,00	25°	4,00
	> 30	10000 - 15000	2,00	2,00	25°	5,00
Argila arenosa pouco siltosa	0 - 2	500	1,50	1,70	15°	1,00
	3 - 5	500 - 1500	1,70	1,80	15°	2,00
	6 - 10	1500 - 2000	1,80	1,90	18°	3,50
	11 - 19	2000 - 3500	1,90	1,90	20°	5,00
	> 19	3500 - 5000	2,00	2,00	25°	6,50
Turfa / argila orgânica (quaternário)	0 - 1	40 - 100	1,10	1,10	15°	0,50
	2 - 5	100 - 150	1,20	1,20	15°	1,00
Silte arenoso pouco argiloso (residual)	5 - 8	8000	1,80	1,90	25°	1,50
	9 - 18	10000	1,90	2,00	26°	2,00
	19 - 41	15000	2,00	2,00	27°	3,00
	> 41	20000	2,10	2,10	28°	5,00

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 62 / 354

2.3.2. Empuxo

a) Solo

Para estimativa do empuxo atuante na estrutura foi utilizada a teoria de Rankine, amplamente difundida. As equações principais são descritas a seguir.

$$K_a = cos\,\beta * \frac{cos\,\beta - \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}{cos\,\beta + \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}$$

$$K_p = cos\,\beta * \frac{cos\,\beta + \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}{cos\,\beta - \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}$$

$$E_a = \left(K_a * \gamma * H_a - 2 * C * \sqrt{K_a}\right) * \frac{H_a}{2}$$

$$E_p = \left(K_p * \gamma * H_p + 2 * C * \sqrt{K_p}\right) * \frac{H_p}{2}$$

$$E_h = E_a * cos\,\beta$$

$$E_v = E_a * sin\,\beta$$

Onde:

- K_a = Coeficiente de empuxo ativo;
- K_p = Coeficiente de empuxo passivo;
- E_a = Empuxo ativo;
- E_p = Empuxo passivo;
- E_h = Resultante horizontal do empuxo ativo;
- E_v = Resultante vertical do empuxo ativo.

b) Sobrecarga

A determinação do empuxo referente à sobrecarga é feita através da transformação do esforço horizontal atuante no maciço de solo em horizontal na parede da contenção. A equação que define esta variável é dada a seguir.

$$E_{SC} = \left(K_a * SC - \frac{2 * C}{\gamma * \sqrt{K_a}}\right) * H$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 63 / 354

2.3.3. Verificação de Tensões na Fundação

As fundações, em geral feitas com sapata corrida, serão verificadas pelo método das tensões admissíveis quanto à relação entre a tensão máxima atuante na base da sapata e a tensão máximo admissível pelo solo.

A tensão admissível será calculada pelo método de Berberian, que correlaciona o SPT médio com um coeficiente tabelado que varia com o tipo de solo e capacidade de golpes, pela equação a seguir.

$$\sigma_a = \frac{N_{72,médio}}{K_{Berb}}$$

As tensões máximas e mínimas na base da sapata serão definidas pelas equações seguintes.

$$\sigma_{max} = \frac{P_c + P_s + E_v}{B} + \frac{6 * M_0}{B^2}$$
$$\sigma_{min} = \frac{P_c + P_s + E_v}{B} - \frac{6 * M_0}{B^2}$$

A variável M_0, que é o momento relativo ao ponto "0" definido na Figura 3.1, é determinado pela equação a seguir.

$$M_0 = \sum M_{PESO} + M_{E_v} + M_{E_h}$$

A relação entre a tensão admissível e a máxima não deve ser inferior a 1.

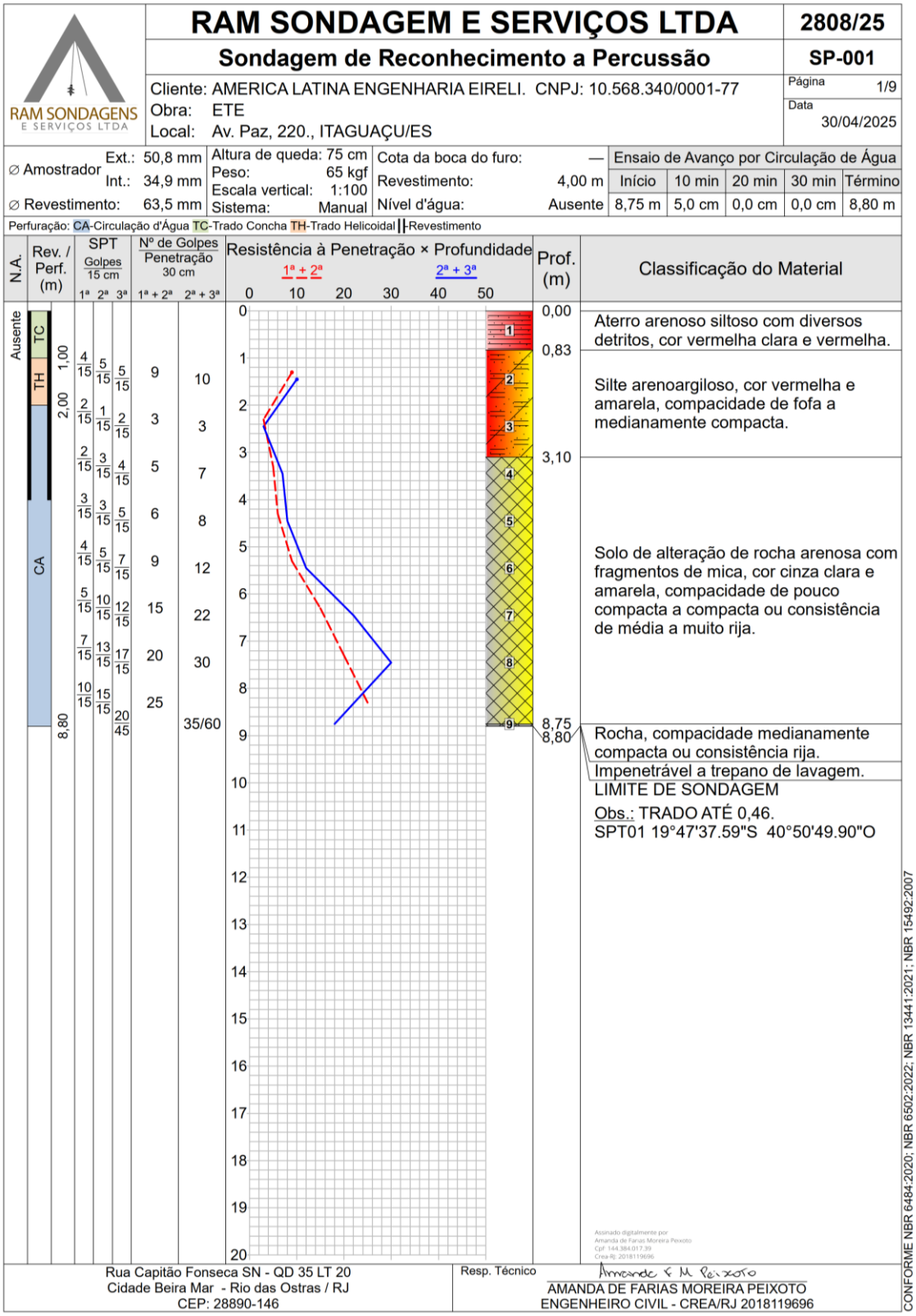
$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{max}} \geq 1$$

2.3.4. Sondagem SPT

Foi realizado um furo de sondagem (SP-001) em 30/04/2025. O relatório completo é apresentado na Figura 2.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 64 / 354

Figura 2 – Relatório de sondagem: SP-001



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 65 / 354
CONFORME NBR 6484:2020; NBR 6502:2022; NBR 13441:2021; NBR 15492:2007

2.3.5. Materiais utilizados

2.3.5.1. Concretos

Elemento	Concreto	f_{ck} (kgf/cm²)	γ_c	Agregado		E_c (kgf/cm²)
				Natureza	Tamanho máx. (mm)	
Todos	C40, em geral	408	1.40	Granito	19	324934

2.3.5.2. Aços por elemento

- Aços em barras

Elemento	Aço	fyk (kgf/cm²)	γ_s
Todos	CA-50 e CA-60	5097 a 6116	1.15

- Aços em perfis

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico (kgf/cm²)	Módulo de elasticidade (kgf/cm²)
Aço dobrado	A-36	2548	2038736
Aço laminado	A-36	2548	2038736

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 66 / 354

3. PENEIRA ESTÁTICA

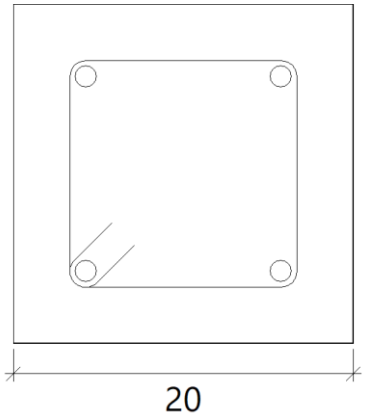
3.1. Pilaretes

O presente subitem do memorial de cálculo tem por objetivo apresentar a verificação do pilarete da Peneira Estática Autolimpante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Itaguaçu Sede.

3.1.1. VERIFICAÇÃO DO PILAR P9

3.1.1.1. 0.3 (10 - 30 cm)

Dados do pilar



Geometria	
Dimensões	: 20x20 cm
Tramo	: 0.100/0.300 m
Altura livre	: 0.20 m
Cobrimento	: 3.0 cm
Tamanho máximo agregado	: 19 mm

Materiais	Comprimento de flambagem
Concreto : C40, em geral	Plano ZX : 0.30 m
Aço : CA-50 e CA-60	Plano ZY : 0.30 m
Armadura longitudinal	**Armadura transversal**
Cantos : 4Ø12.5	Estribos : 1eØ6.3
Taxa : 1.23 %	Espaçamento : 15 cm

Disposições relativas às armaduras (ABNT NBR 6118:2014, Artigos 13.2.3, 18.2.4 e 18.4)

Dimensões mínimas

A dimensão mínima do apoio (b_{min}) deve cumprir a seguinte condição:

200.00 mm ³ **140.00 mm** ✓

Não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360.00 cm² (Artigo 13.2.3).

400.00 cm² ³ **360.00 cm²** ✓

A maior dimensão da seção do pilar, h, não deve ser maior que 5 vezes a menor dimensão, b (Artigo 18.4.1).

200 mm £ **1000 mm** ✓

Onde:

h: Maior dimensão da seção do pilar. **h** : *200.00* mm

b: Menor dimensão da seção do pilar. **b** : *200.00* mm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 67 / 354

Armadura longitudinal

O espaçamento mínimo livre (s_b) entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, deve ser igual ou superior ao maior dos seguintes valores (s_{min} (Artigo 18.4.2.2)):

102 mm ³ **23 mm** ✓

Onde:

s_{min}: Valor máximo de s_1,s_2,s_3.

s_{min} :	*23*	mm
s_1 :	*20*	mm
s_2 :	*12.5*	mm
s_3 :	*23*	mm

Sendo:

$Ø_{max}$: Diâmetro máximo das barras longitudinais.

d_g: Tamanho máximo agregado.

$Ø_{max}$:	*12.5*	mm
d_g :	*19*	mm

O espaçamento máximo entre eixos das barras, ou de centros de feixes de barras, deve ser menor ou igual a s_{max} (Artigo 18.4.2.2).

115 mm £ **400 mm** ✓

Onde:

s_{max} :	*400*	mm

Sendo:

b: Menor dimensão da seção do pilar.

b :	*200*	mm

As barras longitudinais deverão ter um diâmetro não inferior a 10 mm (Artigo 18.4.2.1):

12.5 mm ³ **10.0 mm** ✓

O diâmetro das barras longitudinais não deve ser superior a 1/8·b (Artigo 18.4.2.1).

12.5 mm £ **25.0 mm** ✓

Onde:

b: Menor dimensão da seção do pilar.

b :	*200*	mm

Estribos

O espaçamento longitudinal entre estribos, (s), medido na direção do eixo do pilar, para garantir o posicionamento, impedir a flambagem das barras longitudinais e garantir a costura das emendas de barras longitudinais nos pilares usuais, deve ser igual ou inferior ao menor dos seguintes valores (Artigo 18.4.3).

150 mm ≤ **150 mm** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 68 / 354

Onde:

s_{max}: Valor mínimo de s_1,s_2,s_3.	**s_{max}** :	*150*	mm
	s_1 :	*200*	mm
	s_2 :	*200*	mm
	s_3 :	*150.0*	mm

Sendo:

b_{min}: Menor dimensão da seção do pilar.	**b_{min}** :	*200*	mm
$Ø_{min}$: Diâmetro mínimo das barras longitudinais.	**$Ø_{min}$** :	*12.5*	mm

O diâmetro dos estribos em pilares não deve ser inferior a 5.0 mm nem a 1/4 do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente do feixe que constitui a armadura longitudinal (Artigo 18.4.3).

6.3 mm ≥ **5.0 mm** ✓

6.3 mm ≥ **3.1 mm** ✓

Onde:

$Ø_{max}$: Diâmetro máximo das barras longitudinais.	**$Ø_{max}$** :	*12.5*	mm

Armadura mínima e máxima (ABNT NBR 6118:2014, Artigo 17.3.5.3)

A área total de armadura longitudinal A_s não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 17.3.5.3.1):

4.91 cm² ≥ **1.60 cm²** ✓

Onde:

A_s: Área da armadura longitudinal.	**A_s** :	*4.91*	cm²
	$A_{s,min}$:	*1.60*	cm²

Sendo:

A_c: Área total da seção de concreto.	**A_c** :	*400.00*	cm²

A área da armadura longitudinal A_s não deverá ser superior a $A_{s,max}$ (Artigo 17.3.5.3.2):

4.91 cm² ≤ **16.00 cm²** ✓

Onde:

A_s: Área da armadura longitudinal.	**A_s** :	*4.91*	cm²
	$A_{s,max}$:	*16.00*	cm²

Sendo:

A_c: Área total da seção de concreto.	**A_c** :	*400.00*	cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 69 / 354

A área total de armadura longitudinal A_s não deverá ser inferior a $A_{s,min}$ (Artigo 17.3.5.3.1):

4.91 cm² [3] **0.02 cm²** ✓

Onde:

A_s: Área total de armadura comprimida. **A_s** : *4.91* cm²

$A_{s,min}$: *0.02* cm²

Sendo:

N_d: Esforço axial de compressão de cálculo. **N_d** : *0.644* t

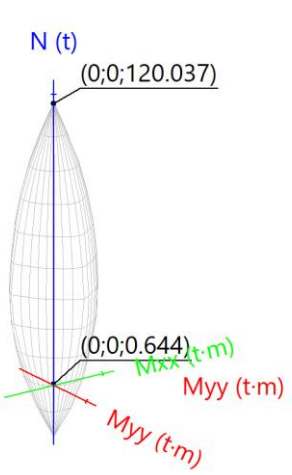
f_{yd}: Resistência ao escoamento do aço da armadura longitudinal. **f_{yd}** : *4432.03* kgf/cm²

Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (ABNT NBR 6118:2014, Artigos 11.3.3.4.3, 15.8 e 17)

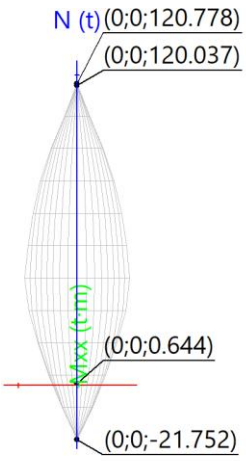
Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em 'Ext.Inferior', para a combinação de hipóteses "1.4·PP+1.4·SC".

Deve satisfazer:

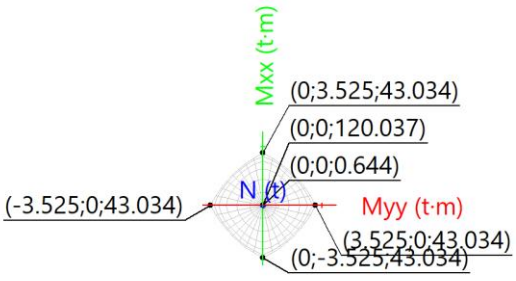
h : ***0.005*** ✓



Volume de capacidade



Vista N, M



Vista Mx, My

Verificação de resistência da seção (h_1)

N_{1d},M_{1d} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 11.3.3.4.3:

N_{1d}: Esforço normal de cálculo. **N_{1d}** : *0.644* t

M_{1d}: Momento de cálculo de primeira ordem. **M_{1d}** : *0.000* t·m

N_{Rd},M_{Rd} são os esforços resistentes da seção com as mesmas excentricidades que os esforços atuantes de cálculo, desfavoráveis.

N_{Rd}: Esforço normal resistente. **N_{Rd}** : *120.037* t

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 70 / 354

M_{Rd}: Momento resistente **M_{Rd}** : *0.000* t·m

Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das seções é efetuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 17):

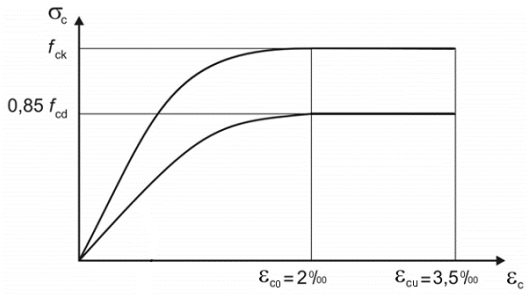
(a) A ruptura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da seção, definidas pelos domínios de deformação de ruptura.

(b) As seções transversais se mantêm planas após deformação.

(c) A deformação e_s das barras passivas aderentes deve ser o mesmo do concreto em seu entorno.

(d) A distribuição de tensões no concreto se faz de acordó com o diagrama parábola-retângulo, definido em 8.2.10.

O diagrama de cálculo tensão-deformação do concreto é do tipo parábola retângulo. Não se considera a resistência do concreto à tração.



e_{cu}: Deformação de ruptura do concreto em flexão. **e_{cu}** : *0.0035*

e_{c0}: Deformação de ruptura do concreto em compressão simples. **e_{c0}** : *0.0020*

0.85·f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do concreto. **0.85·f_{cd}** : *247.56* kgf/cm²

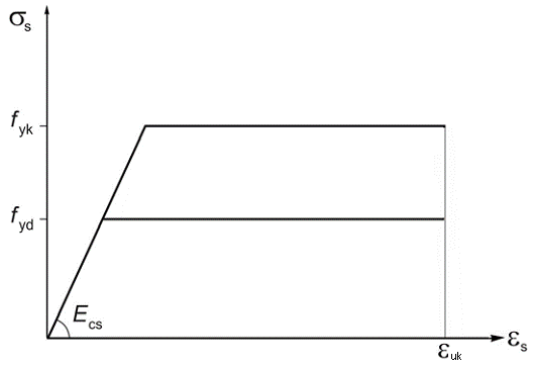
Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do concreto. **f_{ck}** : *407.75* kgf/cm²

g_c: Coeficiente parcial de segurança para o concreto. **g_c** : *1.4*

(e) A tensão nas armaduras deve ser obtida a partir dos diagramas tensão-deformação, com valores de cálculo, definidos em 8.3.6.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 71 / 354



e_{uk}: Deformação de ruptura do concreto em flexão. **e_{uk}** : *0.0200*
f_{yd}: Resistência ao escoamento do aço. **f_{yd}** : *4432.03* kgf/cm²

Sendo:

f_{yk}: Resistência característica do aço. **f_{yk}** : *5096.84* kgf/cm²
g_s: Coeficiente parcial de segurança para o aço. **g_s** : *1.15*

(f) Aplicam-se às resultantes de tensões na seção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da seção para os esforços de ruptura, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	s_s (kgf/cm²)	ε
1	Ø12.5	-57.45	57.45	+4281.35	+0.002000
2	Ø12.5	57.45	57.45	+4281.35	+0.002000
3	Ø12.5	57.45	-57.45	+4281.35	+0.002000
4	Ø12.5	-57.45	-57.45	+4281.35	+0.002000

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 72 / 354

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	99.024	0.00	0.00
Cs	21.013	0.00	0.00
T	0.000	0.00	0.00

N_{Rd} : *120.037* t

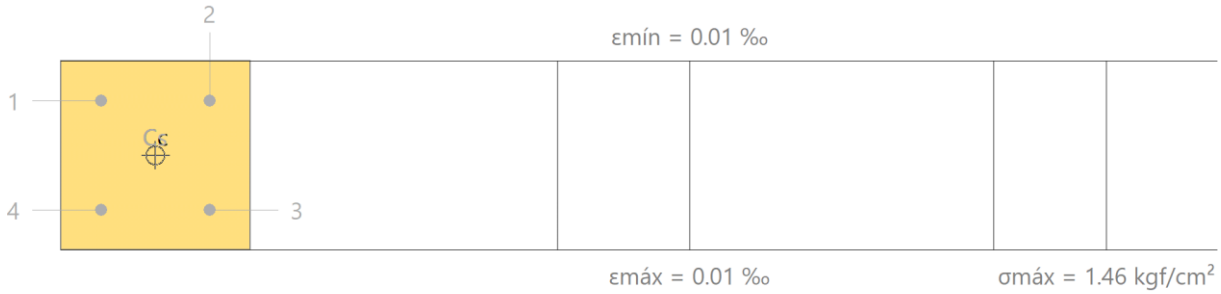
$M_{Rd,x}$: *0.000* t·m

$M_{Rd,y}$: *0.000* t·m

Onde:

- **C_c**: Resultante de compressões no concreto. — C_c : *99.024* t
- **C_s**: Resultante de compressões no aço. — C_s : *21.013* t
- **T**: Resultante de tração no aço. — **T** : *0.000* t
- **e_{cc}**: Excentricidade da resultante de compressão no concreto na direção dos eixos X e Y. — e_{cc} : *0.00* mm
- **e_{cs}**: Excentricidade da resultante de compressão no aço na direção dos eixos X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm
- **e_T**: Excentricidade da resultante de tração no aço na direção dos eixos X e Y. — e_T : *0.00* mm
- **e_{cmax}**: Deformação na fibra de concreto mais comprimida. — e_{cmax} : *0.0020*
- **e_{smax}**: Deformação da barra de aço mais tracionada. — e_{smax} : *0.0000*
- **s_{cmax}**: Tensão na fibra de concreto mais comprimida. — s_{cmax} : *247.56* kgf/cm²
- **s_{smax}**: Tensão da barra de aço mais tracionada. — s_{smax} : *0.00* kgf/cm²

Equilíbrio da seção para os esforços atuantes de cálculo, desfavoráveis:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	s_s (kgf/cm²)	ε
1	Ø12.5	-57.45	57.45	+12.60	+0.000006

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 73 / 354

Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	s_s (kgf/cm²)	ε
2	Ø12.5	57.45	57.45	+12.60	+0.000006
3	Ø12.5	57.45	-57.45	+12.60	+0.000006
4	Ø12.5	-57.45	-57.45	+12.60	+0.000006

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	0.582	0.00	0.00
Cs	0.062	0.00	0.00
T	0.000	0.00	0.00

N_{1d} : *0.644* t

$M_{1d,x}$: *0.000* t·m

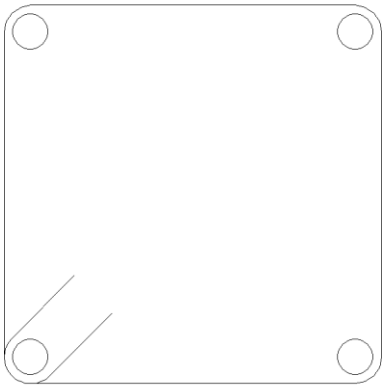
$M_{1d,y}$: *0.000* t·m

Onde:

- **C_c**: Resultante de compressões no concreto. — C_c : *0.582* t
- **C_s**: Resultante de compressões no aço. — C_s : *0.062* t
- **T**: Resultante de tração no aço. — T : *0.000* t
- **e_{cc}**: Excentricidade da resultante de compressão no concreto na direção dos eixos X e Y. — e_{cc} : *0.00* mm
- **e_{cs}**: Excentricidade da resultante de compressão no aço na direção dos eixos X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm
- **e_T**: Excentricidade da resultante de tração no aço na direção dos eixos X e Y. — e_T : *0.00* mm
- **e_{cmax}**: Deformação na fibra de concreto mais comprimida. — e_{cmax} : *0.0000*
- **e_{smax}**: Deformação da barra de aço mais tracionada. — e_{smax} : *0.0000*
- **s_{cmax}**: Tensão na fibra de concreto mais comprimida. — s_{cmax} : *1.46* kgf/cm²
- **s_{smax}**: Tensão da barra de aço mais tracionada. — s_{smax} : *0.00* kgf/cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 74 / 354

3.1.1.2. 0

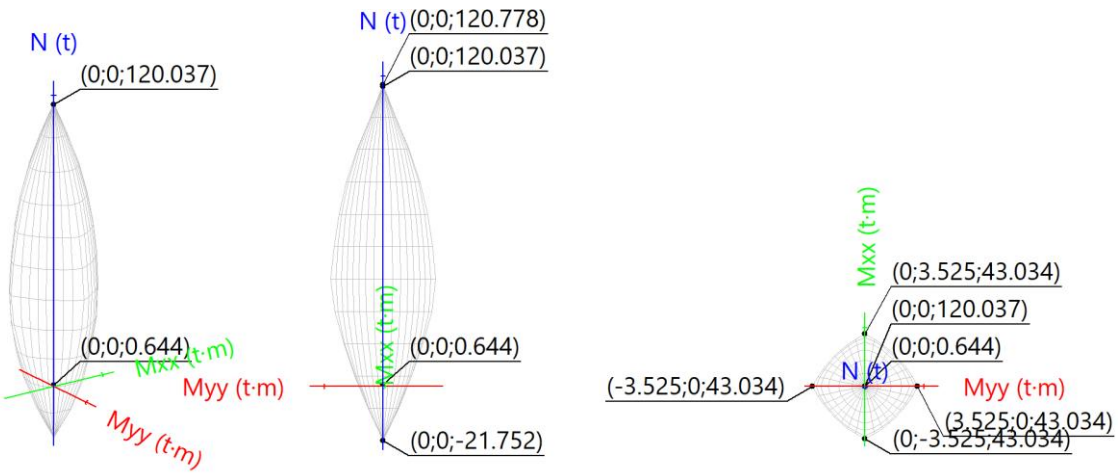
Dados do pilar			
	Geometria		
	Dimensões	: 20x20 cm	
	Tramo	: -0.060/0.100 m	
	Altura livre	: 0.00 m	
	Cobrimento	: 3.0 cm	
	Tamanho máximo agregado	: 19 mm	
	Materiais		Comprimento de flambagem
	Concreto : C40, em geral		Plano ZX : 0.30 m
	Aço : CA-50 e CA-60		Plano ZY : 0.30 m
	Armadura longitudinal		Armadura transversal
	Cantos : 4Ø12.5		Estribos : 1eØ6.3
	Taxa : 1.23 %		

Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (ABNT NBR 6118:2014, Artigos 11.3.3.4.3, 15.8 e 17)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de ações 1.4·PP+1.4·SC.

Deve satisfazer:

h : ***0.005*** ✓



Volume de capacidade | Vista N, M | Vista Mx, My

Verificação de resistência da seção (h_1)

N_{1d},M_{1d} são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 11.3.3.4.3:

N_{1d}: Esforço normal de cálculo.	**N_{1d}**	:	*0.644*	t
M_{1d}: Momento de cálculo de primeira ordem.	**M_{1d}**	:	*0.000*	t·m

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 75 / 354

N_{Rd},M_{Rd} são os esforços resistentes da seção com as mesmas excentricidades que os esforços atuantes de cálculo, desfavoráveis.

N_{Rd}: Esforço normal resistente.	**N_{Rd}**	:	*120.037*	t
M_{Rd}: Momento resistente	**M_{Rd}**	:	*0.000*	t·m

Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das seções é efetuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 17):

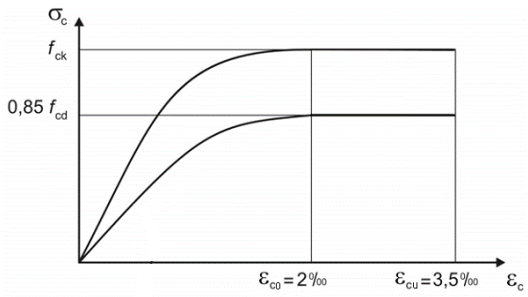
(a) A ruptura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da seção, definidas pelos domínios de deformação de ruptura.

(b) As seções transversais se mantêm planas após deformação.

(c) A deformação e_s das barras passivas aderentes deve ser o mesmo do concreto em seu entorno.

(d) A distribuição de tensões no concreto se faz de acordó com o diagrama parábola-retângulo, definido em 8.2.10.

O diagrama de cálculo tensão-deformação do concreto é do tipo parábola retângulo. Não se considera a resistência do concreto à tração.



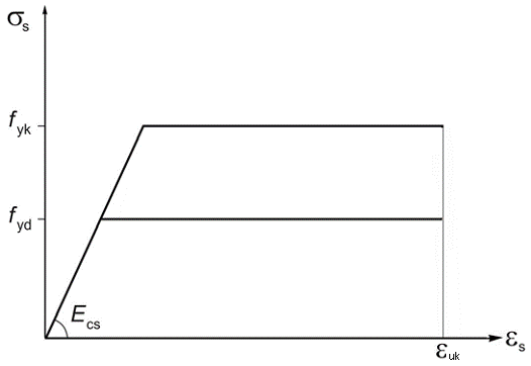
e_{cu}: Deformação de ruptura do concreto em flexão.	**e_{cu}**	:	*0.0035*	
e_{c0}: Deformação de ruptura do concreto em compressão simples.	**e_{c0}**	:	*0.0020*	
0.85·f_{cd}: Resistência de cálculo à compressão do concreto.	**0.85·f_{cd}**	:	*247.56*	kgf/cm²

Sendo:

f_{ck}: Resistência característica à compressão do concreto.	**f_{ck}**	:	*407.75*	kgf/cm²
g_c: Coeficiente parcial de segurança para o concreto.	**g_c**	:	*1.4*	

(e) A tensão nas armaduras deve ser obtida a partir dos diagramas tensão-deformação, com valores de cálculo, definidos em 8.3.6.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 76 / 354



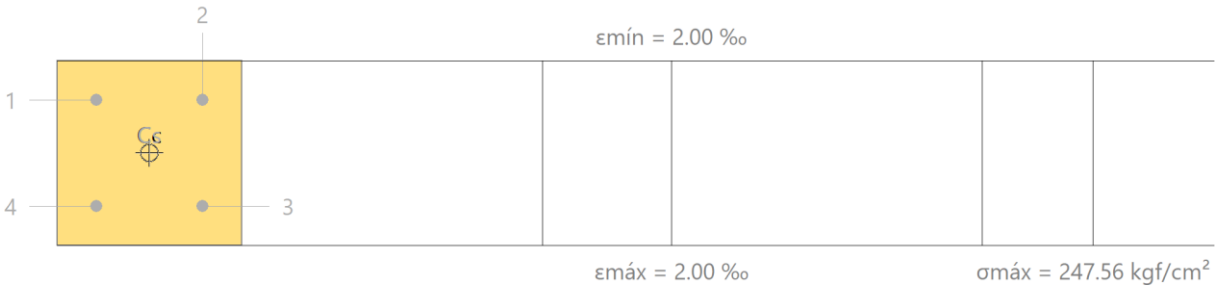
euk: Deformação de ruptura do concreto em flexão.	**euk** :	*0.0200*	
fyd: Resistência ao escoamento do aço.	**fyd** :	*4432.03*	kgf/cm²

Sendo:

fyk: Resistência característica do aço.	**fyk** :	*5096.84*	kgf/cm²
gs: Coeficiente parcial de segurança para o aço.	**gs** :	*1.15*	

(f) Aplicam-se às resultantes de tensões na seção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da seção para os esforços de ruptura, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	s_s (kgf/cm²)	ε
1	Ø12.5	-57.45	57.45	+4281.35	+0.002000
2	Ø12.5	57.45	57.45	+4281.35	+0.002000
3	Ø12.5	57.45	-57.45	+4281.35	+0.002000

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 77 / 354

Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	s_s (kgf/cm²)	ε
4	Ø12.5	-57.45	-57.45	+4281.35	+0.002000

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	99.024	0.00	0.00
Cs	21.013	0.00	0.00
T	0.000	0.00	0.00

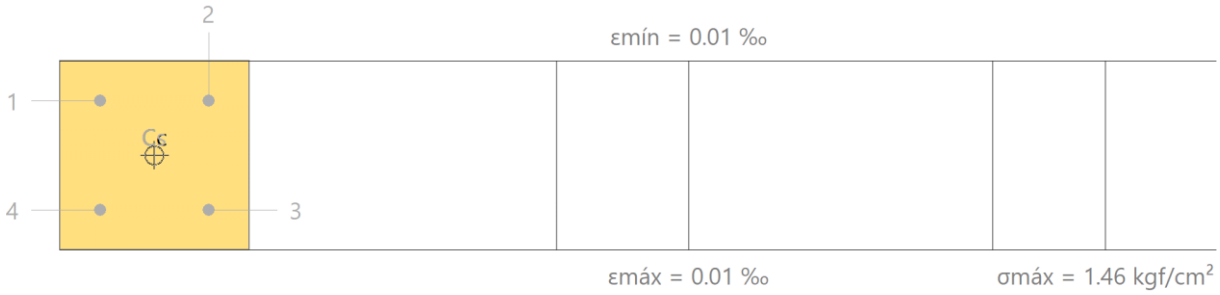
N_{Rd}	:	*120.037*	t
$M_{Rd,x}$	:	*0.000*	t·m
$M_{Rd,y}$	:	*0.000*	t·m

Onde:

- **C_c**: Resultante de compressões no concreto. — C_c : *99.024* t
- **C_s**: Resultante de compressões no aço. — C_s : *21.013* t
- **T**: Resultante de tração no aço. — **T** : *0.000* t
- **e_{cc}**: Excentricidade da resultante de compressão no concreto na direção dos eixos X e Y. — e_{cc} : *0.00* mm
- **e_{cs}**: Excentricidade da resultante de compressão no aço na direção dos eixos X e Y. — e_{cs} : *0.00* mm
- **e_T**: Excentricidade da resultante de tração no aço na direção dos eixos X e Y. — e_T : *0.00* mm
- **e_{cmax}**: Deformação na fibra de concreto mais comprimida. — e_{cmax} : *0.0020*
- **e_{smax}**: Deformação da barra de aço mais tracionada. — e_{smax} : *0.0000*
- **s_{cmax}**: Tensão na fibra de concreto mais comprimida. — s_{cmax} : *247.56* kgf/cm²
- **s_{smax}**: Tensão da barra de aço mais tracionada. — s_{smax} : *0.00* kgf/cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 78 / 354

Equilíbrio da seção para os esforços atuantes de cálculo, desfavoráveis:



Barra	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	s_s (kgf/cm²)	ε
1	Ø12.5	-57.45	57.45	+12.60	+0.000006
2	Ø12.5	57.45	57.45	+12.60	+0.000006
3	Ø12.5	57.45	-57.45	+12.60	+0.000006
4	Ø12.5	-57.45	-57.45	+12.60	+0.000006

	Resultante (t)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	0.582	0.00	0.00
Cs	0.062	0.00	0.00
T	0.000	0.00	0.00

N_{1d}	:	*0.644*	t
$M_{1d,x}$	:	*0.000*	t·m
$M_{1d,y}$	:	*0.000*	t·m

Onde:

C_c: Resultante de compressões no concreto.	**C_c**	:	*0.582* t
C_s: Resultante de compressões no aço.	**C_s**	:	*0.062* t
T: Resultante de tração no aço.	**T**	:	*0.000* t
e_{cc}: Excentricidade da resultante de compressão no concreto na direção dos eixos X e Y.	**e_{cc}**	:	*0.00* mm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 79 / 354

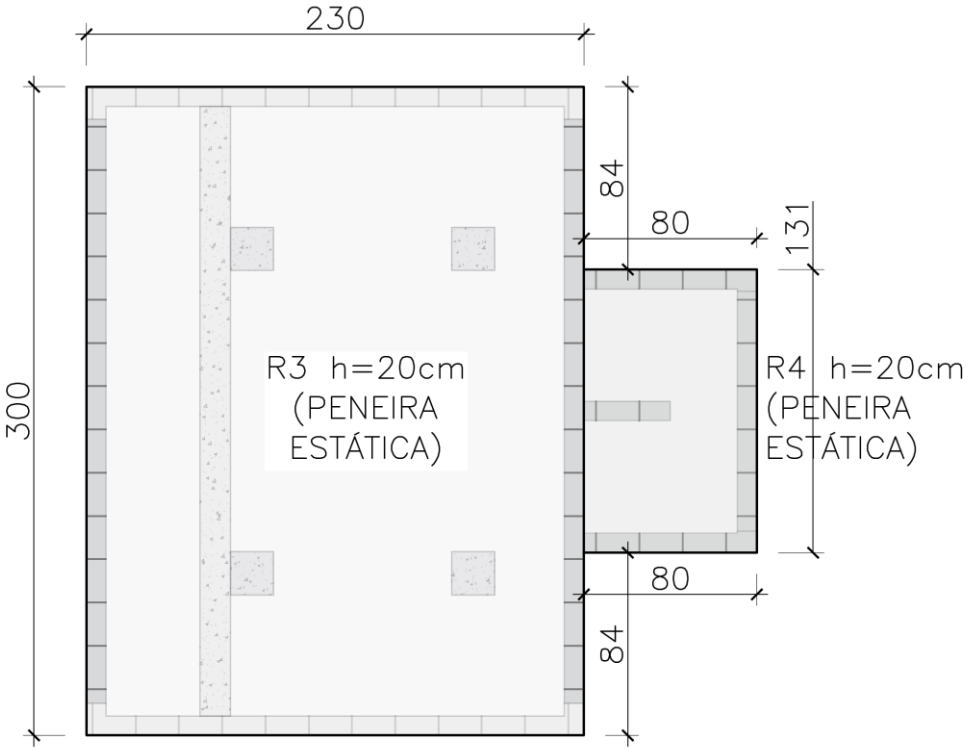
e_{cs}: Excentricidade da resultante de compressão no aço na direção dos eixos X e Y.	e_{cs}	:	*0.00*	mm
e_T: Excentricidade da resultante de tração no aço na direção dos eixos X e Y.	e_T	:	*0.00*	mm
e_{cmax}: Deformação na fibra de concreto mais comprimida.	e_{cmax}	:	*0.0000*	
e_{smax}: Deformação da barra de aço mais tracionada.	e_{smax}	:	*0.0000*	
s_{cmax}: Tensão na fibra de concreto mais comprimida.	s_{cmax}	:	*1.46*	kgf/cm²
s_{smax}: Tensão da barra de aço mais tracionada.	s_{smax}	:	*0.00*	kgf/cm²

3.2. Fundação

3.2.1. Dados de entrada e análises

- h = 20 cm;
- Furo considerado: SP-001;
- H_{bulbo} = 6 m (Estimado);
- Solo: Silte arenoargiloso.

Figura 3 – Dimensões do radier da peneira estática



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 80 / 354

3.2.1.1. Cargas do Equipamento

As cargas atuantes na estrutura são decorrentes do peso próprio do equipamento e das sobrecargas operacionais. O peso da peneira estática autolimpante é de 198 kg, conforme especificações técnicas do fabricante Hidrosul. As sobrecargas operacionais foram determinadas considerando o volume de efluente em processamento e as condições normais de operação.

$$SC_{peneira} = V_{peneira} \times \rho_{efluente} \therefore SC_{peneira} = 1{,}30 \times 1{,}20 \times 1{,}00 \times 1000$$

$$SC_{peneira} = 1560\ kg$$

Estas cargas são distribuídas através de quatro pilaretes de apoio, sendo assim:

$$CP_{pilarete} = \frac{PP_{peneira}}{N_{pilaretes}} \therefore CP_{pilarete} = \frac{198}{4}$$

$$CP_{pilarete} = 49{,}5\ kg$$

$$SC_{pilarete} = \frac{SC_{peneira}}{N_{pilaretes}} \therefore SC_{pilarete} = \frac{1560}{4}$$

$$SC_{pilarete} = 390\ kg$$

3.2.1.2. Tensão admissível do solo

A investigação geotécnica foi realizada através de sondagem de simples reconhecimento SPT. O perfil geotécnico, do furo identificado como SP-001, o mesmo utilizado para as demais estruturas da ETE, indica a presença de solo classificado como silte arenoargiloso, com características geomecânicas adequadas para suporte da estrutura projetada.

a) Capacidade de Carga

A tensão admissível do solo será dimensionada através do método de Berberian, desenvolvido para dimensionamento da capacidade de carga geotécnica de solos brasileiros. Como expressado anteriormente, será tomada como base a resistência ao SPT do furo SP-001 do ensaio realizado no local da obra, que representa a menor capacidade de carga no perímetro da obra.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 81 / 354

$$N_{72,médio} = \frac{0+10+3+7+8+12}{6} \therefore N_{72,médio} \approx 6$$

O dimensionamento da tensão admissível através do método adotado é dado pela equação abaixo.

$$\sigma_a = \frac{N_{72,médio}}{K_{Berb}}$$

O coeficiente K_Berb é atribuído baseado no tipo de solo e SPT médio da camada resistente. O valor adotado para o projeto é dado pela Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de K_{Berb} Segundo Berberian, Apud Mingardi (2016) – Adaptado

Coeficiente K_BASE de acordo com o tipo de solo e o SPT - Berberian (2015) 1/3													
SOLO	Class. Berb.	SPT (N_72 Brasileiro)											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Silte (Mó)	M	5,45	5,71	5,63	5,63	5,63	5,63	5,59	5,71	5,82	5,92	6,00	5,63
Silte Mto Pco. Arenoso	M3S	5,00	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,60	4,67	4,74	4,80	4,86
Silte Pco. Arenoso	M4S	5,00	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,60	4,67	4,74	4,80	4,86
Silte Arenoso	M5S	4,10	4,40	4,64	4,84	5,01	4,62	4,62	4,62	4,62	4,35	4,40	4,46
Silte Mto Arenoso	M6S	5,00	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	4,50	4,58	4,65	4,72	4,78	4,83
Silte Mto Pco. Argiloso	M3C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22
Silte Pco. Argiloso	M4C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22
Silte Argiloso	M5C	5,20	5,62	5,77	5,53	5,53	5,53	5,52	5,62	5,70	5,77	5,84	5,53
Silte Mto Argiloso	M6C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22	5,22
OBS.: Quando na classificação utilizada, não for informado a intensidade da mistura (**3** muito pouco, **4** pouco, **5** mediamente, **6** muito e **7** demasiadamente) utiliza-se então o valor médio, **5**. Exemplo: CS → C5S													

Desta forma, o valor da tensão admissível é dado abaixo.

$$\sigma_a = \frac{6}{5{,}33} \therefore \sigma_a \cong 1{,}126\ kgf/cm^2$$

b) Coeficiente de recalque

O coeficiente de recalque foi definido através de uma correlação com a tensão admissível do solo, conforme definido por Alonso. A tabela da Tabela 3 define este valor.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 82 / 354

Tabela 3 – Valores para K_v, Segundo Safe, Morrison (1993) – Adaptado

Tensão Admissível (kg/cm²)	Kv (kg/cm³)	Tensão Admissível (kg/cm²)	Kv (kg/cm³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20

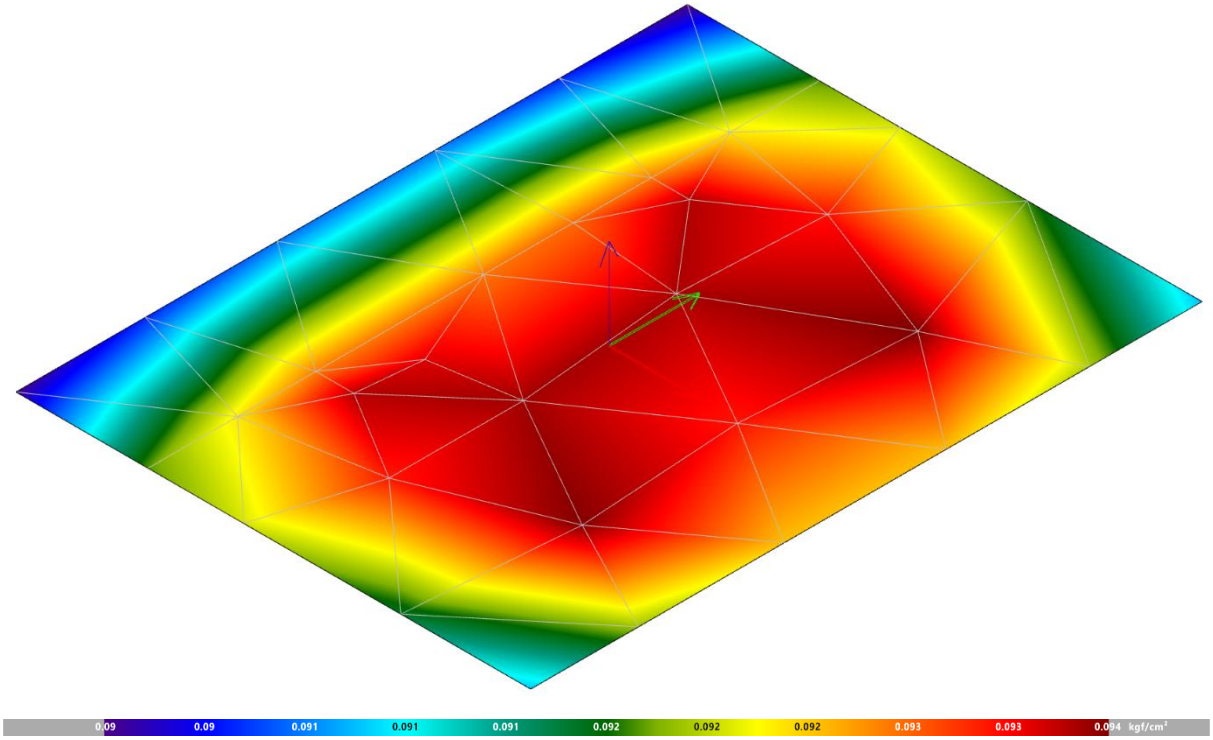
O coeficiente de reação vertical do solo foi estimado em $K_v = 2{,}38\ kg/cm^2$, valor utilizado na análise da interação solo-estrutura e na determinação das solicitações de projeto.

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 83 / 354

Figura 4 – Tensão atuante no solo



Como a tensão máxima atuante calculada de $0{,}094\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

3.2.1.3. Esforços de dimensionamento

a) Direção x (menor dimensão)

- Md = 0,057 tf·m;
- Vd = 0,069 tf.

b) Direção y (maior dimensão)

- Md = 0,066 tf·m;
- Vd = 0,070 tf.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 84 / 354

3.2.2. Dimensionamento

3.2.2.1. Estado limite último

a) Direção x

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	20,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,06	tfm	Vsd:	0,00	tf
Md-:	0,00	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	15,600	cm
	x:	0,019	cm
	x,lim:	7,020	cm
	As:	0,084	cm²
	As,min:	3,580	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	cm²
	As,real:	4,021	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	15,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	7,020	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	3,580	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	
	As,real:	4,021	cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 85 / 354

b) Direção y

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	20,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,07	tfm	Vsd:	0,00	tf
Md-:	0,00	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	15,600	cm
	x:	0,022	cm
	x,lim:	7,020	cm
	As:	0,097	cm²
	As,min:	3,580	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	cm²
	As,real:	4,021	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	15,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	7,020	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	3,580	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	
	As,real:	4,021	cm²

3.2.2.2. Armaduras

A armadura especificada para o radier consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 12 cm** em ambas

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 86 / 354

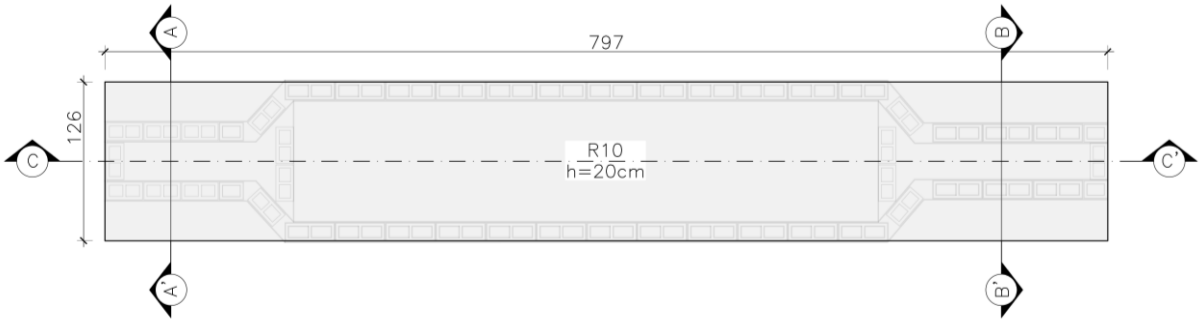
as direções. Esta configuração resulta em área de armadura de 4,021 cm²/m, valor superior à armadura mínima exigida.

4. CAIXA DE AREIA

4.1. Dados de entrada e análises

- h = 20 cm;
- Furo considerado: SP-001;
- h_bulbo = 6 m (Estimado);
- Solo: Silte arenoargiloso.

Figura 5 – Dimensões do radier da caixa de areia



4.1.1. Tensão admissível do solo

a) Capacidade de Carga

As características do subsolo e a capacidade de carga para os elementos da caixa de areia a ser dimensionada são as mesmas descritas no subitem 3.2.1.2.

b) Coeficiente de recalque

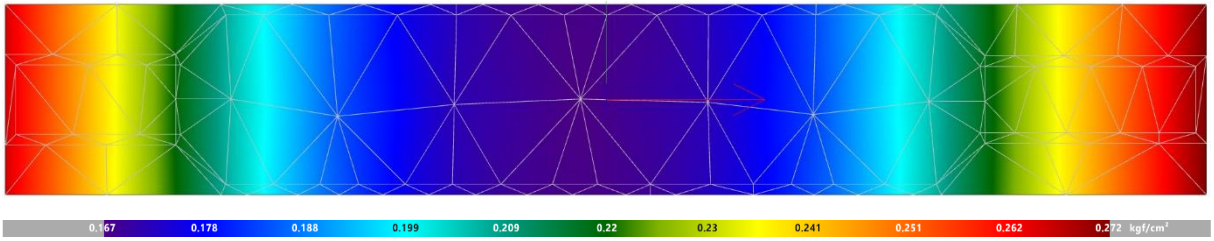
O coeficiente de recalque corresponde ao estipulado na alínea “b)” do subitem 3.2.1.2.

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 87 / 354

Figura 6 – Tensão atuante no solo



Como a tensão máxima atuante calculada de $0{,}272\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

4.1.2. Cargas

$$\gamma_{solo} = 1{,}9\ tf/m^3$$
$$h_{solo} = 1\ m$$
$$CP_{solo} = \gamma_{solo} \times h_{solo} \therefore CP_{solo} = 1{,}9 \times 1$$
$$CP_{solo} = 1900\ kg/m^2$$

$$\gamma_{solo} = 1{,}9\ tf/m^3$$
$$h_{solo} = 0{,}45\ m$$
$$CP_{solo} = \gamma_{solo} \times h_{solo} \therefore CP_{solo} = 1{,}9 \times 0{,}45$$
$$CP_{solo} = 855\ kg/m^2$$

$$\gamma_{alv} = 0{,}2\ tf/m^3$$
$$h_{alv} = 1{,}2\ m$$
$$CP_{alv} = \gamma_{alv} \times h_{alv} \therefore CP_{alv} = 1{,}9 \times 0{,}45$$
$$CP_{alv} = 240\ kg/m^2$$

$$\gamma_{agua} = 1{,}0\ tf/m^3$$
$$h_{agua} = 0{,}85\ m$$
$$CP_{agua} = \gamma_{agua} \times h_{agua} \therefore CP_{agua} = 1{,}0 \times 0{,}85$$
$$CP_{agua} = 850\ kg/m^2$$

$$\gamma_{agua} = 1{,}0\ tf/m^3$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 88 / 354

$$h_{agua} = 0{,}45\ m$$

$$CP_{agua} = \gamma_{agua} \times h_{agua} \therefore CP_{agua} = 1{,}0 \times 0{,}45$$

$$CP_{agua} = 450\ kg/m^2$$

4.1.3. Esforços dimensionamento

a) Direção x

- Md = 0,376 tf/m².

4.1. Dimensionamento

4.1.1. Estado de limite último

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	20,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,38	tfm	Vsd:	0,00	tf
Md-:	0,00	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 89 / 354

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	15,600	cm
	x:	0,124	cm
	x,lim:	7,020	cm
	As:	0,556	cm²
	As,min:	3,580	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	cm²
	As,real:	4,021	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	15,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	7,020	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	3,580	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	
	As,real:	4,021	cm²

4.1.2. Armaduras

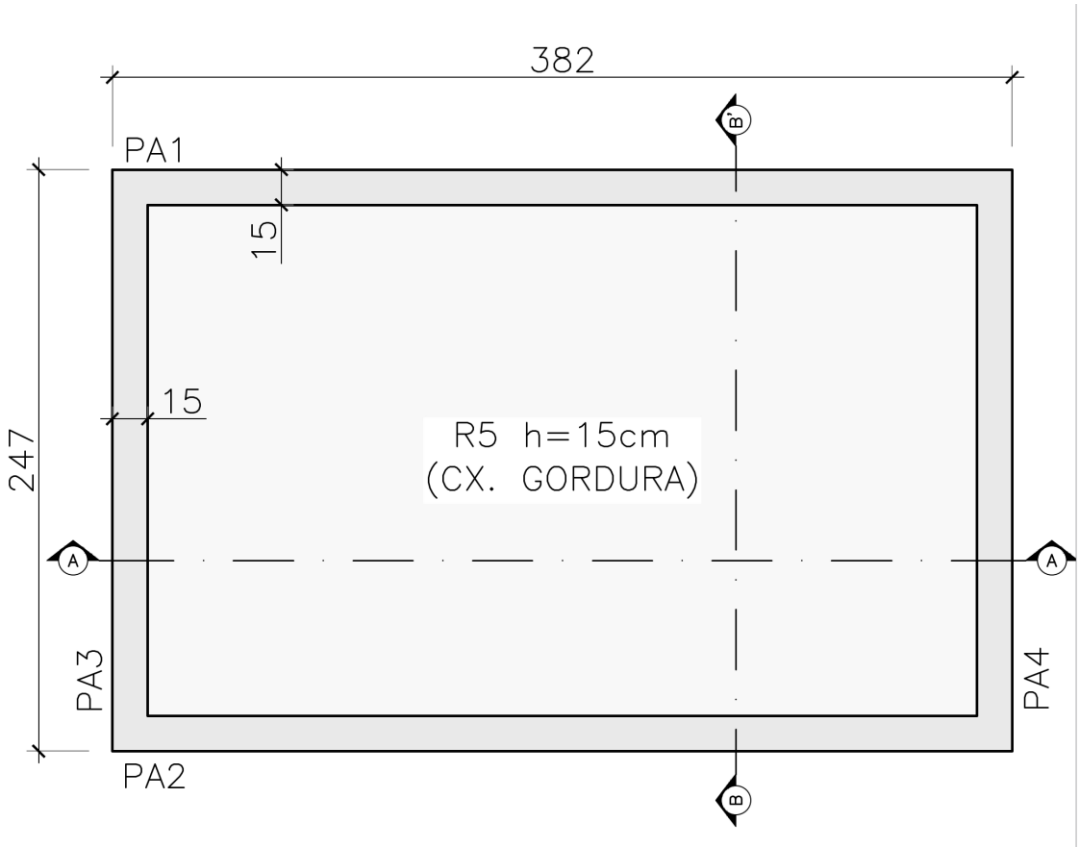
A armadura especificada para o radier consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 12 cm** em ambas as direções, tanto na posição inferior, quanto na superior. Esta configuração resulta em área de armadura de 4,021 cm²/m, valor superior à armadura mínima exigida.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 90 / 354

5. CAIXA DE GORDURA

5.1. Dados de entrada

Figura 7 – Dimensões da caixa de gordura



5.1.1. Paredes

Será dimensionado apenas um módulo dos decantadores e o resultado espelhado.

- h = 2,19 m;
- e = 0,15 m;
- Solo silte arenoargiloso;
- Sondagem SP-001;
- SPT considerado do reaterro: 5 golpes.

5.1.2. Radier

- h = 15 cm;
- Furo considerado: SP-001;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 91 / 354

- h_bulbo = 6 m (Estimado);
- Solo: Silte arenoargiloso.

5.2. Análises – Paredes

5.2.1. Cargas

a) Empuxo água

- $E_a = 1{,}18\ tf/m^2$

b) Empuxo solo

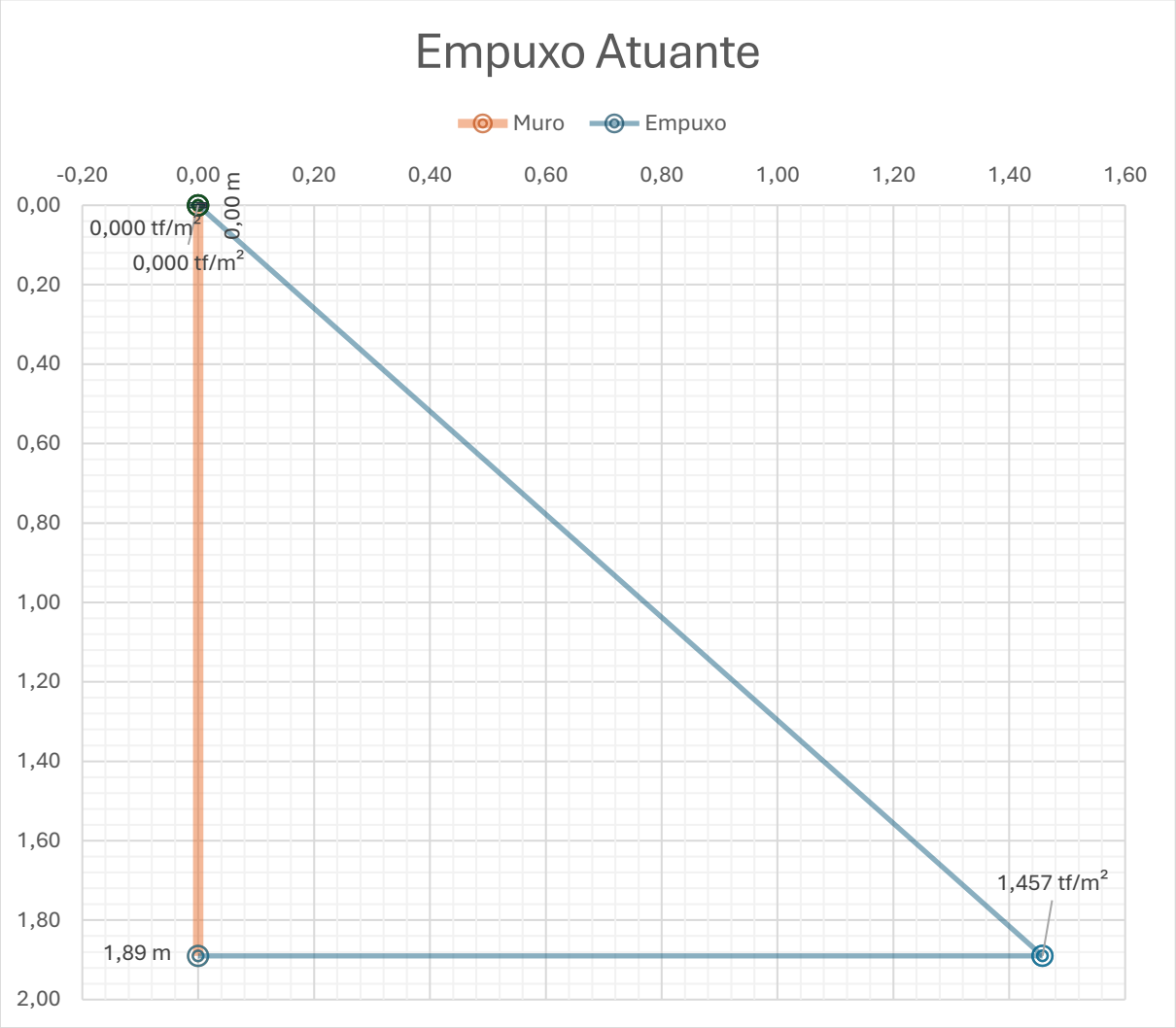
CÁLCULO EMPUXO DE SOLO				
Altura muro:	1,89	m	Sobrecarga:	0,00 tf/m²
Lençol freático:	0,00	m		

Propriedade	Aterro	Und.
Ângulo de atrito:	25,00	°
Peso específico:	1,90	tf/m³
Coesão:	0,00	tf/m²
Ângulo talude:	0,00	°

CÁLCULO EMPUXO		
Ka:	0,406	
Kp:	2,464	
Pceosão:	0,000	tf/m²
zc:	0,000	m
Pativo:	1,457	tf/m²
Esc:	0,000	tf/m²
Etopo:	0,000	tf/m²
Ebase:	1,457	tf/m²

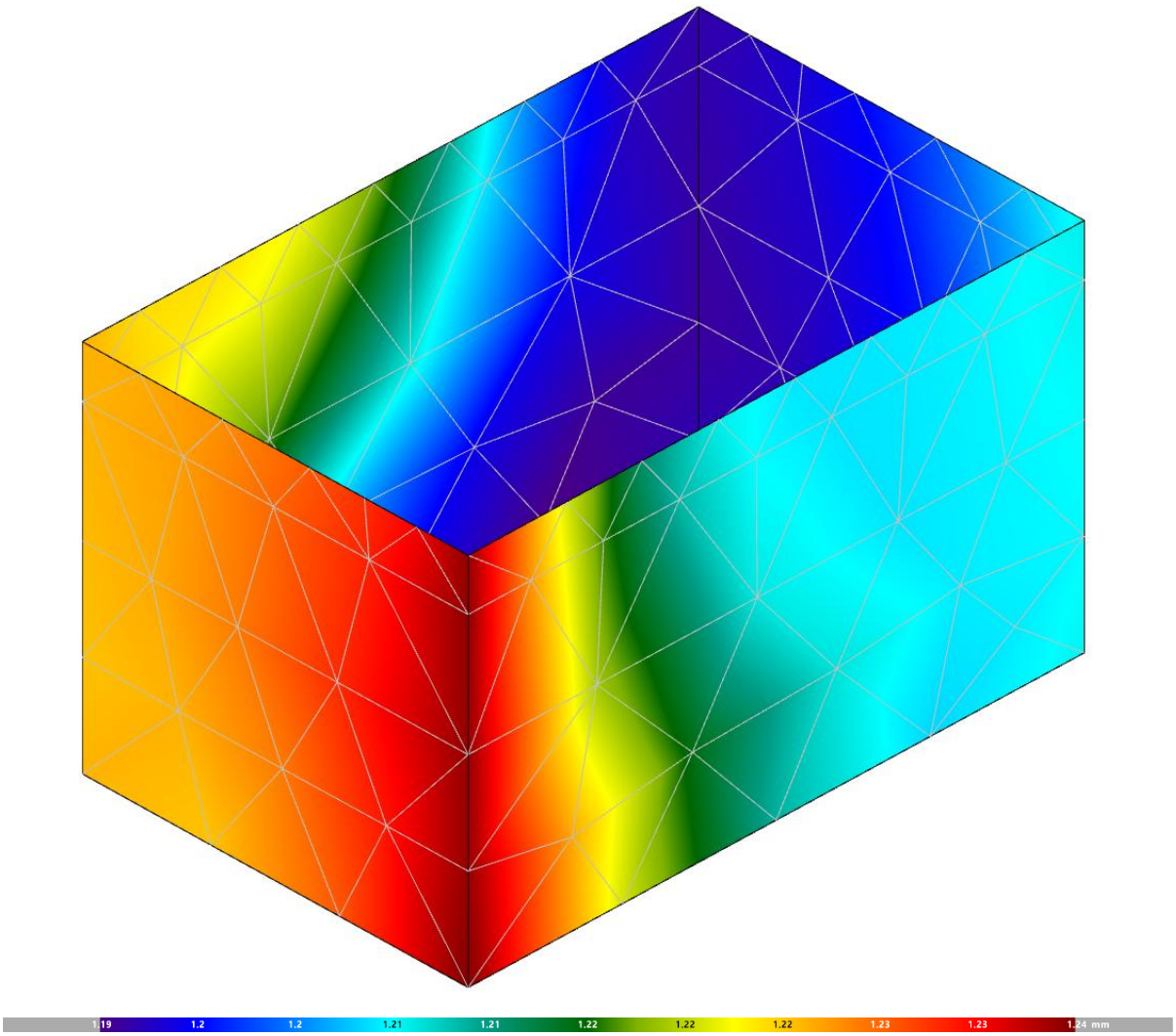
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 92 / 354

Gráfico 1 – Empuxo atuante



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 93 / 354

Figura 8 – Flecha



5.2.2. Esforços de dimensionamento

a) Vertical

- Md = 0,543 tf·m;
- Vd = 1,949 tf;
- Nd = -2,096 tf.

b) Horizontal

- Md = 0,298 tf·m;
- Vd = 0,929 tf;
- Nd = 0,842 tf.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 94 / 354

5.3. Análises – Radier

5.3.1. Tensão admissível do solo

a) Capacidade de Carga

As características do subsolo e a capacidade de carga para os elementos da caixa de areia a ser dimensionada são as mesmas descritas no subitem 3.2.1.2.

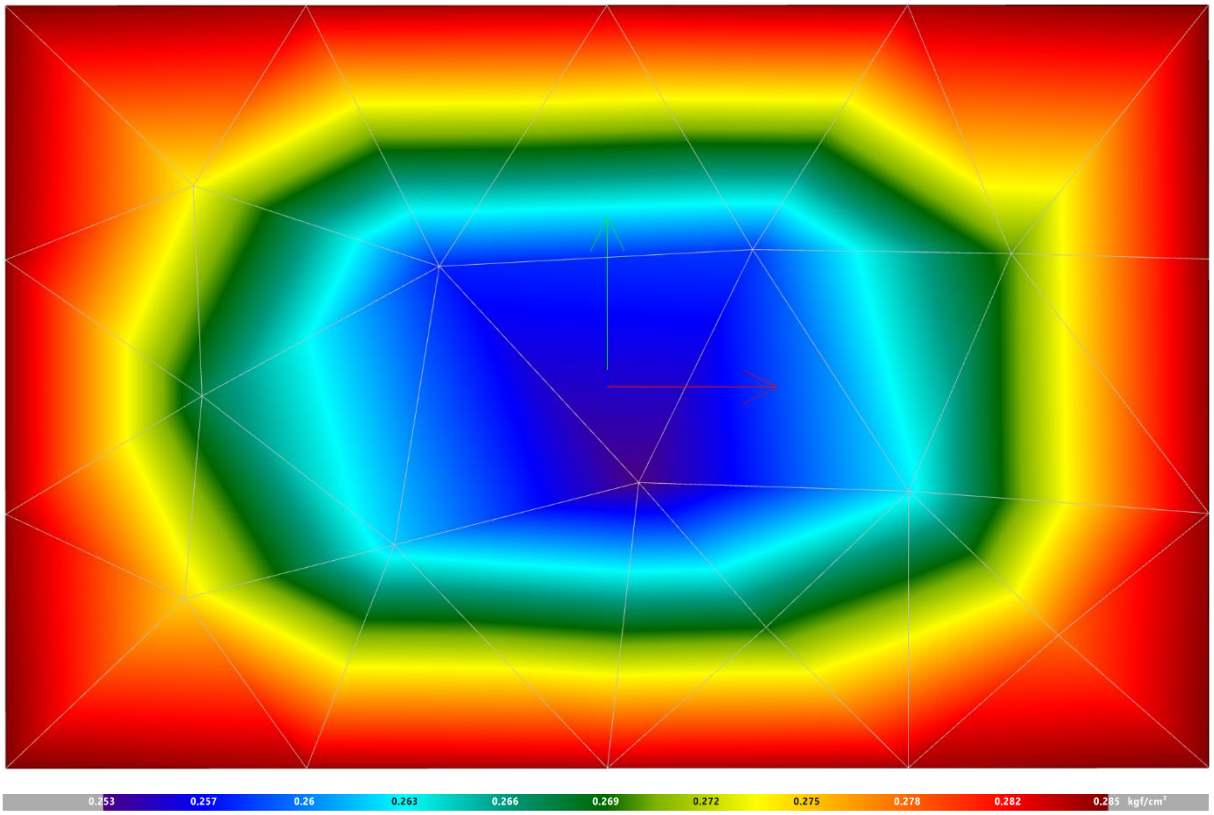
b) Coeficiente de recalque

O coeficiente de recalque corresponde ao estipulado na alínea “b)” do subitem 3.2.1.2.

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

Figura 9 – Tensão atuante no solo



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 95 / 354

Como a tensão máxima atuante calculada de $0{,}285\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

5.3.2. Esforços de dimensionamento

a) Direção x

- Md = 0,272 tf·m;
- Vd = 1,457 tf;
- Nd = 0,279 tf.

b) Direção y

- Md = 0,473 tf·m;
- Vd = 2,028 tf;
- Nd = 0,735 tf.

5.4. Dimensionamento – Paredes

5.4.1. ELS

$$\delta_{adm} = \frac{h}{250} \therefore \delta_{adm} = 8{,}76\ mm$$

$$\delta_s = 1{,}37\ mm$$

$$Aprov = \frac{\delta_s}{\delta_{adm}} \therefore Aprov = 0{,}156$$

5.4.2. ELU

a) Vertical

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	15,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,54	tfm	Vsd:	0,00	tf
Md-:	0,00	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 96 / 354

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,266	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	1,190	cm²
	As,min:	2,685	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	6,000	cm²
	As,real:	3,016	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	2,685	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	6,000	
	As,real:	3,016	cm²

b) Horizontal

FLEXO TRAÇÃO - DOMÍNIO 2 E 3					
Base:	1,00	m	fck:	40,00	MPa
Altura:	0,15	m	Cobrimento:	4,00	cm
Md:	0,30	tfm			
Nd:	0,84	tf			

Posição	AS flexão cm²	AS tração cm²	Diâmetro
Superior	0,000	0,000	10,0
Inferior	3,048	0,194	8,0

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 97 / 354

CÁLCULOS BASE		
fcd:	0,286	tf/cm²
fyd:	4,348	tf/cm²
σcd:	0,243	tf/cm²
d:	10,600	cm
d':	4,500	cm
fctk,sup:	0,046	tf/cm²
W0:	3750,000	cm³
Mr:	136,844	tfcm
x,Mr:	0,682	cm
αh:	68,848	%
Md,lim:	805,782	tfcm
Msd:	27,232	tfcm

DIMENSIONAMENTOS			
ARMADURA FLEXÃO INFERIOR	M1:	27,232	tfcm
	x:	0,133	cm
	ρ2:	0,203	
	As,min:	3,048	cm²
	As:	0,594	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	7,000	
	As,real:	3,519	cm²
ARMADURA FLEXÃO SUPERIOR	M2:	0,000	tfcm
	ε's:	0,00207	
	f's:	4,348	tf/cm²
	As:	0,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	0,000	
	As,real:	0,000	cm²
ARMADURA DE TRAÇÃO	As:	0,194	cm²
	As1:	0,194	cm²
	As2:	0,000	cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 98 / 354

5.4.3. Armaduras

A armadura especificada para as paredes, tanto vertical, quanto horizontal, consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 15 cm** na direção vertical, e dispostas com **espaçamento de 14 cm** na direção horizontal. Esta configuração resulta em área de armadura de superior à armadura mínima exigida em ambas as situações.

5.5. Dimensionamento – Radier

5.5.1. ELU

a) Longitudinal (Direção x)

FLEXO TRAÇÃO - DOMÍNIO 2 E 3					
Base:	1,00	m	fck:	40,00	MPa
Altura:	0,15	m	Cobrimento:	4,00	cm
Md:	0,27	tfm			
Nd:	0,28	tf			

Posição	AS flexão cm²	AS tração cm²	Diâmetro
Superior	0,000	0,000	10,0
Inferior	3,048	0,064	8,0

CÁLCULOS BASE		
fcd:	0,286	tf/cm²
fyd:	4,348	tf/cm²
σcd:	0,243	tf/cm²
d:	10,600	cm
d':	4,500	cm
fctk,sup:	0,046	tf/cm²
W0:	3750,000	cm³
Mr:	136,844	tfcm
x,Mr:	0,682	cm
αh:	68,848	%
Md,lim:	805,782	tfcm
Msd:	26,349	tfcm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 99 / 354

DIMENSIONAMENTO			
ARMADURA FLEXÃO INFERIOR	M1:	26,349	tfcm
	x:	0,129	cm
	ρ2:	0,203	
	As,min:	3,048	cm²
	As:	0,575	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	7,000	
	As,real:	3,519	cm²
ARMADURA FLEXÃO SUPERIOR	M2:	0,000	tfcm
	ε's:	0,00207	
	f's:	4,348	tf/cm²
	As:	0,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	0,000	
	As,real:	0,000	cm²
ARMADURA DE TRAÇÃO	As:	0,064	cm²
	As1:	0,064	cm²
	As2:	0,000	cm²

b) Transversal (Direção y)

FLEXO TRAÇÃO - DOMÍNIO 2 E 3					
Base:	1,00	m	fck:	40,00	MPa
Altura:	0,15	m	Cobrimento:	4,00	cm
Md:	0,47	tfm			
Nd:	0,74	tf			

Posição	AS flexão cm²	AS tração cm²	Diâmetro
Superior	0,000	0,000	10,0
Inferior	3,048	0,169	8,0

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 100 / 354

CÁLCULOS BASE		
fcd:	0,286	tf/cm²
fyd:	4,348	tf/cm²
σcd:	0,243	tf/cm²
d:	10,600	cm
d':	4,500	cm
fctk,sup:	0,046	tf/cm²
W0:	3750,000	cm³
Mr:	136,844	tfcm
x,Mr:	0,682	cm
αh:	68,848	%
Md,lim:	805,782	tfcm
Msd:	45,058	tfcm

DIMENSIONAMENTOS			
ARMADURA FLEXÃO INFERIOR	M1:	45,058	tfcm
	x:	0,221	cm
	ρ2:	0,203	
	As,min:	3,048	cm²
	As:	0,986	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	7,000	
	As,real:	3,519	cm²
ARMADURA FLEXÃO SUPERIOR	M2:	0,000	tfcm
	ε's:	0,00207	
	f's:	4,348	tf/cm²
	As:	0,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	0,000	
	As,real:	0,000	cm²
ARMADURA DE TRAÇÃO	As:	0,169	cm²
	As1:	0,169	cm²
	As2:	0,000	cm²

5.5.2. Armaduras

A armadura especificada para o radier consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 14 cm** em ambas

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 101 / 354

as direções. Esta configuração resulta em área de armadura de 3,519 cm²/m, valor superior à armadura mínima exigida.

6. LEITO DE SECAGEM

6.1. Dados básicos

- h_{bulbo}= 2x3,3 = 6,6m ~ 6m (estimado);
- Solo: Silte arenoargiloso.

6.2. Análises

6.2.1. Cargas

a) Carga Permanente Área

Peso conforme tabela A.1 da NBR 6120:2019:

- CP1 = (areia média) = 0,20m x 19kn/m³ = 3,8kn/m²
- CP2 = (brita 1 e 2) = 0,15m x 20kn/m³ = 3,0kn/m²
- CP3 = (brita 3 e 4) = 0,30m x 20kn/m³ = 6,0kn/m²
- CP4 = (brita 4) = 0,50m x 20kn/m³ = 10,0kn/m²
- CP = 22,80kn/m² = 2,28tf/m²

b) Carga Permanente Linear

Peso conforme tabela 2 da NBR 6120:2019:

- CP = (alvenaria estrutural bloco de concreto vazado) = 1,65m x 2,3kn/m² = 3,795kn/m = 0,38tf/m

6.2.2. Tensão admissível do solo

a) Capacidade de Carga

As características do subsolo e a capacidade de carga para os elementos da caixa de areia a ser dimensionada são as mesmas descritas no subitem 3.2.1.2.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 102 / 354

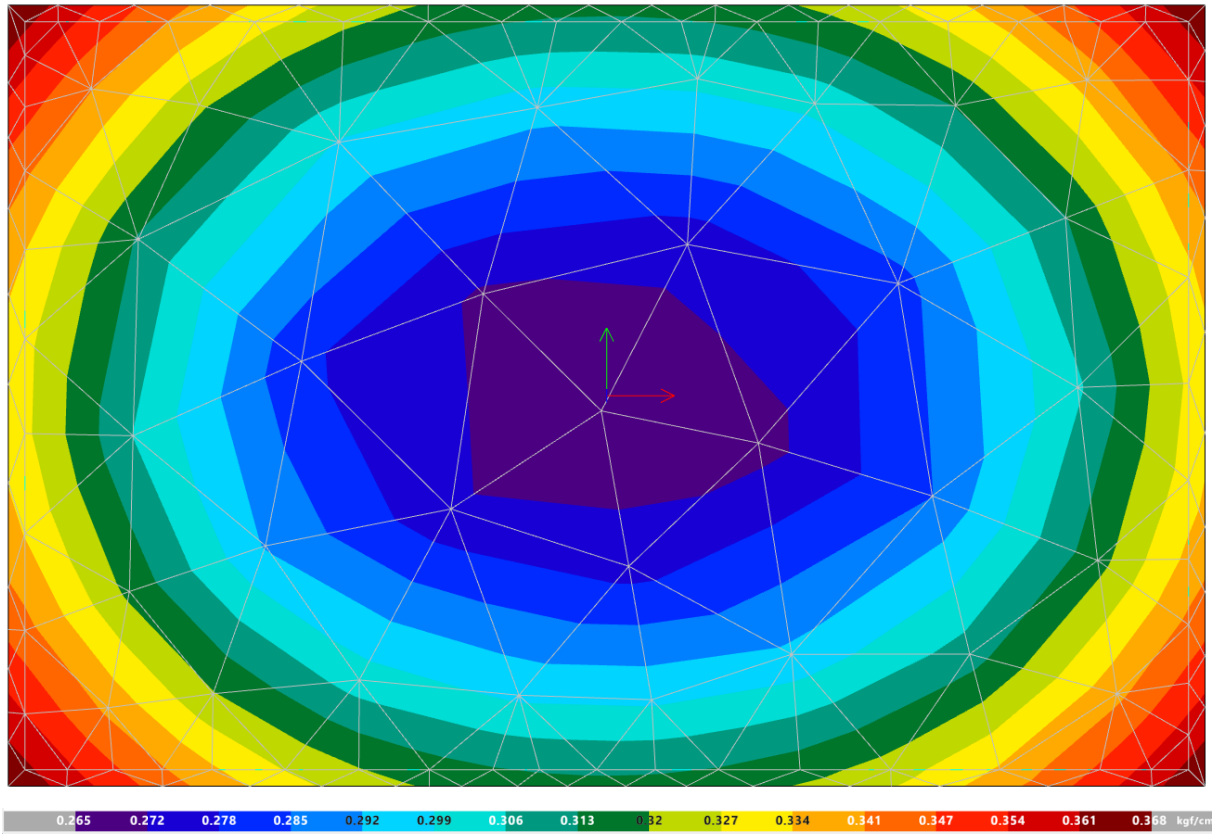
b) Coeficiente de recalque

O coeficiente de recalque corresponde ao estipulado na alínea “b)” do subitem 3.2.1.2.

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

Figura 10 – Tensão atuante no solo



Como a tensão máxima atuante calculada de $0{,}368\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

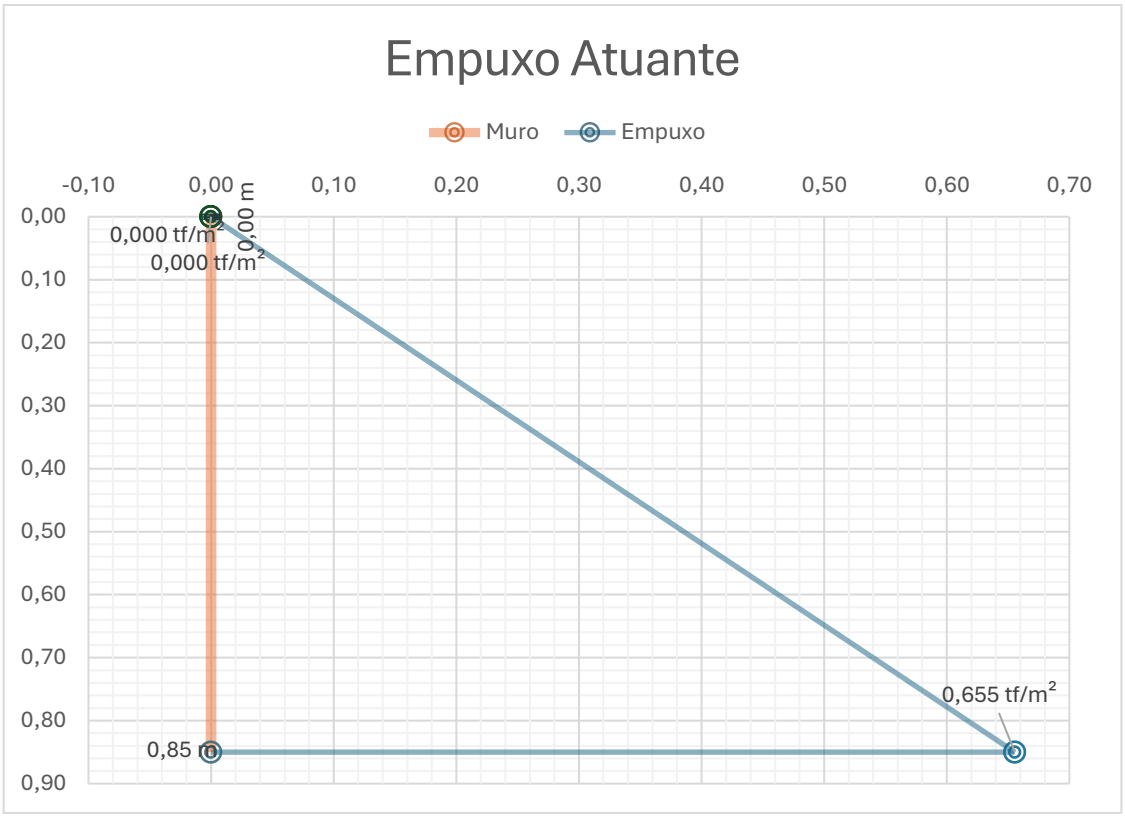
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 103 / 354

6.2.3. Empuxo do solo

DIMENSIONAMENTO EMPUXO DE SOLO				
Altura muro:	0,85	m	Sobrecarga: 0,00	tf/m²
Lençol freático:	0,00	m		
Propriedade	**Aterro**		**Und.**	
Ângulo de atrito:	25,00		°	
Peso específico:	1,90		tf/m³	
Coesão:	0,00		tf/m²	
Ângulo talude:	0,00		°	

CÁLCULO EMPUXO		
Ka:	0,406	
Kp:	2,464	
Pceosão:	0,000	tf/m²
zc:	0,000	m
Pativo:	0,655	tf/m²
Esc:	0,000	tf/m²
Etopo:	0,000	tf/m²
Ebase:	0,655	tf/m²

Gráfico 2 – Empuxo atuante



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 104 / 354

6.2.4. Esforços de dimensionamento

POSITIVO	NEGATIVO
Mdx = 0 tf·m	Mdx = 0,172 tf·m
Mdy = 0 tf·m	Mdy = 0,223 tf·m
Vdx = 0,168 tf	Vdy = 0,267 tf
Notas: x = longitudinal; y = transversal.	

6.3. Dimensionamentos

6.3.1. Longitudinal

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	15,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,00	tfm	Vsd:	0,17	tf
Md-:	0,17	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

DIMENSIONAMENTO			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	2,250	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	5,000	cm²
	As,real:	2,513	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,084	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,374	cm²
	As,min:	2,250	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	5,000	
	As,real:	2,513	cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 105 / 354

6.3.2. Transversal

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	15,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,00	tfm	Vsd:	0,27	tf
Md-:	0,22	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

DIMENSIONAMENTO			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	2,250	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	5,000	cm²
	As,real:	2,513	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,109	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,486	cm²
	As,min:	2,250	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	5,000	
	As,real:	2,513	cm²

6.3.3. Armaduras

A armadura especificada para o radier, tanto para o positivo, quanto para o negativo, consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 20 cm** em ambas as direções. Esta configuração resulta em área de armadura de valor superior à armadura mínima exigida.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 106 / 354

SEÇÃO 3 – MEMORIAL DE CÁLCULO DRENAGEM INFRAESTRUTURA DAS OBRAS CIVIS

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 107 / 354

Sumário

1. RESUMO EXECUTIVO 3
2. ESTUDO HIDROLÓGICO 3
2.1 Obtenção da vazão de projeto 3
2.2 Coeficiente de RUNOFF 4
2.3 Intensidade de chuva 5
2.4 Áreas de influência - Bacias 6
3. PROJETO DE DRENAGEM 6

Lista de Figuras

Figura 1 – Parâmetros da equação IDF 5

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Determinação do coeficiente "C" 4
Tabela 2 – Resultado das Bacias 6
Tabela 3 – Dimensionamento da rede tubular 7
Tabela 4 – Dimensionamento rede superficial - Canaletas arquibancada 7

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 108 / 354

1. RESUMO EXECUTIVO

O presente memorial de cálculo trata do projeto de drenagem pluvial e estudo hidrológico referente a obra da Estação de Tratamento de Esgoto da sede do distrito de Itaguaçu – ES.

A concepção do projeto de drenagem vem da premissa que a precipitações oriundas das áreas de influência descritas no projeto, sejam coletadas por canaletas posicionadas nos limites da ETE e na rua de acesso, com a inclinação para esta canaleta.

2. ESTUDO HIDROLÓGICO

2.1 Obtenção da vazão de projeto

Para a obtenção das vazões de projeto, utilizou-se o método racional para tendo como referência as bacias determinadas (tabela 2), como disposto abaixo.

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360}$$

Onde:

- Q= Vazão (m3/s);
- C= Coeficiente de escoamento;
- i= intensidade da chuva (mm/h);
- A= Área da bacia (ha).

Para bacias que não apresentam complexidade e que tenham até 2 km² de área de drenagem, é usual que a vasão de projeto seja determinada pelo Método Racional.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 109 / 354

2.2 Coeficiente de RUNOFF

Para obtenção do coeficiente de escoamento superficial, pode-se consultar diversas fontes em literatura, para o projeto em questão, dadas as características do local, foi adotado o valor de C=0,50 para área externa a ETE e C=0,65 para a área interna, conforme tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Determinação do coeficiente "C"

Tipologia da área de drenagem	*Coeficiente de escoamento superficial*
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m2 ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
asfalto	0,70 – 0,95
concreto	0,80 – 0,95
blocket	0,70 – 0,89
paralelepípedo	0,58 - 0,81
telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25
solo argiloso, declividade alta > 7 %	0,25 – 0,30
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 - 0,17
grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 - 0,22
grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 - 0,35
florestas com declividade <5%	0,25 – 0,30
florestas com declividade média entre 5% e 10%	0,30 -0,35
florestas com declividade >10%	0,45 – 0,50
capoeira ou pasto com declividade <5%	0,25 – 0,30
capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,36
capoeira ou pasto com declividade > 10%	0,35 – 0,42

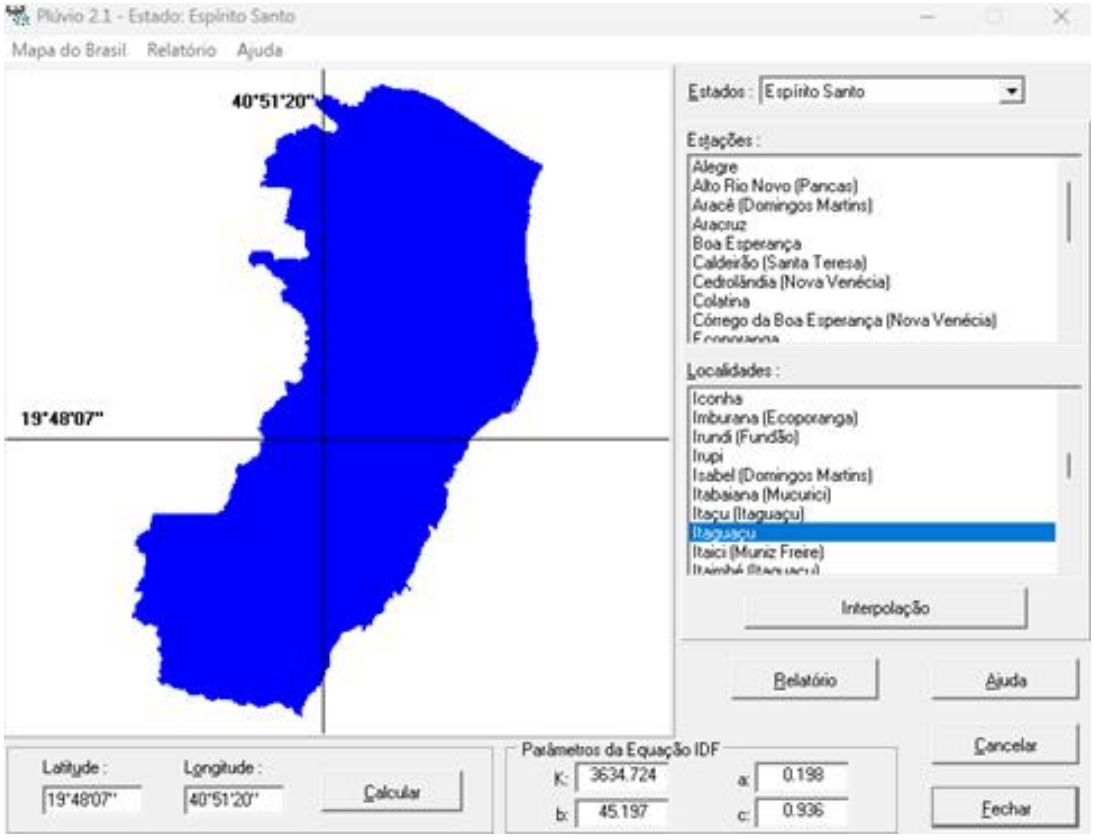
Fonte: Pref. Municipal do Rio de janeiro (2010).

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 110 / 354

2.3 Intensidade de chuva

Para a obtenção dos parâmetros pluviométricos da região foi utilizado o software Pluvio, de modo que se obteve os índices para o cálculo da intensidade de chuva a partir de interpolação de dados conhecidos próximos a região de estudo. O tempo de retorno (TR) foi fixado em 10 anos e a duração de precipitação (t) em 10 minutos, conforme disposto pela NBR 10844.

Figura 1 – Parâmetros da equação IDF



Fonte: Pluvio

A partir dos parâmetros levantados, obteve-se a intensidade pluviométrica da região pela expressão:

$$i_m = \frac{K \times TR^a}{(t+b)^c}$$

Para a região em estudo obteve-se intensidade pluviométrica i_m= 134,29 mm/h.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 111 / 354

2.4 Áreas de influência - Bacias

O platô da ETE foi subdividido em setores onde a chuva precipitada irá escoar imediatamente para as canaletas a partir da inclinação transversal dele.

Tabela 2 – Resultado das Bacias

BACIAS			
BACIAS	**AREA (ha)**	**C**	**Qi (m3/s)**
1	1.44	0.50	0.269
2	0.07	0.65	0.017
3	0.33	0.65	0.081

3. PROJETO DE DRENAGEM

O dimensionamento da rede foi feito utilizando as equações de Manning para escoamentos de condutos não forçados, onde seus resultados, podem ser observados ao decorrer deste estudo.

$$Q = \frac{1}{n} \times {R_h}^{2/3} \times \sqrt{i} \times A_m$$

Onde:

- Q = Vazão (m³/s);
- n = Coeficiente de Manning;
- R_h = Raio Hidráulico (m);
- I = Inclinação (m/m);
- A_m = Área Molhada (m²).

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 112 / 354

O dimensionamento da rede, pode ser verificado a seguir:

Tabela 3 – Dimensionamento da rede tubular

MEMORIA DE CÁLCULO - DRENAGEM PLUVIAL												
LOCALIZAÇÃO		COTAS										
TRECHO	Nº MONT. JUSANT.	TOPO	FUNDO	PROF.	DIST. (m) i (m/m)	NÍVEL D'AGUA	DEFLÚVIO ACUMULADO (m³/s)	DECLIVIDADE Rede (m/m)	Φ Tubulação (m)	ALT. D'AGUA NORMAL (m)	VELO-CIDADE (m/s)	TEMPO DE PERC. (min.)
REDE 01												
TR-01	CCS 01	148.00	146.00	2.000	10.36					68.0%		
	PV 01	147.54	145.20	2.340	0.063	145.472	0.3671	0.0632	0.40	0.2720	2.9211	0.06
TR-02	PV 01	147.54	145.20	2.340	2.23					68.0%		
	DCD 100-50	147.54	145.16	2.380	0.063	145.432	0.3671	0.0632	0.40	0.2720	2.9211	0.01
TR-03	CCS 02	140.85	138.85	2.000	16.830					68.0%		
	BOCA	138.95	138.05	0.900	0.063	138.322	0.3671	0.0632	0.40	0.2720	2.9211	0.10

Tabela 4 – Dimensionamento rede superficial - Canaletas arquibancada

DIMENSIONAMENTO - SARJETAS - LADO DIREITO						
TRECHO	Qi (m³/s)	Am (m²)	P (m)	Rh (m)	i (m/m)	Qp (m³/s)
1	0.269	0.080	0.766	0.104	0.08	0.324004
2	0.017	0.055	0.837	0.065	0.05	0.132692
3	0.098	0.055	0.837	0.065	0.05	0.132692

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 113 / 354

SEÇÃO 4 – MEMORIAL DESCRITIVO DAS OBRAS CIVIS

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 114 / 354

Sumário

1. SERVIÇOS PRELIMINARES 6
   1.1 Canteiro de Obras 6
   1.2 Locação da Obra 8
2. TERRAPLENAGEM 8
   2.1 Introdução 8
   2.2 Referências normativas 9
   2.3 Metodologia de Projeto 10
   2.4 Área de bota-fora 11
   2.5 Serviços Preliminares 12
   2.6 Corte 13
   2.7 Aterro 13
3. ESTRUTURA DE CONCRETO 18
   3.1 Especificações dos Materiais 18
   3.2 Fundações 21
   3.3 Alvenaria Estrutural 25
   3.4 Lajes em Concreto Armado 27
   3.5 Elementos de Concreto Simples 28
   3.6 Impermeabilização de Estruturas 28
   3.7 Peças Metálicas e Acessórios 29
   3.8 Reaterro de Valas 30
   3.9 Controle de Qualidade e Segurança 30
   3.10 Procedimentos Executivos Gerais e Conformidade Normativa 33
4. HIDROSSANITÁRIO 34
   4.1 Especificações dos Materiais 34
   4.2 Instalação de Tubulações de Esgoto Sanitário 40
   4.3 Instalação de Tubulações de Água Potável 42
   4.4 Procedimentos Executivos Gerais 44
   4.5 Conformidade Normativa 45
5. ELÉTRICO 45
   5.1 Documentação 45
   5.2 Descrição da Instalação 46
   5.3 Capacidade de condução de corrente 48
   5.4 Cálculo de Queda de Tensão 49
   5.5 Especificações dos Materiais 49
   5.6 Procedimentos de Instalação 56
   5.7 Aterramento 61
   5.8 Testes e Verificações 61
   5.9 Conformidade Normativa 62
6. URBANISMO 63
   6.1 Diretrizes Projetuais 63
   6.2 Procedimentos Executivos 65
   6.3 Acessibilidade e Conformidade Normativa 66
   6.4 Controle de Qualidade 67
7. PAVIMENTAÇÃO 67

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 115 / 354

7.1 Conceito e classificação 67
7.2 Execução da pavimentação 68
8. SINALIZAÇÃO VIÁRIA 93
8.1 Sinalização vertical de regulamentação 93
9. DRENAGEM INFRAESTRUTURA 101
9.1 Condições Gerais 101
9.2 Rede Tubular de Concreto 102
9.3 Especificações dos Materiais 103
9.4 Procedimentos Executivos 107
9.5 Testes e Verificações 112
9.6 Conformidade Normativa 112
10. CONCLUSÃO 113

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 116 / 354

Lista de Figuras

Figura 1 - Área de bota-fora 11
Figura 2 - DMT ETExBota-fora 12
Figura 3 – Padrão de posicionamento dos blocos intertravados hexagonais 73
Figura 4 – Padrão de Posicionamento dos Blocos Intertravados Retangulares 73
Figura 5 – Padrão Correto de Blocos Intertravados para Tráfego Veicular 74
Figura 6 – Assentamento dos Blocos na Prática 75
Figura 7 – Guia Para Posicionamento dos Blocos Intertravados 75
Figura 8 – Alinhamento Correto dos Blocos 76
Figura 9 – Utilização de Linhas Longitudinais e Transversais Fixadas e Esticadas 77
Figura 10 – Alinhamento da colocação dos blocos 77
Figura 11 – Checagem de Ângulos Retos 78
Figura 12 – Divisão do Trabalho na Colocação dos Blocos 79
Figura 13 – Tamanho Médio e Máximo das Juntas Entre os Blocos 80
Figura 14 – Ajuste das Juntas dos Blocos 80
Figura 15 – Corte dos Blocos com Talhadeira 81
Figura 16 – Maneiras de Realizar o Corte dos Blocos 82
Figura 17 – Distância para Corte do Bloco 82
Figura 18 – Preenchimento de Espaços com Argamassa 83
Figura 19 – Modelo de Vibrador para a Compactação 83
Figura 20 – Padrão de Movimentação da Placa de Vibrocompressão 84
Figura 21 – Padrão de Movimentação da Placa de Vibrocompressão 84
Figura 22 – Distância para a Compactação Inicial 85
Figura 23 – Retirar Blocos que Quebraram 85
Figura 24 – Utilização de Areia Fina para os Rejuntes 86
Figura 25 – Peneiração da Areia por Malha Quadrada de 2,5mm 86
Figura 26 – Quantidade de Areia para Rejunte de 1m² 87
Figura 27 – Aplicação da Areia para o Rejunte dos Blocos 87
Figura 28 – Compactação e Varrição Final 88
Figura 29 – Passagens Finais da Placa Vibrocompressora 88
Figura 30 – Deixar o Excesso de Areia para Rejunte sobre o Pavimento 89
Figura 31 – Cuidados Finais da Pavimentação 89
Figura 32 – Manutenção das Juntas Intertravadas 90
Figura 33 – Repavimentação em Casos de Afundamento da Pavimentação 90

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 117 / 354

Figura 34 – Investigar Causa de Ondulações 91
Figura 35 – Limpeza Correta dos Blocos 91
Figura 36 – Conjunto de sinais de regulamentação 95
Figura 37 – Placa R-1: Parada obrigatória 96
Figura 38 – Placa R-6c: Proibido parar e estacionar 97
Figura 39 – Exemplo de suporte das placas 98
Figura 40 – Angulação das placas 99
Figura 41 – Posicionamento lateral das placas 99
Figura 42 – Detalhe do poste de sinalização vertical – Vista posterior 100

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Volumes de corte e aterro totais 9

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 118 / 354

1. SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços preliminares constituem etapa fundamental para o sucesso da execução da obra, estabelecendo as condições adequadas para desenvolvimento dos trabalhos subsequentes. Estes serviços devem ser executados com rigor técnico e seguindo as melhores práticas da construção civil, garantindo segurança, qualidade e eficiência na execução da obra.

1.1 Canteiro de Obras

O canteiro de obras deverá ser implantado em área adequada dentro do terreno da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), proporcionando condições técnicas e operacionais apropriadas para o desenvolvimento seguro e eficiente de todas as atividades construtivas. A implantação do canteiro deverá atender rigorosamente aos requisitos da NR-18 (Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção) e demais normas de segurança vigentes, contemplando a seguinte infraestrutura:

- **Placa de obra:** Placa padrão CESAN indicando a obra, agente financeiro e informações técnicas, com dimensão de 8,00 m², conforme padrões da concessionária
- **Barracão para escritório e fiscalização:** Estrutura fechada, dimensionada para 30,00 m², destinada às atividades administrativas, gestão, planejamento e coordenação das atividades construtivas, com espaço adequado para instalação de equipamentos de escritório e reuniões técnicas
- **Barracão para depósito e almoxarifado:** Estrutura fechada com área de 15,00 m², destinada ao armazenamento organizado de materiais e ferramentas, com proteção contra intempéries e facilidades para controle de estoque
- **Barracão para refeitório:** Estrutura com área de 18,00 m², adequada para refeições dos trabalhadores, com condições mínimas de higiene, conforto e segurança, incluindo instalações para preparação e consumo de alimentos

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 119 / 354

- **Barracão para vestiários e sanitários:** Estrutura com área de 15,00 m², dimensionada conforme número de trabalhadores previstos, atendendo rigorosamente aos padrões de higiene e segurança do trabalho estabelecidos pela NR-18, incluindo vestiários, sanitários e chuveiros
- **Padrão de entrada provisória de energia:** Instalação de 1 unidade de padrão de entrada provisória de energia, dimensionado para atender à demanda de energia das instalações do canteiro e dos equipamentos de obra, com proteção adequada e conformidade com normas de segurança elétrica
- **Padrão de entrada provisória de água:** Instalação de 1 unidade de padrão de entrada provisória de água, garantindo abastecimento adequado para as atividades do canteiro, refeitório, vestiários e limpeza geral
- **Fossa séptica pré-moldada:** Instalação de 1 unidade de fossa séptica pré-moldada com capacidade para 10 pessoas, dimensionada conforme normas técnicas vigentes (NBR 7229), garantindo adequado tratamento dos efluentes gerados nas instalações sanitárias do canteiro
- **Sumidouro pré-moldado:** Instalação de 1 unidade de sumidouro pré-moldado com capacidade para 10 pessoas, complementando o sistema de tratamento de efluentes, garantindo a infiltração adequada no solo conforme normas técnicas vigentes
- **Tapume com telha metálica:** Instalação de tapume perimetral com telha metálica (espessura 0,50 mm) com altura de 2,00 m, totalizando 48,00 m de comprimento, destinado à delimitação, segurança e proteção da área de obras contra acessos não autorizados
- **Barracão abertas para guarda de tubos:** Estrutura aberta com área de 24,00 m², destinada ao armazenamento de elementos pré-moldados, especialmente tubulações de concreto, blocos e outros

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 120 / 354

materiais que não exigem proteção contra umidade, com organização que facilite a movimentação e o controle de materiais

Todas as instalações do canteiro deverão ser removidas ao término da obra, restaurando-se a área às condições originais conforme exigências do contrato e legislação ambiental vigente. O responsável técnico deverá acompanhar a implantação e manutenção do canteiro, garantindo conformidade com as normas de segurança e as especificações deste memorial.

1.2 Locação da Obra

A locação da obra constitui serviço fundamental para garantir a execução das estruturas nas posições corretas conforme especificado nos projetos. O serviço deve ser executado por profissional habilitado, utilizando equipamentos topográficos adequados e seguindo rigorosamente as cotas e dimensões indicadas nos desenhos técnicos.

Os pontos de controle estabelecidos nos projetos são:

- **P01:** Coordenadas específicas conforme projeto topográfico;
- **P02:** Referência para alinhamento das estruturas principais;
- **P03:** Controle altimétrico das fundações;
- **P04:** Referência para sistema de drenagem.

2. TERRAPLENAGEM

2.1 Introdução

Este item do memorial descritivo estabelece os requisitos técnicos, as diretrizes construtivas e os procedimentos a serem rigorosamente observados na execução dos serviços de terraplenagem para a obra. O objetivo primordial desta etapa é a remodelação do relevo existente para atender às novas geometrias, platôs e cotas de projeto, garantindo uma base estável e tecnicamente adequada para a implantação das estruturas de piso, paisagismo e demais elementos urbanísticos.

Para o projeto foi calculado os seguintes volumes de corte e aterro:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 121 / 354

Tabela 1 – Volumes de corte e aterro totais

ESTACA	VOL. CORTE (m³)	VOL. ATERRO (m³)
0+0,00	269,7	0
0+10,00	560,25	20,1
1+0,00	661,05	20,1
1+10,00	605,35	0
2+0,00	517,4	20,65
2+10,00	552,25	27,3
3+0,00	518,1	43,95
3+10,00	432,35	103,75
4+0,00	278,6	107,4
4+10,00	124,85	53,35
5+0,00	16,006	6,572
TOTAL	**4535,906**	**403,172**

Fonte: Autoria Própria, 2026.

Todo o material que será utilizado como aterro, será aproveitado do material que será cortado, dessa forma, teremos a necessidade de encaminhar 4.132,734m³ para a área de bota-fora licenciada.

2.2 Referências normativas

- DNER 080-94-ME – Solos - Análise granulométrica por peneiramento;
- DNER 082-94-ME – Solos - Determinação do limite de plasticidade;
- DNER 093-94-ME – Solos - Determinação da densidade real;
- DNIT 104-09-ES – Terraplanagem – Serviços preliminares;
- DNIT 106-09-ES – Terraplanagem – Cortes;
- DNIT 107-09-ES – Terraplanagem – Empréstimos;
- DNIT 108-09-ES – Terraplanagem – Aterros;
- DNIT 160-12-ME – Solos - Determinação da expansibilidade;
- DNIT 164-13-ME – Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 122 / 354

- DNIT 172-2016-ME – Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia;
- NBR 5681/15 – Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações;
- NBR 6457/16 – Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
- NBR 6459/16 – Solo – Determinação do limite de liquidez;
- NBR 7180/16 – Solo – Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 7181/16 – Solo – Análise granulométrica;
- NBR 7182/16 – Solo – Ensaio de compactação;
- NBR 9061/85 – Segurança de escavação a céu aberto;
- NBR 9895/17 – Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio;
- NBR 12102/91 – Solo - Controle de compactação pelo método de Hilf;
- NBR 13133/94 – Execução de levantamento topográfico;
- NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;
- Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho.

2.3 Metodologia de Projeto

Foi executado o levantamento planialtimétrico da área de projeto, para gerar uma superfície com dados altimétricos, o modelo digital do terreno (MDT) que serve como base para os cálculos dos volumes. Com o auxílio de GPS RTK e nível óptico, foi possível a realização do levantamento dos dados de cada ponto, onde será realizada a ampliação do empreendimento. Este levantamento ocorreu para o cálculo do volume de Corte e Aterro.

O projeto de terraplenagem foi concebido conforme as definições de níveis proposto no projeto de geométrico e drenagem.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 123 / 354

2.4 Área de bota-fora

Na execução das obras de terraplenagem para a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) resultará em um volume excedente de solo, conforme apontado pelo balanço de massa do projeto (4.132,734m³). Este material, que não será reaproveitado nas etapas de reaterro ou conformação topográfica interna, necessita de destinação final adequada em áreas de bota-fora. A gestão desse excedente deve obedecer a critérios técnicos de engenharia geotécnica e rigorosos parâmetros ambientais, garantindo a estabilidade do depósito e a mitigação de impactos no entorno.

A área determinada como depósito do material excedente está localizado nas coordenadas Longitude: 302722,00m e Latitude: 7811266,00m e é apresentada na imagem abaixo:

Figura 1 - Área de bota-fora

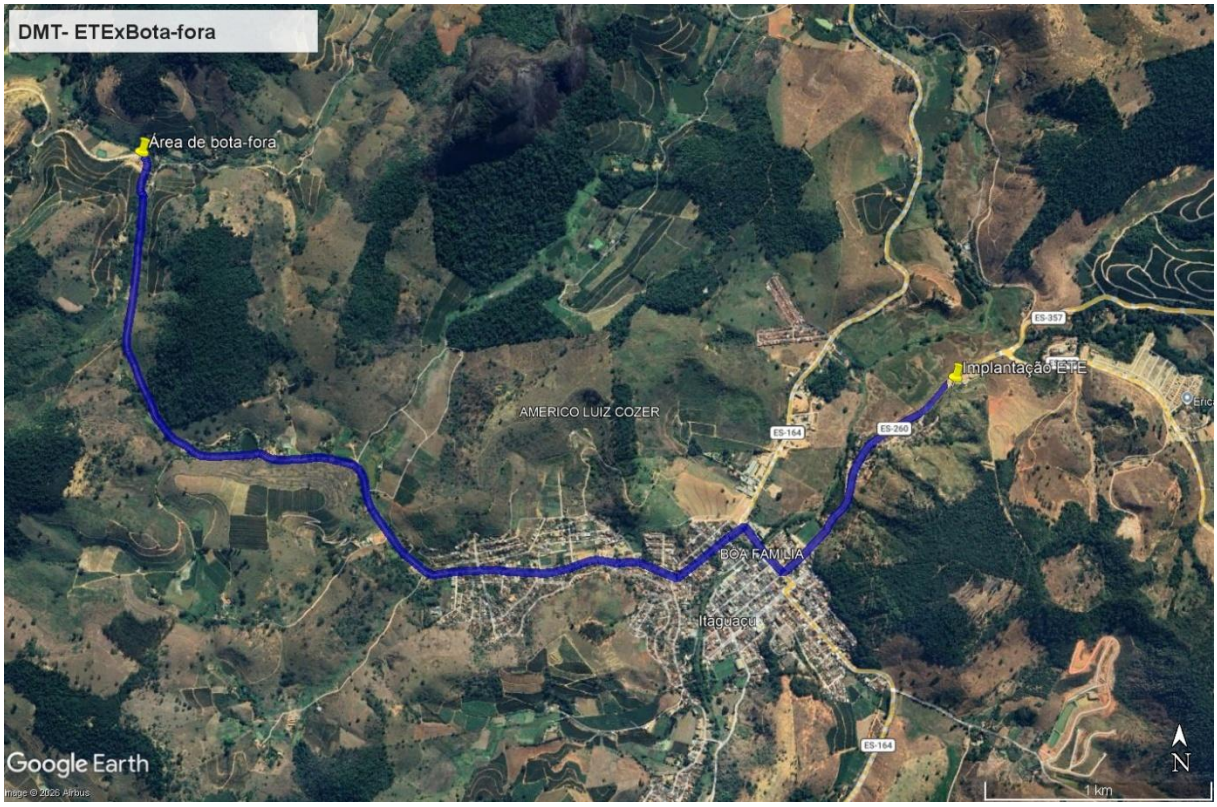


Fonte: Google Earth (2026)

A distância média de transporte entre o local de implantação da ETE e o bota-fora é de cerca de 5,90km e é apresentado na imagem a seguir:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 124 / 354

Figura 2 - DMT ETExBota-fora



Fonte: Google Earth (2026

2.5 Serviços Preliminares

Os serviços preliminares compreenderão a locação da obra, a ser realizada conforme as dimensões e referências indicadas no projeto executivo. A locação deverá ser efetuada com o uso de cavaletes e piquetes, devidamente nivelados. Para as etapas de aterro, deverão ser instalados cavaletes intermediários com marcação das cotas de cada camada, de modo a garantir o controle de espessura e a conformidade geométrica do reaterro.

Antes do início dos serviços de aterro, será executada a limpeza da área de intervenção, com a remoção integral de materiais orgânicos, solos com presença de raízes ou qualquer outro elemento considerado inservível para a execução do reaterro. Os materiais removidos deverão ser destinados a área de bota-fora previamente definida e licenciada, conforme diretrizes ambientais vigentes.

A superfície do subleito deverá ser adequadamente regularizada e compactada, conforme especificações constantes na planilha orçamentária e

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 125 / 354

nos projetos complementares, garantindo as condições adequadas de suporte para as camadas subsequentes de aterro compactado.

2.6 Corte

Os cortes no terreno serão executados rigorosamente de acordo com as seções transversais e longitudinais definidas no projeto executivo, seguindo as especificações técnicas das normas brasileiras (NBR's) aplicáveis.

Para a realização das escavações, serão empregados equipamentos adequados às características do terreno e às necessidades do projeto. Entre os equipamentos previstos, destacam-se tratores de esteiras ou pneus, equipados com lâmina e, quando necessário, escarificador, além de pás carregadeiras, escavadeiras, retroescavadeiras e niveladoras. A escolha dos equipamentos será definida em função das características técnicas de cada frente de trabalho.

É fundamental ressaltar que a potência dos tratores utilizados nas operações de corte não poderá ser inferior a 140 HP. Já para as operações de carga, serão utilizadas pás carregadeiras de pneus com potência mínima de 100 HP, exceto em casos de elevada umidade do solo, nos quais será obrigatório o uso de pás carregadeiras de esteiras para garantir a eficiência e qualidade dos serviços, especialmente na preparação das bases dos aterros.

O material proveniente das escavações será rigorosamente analisado para avaliar a viabilidade de seu reaproveitamento nos aterros. O reaproveitamento do material de escavação somente será permitido desde que este apresente características físicas e mecânicas uniformes e adequadas às especificações técnicas do projeto, garantindo assim a qualidade e durabilidade da obra.

2.7 Aterro

O material de empréstimo a ser utilizado nos aterros deverá ser previamente submetido a ensaios laboratoriais, conforme especificado nas NBRs aplicáveis. Devem ser determinados o limite de liquidez, limite de plasticidade, análise granulométrica, densidade real e ensaio de compactação. Para

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 126 / 354

o material que comporá as camadas sob a pavimentação, deverá ser realizado, adicionalmente, o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC).

O transporte do material de empréstimo deverá ser feito em caminhão basculante, com volume compatível com o disponível no momento da obra e o veículo deve estar completamente vedado, para que não haja perda de material pelo percurso da jazida à obra.

A superfície a ser aterrada deverá ser previamente escarificada até a profundidade de, no máximo, 30 cm, de forma a garantir a adequada aderência entre o corpo do aterro e o terreno natural, bem como a homogeneidade da estrutura do aterro.

Os solos para aterro deverão ser compostos por materiais selecionados não podendo ser utilizadas turfas, argilas orgânicas, nem solo com matéria orgânica micáceas ou diatomácea, restos de vegetação e/ou demolições.

Na execução do corpo dos aterros os solos deverão apresentar capacidade de suporte adequada (ISC > 2 %) e índice de expansão menor que 4%, determinado no ensaio de índice de suporte Califórnia (CBR), utilizando a energia normal de compactação conforme NBR 9895, equivalente à Norma DNIT 172-2016, exceto quando indicado o contrário pelo projeto.

A camada final dos aterros executados com finalidade viária (camadas de pavimento) deverá ser constituída de solos selecionados dentre os melhores disponíveis, terão o índice de expansão limitados a 2%. Preferencialmente, os solos deverão receber tratamento prévio na jazida, de modo que, ao serem descarregados no local de trabalho, apresentem-se já com umidades próximas à faixa especificada, soltos e sem presença de torrões ou núcleos duros.

As características acima relacionadas deverão ser comprovadas através da análise dos resultados dos ensaios específicos obrigatórios, conforme definido na NBR 5681, assim como nas normas complementares, antes do início dos serviços.

Para a construção e compactação dos aterros poderão ser empregados tratores de lâmina, caminhões basculantes, motoniveladoras, rolos de com-

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 127 / 354

pactação (lisos, pés de carneiro, estáticos ou vibratórios), rebocados por tratores agrícolas ou auto propulsores, grade de discos para aeração, caminhão pipa para umedecimento e pulvimisturador para a homogeneização.

2.7.1. Execução do Aterro

Antes do lançamento da primeira camada de aterro, quando a inclinação da superfície natural do terreno exceder 1 (V): 3 (H), será necessário criar degraus na superfície. Esses degraus garantirão uma perfeita aderência entre o terreno e o aterro, evitando a formação de superfícies que possam favorecer o escorregamento. A largura dos degraus deverá ser compatível com o equipamento de compactação utilizado, de forma a assegurar uma boa conexão entre o maciço existente e o aterro em execução.

Antes de lançar cada camada, o solo deverá ser escarificado com o uso de gradeamento, criando ranhuras ao longo das curvas de nível. O material será homogeneizado na umidade especificada, destorroado e revolvido por grade ou arado de disco até que a uniformidade desejada seja alcançada. Durante as operações de lançamento e espalhamento, deverá haver uma equipe responsável pela remoção de raízes, detritos e outros materiais inadequados.

Na execução do aterro, cada camada será lançada e compactada com uma sobrelargura mínima de 50 cm, medida na horizontal além dos alinhamentos do projeto. Essa sobrelargura será removida durante os serviços de acabamento do talude, antes da implementação da proteção superficial, para evitar a permanência de material solto ou solo mal compactado nas proximidades do talude.

Todo o material do aterro será compactado por rolos compactadores, operando a uma velocidade adequada ao tipo de equipamento e às suas características. O número de passadas do rolo será o suficiente para atingir o grau de compactação especificado. Cada passada deverá cobrir toda a extensão da faixa a ser compactada, com um recobrimento lateral mínimo de 30 cm entre as faixas.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 128 / 354

O lançamento de qualquer camada só será permitido após a liberação da camada anterior pela fiscalização, que verificará se os ensaios de campo, como o método de Hilf, confirmam que o grau de compactação (G.C.) e o desvio de umidade (Dh) estão de acordo com as especificações de projeto. Caso a superfície compactada apresente uma textura lisa, ela deverá ser escarificada com grade de disco ou equipamento apropriado antes do lançamento da nova camada. Em hipótese alguma serão permitidos novos lançamentos sobre superfícies lisas. Após a escarificação, a contratada deverá realizar o destorroamento, ajustar a umidade do solo, se necessário, e homogeneizar o material antes do lançamento da nova camada.

Nos locais onde o uso de rolos compactadores não for viável, a compactação será realizada com compactadores manuais, como soquetes pneumáticos. Nesses casos, a espessura da camada solta a ser compactada será de no máximo 15 cm, podendo ser alterada pela fiscalização conforme o tipo de solo e equipamento utilizados.

As operações de aterro compreendem:

- Descarga, espalhamento, umedecimento ou aeração e compactação dos materiais provenientes de cortes ou empréstimos para a construção do corpo de aterro, até 1 metro abaixo da cota de terraplenagem;
- Descarga, espalhamento, homogeneização, umedecimento ou aeração e compactação dos materiais selecionados para a construção da camada final do aterro, até a cota de terraplenagem;
- Descarga, espalhamento, homogeneização, umedecimento ou aeração e compactação de materiais substitutos, caso sejam removidos materiais de qualidade inferior.

Recomendações complementares:

- Em encostas de inclinação transversal acentuada, a escarificação com o bico da lâmina do trator deve ser realizada conforme o projeto, criando ranhuras que acompanhem as curvas de nível antes

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 129 / 354

da execução do aterro. Se o solo exigir medidas especiais para garantir a aderência ao terreno natural, a fiscalização poderá solicitar a execução de degraus ao longo da área a ser aterrada.

- A construção de aterros deverá ser realizada em camadas sucessivas, abrangendo toda a seção transversal, e em extensões que permitam a compactação adequada.
- Em caso de alargamento de aterros, a execução deverá ser feita de baixo para cima, com degraus nos taludes. Quando previsto em projeto, o alargamento poderá ser realizado por arrasamento parcial do aterro existente, preenchendo a nova seção com material escavado e complementando com material importado.
- A inclinação dos taludes será determinada pelo projeto, considerando as características do solo e as condições locais.
- Para proteger os taludes contra erosão, devem ser executadas drenagens adequadas e obras de proteção, como plantio de gramíneas ou construção de patamares, de acordo com o projeto.
- Em áreas suscetíveis a solapamento, especialmente durante épocas de chuva, poderá ser necessária a construção de enrocamentos ou outros dispositivos de proteção, conforme especificado no projeto.
- Todas as camadas deverão ser compactadas de forma adequada. Trechos que não atingirem o grau de compactação exigido deverão ser escarificados, homogeneizados, ajustados à umidade correta e compactados novamente.
- As camadas soltas deverão ter espessura máxima de 30 cm e compactação de pelo menos 95% ou 100% do Proctor normal, ou mais conforme as especificações da obra, com umedecimento e homogeneização, se necessário.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 130 / 354

3. ESTRUTURA DE CONCRETO

A estrutura da Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu - ES compreende elementos em concreto armado e alvenaria estrutural, dimensionados para garantir a segurança, estabilidade e durabilidade de todas as unidades operacionais. As estruturas abrangem fundações em radier e sapata, paredes em alvenaria estrutural com pilaretes, lajes em concreto armado, elementos de concreto simples e peças metálicas, todos executados em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes. Este memorial descreve as diretrizes, especificações técnicas, metodologias executivas e parâmetros de controle para a execução de cada tipo de elemento estrutural.

3.1 Especificações dos Materiais

3.1.1. Concreto Estrutural

O concreto a ser utilizado nos elementos estruturais deverá atender à classe de resistência C40, com as seguintes especificações técnicas obrigatórias:

a) Características do Concreto

- Resistência Característica à Compressão (fck): 40 MPa aos 28 dias, medida em corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm
- Consumo Mínimo de Cimento: 400 kg/m³, garantindo a durabilidade e a resistência especificadas
- Tipo de Cimento: CP II-E32 (cimento Portland composto com escória), resistente a sulfatos
- Fator Água/Cimento (A/C): Máximo de 0,55, assegurando a trabalhabilidade adequada e a impermeabilidade do concreto
- Agregado Graúdo: Granito com diâmetro máximo característico de 19 mm, isento de impurezas e materiais deletérios
- Agregado Miúdo: Areia natural ou artificial, com módulo de finura entre 2,0 e 3,5, isenta de materiais orgânicos e argilas

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 131 / 354

- Abatimento (Slump): 100 ± 20 mm, medido conforme NBR NM 67, garantindo trabalhabilidade adequada para lançamento e adensamento por bombeamento

b) Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto é obrigatório e deverá ser realizado através de ensaios sistemáticos durante toda a execução da obra. Para cada concretagem, deverão ser moldados no mínimo 2 corpos de prova para cada 50 m³ de concreto ou fração, sendo um rompido aos 7 dias e outro aos 28 dias. Os ensaios de compressão axial deverão seguir os procedimentos da NBR 5739. Além disso, deverá ser realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test) conforme NBR NM 67 a cada betonada, garantindo a consistência do material. O concreto somente poderá ser aceito se a resistência característica à compressão do lote for igual ou superior a 40 MPa aos 28 dias. Caso os resultados indiquem resistências inferiores, deverão ser realizados ensaios complementares em testemunhos extraídos da estrutura, conforme NBR 7680.

3.1.2. Concreto para Pilares de Suporte de Tubulações

Os pilares de suporte das tubulações deverão ser executados em concreto com fck = 25 MPa, com as mesmas especificações gerais do concreto C40, porém com resistência reduzida conforme as exigências estruturais específicas destes elementos.

3.1.3. Concreto de Regularização

O concreto de regularização (lastro) sob elementos de fundação deverá ter fck mínimo de 10 MPa, com traço aproximado de 1:4:8 (cimento, areia e brita), espessura de 5 cm. Este concreto proporciona uma superfície nivelada para a montagem das armaduras e evita a contaminação do concreto estrutural com solo.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 132 / 354

3.1.4. Aço para Armadura

As armaduras passivas deverão ser constituídas por barras de aço nervurado das categorias CA-50 (tensão característica de escoamento de 500 MPa) e CA-60 (tensão característica de escoamento de 600 MPa), em conformidade com a NBR 7480. As barras deverão apresentar superfície isenta de oxidação excessiva, óleos, graxas ou qualquer substância que possa prejudicar a aderência com o concreto.

As barras de aço deverão ser armazenadas em local seco, protegidas da umidade e organizadas por categoria e diâmetro. O corte e o dobramento das armaduras deverão ser realizados a frio, seguindo rigorosamente os detalhamentos indicados nas pranchas de projeto. É vedado o aquecimento das barras para facilitar o dobramento, pois este procedimento pode comprometer as propriedades mecânicas do aço.

A montagem das armaduras deverá ser executada sobre cavaletes ou gabaritos, garantindo o posicionamento correto e o espaçamento especificado em projeto. As barras deverão ser amarradas com arame recozido nos pontos de cruzamento, assegurando a rigidez do conjunto durante o lançamento do concreto. O cobrimento nominal das armaduras deverá ser garantido através de espaçadores plásticos ou de concreto, posicionados a cada metro ao longo das barras e nas extremidades das peças.

c) Cobrimentos Especificados

- Sapatas: 4,0 cm
- Pilares e Lajes: 2,5 cm

d) Emendas de Barras

As barras variadas deverão ter suas medidas confirmadas no local. As emendas de barras não indicadas no projeto deverão seguir o transpasse mínimo de 40 diâmetros, conforme NBR 6118. As emendas deverão ser distribuídas de forma escalonada, evitando concentrações em uma mesma seção transversal.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 133 / 354

3.1.5. Alvenaria Estrutural

Os trechos em alvenaria estrutural serão executados com blocos de concreto com resistência característica à compressão (fbk) mínima de 14 MPa, nas dimensões de 14 x 19 x 39 cm. O graute para preenchimento dos vazios dos blocos deverá ter resistência característica à compressão mínima de 15 MPa aos 28 dias.

A argamassa de assentamento deverá ser preparada no traço 1:1:6 (cimento, cal hidratada e areia média), em volume, garantindo resistência à compressão mínima de 5,0 MPa aos 28 dias. A espessura das juntas horizontais deverá ser de 10 mm, e as juntas verticais deverão ser completamente preenchidas. A argamassa deverá ser preparada em betoneira, garantindo homogeneidade e consistência adequada.

3.2 Fundações

3.2.1. Radier

As fundações em radier constituem a base de apoio para a maioria das unidades da ETE, distribuindo as cargas de forma uniforme no solo. Os radiers apresentam espessuras variáveis conforme a unidade: 10 cm (Elevatória Chegada), 15 cm (Leito de Secagem, Queimador de Gás, Caixa de Gordura, Calha Parshall, Casa de Operações), 20 cm (Peneira Estática, Caixa de Areia) e 30 cm (Decantador Secundário).

3.2.1.1 Locação e Escavação

A locação das fundações deverá ser realizada por equipe de topografia, utilizando equipamentos de precisão (estação total ou teodolito), garantindo que os eixos e cotas estejam em conformidade com o projeto. A escavação será realizada mecanicamente com retroescavadeira, atingindo a cota de apoio especificada em projeto. O fundo da escavação deverá ser regularizado e compactado, apresentando superfície horizontal e firme. Qualquer desvio superior a 5 cm deverá ser comunicado ao projetista para análise.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 134 / 354

3.2.1.2 Compactação do Fundo de Vala

Após a escavação, o fundo da vala deverá ser compactado mecanicamente com compactador de solos a percussão até atingir no mínimo 95% da energia do Proctor Normal. A verificação será feita por meio de ensaios de densidade "in situ" (NBR 7185) em frequência mínima de um ensaio a cada 500 m² de área compactada. O solo compactado deverá apresentar superfície plana e uniforme.

3.2.1.3 Lastro de Concreto Magro

Sobre o solo compactado, será executado um lastro de concreto magro com 5 cm de espessura para regularização da base que receberá as armaduras. O concreto magro terá fck mínimo de 10 MPa, composto por cimento Portland comum, areia grossa e brita 1, com traço aproximado de 1:4:8. O acabamento será sarrafeado com régua de alumínio e desempenado com colher de pedreiro, garantindo uma superfície plana e nivelada. Este lastro proporciona uma base adequada para a montagem das armaduras e evita a contaminação do concreto estrutural com solo.

3.2.1.4 Montagem das Armaduras

As armaduras dos radiers deverão ser montadas conforme detalhamento das pranchas de projeto, respeitando os espaçamentos, comprimentos de ancoragem e cobrimentos especificados. O cobrimento nominal de 4,0 cm deverá ser garantido através de espaçadores plásticos ou de concreto, posicionados na face inferior e nas laterais das armaduras, a cada metro ao longo das barras e nas extremidades das peças. As barras deverão ser amarradas com arame recozido nos pontos de cruzamento, assegurando a rigidez do conjunto durante o lançamento do concreto.

3.2.1.5 Fabricação e Montagem de Formas

As formas dos radiers serão executadas em painéis de madeira serrada ou compensado resinado com espessura mínima de 12 mm, travadas com gravatas metálicas ou de madeira. As formas deverão ser estanques, rígidas

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 135 / 354

e alinhadas, garantindo as espessuras especificadas em projeto e o prumo das estruturas. O espaçamento entre as faces das formas deverá ser mantido através de espaçadores plásticos ou metálicos, posicionados a cada 1,5 m. As formas deverão permitir o reaproveitamento máximo de 4 utilizações.

3.2.1.6 Concretagem do Radier

O lançamento do concreto deverá ser realizado com uso de bomba, de forma contínua para evitar a formação de juntas frias. O concreto será bombeado diretamente nas formas, garantindo o preenchimento completo. O adensamento será realizado com vibradores de imersão (frequência mínima 50 Hz) por tempo máximo de 10 segundos por ponto. O vibrador deverá penetrar na camada anterior em aproximadamente 10 cm, garantindo a continuidade do concreto. É fundamental evitar a segregação do concreto e a formação de ninhos de concretagem. O vibrador não deverá tocar nas formas ou nas armaduras.

O acabamento superficial será sarrafeado com régua de alumínio e desempenado com colher de pedreiro, garantindo uma superfície plana e uniforme. A concretagem não deverá ser realizada sob chuva ou com presença de água nas formas.

3.2.1.7 Desforma e Cura

A desforma das faces laterais poderá ser realizada após 3 dias da concretagem, desde que o concreto apresente resistência suficiente para não sofrer danos. A cura deverá ser mantida por no mínimo 7 dias, iniciada imediatamente após o fim da pega do concreto. A cura será úmida, realizada através de aspersão de água ou cobertura com lona plástica, mantendo a superfície permanentemente molhada.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 136 / 354

3.2.2. Sapatas

As fundações em sapata isolada são utilizadas para os pilares de suporte das tubulações, com dimensões de 50 x 50 x 30 cm. Estas fundações distribuem as cargas dos pilares de forma concentrada no solo, garantindo a estabilidade e a capacidade de carga adequada.

3.2.2.1 Locação e Escavação

A locação das sapatas deverá ser realizada com precisão milimétrica, garantindo o posicionamento correto dos eixos conforme prancha de projeto. A escavação será realizada mecanicamente com retroescavadeira, atingindo a profundidade especificada em projeto. O fundo da escavação deverá ser regularizado e compactado, apresentando superfície horizontal e firme. Qualquer desvio superior a 5 cm deverá ser comunicado ao projetista para análise.

3.2.2.2 Preparo do Fundo de Vala

O fundo da vala deverá ser preparado com uma camada de brita, lançada mecanicamente, com espessura de aproximadamente 10 cm. Esta camada proporciona drenagem e uma base de apoio adequada para a sapata.

3.2.2.3 Escoramento de Vala

Quando necessário, será executado escoramento contínuo para garantir a estabilidade dos taludes, em conformidade com a NR-18. O escoramento será do tipo contínuo, com pranchas de madeira (mínimo 5 cm de espessura) ou perfis metálicos, dimensionado para profundidades de 1,5 m a 3,0 m e largura menor que 1,5 m. O escoramento deverá ser removido após a concretagem e cura do concreto.

3.2.2.4 Lastro de Concreto Magro

Sobre o fundo preparado, será executado um lastro de concreto magro com 5 cm de espessura. O concreto magro terá fck mínimo de 10 MPa, com traço aproximado de 1:4:8. O acabamento será sarrafeado e desempenado.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 137 / 354

3.2.2.5 Montagem das Armaduras

As armaduras das sapatas deverão ser montadas conforme detalhamento de projeto, respeitando os espaçamentos, comprimentos de ancoragem e cobrimentos especificados. O cobrimento nominal de 4,0 cm deverá ser garantido através de espaçadores plásticos ou de concreto, posicionados na face inferior e nas laterais das armaduras. As barras deverão ser amarradas com arame recozido nos pontos de cruzamento.

3.2.2.6 Fabricação e Montagem de Formas

As formas das sapatas serão executadas em painéis de madeira serrada ou compensado resinado, travadas com gravatas metálicas ou de madeira. As formas deverão ser estanques, rígidas e alinhadas, garantindo as dimensões especificadas em projeto. O espaçamento entre as faces das formas deverá ser mantido através de espaçadores plásticos ou metálicos.

3.2.2.7 Concretagem da Sapata

O lançamento do concreto deverá ser realizado de forma contínua, evitando a formação de juntas frias. O adensamento será realizado com vibradores de imersão por tempo máximo de 10 segundos por ponto. O acabamento superficial será sarrafeado com régua de alumínio e desempenado com colher de pedreiro.

3.2.2.8 Desforma e Cura

A desforma poderá ser realizada após 3 dias da concretagem. A cura deverá ser mantida por no mínimo 7 dias, através de aspersão de água ou cobertura com lona plástica.

3.3 Alvenaria Estrutural

As paredes em alvenaria estrutural constituem os elementos de vedação e suporte das unidades da ETE. Estas paredes são executadas em blocos de concreto com pilaretes estruturais preenchidos com graute e armadura, garantindo a resistência e a estabilidade necessárias.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 138 / 354

3.3.1. Assentamento de Blocos

Os blocos de concreto deverão ser assentados com argamassa de cimento, cal e areia (traço 1:1:6), com as juntas devidamente preenchidas e amarradas. A espessura das juntas horizontais deverá ser de 10 mm, e as juntas verticais deverão ser completamente preenchidas. A argamassa deverá ser preparada em betoneira, garantindo homogeneidade e consistência adequada.

O assentamento deverá ser realizado de forma escalonada, garantindo o alinhamento vertical e horizontal dos blocos. A altura máxima de levantamento por dia será de 1,5 m, permitindo a cura adequada da argamassa antes do acréscimo de novas camadas. O nível e o prumo deverão ser verificados a cada fiada de blocos.

3.3.2. Pilaretes Estruturais

Nos pontos indicados pelo projeto, a alvenaria será reforçada com pilaretes estruturais, que consistem em vazios dos blocos preenchidos com graute e armadura de aço. Os pilaretes deverão ser preenchidos com graute conforme o avanço da alvenaria, garantindo a aderência adequada entre o graute e os blocos.

O graute deverá ter resistência característica à compressão mínima de 15 MPa aos 28 dias. A armadura dos pilaretes deverá ser montada conforme detalhamento de projeto, garantindo o posicionamento correto e a ancoragem adequada. O preenchimento com graute deverá ser realizado em camadas de aproximadamente 50 cm de altura, com adensamento através de vibrador de imersão ou soquete metálico.

3.3.3. Fiadas de Canaleta

Em determinados pontos da alvenaria, serão executadas fiadas de blocos canaleta, que servem para distribuir cargas horizontais e facilitar a passagem de tubulações. Os blocos canaleta deverão ser assentados com argamassa, e o preenchimento com concreto ou graute deverá ser realizado conforme indicado em projeto.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 139 / 354

3.3.4. Impermeabilização de Alvenaria

Após a cura completa da argamassa (mínimo 7 dias), as faces da alvenaria que estarão em contato com água ou esgoto deverão receber tratamento impermeabilizante, conforme especificações do projeto de impermeabilização.

3.4 Lajes em Concreto Armado

As lajes em concreto armado são utilizadas em determinadas unidades da ETE, como no Decantador Secundário (h=15cm) e na Elevatória Chegada (h=10cm). Estas lajes distribuem as cargas de forma uniforme e garantem a estanqueidade das estruturas.

3.4.1. Fabricação e Montagem de Formas

As formas das lajes serão executadas em painéis de madeira serrada ou compensado resinado, travadas com escoras e gravatas metálicas ou de madeira. As formas deverão ser estanques, rígidas e alinhadas, garantindo as espessuras especificadas em projeto. O espaçamento entre as faces das formas deverá ser mantido através de espaçadores plásticos ou metálicos, posicionados a cada 1,5 m. As formas deverão permitir o reaproveitamento máximo de 4 utilizações.

3.4.2. Montagem das Armaduras

As armaduras das lajes deverão ser montadas conforme detalhamento de projeto, respeitando os espaçamentos, comprimentos de ancoragem e cobrimentos especificados. O cobrimento nominal de 2,5 cm deverá ser garantido através de espaçadores plásticos ou de concreto, posicionados a cada metro ao longo das barras. As barras deverão ser amarradas com arame recozido nos pontos de cruzamento.

3.4.3. Concretagem da Laje

O lançamento do concreto deverá ser realizado com uso de bomba, de forma contínua para evitar a formação de juntas frias. O adensamento será

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 140 / 354

realizado com vibradores de imersão por tempo máximo de 10 segundos por ponto. O acabamento superficial será sarrafeado com régua de alumínio e desempenado com colher de pedreiro.

3.4.4. Desforma e Cura

A desforma poderá ser realizada após 7 dias da concretagem, desde que o concreto apresente resistência suficiente. A cura deverá ser mantida por no mínimo 7 dias, através de aspersão de água ou cobertura com lona plástica.

3.5 Elementos de Concreto Simples

Determinadas unidades apresentam elementos em concreto simples, como o pescoço do Queimador de Gás (h=20cm). Estes elementos não possuem armadura e são executados com concreto C40, seguindo os mesmos procedimentos de concretagem, adensamento e cura descritos para os elementos armados.

3.6 Impermeabilização de Estruturas

Para garantir a estanqueidade dos tanques e a proteção das estruturas contra a infiltração de água e o ataque de agentes agressivos presentes no esgoto, será aplicado um sistema de impermeabilização robusto em todas as faces internas das unidades que estarão em contato com água ou esgoto.

3.6.1. Chapisco

As superfícies de alvenaria e concreto deverão receber chapisco em argamassa de cimento e areia (traço 1:3), com espessura mínima de 5 mm. O chapisco será aplicado com colher de pedreiro, criando uma superfície de ancoragem adequada para as camadas subsequentes.

3.6.2. Argamassa Impermeável

Sobre o chapisco, será aplicada argamassa com aditivo impermeabilizante com espessura de 1,5 cm. Esta camada proporciona a primeira linha de proteção contra a infiltração de água.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 141 / 354

3.6.3. Argamassa Polimérica Semiflexível

Por fim, serão aplicadas três demãos de argamassa polimérica semiflexível (tipo Sikatop 107 ou equivalente técnico), em sistema cruzado (vertical, horizontal, vertical), respeitando os tempos de secagem entre demãos (mínimo 24 horas conforme especificações do fabricante). Esta camada proporciona flexibilidade e resistência adicional contra movimentações estruturais.

3.6.4. Impermeabilização com Revestimento Epóxi

Em áreas específicas onde houver maior agressividade ou risco de infiltração, será aplicado revestimento epóxi com alcatrão em 3 demãos, garantindo proteção adicional contra agentes químicos presentes no esgoto.

3.6.5. Teste de Estanqueidade

Após a cura completa do sistema de impermeabilização, será realizado teste de estanqueidade com repouso de água por no mínimo 72 horas. Qualquer infiltração detectada deverá ser reparada imediatamente.

3.7 Peças Metálicas e Acessórios

As peças metálicas de suporte, guarda-corpos, escadas e tampas serão fabricadas em aço carbono estrutural (ASTM A36) com pintura epóxi ou em aço inoxidável AISI 304, dependendo da agressividade do ambiente.

3.7.1. Tratamento de Superfície

As peças de aço carbono receberão tratamento de superfície com jateamento abrasivo ao padrão SA 2 1/2 (conforme SSPC-SP10 ou ISO 8501-1), removendo completamente ferrugem, carepa de laminação, tinta antiga e contaminantes.

3.7.2. Pintura de Proteção

Imediatamente após o jateamento, deverá ser aplicado sistema de pintura composto por primer epóxi com espessura de película seca mínima de

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 142 / 354

80 μm e acabamento com tinta epóxi de alta resistência com espessura mínima de 60 μm, totalizando espessura mínima de 140 μm. O sistema de pintura deverá garantir proteção contra corrosão por no mínimo 10 anos.

3.7.3. Montagem no Campo

A montagem no campo será feita por parafusos de alta resistência (ABNT NBR 8882) ou solda (conforme AWS D1.1), conforme especificado em projeto. As soldas deverão apresentar penetração completa, sem inclusões de escória, porosidades ou trincas. Após a execução, as soldas deverão ser inspecionadas visualmente e, em pontos críticos definidos pela fiscalização, através de ensaios não destrutivos como líquido penetrante ou ultrassom.

3.8 Reaterro de Valas

Após a execução e cura completa das estruturas (mínimo 7 dias), as valas ao redor das estruturas deverão ser reaterradas. O reaterro será executado com o próprio solo da escavação, desde que isento de matéria orgânica, raízes e outros materiais deletérios, e aprovado pela fiscalização. O material será espalhado em camadas de 20 cm e compactado manualmente com soquetes de percussão ou compactador vibratório de placa, de forma a não sobrecarregar as estruturas. A compactação deverá atingir no mínimo 95% do Proctor Normal, verificada por ensaios de densidade "in situ".

3.9 Controle de Qualidade e Segurança

3.9.1. Formas e Cimbramento

As formas para os elementos de concreto armado deverão ser projetadas para suportar as cargas do concreto fresco, as sobrecargas de execução (trabalhadores, equipamentos e materiais) e os esforços de adensamento. As formas deverão ser estanques, evitando a perda de nata de cimento, rígidas, garantindo a geometria especificada, e com superfície lisa, proporcionando bom acabamento.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 143 / 354

O cimbramento (escoras e travamentos) deverá ser dimensionado considerando as cargas atuantes e os esforços de flambagem. As escoras deverão estar perfeitamente aprumadas e travadas, evitando deslocamentos laterais. A retirada do cimbramento e das formas só poderá ocorrer após o concreto atingir resistência suficiente, sendo no mínimo 28 dias para cura completa, ou conforme ensaios de corpos de prova comprovem resistência mínima de 30 MPa. A desforma deverá ser realizada de forma gradual e cuidadosa, evitando choques e vibrações que possam danificar o concreto.

3.9.2. Lançamento e Cura do Concreto

O lançamento do concreto deverá ser realizado de forma planejada, evitando a segregação dos materiais constituintes. O concreto não deverá ser lançado de alturas superiores a 2,0 metros, e deverão ser utilizados calhas ou tubos quando necessário. O adensamento será feito com vibradores de imersão de alta frequência, introduzidos verticalmente no concreto em pontos espaçados de 40 a 60 cm. O vibrador deverá permanecer em cada ponto por 5 a 15 segundos, até que cesse o desprendimento de bolhas de ar e a superfície apresente-se brilhante. É fundamental evitar o excesso de vibração, que pode causar segregação.

A cura do concreto é um processo essencial para garantir o desenvolvimento adequado da resistência e da durabilidade. A cura deverá ser iniciada imediatamente após o fim da pega, mantendo a superfície do concreto permanentemente úmida por no mínimo 7 dias. A cura poderá ser realizada através de irrigação periódica com água, cobertura com lona plástica, aplicação de compostos de cura ou manta úmida. Durante o período de cura, o concreto deverá ser protegido contra choques, vibrações e cargas prematuras.

3.9.3. Ensaios e Controle Tecnológico

Durante toda a execução da obra, deverão ser realizados ensaios sistemáticos para controle da qualidade dos materiais e dos serviços executados:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 144 / 354

a) Concreto

- Ensaio de abatimento (slump test) a cada betonada
- Moldagem de corpos de prova para ensaio de compressão (mínimo 2 CP para cada 50 m³)
- Ensaio de compressão aos 7 e 28 dias
- Inspeção visual das superfícies concretadas

b) Aço

- Verificação visual das barras (ausência de oxidação excessiva, dobras e identificação)
- Ensaios de tração em amostras aleatórias (conforme NBR 7480)
- Verificação do posicionamento e cobrimento das armaduras antes da concretagem

c) Estrutura Metálica

- Inspeção visual das soldas
- Ensaios não destrutivos (líquido penetrante ou ultrassom) em soldas críticas
- Medição da espessura da película de tinta
- Verificação dimensional dos elementos fabricados

3.9.4. Segurança na Execução

A execução de todos os serviços deverá observar rigorosamente as Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho, em especial:

- **NR-18:** Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção;
- **NR-35:** Trabalho em altura;
- **NR-12:** Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

Todos os trabalhadores deverão utilizar os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados às atividades executadas, incluindo capacete, lu-

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 145 / 354

vas, botas de segurança, óculos de proteção e, quando aplicável, cinto de segurança. As áreas de trabalho deverão ser sinalizadas e isoladas, impedindo o acesso de pessoas não autorizadas. Os equipamentos de içamento deverão ser operados por profissionais habilitados e inspecionados periodicamente.

3.10 Procedimentos Executivos Gerais e Conformidade Normativa

Todos os serviços de estrutura deverão estar em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes, em especial:

- **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações;
- **NBR 8953:** Concreto para fins estruturais;
- **NBR 14931:** Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- **NBR 7480:** Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado;
- **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- **NBR 7680:** Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto;
- **NBR NM 67:** Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;

A execução de cada elemento estrutural seguirá a sequência: locação e escavação, preparação do fundo, montagem das armaduras, concretagem, desforma e cura. A locação deverá ser realizada por equipe de topografia, utilizando equipamentos de precisão (estação total ou teodolito), garantindo que os eixos e cotas estejam em conformidade com o projeto.

O lançamento do concreto deverá ser realizado de forma contínua, evitando a formação de juntas frias. É fundamental evitar a segregação do concreto e a formação de ninhos de concretagem. A concretagem não deverá

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 146 / 354

ser realizada sob chuva ou com presença de água nas formas. Todos os desvios em relação ao projeto deverão ser comunicados à fiscalização e devidamente documentados em Diário de Obras.

4. HIDROSSANITÁRIO

As instalações hidrossanitárias da Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu - ES compreendem os sistemas de coleta, transporte e distribuição de água, bem como os sistemas de coleta e afastamento de esgoto sanitário das unidades operacionais. Estas instalações incluem tubulações em PVC, conexões, registros, sifões e caixas sifonadas, todos executados em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes. Este memorial descreve as diretrizes, especificações técnicas, metodologias executivas e parâmetros de controle para a execução de cada tipo de elemento hidrossanitário.

4.1 Especificações dos Materiais

4.1.1. Tubulações de Esgoto Sanitário

As tubulações de esgoto sanitário deverão ser executadas em tubo PVC série normal, com as seguintes especificações:

a) Tubos PVC - Esgoto Predial

- **DN 40 mm:** Tubo PVC série normal para esgoto predial, com junta soldável, conforme ABNT NBR 5688. Aplicação: ramais de descarga de pequeno diâmetro e ligações secundárias.
- **DN 50 mm:** Tubo PVC série normal para esgoto predial, com junta soldável, conforme ABNT NBR 5688. Aplicação: ramais de descarga e pequenas derivações.
- **DN 100 mm:** Tubo PVC série normal para esgoto predial, com junta elástica, conforme ABNT NBR 5688. Aplicação: coletores principais, ramais de esgoto e interligações entre unidades.

Os tubos deverão ser armazenados em local protegido da radiação solar direta e de impactos, dispostos horizontalmente ou em posição ligeiramente

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 147 / 354

inclinada. Durante o transporte e manuseio, deverão ser evitadas quedas e impactos que possam causar trincas ou deformações. Os tubos deverão ser inspecionados antes da instalação, rejeitando aqueles que apresentem defeitos, trincas, deformações ou qualquer anomalia que comprometa a funcionalidade.

4.1.2. Conexões de Esgoto Sanitário

As conexões para tubulações de esgoto sanitário deverão ser executadas em PVC série normal, com as seguintes especificações:

a) Luvas Simples

- **DN 50 mm:** Luva simples PVC série normal com junta elástica, conforme ABNT NBR 5688. Utilizada para emendas de tubos DN 50 mm em ramais de descarga.
- **DN 100 mm:** Luva simples PVC série normal com junta elástica, conforme ABNT NBR 5688. Utilizada para emendas de tubos DN 100 mm em coletores principais.

b) Joelhos

- **Joelho 90° DN 40 mm:** Joelho com ângulo de 90 graus, PVC série normal com junta soldável, conforme ABNT NBR 5688. Utilizado para mudanças de direção em ramais de pequeno diâmetro.
- **Joelho 45° DN 40 mm:** Joelho com ângulo de 45 graus, PVC série normal com junta soldável, conforme ABNT NBR 5688. Utilizado para mudanças de direção suave em ramais de descarga.
- **Joelho 90° DN 100 mm:** Joelho com ângulo de 90 graus, PVC série normal com junta elástica, conforme ABNT NBR 5688. Utilizado para mudanças de direção em coletores principais.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 148 / 354

c) Junção de Redução Invertida

- **DN 100 x 75 mm:** Junção de redução invertida PVC série normal com junta elástica, conforme ABNT NBR 5688. Utilizada para derivações de tubos DN 100 mm para DN 75 mm, permitindo a redução de diâmetro mantendo a capacidade de escoamento.

Todas as conexões deverão ser armazenadas em local protegido e inspecionadas antes da instalação, rejeitando aquelas que apresentem defeitos, trincas, deformações ou qualquer anomalia.

4.1.3. Caixas Sifonadas

As caixas sifonadas deverão ser executadas conforme as seguintes especificações:

a) Caixa Sifonada PVC

- **DN 150 x 150 x 50 mm:** Caixa sifonada com grelha quadrada em PVC, com junta soldável, conforme ABNT NBR 5688. Dimensões: 150 mm x 150 mm x 50 mm de profundidade. Aplicação: coleta de águas de limpeza, drenagem de pisos e coleta de efluentes de pequeno volume. A caixa sifonada possui sifão integrado que evita a passagem de odores desagradáveis e gases do esgoto para o ambiente interno. A grelha quadrada permite a passagem de água enquanto retém sólidos maiores.

As caixas sifonadas deverão ser instaladas em pontos estratégicos da Casa de Operações e áreas de limpeza, garantindo a coleta eficiente de águas residuais. A instalação deverá ser realizada com a caixa nivelada ao piso, com a grelha no mesmo nível da superfície.

4.1.4. Sifões

Os sifões deverão ser executados conforme as seguintes especificações:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 149 / 354

a) Sifão Flexível PVC

- **1" x 1 1/2":** Sifão tipo flexível em PVC, com diâmetros de entrada 1" (25,4 mm) e saída 1 1/2" (38,1 mm), conforme ABNT NBR 5688. O sifão flexível permite a conexão entre tubulações com pequenos desalinhamentos, absorvendo vibrações e movimentações. Aplicação: interligação entre pias, lavatórios e caixas de coleta, permitindo a vedação hidráulica e evitando a passagem de gases.

Os sifões deverão ser instalados com a curva de retenção de água sempre preenchida, garantindo a vedação hidráulica. A limpeza e manutenção dos sifões deverão ser realizadas periodicamente para evitar entupimentos.

4.1.5. Registros e Válvulas

Os registros e válvulas deverão ser executados conforme as seguintes especificações:

a) Registro de Pressão

- **3/4" Latão Cromado:** Registro de pressão bruto em latão, roscável, com diâmetro nominal de 3/4", com acabamento e canopla cromados, conforme ABNT NBR 5648. Utilizado para controle de vazão em linhas de água pressurizada. O registro de pressão possui esfera de fechamento que permite o controle gradual do fluxo de água.

b) Registro de Gaveta

- **3/4" Latão Cromado:** Registro de gaveta bruto em latão, roscável, com diâmetro nominal de 3/4", com acabamento e canopla cromados, conforme ABNT NBR 5648. Utilizado para fechamento total de linhas de água. O registro de gaveta possui comporta deslizante que oferece menor resistência ao fluxo quando totalmente aberto, sendo ideal para isolamento de trechos da instalação.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 150 / 354

Os registros deverão ser instalados em posições acessíveis, permitindo a manutenção e limpeza. Deverão ser protegidos contra impactos e corrosão, com acabamento cromado que oferece proteção contra oxidação.

4.1.6. Engates Flexíveis

Os engates flexíveis deverão ser executados conforme as seguintes especificações:

a) Engate Flexível em Inox

- **1/2" x 30 cm:** Engate flexível em aço inoxidável, com diâmetro nominal de 1/2" (12,7 mm) e comprimento de 30 cm, conforme ABNT NBR 8161. Utilizado para conexões entre registros, torneiras e tubulações, permitindo pequenos desalinhamentos e facilitando a manutenção. O material inoxidável oferece resistência à corrosão e durabilidade.

b) Engate Flexível em Plástico

- **1/2" x 30 cm:** Engate flexível em plástico branco, com diâmetro nominal de 1/2" (12,7 mm) e comprimento de 30 cm, conforme ABNT NBR 8161. Utilizado para conexões de baixa pressão e aplicações menos críticas. O material plástico oferece flexibilidade e facilita a instalação em espaços reduzidos.

Os engates flexíveis deverão ser inspecionados antes da instalação, rejeitando aqueles que apresentem rachaduras, furos ou qualquer anomalia. Deverão ser protegidos contra impactos e exposição prolongada à radiação solar.

4.1.7. Tubulações de Água Potável

As tubulações de água potável deverão ser executadas em tubo PVC soldável, com as seguintes especificações:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 151 / 354

a) Tubos PVC Soldável

- **DN 25 mm:** Tubo PVC soldável de 25 mm de diâmetro nominal, conforme ABNT NBR 5647. Aplicação: ramais e sub-ramais de distribuição de água potável. Os tubos deverão ser armazenados protegidos da radiação solar direta e de impactos.

4.1.8. Conexões de Água Potável

As conexões para tubulações de água potável deverão ser executadas em PVC soldável, com as seguintes especificações:

a) Luva Soldável com Rosca

- **DN 25 mm x 3/4":** Luva soldável com rosca em PVC, com diâmetro nominal de 25 mm e rosca de 3/4", conforme ABNT NBR 5647. Utilizada para emendas de tubos DN 25 mm com adaptação para rosca de 3/4", permitindo a conexão com registros e torneiras.

b) Adaptador Curto com Bolsa e Rosca

- **DN 25 mm x 3/4":** Adaptador curto com bolsa e rosca em PVC soldável, com diâmetro nominal de 25 mm e rosca de 3/4", conforme ABNT NBR 5647. Utilizado para conexão de tubos DN 25 mm com registros de 3/4", facilitando a instalação de pontos de controle.

c) Joelhos

- **Joelho 90° DN 25 mm:** Joelho com ângulo de 90 graus, PVC soldável, com diâmetro nominal de 25 mm, conforme ABNT NBR 5647. Utilizado para mudanças de direção em ramais de água potável.
- **Joelho 90° com Bucha de Latão DN 25 mm x 1/2":** Joelho com ângulo de 90 graus, PVC soldável, com diâmetro nominal de 25 mm e bucha de latão de 1/2", conforme ABNT NBR 5647. Utilizado para conexão de tubos DN 25 mm com tubulações de 1/2", permitindo a adaptação de diâmetros.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 152 / 354

d) Tês

- **Tê DN 25 mm:** Tê em PVC soldável com diâmetro nominal de 25 mm, conforme ABNT NBR 5647. Utilizado para derivações em ramais de água potável, permitindo a distribuição para múltiplos pontos.

Todas as conexões deverão ser armazenadas em local protegido e inspecionadas antes da instalação.

4.2 Instalação de Tubulações de Esgoto Sanitário

As tubulações de esgoto sanitário deverão ser instaladas seguindo os procedimentos técnicos descritos a seguir, garantindo a funcionalidade, estanqueidade e durabilidade do sistema.

4.2.1. Traçado e Locação

O traçado das tubulações de esgoto deverá ser realizado conforme indicado nos desenhos do projeto hidrossanitário, respeitando as cotas, declividades e pontos de coleta especificados. A locação deverá ser realizada com equipamentos de precisão, marcando os pontos de passagem, derivações, caixas sifonadas e conexões. Qualquer desvio em relação ao projeto deverá ser comunicado ao responsável técnico para análise e aprovação prévia.

4.2.2. Abertura de Rasgos e Canaletas

Os rasgos e canaletas para passagem das tubulações deverão ser abertos nas estruturas de concreto e alvenaria conforme indicado no projeto. Os rasgos deverão ter dimensões adequadas para permitir a passagem da tubulação com espaço livre mínimo de 2 cm em cada lado. Após a passagem da tubulação, os rasgos deverão ser preenchidos com argamassa de cimento e areia (traço 1:3) ou com espuma expansiva de poliuretano, garantindo a vedação e a proteção da tubulação.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 153 / 354

4.2.3. Suporte e Fixação

As tubulações deverão ser suportadas e fixadas em intervalos regulares, conforme as seguintes recomendações:

- **Tubos DN 40 e 50 mm:** Suporte a cada 1,5 m de comprimento
- **Tubos DN 100 mm:** Suporte a cada 2,0 m de comprimento

Os suportes deverão ser executados em aço galvanizado ou PVC, fixados às estruturas com parafusos, pernos ou abraçadeiras metálicas. Os suportes deverão permitir a dilatação térmica da tubulação, evitando tensões excessivas.

4.2.4. Declividade e Inclinação

As tubulações de esgoto deverão ser instaladas com declividade mínima de 2% (ou 2 cm por metro de comprimento), garantindo o escoamento adequado do efluente. A declividade deverá ser verificada durante a instalação com nível de bolha ou equipamento de precisão. Trechos horizontais ou com declividade insuficiente poderão causar entupimentos e acúmulo de sólidos.

4.2.5. Conexões e Emendas

As conexões entre tubos deverão ser realizadas utilizando as peças de ligação especificadas (luvas, joelhos, junções). As emendas deverão ser executadas com junta soldável ou elástica, conforme especificado para cada tipo de tubo. Para juntas soldáveis, a solda deverá ser aplicada de forma uniforme, cobrindo toda a circunferência da conexão. Para juntas elásticas, o anel de borracha deverá estar posicionado corretamente e o tubo deverá ser inserido até o fundo da bolsa.

4.2.6. Instalação de Caixas Sifonadas

As caixas sifonadas deverão ser instaladas nos pontos especificados no projeto, com a grelha no mesmo nível do piso acabado. A caixa deverá ser

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 154 / 354

fixada à estrutura com argamassa de cimento e areia, garantindo a estabilidade. As tubulações de entrada e saída deverão ser conectadas com juntas estanques, utilizando sifões ou conexões apropriadas. Após a instalação, a caixa deverá ser testada com água para verificar a ausência de vazamentos.

4.2.7. Testes de Estanqueidade

Após a conclusão da instalação de cada trecho de tubulação, deverá ser realizado teste de estanqueidade com água. O teste consistirá em preencher a tubulação com água e verificar a ausência de vazamentos nas conexões e ao longo do comprimento. Qualquer vazamento detectado deverá ser reparado imediatamente. O teste deverá ser documentado em relatório técnico, indicando a data, hora, duração e resultado.

4.3 Instalação de Tubulações de Água Potável

As tubulações de água potável deverão ser instaladas seguindo os procedimentos técnicos descritos a seguir, garantindo a qualidade da água e a funcionalidade do sistema.

4.3.1. Traçado e Locação

O traçado das tubulações de água potável deverá ser realizado conforme indicado nos desenhos do projeto hidrossanitário, respeitando as cotas, pontos de distribuição e pontos de controle especificados. A locação deverá ser realizada com equipamentos de precisão, marcando os pontos de passagem, derivações, registros e torneiras.

4.3.2. Abertura de Rasgos e Canaletas

Os rasgos e canaletas para passagem das tubulações deverão ser abertos nas estruturas de concreto e alvenaria conforme indicado no projeto. Os rasgos deverão ter dimensões adequadas para permitir a passagem da tubulação com espaço livre mínimo de 2 cm em cada lado. Após a passagem da tubulação, os rasgos deverão ser preenchidos com argamassa de cimento e areia (traço 1:3) ou com espuma expansiva de poliuretano.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 155 / 354

4.3.3. Suporte e Fixação

As tubulações de água potável deverão ser suportadas e fixadas em intervalos regulares:

- **Tubos DN 25 mm:** Suporte a cada 1,0 m de comprimento

Os suportes deverão ser executados em aço galvanizado ou PVC, fixados às estruturas com parafusos, pernos ou abraçadeiras metálicas. Os suportes deverão permitir a dilatação térmica da tubulação.

4.3.4. Soldagem de Tubos PVC

A soldagem de tubos PVC soldável deverá ser realizada com adesivo PVC específico (primer e adesivo), conforme as recomendações do fabricante. O procedimento deverá ser o seguinte:

1) **Limpeza:** Limpar as superfícies internas da bolsa e externa do tubo com lixa ou escova de aço, removendo sujidades e oxidação.
2) **Aplicação de Primer:** Aplicar primer (limpador) na superfície externa do tubo e na superfície interna da bolsa, em quantidade adequada.
3) **Aplicação de Adesivo:** Aplicar adesivo PVC na superfície externa do tubo e na superfície interna da bolsa, em quantidade uniforme.
4) **Inserção:** Inserir o tubo na bolsa com movimento rotativo, até o fundo, mantendo a pressão por 30 segundos.
5) **Cura:** Aguardar o tempo de cura especificado pelo fabricante (geralmente 2 a 4 horas) antes de pressurizar a tubulação.

4.3.5. Conexões com Rosca

As conexões com rosca deverão ser executadas com fita de vedação (PTFE) ou pasta de vedação, aplicadas na rosca macho. A fita deverá ser envolvida na rosca em sentido horário, com 3 a 4 voltas. A conexão deverá ser apertada com chave apropriada, garantindo a estanqueidade sem danificar a rosca.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 156 / 354

4.3.6. Instalação de Registros

Os registros deverão ser instalados em posições acessíveis, permitindo a manutenção e limpeza. Os registros deverão ser fixados com suportes adequados, evitando tensões nas conexões. Após a instalação, os registros deverão ser testados para verificar o funcionamento correto do mecanismo de abertura e fechamento.

4.3.7. Testes de Pressão

Após a conclusão da instalação de cada trecho de tubulação de água potável, deverá ser realizado teste de pressão. O teste consistirá em pressurizar a tubulação até 1,5 vezes a pressão de trabalho especificada, mantendo a pressão por no mínimo 30 minutos. Qualquer queda de pressão indicará vazamento, que deverá ser localizado e reparado. O teste deverá ser documentado em relatório técnico.

4.4 Procedimentos Executivos Gerais

4.4.1. Proteção das Tubulações

As tubulações deverão ser protegidas contra impactos, radiação solar direta e variações extremas de temperatura. Em trechos expostos, as tubulações poderão ser revestidas com espuma isolante ou tinta de proteção UV.

4.4.2. Identificação e Sinalização

As tubulações deverão ser identificadas com etiquetas ou fitas coloridas, indicando o tipo de fluido (água potável, esgoto sanitário) e a direção do fluxo. A identificação deverá estar em conformidade com as normas de segurança aplicáveis.

4.4.3. Limpeza Final

Antes da entrega da obra, todas as tubulações de água potável deverão ser limpas e desinfetadas. A limpeza deverá ser realizada com água potável

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 157 / 354

em alta velocidade, removendo qualquer sujidade ou resíduos de construção. A desinfecção deverá ser realizada com solução de cloro, conforme procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 5626.

4.4.4. Documentação e Testes

Todos os testes de estanqueidade, pressão e funcionalidade deverão ser documentados em relatórios técnicos, assinados pelo responsável técnico e pela fiscalização. Os relatórios deverão incluir data, hora, duração, resultado e qualquer observação relevante.

4.5 Conformidade Normativa

Todos os serviços de instalações hidrossanitárias deverão estar em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes, em especial:

- **ABNT NBR 5688:** Tubos e conexões de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário – Requisitos
- **ABNT NBR 5647:** Tubos e conexões de PVC rígido para sistemas de água fria – Requisitos
- **ABNT NBR 5648:** Registros de pressão e de gaveta – Requisitos
- **ABNT NBR 5626:** Instalação predial de água fria – Procedimento
- **ABNT NBR 8161:** Engates flexíveis para água – Requisitos
- **ABNT NBR 8213:** Tubulações de cobre para sistemas de água fria e água quente – Requisitos

5. ELÉTRICO

O presente memorial tem por objetivo descrever as instalações elétricas internas para atender as melhorias e ampliação no sistema de esgotamento sanitário (SES) de Itaguaçu - ES, conforme critérios técnicos estabelecidos pela NBR 5410/2004.

5.1 Documentação

O projeto constitui-se de 02 pranchas contendo a planta de situação, planta baixa, detalhamento, quadro de cargas, diagrama unifilar e legenda.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 158 / 354

A não ser que mencionado em contrário, todo material e/ou serviços das instalações será conforme estabelecido pela NBR 5410/2004 e normas vigentes da concessionária local.

- Prancha 01/02 – Planta de situação e detalhamento;
- Prancha 02/02 – Planta baixa, quadro de cargas, diagrama unifilar, detalhamento e legenda.

5.2 Descrição da Instalação

5.2.1. Condutores

Os condutores utilizados nos circuitos internos à edificação, após o quadro de distribuição, quando não mencionados, serão do tipo flexível, isolados, isolação em PVC 70°C 750V, classe 5, seguindo o padrão de cores, vermelho, preto e branco para as fases a, b e c, respectivamente, azul claro para o neutro e verde ou verde e amarelo para o condutor terra, e amarelo para os condutores de retorno dos interruptores e luminárias.

Os condutores utilizados nos circuitos externos à edificação, após o quadro de distribuição, quando não mencionados, serão do tipo flexível, unipolar, isolação em HEPR/XLPE 90°C 0,6/1kV, encordoamento classe 5, seguindo o padrão de cores, vermelho, preto e branco para as fases a, b e c, respectivamente, azul claro para o neutro e verde ou verde e amarelo para o condutor terra.

5.2.2. Quadro de distribuição

O quadro deverá ter:

- Barreira com proteção básica conforme NBR 5410/2004;
- Placas de advertência conforme item 6.5.4.10 da NBR 5410/2004;
- Barramentos de Neutro e Proteção.
- Placas para identificação dos circuitos, bem como suas respectivas fases.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 159 / 354

Do quadro de distribuição sairão os circuitos secundários que irão alimentar todo o sistema elétrico da edificação. Nele, estarão abrigados os disjuntores dos circuitos dimensionados, dispositivos de proteção contra correntes residuais (DR's) para proteção contra fugas de corrente e choques elétricos, dispositivos de proteção contra surtos (DPS) para a proteção de equipamentos internos contra surtos transitórios na rede elétrica.

Deverá ser fixado no quadro, de forma visível, identificação "D" em verde, indicando posição "desligado" do dispositivo de manobra e "L" em vermelho, indicando posição de "ligado" do mesmo dispositivo, conforme NR-10 em seu item 10.3.9, alínea b.

5.2.3. Iluminação

Foram seguidos os pontos de iluminação previstos pelo projeto arquitetônico, atribuindo uma carga para cada ponto. Para mais detalhes, buscar o respectivo projeto.

5.2.4. Eletrodutos

Serão utilizados eletroduto de polietileno flexível corrugado nas cores laranja (indicado para pisos e lajes concretadas), amarelo (indicado para paredes), e PEAD preto (indicado para embutir no solo em áreas externas à edificação).

5.2.5. Interruptores e tomadas

A instalação dos pontos de interruptores e tomadas, serão realizadas por meio de parafusos auto-travantes. As molduras também constituirão elementos de fixação. Todas as tomadas serão do tipo 2P + T, padrão NBR 6.147/2000 e/ou NBR 14.362/2002.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 160 / 354

5.2.6. IDR

Os dispositivos de proteção diferencial residual serão instalados para circuitos de tomadas de banheiros e áreas externas para proteção complementar contra choques elétricos (5.1.2.5.1 NBR 5410/2004), sendo estes de sensibilidade de 30mA especificados no projeto (proteção contra contato direto).

O dispositivo de proteção diferencial residual tem como função interromper, em um determinado tempo, a corrente elétrica fornecida a uma carga quando uma corrente que flui para a terra (choque por contato direto ou indireto, ou fuga devido a um mal funcionamento de um equipamento ou falha(s) na(s) isolação(ões) do(s) condutor(es) de alimentação) excede um valor pré-determinado conforme item 10.3.9 alínea f da NR-10.

5.2.7. DPS

Os dispositivos de proteção contra surtos classe 2 serão instalados à jusante do disjuntor geral do quadro de distribuição principal, conforme item 6.3.5.2.2 da NBR 5410/2004. Foram previstos dispositivos de proteção monopolares para cada DPS, conforme item 6.3.5.2.5 da NBR 5410/2004, visando proteção contra curto-circuito oriundo da falha de algum DPS.

O DPS classe 2 tem como função a proteção de equipamentos contra surtos oriundos de tensões induzidas por descargas atmosféricas (raios), nas proximidades do sistema de distribuição da concessionária, bem como manobras no sistema de distribuição.

5.3 Capacidade de condução de corrente

Para determinação da seção dos condutores dos circuitos, calcula-se a corrente de projeto (Ib), com base na demanda prevista para o circuito, verifica-se o tipo de linha, conforme tabela 33 (NBR 5410/2004) e aplica-se os fatores de correção das tabelas 40 e 42, nas capacidades de condução de corrente de cada seção, das tabelas 36-39, de modo a verificar qual seção de cabo, suporta Ib sem causar danos.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 161 / 354

5.4 Cálculo de Queda de Tensão

A metodologia empregada no cálculo de queda de tensão fora o método da queda de tensão unitária, conforme dados fornecidos pelos fabricantes do material. O resultado do cálculo deve atender a determinação da NBR 5410/2004, item 6.2.7.

A expressão, bem como os parâmetros utilizados são:

$$V(\%) = \frac{I_b x L x \Delta V x 100}{V_{circ}}$$

Onde:

- V(%) é a queda de tensão percentual do trecho;
- L é o comprimento do circuito em km;
- ΔV é a queda de tensão unitária do cabo (Tabela do fabricante Corfio);
- I_b é a corrente de projeto do circuito;
- V_{circ} é a tensão que alimenta o circuito.

A queda de tensão expressa por V(%), não deve exceder 4% da tensão nominal, para circuitos terminais, localizados à jusante do quadro de distribuição principal. O cálculo de queda de tensão é mostrado, para todos os circuitos, no quadro de cargas na prancha de detalhamento.

5.5 Especificações dos Materiais

5.5.1. Condutores - Detalhamento de Seções

As seções dos condutores especificadas no orçamento variam conforme a demanda de cada circuito:

a) Circuitos Internos

- Cabo 1,5 mm²: Circuitos de iluminação de baixa carga (comprimento 87,04 m)

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 162 / 354

- Cabo 2,5 mm²: Circuitos de tomadas de uso geral (comprimento 202,13 m)
- Cabo 4 mm²: Circuitos de tomadas e força de média carga (comprimento 1.497,69 m)
- Cabo 6 mm²: Circuitos de força e distribuição secundária (comprimento 451,49 m + 57,87 m)
- Cabo 16 mm²: Circuitos de força de alta carga (comprimento 54,20 m + 36,73 m)

b) Circuitos Externos em Rede Enterrada

- Cabo 25 mm²: Distribuição padrão (comprimento 40,38 m)
- Cabo 35 mm²: Distribuição de alta carga (comprimento 309,40 m)
- Cabo 50 mm²: Distribuição de muito alta carga (comprimento 68,08 m)

5.5.2. Eletrodutos - Detalhamento Completo

a) Circuitos Internos (Instalados em Forro)

- Eletroduto Flexível Corrugado Reforçado PVC:
- DN 20 mm (1/2"): Circuitos de iluminação e pequenas tomadas (comprimento 24,08 m)
- DN 25 mm (3/4"): Circuitos de tomadas de uso geral (comprimento 120,37 m)
- DN 32 mm (1"): Circuitos de força e distribuição secundária (comprimento 106,33 m)
- Eletroduto Flexível Corrugado PEAD:
- DN 40 mm (1 1/4"): Circuitos de força de média carga (comprimento 115,31 m)

b) Circuitos Externos (Rede Enterrada)

- Eletroduto Flexível Corrugado PEAD Preto:
- DN 50 mm (1 1/2"): Rede enterrada de distribuição de energia elétrica (comprimento 51,61 m)

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 163 / 354

- DN 63 mm (2"): Rede enterrada de distribuição de energia elétrica de alta carga (comprimento 99,71 m)
- DN 90 mm (3"): Rede enterrada de distribuição de energia elétrica de muito alta carga (comprimento 34,42 m)

Os eletrodutos enterrados deverão ser protegidos com concreto simples com consumo mínimo de cimento de 250 kg/m³ em dimensões de 25 x 25 cm, conforme especificações de projeto, prevenindo danos mecânicos durante o reaterro. O comprimento total de envelopamento é de 301,05 m.

5.5.3. Caixas de Passagem e Caixas de Derivação

a) Caixas em Parede

- Caixa Retangular 4" x 2" (Média, 1,30 m do piso): Passagem de condutores em circuitos de iluminação e pequenas tomadas - Quantidade: 13 unidades
- Caixa Retangular 4" x 4" (Média, 1,30 m do piso): Passagem de condutores em circuitos de força e distribuição - Quantidade: 1 unidade

b) Caixas em Laje

- Caixa Octogonal 4" x 4": Passagem de condutores em circuitos internos - Quantidade: 3 unidades

c) Caixas em Rede Enterrada

- Caixa de Passagem em Alvenaria 500 x 500 mm: Passagem de condutores em rede enterrada de distribuição - Quantidade: 13 unidades
- Caixa de Passagem em Alvenaria 300 x 300 mm: Passagem de condutores em rede enterrada de distribuição - Quantidade: 3 unidades

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 164 / 354

5.5.4. Quadros de Distribuição - Especificações Técnicas

a) Quadro Principal

- Tipo: Chapa de aço galvanizado, de embutir
- Barramento: Trifásico
- Capacidade: 30 disjuntores DIN 150A
- Tensão: 380/400V trifásico
- Quantidade: 1 unidade

b) Quadro Secundário

- Tipo: Chapa de aço galvanizado, de embutir
- Barramento: Trifásico
- Capacidade: 18 disjuntores DIN 100A
- Tensão: 380/400V trifásico
- Quantidade: 1 unidade

5.5.5. Disjuntores - Detalhamento Completo

a) Disjuntores Tripolares Tipo DIN

- Corrente 10A: Circuitos de iluminação de baixa carga - Quantidade: 3 unidades
- Corrente 16A: Circuitos de iluminação e pequenas tomadas - Quantidade: 1 unidade
- Corrente 32A: Circuitos de tomadas de uso geral - Quantidade: 2 unidades
- Corrente 40A: Circuitos de força de média carga - Quantidade: 1 unidade

b) Disjuntores Bipolares Tipo DIN

- Corrente 10A: Circuitos de iluminação bifásicos - Quantidade: 3 unidades
- Corrente 32A: Circuitos de tomadas bifásicos - Quantidade: 1 unidade
- Corrente 50A: Circuitos de força bifásicos - Quantidade: 2 unidades

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 165 / 354

c) Disjuntores Monopolares Tipo DIN

- Corrente 10A: Circuitos de iluminação monofásicos - Quantidade: 4 unidades
- Corrente 16A: Circuitos de tomadas monofásicos - Quantidade: 2 unidades
- Corrente 25A: Circuitos de força monofásicos - Quantidade: 6 unidades

d) Disjuntores de Alta Carga

- Disjuntores Tripolares Tipo NEMA (60 a 100A): Circuitos de força de alta carga - Quantidade: 5 unidades
- Disjuntores Termomagnéticos Tripolares (125A): Circuitos de força de muito alta carga - Quantidade: 2 unidades
- Disjuntor em Caixa Moldada Tripolar (300A): Circuito de entrada de energia - Icc: 35 kA em 380/400V, Disparador: Fixo - Quantidade: 1 unidade

5.5.6. Dispositivos de Proteção Diferencial Residual (IDR)

- Tipo: Residencial, 4 polos
- Corrente nominal: 40A
- Sensibilidade: 30 mA
- Aplicação: Proteção contra contato direto em circuitos de tomadas de banheiros e áreas externas
- Quantidade: 2 unidades

O IDR deverá incluir mecanismo de teste integrado para verificação periódica do funcionamento e estar instalado à jusante do disjuntor de proteção do circuito.

5.5.7. Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS)

- Tipo: Classe II, 1 polo
- Tensão máxima: 175V

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 166 / 354

- Corrente máxima: 20 kA (tipo AC)
- Aplicação: Proteção de equipamentos contra surtos oriundos de descargas atmosféricas e manobras no sistema
- Quantidade: 15 unidades

O DPS deverá ter tempo de resposta rápido (em microssegundos) e estar coordenado com os disjuntores de proteção.

5.5.8. Interruptores e Tomadas - Detalhamento

a) Interruptores

- Tipo: Simples, 1 módulo
- Corrente nominal: 10A/250V
- Aplicação: Controle de iluminação em ambientes internos
- Inclui: Suporte e placa de acabamento
- Quantidade: 3 unidades

b) Tomadas

- Tipo: Alta de embutir, 1 módulo
- Padrão: 2P + T (dois pinos + terra)
- Corrente nominal: 20A
- Normas: NBR 6.147/2000 e/ou NBR 14.362/2002
- Inclui: Suporte e placa de acabamento
- Quantidade: 12 unidades

Os interruptores e tomadas deverão ser instalados à altura padrão de 1,30 m do piso acabado.

5.5.9. Postes de Iluminação

a) Postes de Aço

- Tipo: Cônico contínuo reto
- Altura: 7 metros
- Engastamento: Simples com 1 m de solo
- Material: Aço galvanizado

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 167 / 354

- Aplicação: Suporte de luminárias de iluminação pública
- Quantidade: 9 unidades

b) Postes de Concreto (Alternativa)

- Tipo: Concreto armado, seção duplo T
- Extensão: 9,00 metros
- Resistência: 600 DaN
- Classificação: Tipo B
- Aplicação: Suporte de luminárias de iluminação pública
- Quantidade: 1 unidade
- Assentamento: Engastamento base concretada com 1 m de concreto e 0,5 m de solo

5.5.10. Luminárias e Sensores

a) Luminárias de LED para Iluminação Pública

- Potência: 138 W até 180 W
- Tipo: LED
- Aplicação: Iluminação de áreas externas e circulação
- Características: Eficiência energética, longa vida útil, redução de consumo de energia
- Quantidade: 9 unidades

b) Luminária Arandela Tipo Tartaruga

- Tipo: Sobrepor
- Lâmpada: LED de 6 W
- Reator: Sem reator (LED integrado)
- Aplicação: Iluminação de áreas internas (entrada, áreas de circulação)
- Quantidade: 1 unidade

c) Sensores de Presença

- Tipo: Sem fotocélula

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 168 / 354

- Fixação: Em teto
- Aplicação: Controle automático de iluminação em áreas de circulação
- Características: Detecção de movimento, economia de energia, ajuste de sensibilidade e tempo de resposta
- Quantidade: 9 unidades

5.5.11. Conectores e Acessórios

a) Conectores Múltiplos Parafusados

- Tensão: 600V
- Corrente: 50A
- Seção: 16 mm²
- Aplicação: Conexão de condutores em caixas de passagem
- Quantidade: 3 unidades

b) Cordoalha de Cobre Nu

- Seção: 50 mm²
- Aplicação: Aterramento enterrado
- Comprimento total: 57,21 metros
- Função: Condutor de proteção para aterramento da instalação

5.6 Procedimentos de Instalação

5.6.1. Instalação de Condutores

O traçado dos condutores deverá ser realizado conforme indicado nos desenhos do projeto elétrico, respeitando as rotas, pontos de derivação e caixas de passagem especificadas. Os condutores deverão ser instalados dentro de eletrodutos que deverão estar completamente instalados e fixos antes da passagem dos condutores.

a) Procedimentos Gerais

- Limpar o interior do eletroduto com escova ou pano, removendo sujidades e resíduos de construção

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 169 / 354

- Aplicar lubrificante apropriado no interior do eletroduto para facilitar a passagem dos condutores, especialmente em trechos longos ou com muitas curvas
- Puxar os condutores através do eletroduto com cuidado, evitando danificar a isolação
- Verificar se os condutores passaram completamente e sem danos

b) Limites de Ocupação do Eletroduto

O número de condutores por eletroduto deverá respeitar os seguintes limites:

- Máximo 2 condutores de 2,5 mm² em DN 20 mm
- Máximo 3 condutores em DN 25 mm
- Máximo 4 condutores em DN 32 mm
- Máximo 6 condutores em DN 40 mm
- Ocupação máxima: 40% da seção transversal do eletroduto

c) Conexão em Caixas de Passagem

- Descascar aproximadamente 5 cm da isolação do condutor
- Inserir o condutor descascado no conector garantindo contato adequado
- Apertar o parafuso do conector com chave apropriada garantindo fixação segura
- Verificar se o condutor está bem fixo puxando levemente

d) Identificação e Proteção

Os condutores deverão ser identificados conforme o padrão de cores especificado em projeto, com identificação em pontos estratégicos como entrada de caixas, quadros de distribuição e pontos de derivação. Etiquetas ou marcadores de cores deverão ser utilizados para facilitar a identificação. Os condutores deverão ser protegidos contra danos mecânicos, umidade e radiação solar, com revestimento adicional em trechos expostos.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 170 / 354

5.6.2. Instalação de Eletrodutos

O traçado dos eletrodutos deverá ser realizado conforme indicado nos desenhos do projeto elétrico, respeitando as rotas, pontos de derivação e caixas de passagem especificadas.

a) Fixação de Eletrodutos

Os eletrodutos deverão ser fixados às estruturas em intervalos regulares:

- Suporte a cada 1,0 m de comprimento para eletrodutos em forro
- Suporte a cada 1,5 m de comprimento para eletrodutos em parede
- Suporte contínuo para eletrodutos enterrados

Os suportes deverão ser executados em aço galvanizado ou PVC, fixados às estruturas com parafusos, pernos ou abraçadeiras metálicas.

b) Curvas e Desvios

As curvas nos eletrodutos deverão ter raio mínimo de 3 vezes o diâmetro do eletroduto. Curvas muito acentuadas dificultam a passagem de condutores e podem danificar a isolação.

c) Eletrodutos Enterrados

Os eletrodutos enterrados deverão ser instalados em valas com profundidade mínima de 50 cm, seguindo os procedimentos:

- Abrir vala com profundidade mínima de 50 cm
- Colocar camada de areia com espessura de 5 cm no fundo da vala
- Colocar o eletroduto sobre a cama de areia
- Cobrir o eletroduto com camada de areia com espessura de 5 cm
- Envolver o eletroduto com concreto simples com consumo mínimo de cimento de 250 kg/m³ em dimensões de 25 x 25 cm
- Reaterrar a vala com solo compactado

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 171 / 354

5.6.3. Instalação de Quadros de Distribuição

O quadro deverá ser instalado em local acessível, preferencialmente próximo ao ponto de entrada de energia, protegido de umidade, poeira e impactos. O quadro deverá ser fixado à parede com parafusos e buchas, garantindo a estabilidade, com altura de instalação entre 1,5 m e 2,0 m do piso.

a) Conexão de Condutores

Os condutores de entrada e saída do quadro deverão ser conectados aos barramentos e disjuntores utilizando conectores apropriados:

- Descascar aproximadamente 10 cm da isolação do condutor
- Inserir o condutor descascado no barramento ou no disjuntor
- Apertar o parafuso de fixação com chave apropriada garantindo fixação segura
- Verificar se o condutor está bem fixo puxando levemente

b) Identificação de Circuitos

Os circuitos deverão ser identificados com placas indicando:

- Função do circuito (iluminação, tomadas, força, etc.)
- Fase correspondente
- Corrente nominal do disjuntor

c) Testes Iniciais

Após a conclusão da instalação, o quadro deverá ser testado para verificar o funcionamento correto:

- Verificação da continuidade dos circuitos
- Teste de funcionamento dos disjuntores
- Teste de funcionamento dos IDRs
- Verificação da tensão em cada fase

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 172 / 354

5.6.4. Instalação de Iluminação

a) Instalação de Postes

Os postes deverão ser instalados em locais especificados no projeto, com fundação adequada, seguindo os procedimentos:

- Marcar o ponto de instalação do poste com precisão
- Escavar buraco com profundidade mínima de 1,0 m e diâmetro compatível com o diâmetro do poste
- Colocar camada de brita com espessura de 10 cm no fundo do buraco
- Colocar o poste no buraco garantindo o prumo vertical
- Preencher o buraco com concreto simples deixando 0,5 m de solo acima do concreto
- Aguardar a cura do concreto (mínimo 7 dias) antes de instalar a luminária

b) Instalação de Luminárias

As luminárias deverão ser instaladas no topo dos postes, conforme indicado no projeto:

- Preparar a luminária e verificar se todos os componentes estão presentes
- Conectar os condutores à luminária respeitando o padrão de cores
- Fixar a luminária ao poste com parafusos ou abraçadeiras garantindo estabilidade
- Proteger as conexões com capa de proteção contra umidade e poeira

c) Instalação de Sensores de Presença

Os sensores de presença deverão ser instalados em teto, conforme indicado no projeto:

- Marcar o ponto de instalação do sensor no teto

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 173 / 354

- Abrir furo no teto com diâmetro compatível com o sensor
- Conectar os condutores ao sensor respeitando o padrão de cores
- Fixar o sensor ao teto com parafusos ou buchas garantindo estabilidade
- Ajustar a sensibilidade e o tempo de resposta conforme especificações do fabricante

5.7 Aterramento

O eletrodo de aterramento deverá ser constituído por cordoalha de cobre nu com seção de 50 mm², enterrada a profundidade mínima de 0,8 m. O comprimento total deverá ser de 57,21 metros, conforme especificado no orçamento.

a) Instalação da Cordoalha de Aterramento

- Abrir vala com profundidade mínima de 0,8 m
- Colocar camada de areia com espessura de 5 cm no fundo da vala
- Colocar a cordoalha sobre a cama de areia
- Cobrir a cordoalha com camada de areia com espessura de 5 cm
- Reaterrar a vala com solo compactado

b) Conexão ao Quadro de Distribuição

A cordoalha de aterramento deverá ser conectada ao barramento de proteção do quadro de distribuição principal, utilizando conector apropriado que garanta o contato seguro e a continuidade elétrica.

5.8 Testes e Verificações

Após a conclusão da instalação, deverão ser realizados testes e verificações para garantir a segurança e o funcionamento correto do sistema elétrico.

5.8.1. Testes a Realizar

- **Continuidade de Circuitos:** Verificar utilizando multímetro ou testador apropriado, com resistência próxima a zero ohms

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 174 / 354

- **Isolação de Condutores:** Verificar utilizando megômetro, com resistência de isolação superior a 1 MΩ (1 megaohm)
- **Funcionamento de Disjuntores:** Verificar se o disjuntor desliga quando a corrente excede a corrente nominal
- **Funcionamento de IDRs:** Testar utilizando o botão de teste integrado, verificando se o IDR desliga quando o botão de teste é acionado
- **Verificação de Tensão:** Verificar a tensão em cada fase do quadro de distribuição utilizando multímetro ou voltímetro, garantindo que esteja dentro dos limites estabelecidos pela concessionária de energia

5.8.2. Documentação

Todos os testes e verificações deverão ser documentados em relatório técnico, assinado pelo responsável técnico e pela fiscalização. O relatório deverá incluir:

- Data e hora dos testes
- Resultado de cada teste
- Observações relevantes
- Assinatura do responsável técnico e fiscalização

5.9 Conformidade Normativa

A execução de todos os serviços de instalações elétricas deverá estar em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes, em especial:

- NBR 5410/2004: Instalações elétricas de baixa tensão
- NBR 5648: Registros de pressão e de gaveta
- NR-10: Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade
- NBR 6.147/2000: Tomadas de corrente de uso geral para fins domésticos e análogos
- NBR 14.362/2002: Tomadas de corrente de uso geral para fins domésticos e análogos

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 175 / 354

6. URBANISMO

A intervenção urbanística compreende a execução de aproximadamente 531,99 metros lineares de meio-fio, 276,60 metros quadrados de calçada em concreto e demais elementos de infraestrutura urbana, criando um espaço público seguro, acessível e confortável para todos os usuários. Este memorial descreve as diretrizes, especificações técnicas, metodologias executivas e parâmetros de controle para a execução de cada tipo de elemento urbanístico.

6.1 Diretrizes Projetuais

6.1.1. Meio-fio de Concreto

O meio-fio de concreto deverá atender às seguintes especificações:

a) Características Técnicas

- **Material:** Concreto
- **Tipo:** Meio-fio simples (reta)
- **Dimensões:** Altura 15 cm, espessura 10 cm (conforme padrão municipal)
- **Comprimento Total:** 531,99 metros
- **Acabamento:** Superfície lisa e uniforme
- **Cor:** Cinza claro (concreto natural)

b) Especificações de Concreto

- **Resistência:** Fck ≥ 20 MPa
- **Traço:** 1:2:3 (cimento:areia:brita)
- **Cimento:** CP II-E32 (cimento Portland composto com escória)
- **Agregado Graúdo:** Brita nº 1 (dimensão máxima 19 mm)
- **Agregado Miúdo:** Areia média, isenta de pó e materiais finos
- **Fator A/C:** Máximo 0,60
- **Slump:** 100 ± 20 mm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 176 / 354

c) Características Funcionais

O meio-fio deverá ter função de delimitação lateral da via, contendo o pavimento e evitando o deslocamento de materiais. Deverá apresentar resistência mecânica adequada para suportar impactos de veículos e esforços de compactação durante a execução. A superfície superior deverá ser ligeiramente inclinada para facilitar o escoamento de águas pluviais.

6.1.2. Calçada em Concreto

A calçada em concreto deverá atender às seguintes especificações:

a) Características Técnicas

- **Material:** Concreto
- **Espessura:** 10 cm
- **Área Total:** 276,60 metros quadrados
- **Acabamento:** Superfície lisa e antiderrapante
- **Cor:** Cinza claro (concreto natural)

b) Especificações de Concreto

- **Resistência:** Fck ≥ 25 MPa
- **Traço:** 1:2:3 (cimento:areia:brita)
- **Cimento:** CP II-E32 (cimento Portland composto com escória)
- **Agregado Graúdo:** Brita nº 1 (dimensão máxima 19 mm)
- **Agregado Miúdo:** Areia média, isenta de pó e materiais finos
- **Fator A/C:** Máximo 0,55
- **Slump:** 100 ± 20 mm
- **Acabamento Superficial:** Desempenado com vassoura de nylon para aumentar a aderência

c) Características Funcionais

A calçada deverá ter largura mínima de 1,20 metros para a faixa livre de circulação de pedestres, conforme exigências da NBR 9050/2020. Deverá apresentar declividade transversal de 2% a 3% para facilitar o escoamento de

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 177 / 354

águas pluviais. A superfície deverá ser lisa e uniforme, sem irregularidades que possam prejudicar a circulação de pessoas com mobilidade reduzida.

6.2 Procedimentos Executivos

6.2.1. Instalação de Meio-fio

O meio-fio de concreto deverá ser instalado conforme os procedimentos descritos a seguir:

- **Locação:** Marcar a linha de posicionamento do meio-fio, conforme indicado no projeto, utilizando equipamentos de precisão (nível, teodolito ou estação total).
- **Preparo da Base:** Preparar base de concreto magro (Fck ≥ 15 MPa) com espessura mínima de 5 cm, ou brita compactada com espessura mínima de 10 cm.
- **Assentamento:** Assentar o meio-fio sobre a base de concreto ou brita, utilizando argamassa de cimento e areia (traço 1:3), garantindo o alinhamento e o nível corretos.
- **Rejuntamento:** Rejuntar as junções entre peças com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), garantindo a estanqueidade e a continuidade.
- **Verificação:** Verificar o alinhamento horizontal e vertical do meio-fio, garantindo que esteja conforme o projeto.

6.2.2. Execução de Calçada em Concreto

A execução da calçada em concreto deverá seguir os procedimentos descritos a seguir:

- **Locação e Marcação:** Marcar os limites da calçada, conforme indicado no projeto, utilizando equipamentos de precisão.
- **Preparo de Base:** Preparar base de brita compactada com espessura mínima de 10 cm, garantindo o grau de compactação mínimo de 95% da energia do Proctor Normal.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 178 / 354

- **Instalação de Formas:** Instalar formas de madeira ou metálicas, garantindo o alinhamento correto e a declividade transversal de 2% a 3%.
- **Lançamento de Concreto:** Lançar o concreto sobre a base de brita, utilizando bomba de concreto ou carrinho de concreto, conforme apropriado. O concreto deverá ser adensado com vibrador de imersão, garantindo a eliminação de vazios e a compactação adequada.
- **Acabamento:** Desempenar a superfície do concreto com desempenadeira metálica, garantindo superfície lisa e uniforme. Após o desempenamento inicial, passar vassoura de nylon sobre a superfície para aumentar a aderência e evitar escorregamentos.
- **Cura:** Manter a calçada úmida por no mínimo 7 dias, protegendo-a contra exposição solar direta e chuvas intensas. A cura poderá ser realizada por aspersão de água ou cobertura com lona plástica.
- **Desforma:** Remover as formas após no mínimo 2 dias de cura, com cuidado para não danificar as bordas do concreto.

6.3 Acessibilidade e Conformidade Normativa

6.3.1. Largura de Faixa Livre

A largura mínima de 1,20 metros para a faixa livre de circulação de pedestres deverá ser mantida em todo o trecho de intervenção, garantindo condições adequadas para a circulação de pessoas com deficiência, incluindo usuários de cadeiras de rodas, bengalas e outros dispositivos de auxílio à locomoção.

6.3.2. Declividade Transversal

A declividade transversal das calçadas deverá ser de 2% a 3%, conforme exigências da NBR 9050/2020, facilitando o escoamento de águas pluviais e a circulação de pedestres.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 179 / 354

6.4 Controle de Qualidade

6.4.1. Verificação de Alinhamento e Nível

O alinhamento horizontal e vertical de todos os elementos urbanísticos deverá ser verificado com equipamentos de precisão (nível, teodolito ou estação total), garantindo que as cotas e alinhamentos estejam em conformidade com o projeto. Desvios superiores a 2 cm em alinhamento ou 0,5% em declividade deverão ser comunicados ao responsável técnico para análise.

6.4.2. Verificação de Compactação

A compactação do subleito e das bases deverá ser verificada por meio de ensaios de densidade "in situ" (NBR 7185), garantindo que o grau de compactação atinja no mínimo 95% da energia do Proctor Normal.

6.4.3. Ensaios de Concreto

Deverão ser realizados ensaios de compressão axial em corpos de prova de concreto moldados durante a execução, conforme NBR 5738 e NBR 5739. Os ensaios deverão ser realizados aos 7 e 28 dias, verificando se a resistência atende às especificações de projeto.

6.4.4. Documentação

Todos os testes e verificações deverão ser documentados em relatório técnico, assinado pelo responsável técnico e pela fiscalização. O relatório deverá incluir data, hora, resultado de cada teste e qualquer observação relevante.

7. PAVIMENTAÇÃO

7.1 Conceito e classificação

A pavimentação urbana com revestimento em blocos pré-moldados de concreto de cimento Portland constitui-se em alternativa estrutural de pavimento de modelo flexível, apresentando algumas vantagens em relação aos modelos com maior rigidez. O pavimento com blocos pré-moldados representa uma versão moderna e com grandes aperfeiçoamentos dos antigos

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 180 / 354

calçamentos, efetuados com blocos de cantaria (paralelepípedos), notando-se evolução destacada na forma, em planta, dos blocos e no seu processo de fabricação.

Quanto às formas do bloco, são definidas de maneira a produzir boa transferência de carga entre o que estiver sendo carregado e os adjacentes, por meio do contato entre faces (intertravamento) sendo que a estrutura irá trabalhar de maneira satisfatória, onde se processa um alívio de tensões transmitidas ao subleito e às camadas do pavimento.

7.2 Execução da pavimentação

A pavimentação será executada em bloco de concreto intertravado com espessura de 8cm, a escolha desse material para camada de revestimento, fora determinada pelo seu baixo albedo e custo de manutenção mais baixo. A execução da obra de pavimentação, se dará através das seguintes etapas:

a) Regularização do subleito

Após a execução da etapa de terraplenagem, a pista estará na altura do greide projetado, neste momento, deverá ser realizada a regularização do subleito, para recebimento da camada de base.

b) Camada de base

Após a regularização, deverá ser executada a camada de base, sendo está em solo-brita, e com espessura de 15 centímetros e compactada, garantindo estabilidade e transferência de carga correta para a camada do subleito.

c) Camada de assentamento

A camada de assentamento, será executada após a camada de base, com 5 centímetros de espessura e compactada.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 181 / 354

d) Camada de revestimento

Após a acamada de assentamento, será executada a camada final, com a colocação dos blocos intertravando-se entre si, dentro dos limites estabelecidos pela viga de bordo.

7.2.1. Regularização e compactação do subleito

A regularização resume-se a corrigir algumas falhas da superfície terraplenada, pois, no final da terraplanagem, a superfície já deve apresentar bom acabamento. As operações devem compreender até 20 cm de espessura, onde o que exceder esta altura será considerado como terraplanagem.

Durante a obra deverão ser realizados os ensaios de suporte tipo Califórnia e de Grau de Compactação da regularização, onde o resultado deverá ser igual ou maior que 100%

Os materiais empregados na regularização do subleito serão os do próprio subleito. No caso de substituição ou adição de material, este deverá ser proveniente de ocorrências indicadas no projeto ou em laboratório (ensaios) no caso de restauração de pavimento existente, devendo satisfazer as seguintes exigências:

- Ter um diâmetro máximo de partícula igual ou inferior a 76 mm;
- Ter um índice de suporte Califórnia, determinado com a energia de compactação do método DNIT 172/2016-ME igual ou superior ao do material empregado no dimensionamento do pavimento, como representativo do trecho em causa;
- Ter expansão inferior a 2 %; O ISC para subleitos em pavimentos urbanos deverá ser maior ou igual a 4 %. O grau de compactação deverá ser, no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNIT 164/2013-ME e o teor de umidade deverá ser a umidade ótima do ensaio citado ±2 %.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 182 / 354

7.2.2. Execução da base

Os materiais a serem empregados devem apresentar índice de suporte Califórnia igual ou superior a 40 % e expansão máxima de 1 %, determinados segundo o método DNIT 172-2016-ME e com a energia de compactação correspondente ao método do DNIT 164-2013-ME ou correspondente ao ensaio T-180-57 da AASHTO (Proctor Modificado), conforme indicação do projeto. O índice de grupo deverá ser igual a zero.

O agregado retido na peneira nº 10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, isento de matéria vegetal ou outras substâncias prejudiciais. O diâmetro máximo dos elementos da sub-base deverá ser, no máximo, igual a 5 cm (2”), devendo-se reduzir este diâmetro, sempre que possível. Os materiais constituintes serão britas graduadas simples (BGS) e solo local.

A brita graduada simples (BGS): Mistura em usina de agregados, de produtos de britagem de rocha sã que, nas proporções adequadas, resulta no enquadramento em uma faixa granulométrica contínua que, corretamente compactada, obtém-se um produto com propriedades adequadas de estabilidade e durabilidade. Constituem camadas de sub-base e base de elevada qualidade quando adequadamente compactadas.

O transporte é feito em caminhões basculantes e a compactação deve ser realizada imediatamente após o espalhamento para não haver perda de umidade. Características: Bem graduada, diâmetro máximo dos agregados < 38 mm, finos (peneira nº 200) entre 3 e 9 %, CBR da ordem de 60 % a maiores de 100 % e Módulo de Ruptura entre 100 e 400 Mpa.

a) Mistura

- Os agregados deverão apresentar homogeneidade granulométrica;
- Os agregados serão combinados de maneira a enquadrar a mistura final nos limites estabelecidos no projeto de mistura;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 183 / 354

- A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada. Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas deverão ser desfeitas.

b) Transporte

A brita graduada simples a ser transportada, deve ser protegida por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte até o local de espalhamento.

c) Espalhamento

- Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água;
- A operação de espalhamento será executada por acabadora, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem segregação, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma;
- A operação de espalhamento com motoniveladora é permitida em serviços com volumes inferiores a 5000m³;
- A largura de cada “pano” não deve permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas;
- As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas do pavimento;
- O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

d) Compactação

- Após terminada a operação de espalhamento, a mistura de brita graduada simples e solo deve ser compactada. O teor de umidade no momento da compactação deve ser de no máximo +1 ou no mínimo –2 pontos percentuais em relação à umidade;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 184 / 354

- A compactação será iniciada nas bordas do pavimento. As passagens seguintes do compactador recobrirão, no mínimo, 30 cm da largura da faixa anteriormente compactada;
- A densidade aparente da mistura compactada (grau de compactação) deve ser maior ou igual a 100% da densidade aparente máxima definida de acordo com as instruções de uso do material;
- A deflexão medida não pode, em nenhum ponto, ser superior à definida no projeto.

7.2.3. Colchão de areia compactado

Depositar a areia de assentamento sobre a base preparada.

A areia de assentamento precisa ser limpa e seca, e deve ser espalhada em uma camada de espessura média e heterogênea em toda a área que será pavimentada.

O cuidado com a espessura da camada de areia de assentamento não é apenas um detalhe: se ela for muito grossa, o piso poderá afundar; se for muito fina, os blocos podem quebrar.

Para fazer o nivelamento adequado, utiliza-se um sarrafo, deslizando-o manualmente sobre guias paralelas. E sempre se lembre de tomar cuidado para não pisar na areia depois do nivelamento.

7.2.4. Bloco Intertravado

Antes de assentar os blocos, recomenda-se fazer uma primeira fiada de teste. Para isso, marque o posicionamento dos blocos e encaixe-os sem compactar, para garantir que o projeto da obra é compatível com as medidas reais.

Os blocos a serem utilizados devem ser do tipo pavi-s ou equivalente, com resistência a compressão mínima de 35MPa e assentados colchão de pó de pedra na espessura de 5 cm.

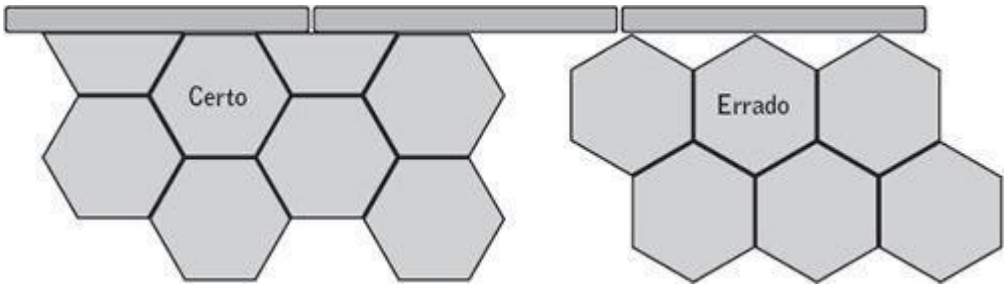
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 185 / 354

a) Posicionamento

Os blocos de concreto são colocados seguindo dois critérios: um padrão de posicionamento (modo relativo como ficam posicionados em relação ao outro) e um padrão de alinhamento (posição relativa entre o eixo dos blocos e o da via). Ambos devem ser definidos antes do início do calçamento.

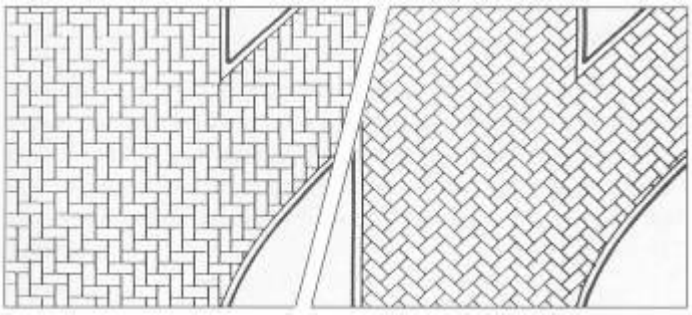
Quando há tráfego de veículos, não podem existir juntas contínuas que fiquem paralelas à direção do tráfego, devendo ser escolhido um padrão de posicionamento dos blocos em que está coincidência não seja possível. Por este motivo, existem padrões de posicionamento que só se servem para vias de trânsito de pedestres.

Figura 3 – Padrão de posicionamento dos blocos intertravados hexagonais



Existe uma diversidade de formas dos blocos, e alguns deles, como os retangulares, podem ter padrões de posicionamento muito diversos. Todos eles são utilizáveis em via de trânsito de pedestres, onde o padrão de alinhamento não tem importância.

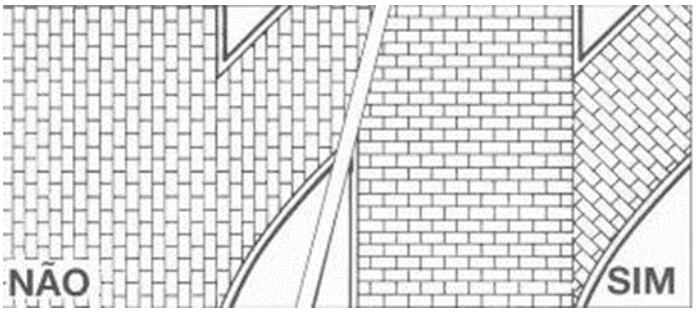
Figura 4 – Padrão de Posicionamento dos Blocos Intertravados Retangulares



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 186 / 354

Pavimentos com tráfego veicular têm os blocos dispostos, de preferência, no padrão espinha de peixe e alinhados com o eixo da via num ângulo qualquer. Este padrão tem a vantagem de não requerer uma mudança de alinhamento em curvas ou esquinas.

Figura 5 – Padrão Correto de Blocos Intertravados para Tráfego Veicular



Quando os blocos retangulares são colocados em fileiras, estas devem ser travadas da mesma maneira que os tijolos de uma parede, e devem ficar alinhadas transversalmente ao sentido do tráfego. Nas interseções com curvas ou esquinas, o padrão de posicionamento deve ser "girado", de modo que as fileiras fiquem transversais ao fluxo das rodas. Esta mudança se realiza mediante o corte preciso dos blocos ou adotando um cordão transversal de calçamento. Fileiras nunca devem ficar alinhadas com o eixo da via.

b) Início

Cada padrão de posicionamento deve obedecer a uma determinada sequência de montagem dos blocos, de modo a atingir o máximo rendimento. Esta sequência deve permitir o trabalho simultâneo de mais de um colocador, montando dois blocos ao mesmo tempo, não tendo que encaixar peças em vazios, mas apenas deslocando-as lateralmente.

Para conseguir a necessária coordenação, deve-se iniciar a colocação de uma maneira bem definida, a qual varia de acordo com o padrão de posicionamento e com o alinhamento escolhido. Convém fazer inicialmente um teste de 2 a 3 m para corrigir o alinhamento e memorizar a sequência.

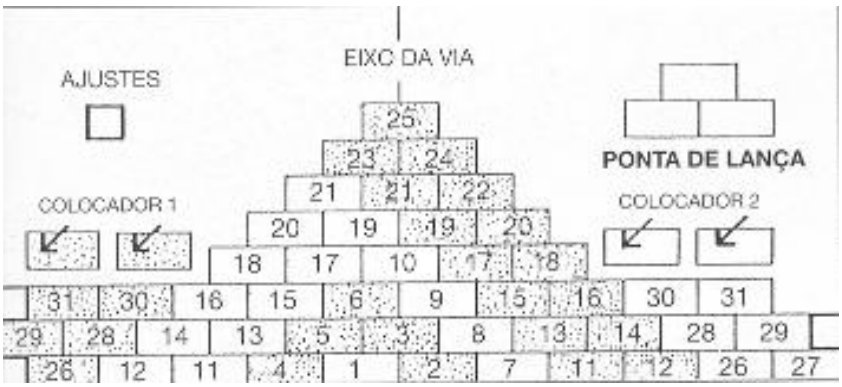
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 187 / 354

Figura 6 – Assentamento dos Blocos na Prática



Para colocar blocos (dos tipos 1, 2 ou 3) em fileiras transversais, pode ser utilizada como guia, tanto um dos lados da via como uma linha no seu eixo. Inicialmente colocam-se uns 25 blocos até que o padrão fique definido e, a seguir, se prossegue com um ou dois colocadores (com duas linhas cada um) e, de preferência, um na frente do outro.

Figura 7 – Guia Para Posicionamento dos Blocos Intertravados



Seguindo uma linha ou o eixo da via se colocam os primeiros 10 blocos e, a seguir, os colocadores (até 4) continuam avançando simetricamente em linhas oblíquas duplas até a ponta encontrar o eixo. Os espaços vazios resultantes são preenchidos posteriormente.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 188 / 354

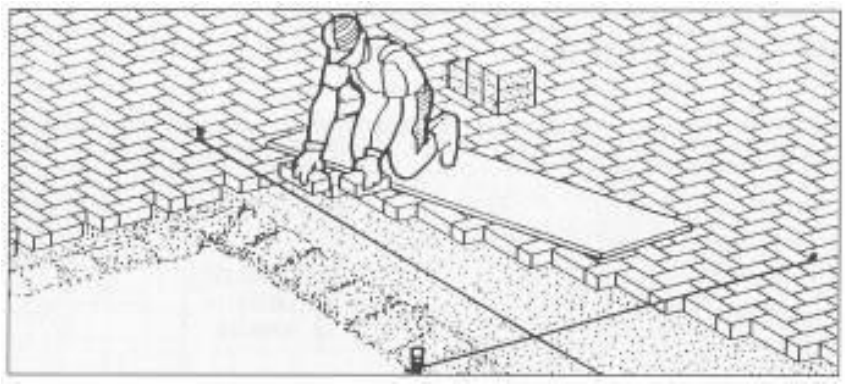
Para o posicionamento em espinha de peixe, deve-se escolher para qual lado se deseja que fique a sua diagonal. Caso se queira o avanço da esquerda para a direita, colocar-se-ão primeiramente uns 18 blocos e, a seguir 1 ou 2 colocadores poderão continuar com as duas fileiras seguindo a diagonal sempre da frente para trás.

Caso se queira que a diagonal da espinha de peixe avance da direita para a esquerda, somente um colocador poderá avançar pela diagonal colocando uma única fileira para frente e logo a seguinte para trás. Para espinhas de peixe posicionadas em outro ângulo qualquer, recomenda-se empregar este segundo esquema, embora dê um maior número de ajustes.

c) Alinhamento

Um alinhamento correto dos blocos depende de unidades de boa qualidade (dimensões homogêneas) e esmero dos colocadores durante a montagem. Não há muita diferença no rendimento da colocação de blocos corretamente alinhados ou colocados de forma descuidada. No entanto, a diferença na aparência será expressiva.

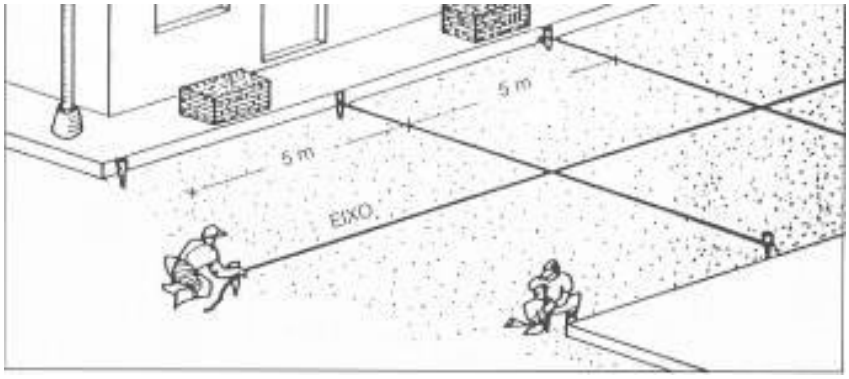
Figura 8 – Alinhamento Correto dos Blocos



É importante manter sob controle, ao longo da via, tanto o padrão de posicionamento como o alinhamento dos blocos. Com este objetivo deve-se utilizar linhas longitudinais e transversais fixadas e esticadas com estacas, varetas ou blocos.

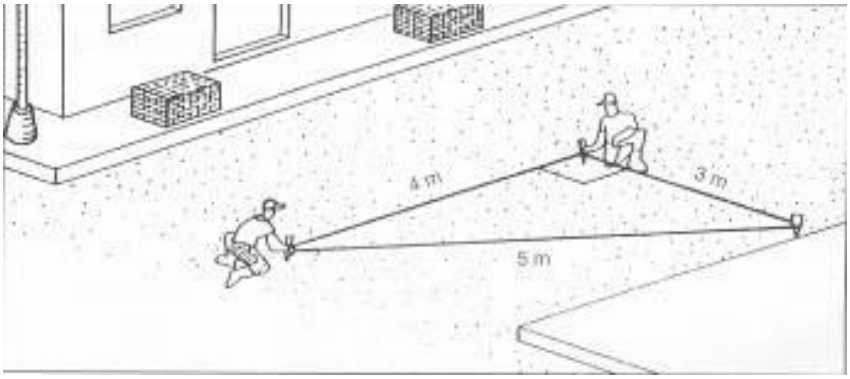
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 189 / 354

Figura 9 – Utilização de Linhas Longitudinais e Transversais Fixadas e Esticadas



Definida uma frente de avanço, o alinhamento da colocação dos blocos deve ser verificado, pelo menos, com uma linha longitudinal e linhas transversais a cada 5 m. Eventuais desajustes podem ser corrigidos sem a necessidade de retirar blocos, mas apenas utilizando cuidadosamente uma cunha ou talhadeira.

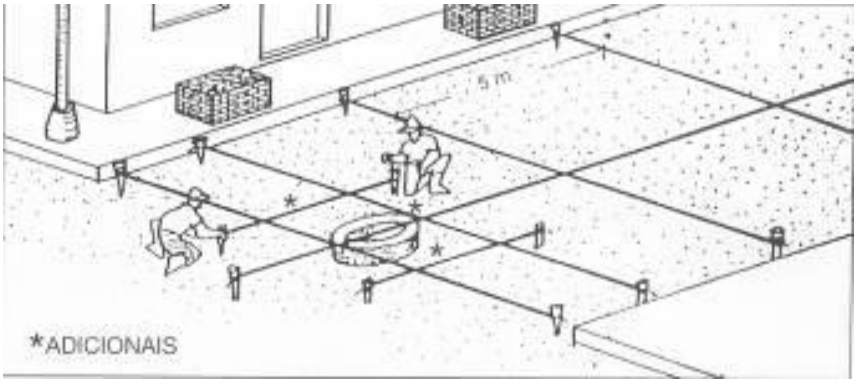
Figura 10 – Alinhamento da colocação dos blocos



Para poder checar ângulos retos, especialmente no início do serviço, é empregada uma linha de 12 m, com as extremidades unidas e com marcas correspondentes aos 5, 4 e 3 m. Colocando as marcas de 3 e 4 m sobre estacas e esticando o conjunto, a diagonal do triângulo coincidirá exatamente com a marca dos 5 m.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 190 / 354

Figura 11 – Checagem de Ângulos Retos



Quando houver interrupções na via (sumidouros, caixas de inspeção ou outros confinamentos internos), a sequência de colocação deverá ser controlada com linhas em forma de quadrícula ao seu redor, de modo a não perder o alinhamento até que esta interferência seja ultrapassada.

d) Colocação dos blocos de concreto

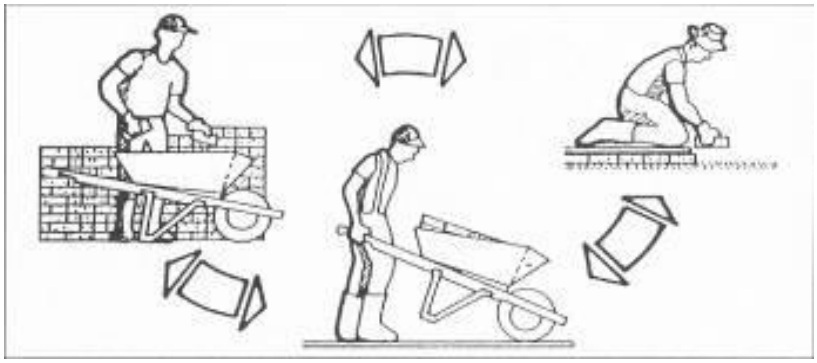
A etapa da montagem dos blocos é a atividade mais importante da construção do pavimento, pois responde, em grande medida, pela qualidade final deste. Dependem dela: nivelamento, alinhamento do padrão de colocação, regularidade superficial, largura das juntas etc., fundamentais para o acabamento e durabilidade do pavimento. Pelo fato de ser uma atividade manual, é fundamental exercer um estrito controle sobre cada uma das suas etapas.

Como os blocos são colocados, principalmente, a mão, o colocador deverá usar, ao máximo, luvas de proteção. O seu trabalho, no nível do chão, é cansativo. Para evitar fadiga terá que mudar frequentemente de posição.

A equipe mínima de trabalho será de três operários: um colocador, um auxiliar para transportar e outro para carregar e distribuir. Porém, se a obra permitir, poderão ser utilizadas equipes com maior número de colocadores.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 191 / 354

Figura 12 – Divisão do Trabalho na Colocação dos Blocos



A atividade do colocador é a mais cansativa de todas. Para não sobrecarregar a sua capacidade física, é conveniente dispor de equipes nas quais cada função possa ser exercida por todos, em rodízio.

Durante a colocação e antes que os blocos sejam compactados, a circulação dos operários e dos materiais sobre as áreas não terminadas deverá ser exclusivamente sobre proteções de madeira (tábuas ou chapas grossas).

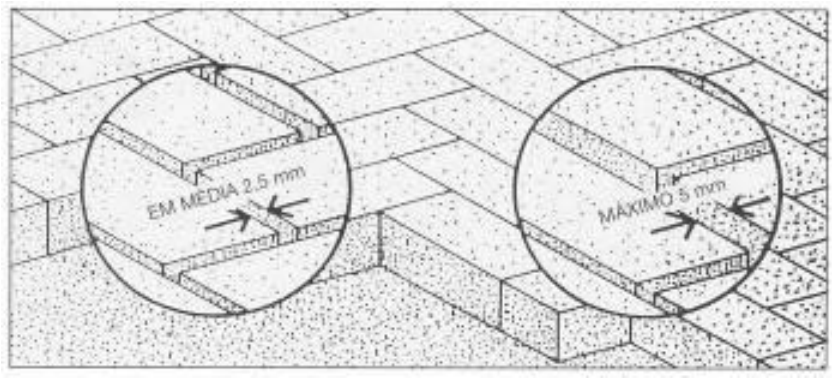
e) Juntas

Além da uniformidade superficial dos blocos, também é importante que as juntas entre eles sejam as mais estreitas possíveis, de modo que o bom intertravamento garanta o bom funcionamento mecânico do pavimento, e de maneira que o pavimento não seja muito permeável, não seja afetado pelo escorrimento da água nem facilite o crescimento de grama etc.

Os blocos são assentados diretamente sobre a camada de areia previamente rasada. Cada bloco é pego com a mão, encostado firmemente contra os outros já assentados e, a seguir, deslizado verticalmente para baixo até tocar na areia.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 192 / 354

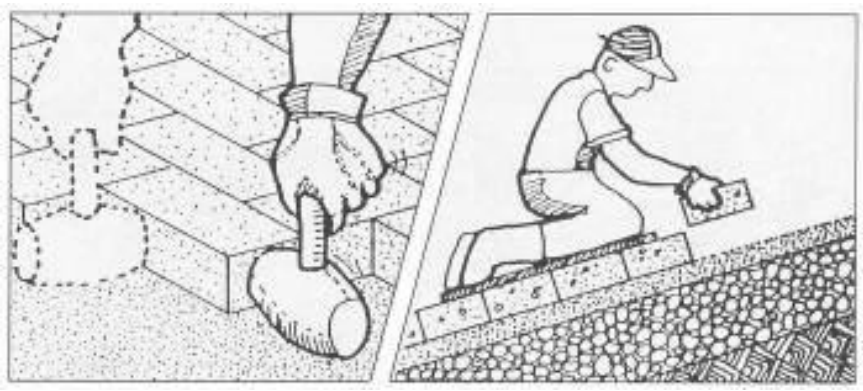
Figura 13 – Tamanho Médio e Máximo das Juntas Entre os Blocos



Procedendo desta forma se consegue a junta com a mínima abertura. Esta junta tem, em decorrência das irregularidades das faces, aproximadamente, 2,5 mm de abertura. No caso da abertura da junta ficar muito grande, o bloco deve ser batido lateralmente com uma marreta de madeira ou borracha contra os blocos adjacentes, para fechá-la.

Procedimento inadequado é primeiro deitar o bloco sobre a areia e, logo, empurrá-lo horizontalmente contra os blocos vizinhos. A areia que se arrasta desta forma não permite um encosto perfeito.

Figura 14 – Ajuste das Juntas dos Blocos



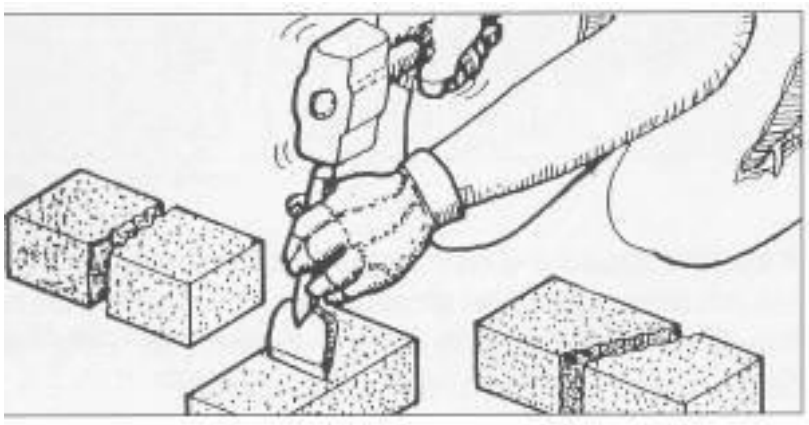
Os blocos não devem ser golpeados verticalmente para que fiquem rentes entre si. Os golpes devem ser utilizados apenas para minimizar as juntas ou para corrigir o alinhamento. Em pistas inclinadas é aconselhável executar a colocação de baixo para cima.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 193 / 354

f) Ajustes

Uma vez terminada a montagem de todos os blocos inteiros que caibam num trecho, deve-se colocar os de ajuste (frações de unidade) nos vazios juntos a confinamentos, estruturas de drenagem etc. Estes ajustes são feitos com frações dos mesmos blocos inteiros colocados e com o mesmo alinhamento ou padrão de posicionamento do resto do pavimento. Existem três procedimentos para preparar os pedaços de blocos para ajustes, cada um dando faces de corte de qualidade diferente. Quanto melhor o plano de corte, mais cara é a sua obtenção e melhor será a sua aparência e o seu comportamento.

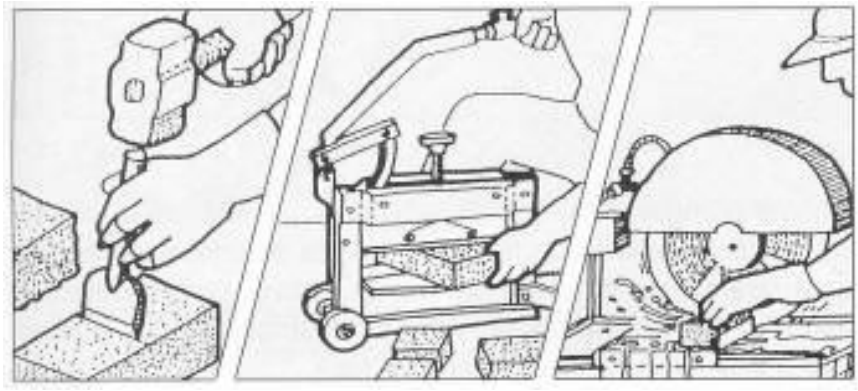
Figura 15 – Corte dos Blocos com Talhadeira



A forma mais simples de cortar o bloco é com talhadeira e marreta, apoiando a peça sobre um calço duro e dando um golpe seco. O fio da talhadeira deverá ter uma largura de 8 a 12 cm.

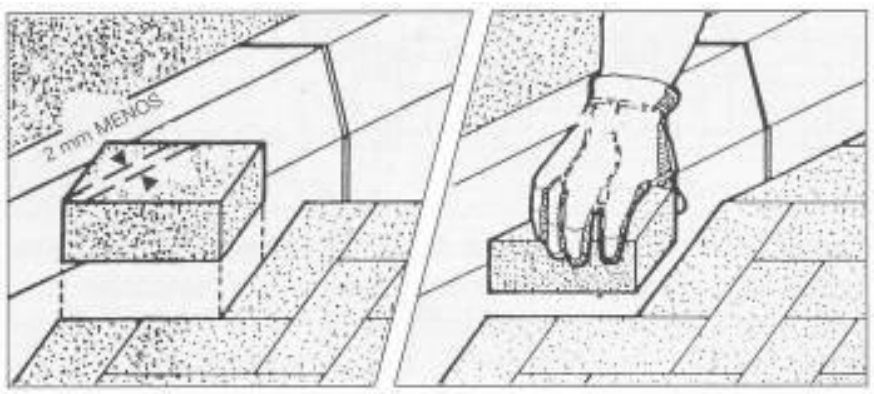
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 194 / 354

Figura 16 – Maneiras de Realizar o Corte dos Blocos



Uma outra maneira de produzir o corte da peça de ajuste é com o cisalhamento, entre duas lâminas, por golpe ou com auxílio de uma prensa (hidráulica ou parafuso). Por último, o corte de melhor qualidade é executado com serra circular munida de disco abrasivo e, estando o bloco preso numa morsa.

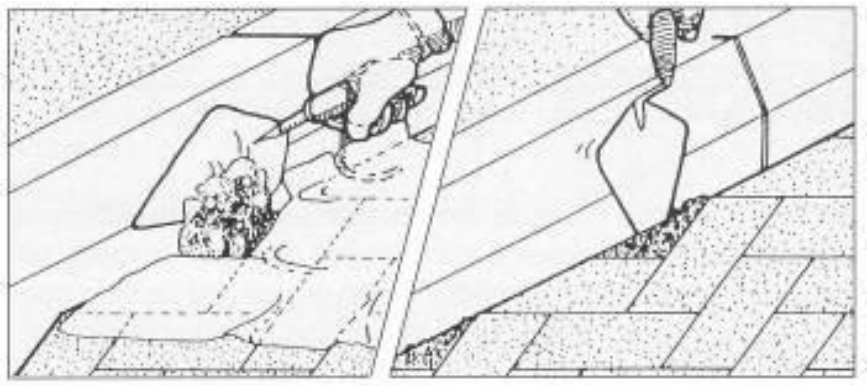
Figura 17 – Distância para Corte do Bloco



A peça de ajuste deve ser cortada 2 mm mais curta que o espaço a ser preenchido. O corte manual de ajustes muito pequenos é difícil. Para preencher os vazios de dimensões inferiores a 1/4 do bloco, é melhor usar uma argamassa muito seca (1 parte de cimento por 4 partes de areia) sacada com força no vazio.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 195 / 354

Figura 18 – Preenchimento de Espaços com Argamassa



No preenchimento com esta argamassa deve-se tomar cuidado de cobrir os blocos vizinhos com plástico ou papel grosso para evitar o seu manchamento. Após o endurecimento da argamassa esta proteção é retirada. A argamassa é compactada com soquete e rasada com colher de pedreiro.

g) Compactação inicial

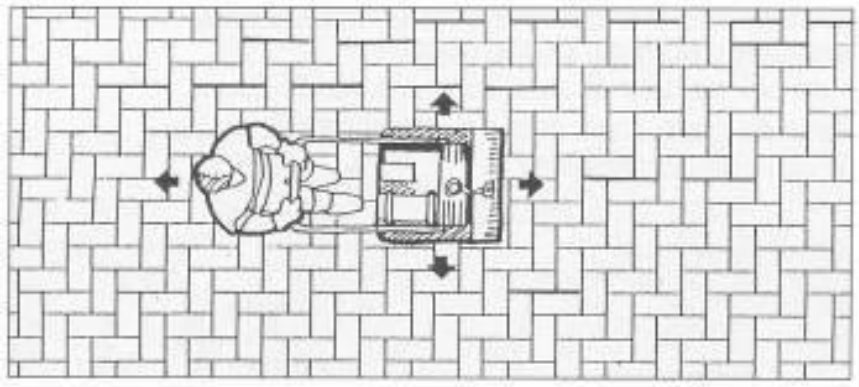
A compactação inicial tem como funções: rasar os blocos pela face externa, dar início ao adensamento da camada de areia sob os blocos e induzir está a penetrar, de baixo para cima, nas juntas entre as faces laterais de modo de produzir o seu intertravamento.

Figura 19 – Modelo de Vibrador para a Compactação



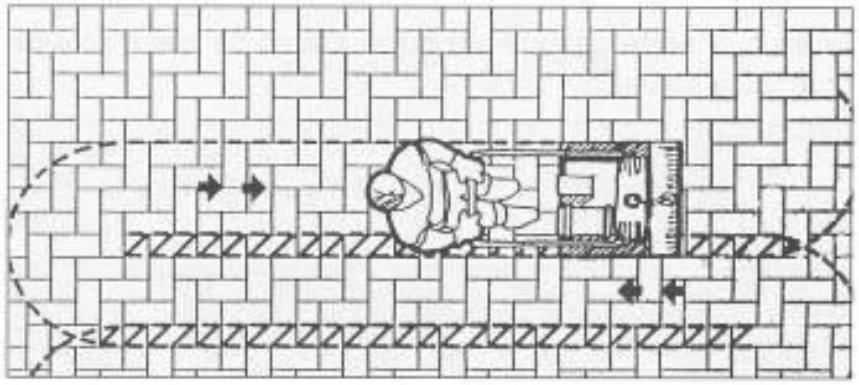
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 196 / 354

Figura 20 – Padrão de Movimentação da Placa de Vibrocompressão



Tanto a compactação inicial como a compactação final realizada logo após o rejuntamento devem ser realizadas com uma placa de vibrocompressão de tamanho comum. Evitar equipamentos muito potentes em pavimentos com blocos de 6 cm de espessura, pois podem provocar a sua quebra.

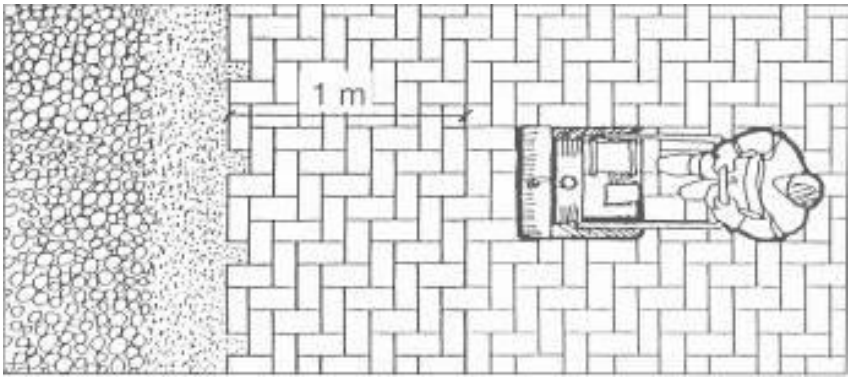
Figura 21 – Padrão de Movimentação da Placa de Vibrocompressão



Na compactação inicial se deve passar a vibrocompactadora, pelo menos, duas vezes, e em direções opostas: primeiro um circuito completo num sentido, e logo depois, no sentido contrário. Deve haver uma sobreposição dos percursos para evitar a formação de degraus.

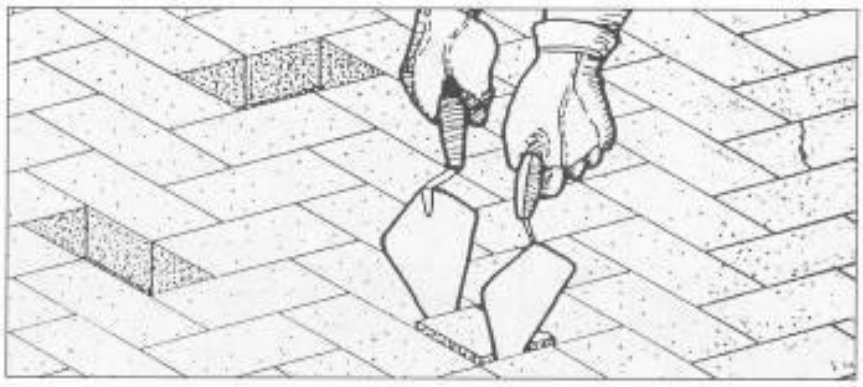
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 197 / 354

Figura 22 – Distância para a Compactação Inicial



A compactação e o rejuntamento com areia devem avançar até um metro antes de alcançar a extremidade livre não confinada em que prossegue a pavimentação. Esta faixa será compactada junto com o trecho seguinte.

Figura 23 – Retirar Blocos que Quebraram



Após a compactação inicial, retirar com auxílio de duas colheres de pedreiro ou chaves de fenda aqueles blocos que quebraram e substituí-los por novos. Esta operação deve ser executada antes do rejunte e da compactação final, porque nesta fase, essa atividade ainda é fácil.

h) Selagem das juntas

No rejuntamento com areia é necessário para reduzir a percolação de água e garantir o funcionamento mecânico do pavimento. Isto obriga a utilizar material e mão-de-obra de boa qualidade na execução deste selo e da

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 198 / 354

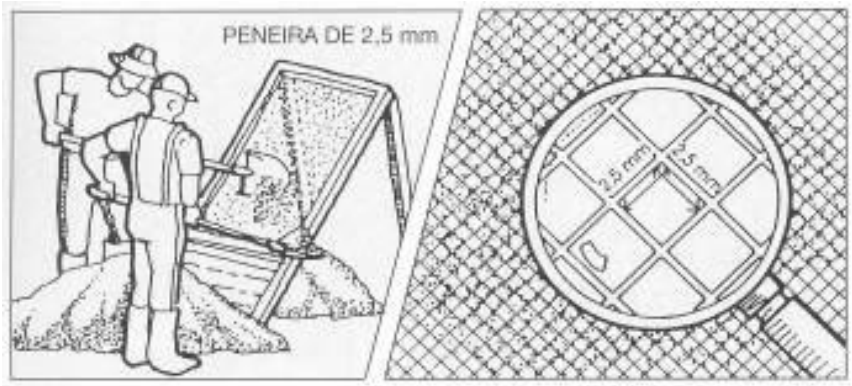
compactação final. Com rejunte mal feito os blocos ficam soltos e o pavimento perde travamento, deteriorando rapidamente. Isto é valido tanto para pavimentos novos como para já existentes.

Figura 24 – Utilização de Areia Fina para os Rejuntes



No rejunte deve ser utilizada areia fina com grãos menores do que 2,5 mm, do tipo utilizado para preparar rebocos de paredes. No instante da colocação, a areia deve estar bem seca e não conter cimento ou cal. Nunca utilizar argamassa, o que tornaria o rejunte muito quebradiço.

Figura 25 – Peneiração da Areia por Malha Quadrada de 2,5mm



A areia deve ser passada por uma peneira de malha quadrada para retirar os grãos maiores do que 2,5 mm, os contaminantes e corpos estranhos e soltá-la, para que seque mais facilmente.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 199 / 354

Figura 26 – Quantidade de Areia para Rejunte de 1m²



Quando muito molhado, a areia pode ser seca estendendo-a numa camada fina exposta ao solou coberta. Deve-se evitar a sua contaminação com o solo e ser frequentemente remexida. De um modo geral, não são necessários mais de 3,5 litros de areia por m², ou seja, 1 m³ serve para selar 285 m² de pavimento.

Figura 27 – Aplicação da Areia para o Rejunte dos Blocos



A areia é posta sobre os blocos de concreto numa fina camada (insuficiente para cobri-los totalmente) e espalhada com uma vassoura até preencher completamente as juntas. A varrição pode ser alternada (desde que se disponha do pessoal suficiente) com a compactação final.

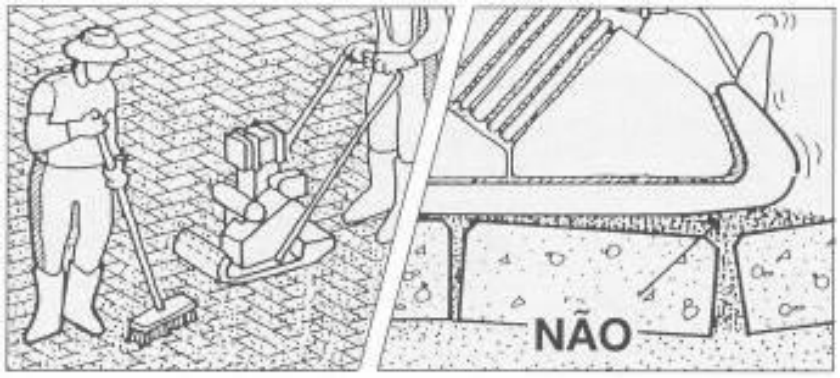
i) Compactação final e limpeza

A compactação final se destina a dar a firmeza definitiva ao pavimento e, portanto, não se deve economizar esforços na sua execução. Porém,

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 200 / 354

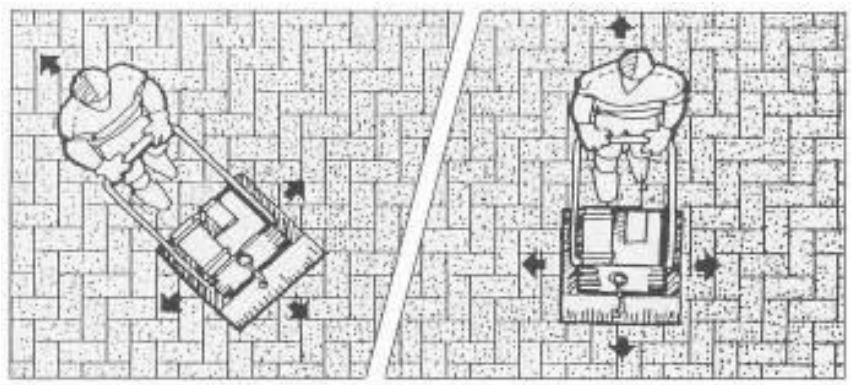
mesmo que tenha sido muito bem executada, o tráfego posterior continuará compactando a areia das juntas e acomodando os blocos.

Figura 28 – Compactação e Varrição Final



A compactação final se executa com o mesmo equipamento e da mesma forma que a inicial. Apenas que a varrição pode ser alternada ou simultânea com a compactação. Deve evitar-se que a areia grude na superfície dos blocos e nem forme protuberâncias que afundem excessivamente os blocos quando a vibro compactadora passar sobre eles.

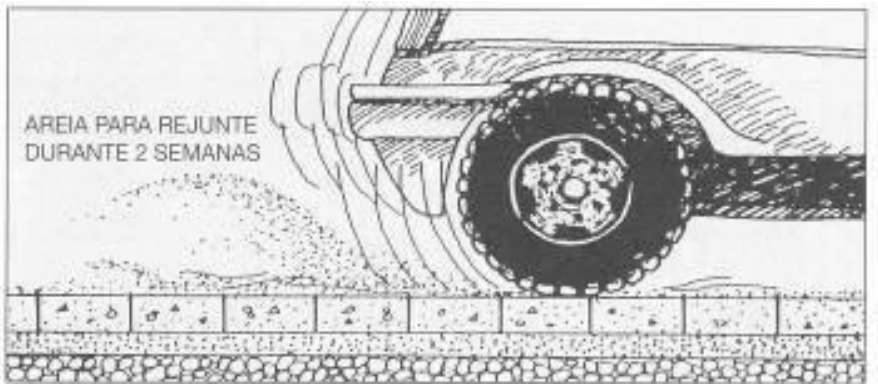
Figura 29 – Passagens Finais da Placa Vibrocompressora



Deverão ser feitos, pelo menos, quatro passadas, em diversas direções, com a placa vibro compressora e sobre posicionando parcialmente os percursos sucessivos. Encerrada esta operação o pavimento pode ser aberto ao tráfego.

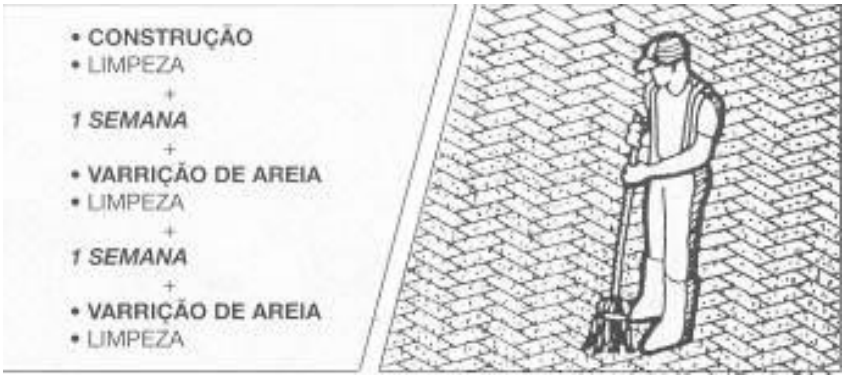
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 201 / 354

Figura 30 – Deixar o Excesso de Areia para Rejunte sobre o Pavimento



O excesso da areia para rejunte deve ser deixado sobre o pavimento umas duas semanas, de modo que o próprio tráfego contribua para completar o selado das juntas. Evidentemente que isto só é recomendável na ausência de chuvas, quando a frenagem não for dificultada ou a poeira não incomodar.

Figura 31 – Cuidados Finais da Pavimentação



Caso isto não seja possível, deverá ser realizada a varrição final e aberta ao tráfego. Uma ou duas semanas depois o empreiteiro deverá voltar para refazer a selagem e nova varrição. Não será permitido jogar água sobre o pavimento antes de um mês.

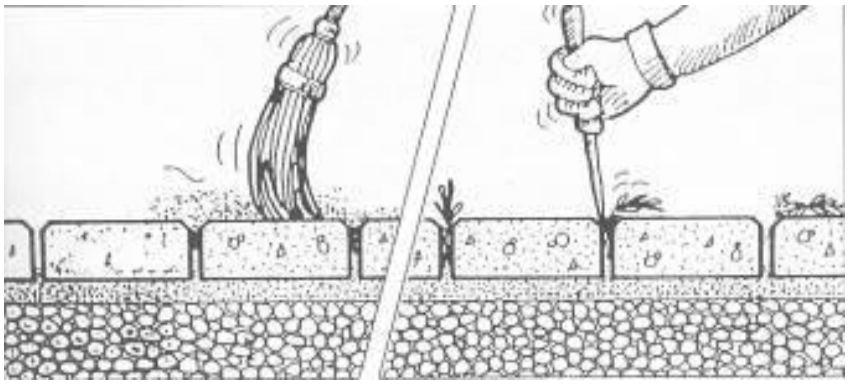
j) Uso e manutenção

Cada pavimento tem seus cuidados característicos, diferentes entre si, tanto na utilização como na manutenção. Por este motivo é importante que as autoridades que dispõem de pavimentos de blocos de concreto saibam

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 202 / 354

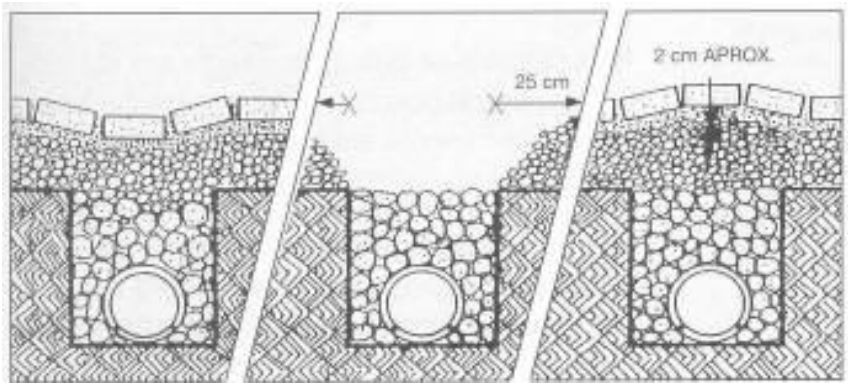
como cuidar deles corretamente, identificar os problemas e danos, de modo que os técnicos possam ordenar, em tempo hábil, os reparos requeridos. Desta maneira os pavimentos serão permanentemente cômodos para os usuários e mais econômicos para a comunidade.

Figura 32 – Manutenção das Juntas Intertravadas



Para que uma junta intertravada funcione bem, é necessário que ela permaneça permanentemente cheia. Caso fique vazia em mais de 1 cm deve ser averiguada a causa deste fato, corrigir a anomalia e novamente preenchê-la e completar o procedimento descrito anteriormente. A grama nas juntas não atrapalha e pode ser eliminada com ferramenta adequada.

Figura 33 – Repavimentação em Casos de Afundamento da Pavimentação

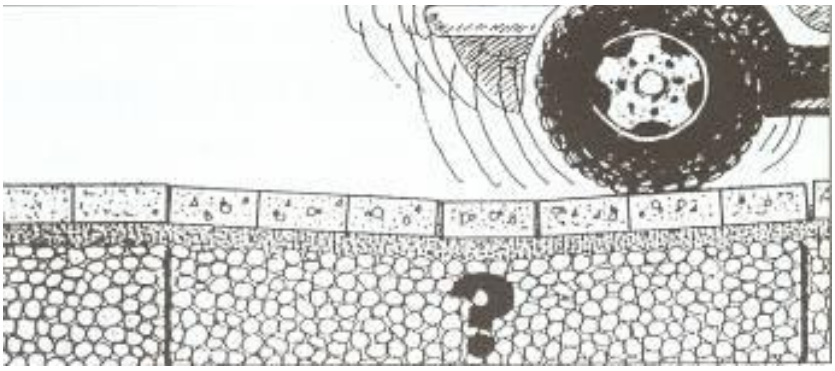


Em pavimentos que afundam devido a danos nas redes de tubulações ou falta local de compactação, os blocos devem ser retirados, a anomalia

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 203 / 354

consertada e a área afetada repavimentada. Neste caso, o nível da base compactada deve ficar uns 2 cm mais alta para que com a consolidação posterior, o pavimento fique rente ao resto da superfície.

Figura 34 – Investigar Causa de Ondulações



Pavimentos que ao longo do tempo apresentam ondulações revelam que foram construídos sobre bases de qualidade, portanto insuficiente, sobre subleitos instáveis ou que estão submetidos a tráfegos superiores aos previstos. A causa da disfunção deve ser pesquisada e a anomalia eliminada antes de repavimentar.

Figura 35 – Limpeza Correta dos Blocos



O pavimento de blocos pré-moldados de concreto deve ser limpo apenas com varrição, sendo permitido apenas esporadicamente o esguicho com água. Os vizinhos do pavimento devem ficar informados que a areia das juntas não constitui sujeira e é necessária para o seu correto funcionamento.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 204 / 354

k) Abertura do Tráfego

Durante todo o período de construção do pavimento, devem ser construídas valetas provisórias, com a finalidade de desviar as águas de chuva. E não deve ser permitido o tráfego sobre a pista em execução

Sob a responsabilidade da executante, eventualmente, deve ser liberado o trecho ao tráfego por prazo não inferior a dez dias, para que se processe devidamente o adensamento do material de enchimento.

7.2.5. Recomendações Gerais

O pavimento concluído deverá estar de acordo com os alinhamentos, perfis, dimensões e seção transversal típica estabelecidas pelo projeto, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

O alinhamento e perfil do meio-fio serão verificados antes do início da pavimentação. Não deverá haver desvios superiores a 20mm, em relação ao alinhamento e perfil estabelecido.

A face do calçamento não deverá apresentar, verificado com régua de 3mm de comprimento sobre ele disposto em qualquer direção, depressão superior a 20mm.

A altura da base de areia ou saibro mais a do paralelepípedo depois do comprimento, medida por sondagens diretas, não poderá diferir em mais de 5% da espessura fixada no projeto.

As juntas dos blocos deverão ter uma dimensão de 2.5cm. Antes da colocação da areia lavada, o excesso de areia nas juntas, deverá ser retirado, com auxílio de um bastão de madeira ou metálico. A profundidade das juntas deverá ser de, no mínimo, 5cm. As juntas poderão ter uma variação de +/- 0.5cm em relação à dimensão prevista acima, considerando-se juntas isoladas da pavimentação.

Após o assentamento de todos os blocos iniciará a compactação.

É importante ressaltar que, neste processo, o operário deve mover as placas vibratórias com passadas de 20cm ou mais. Além disso, é preciso parar a 1.5m de distância da frente de serviço, no mínimo.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 205 / 354

Depois de realizar a primeira compactação, ou compactação inicial, é preciso substituir os blocos danificados no processo. Também é feita a selagem das juntas, espalhando areia fina (similar à areia de argamassa) sobre o pavimento e varrendo o excesso.

Então, realiza-se a compactação final, e o assentamento do pavimento intertravado está concluído.

8. SINALIZAÇÃO VIÁRIA

O projeto de sinalização viária tem por objetivo fornecer informações que permitam aos usuários das vias adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os usuários da via. A sinalização constitui um elemento fundamental na organização do espaço viário, transmitindo mensagens de forma clara e objetiva aos condutores, pedestres e ciclistas, contribuindo para a redução de conflitos e a prevenção de acidentes.

Este projeto tem como normativa o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (MBST), elaborado pela Câmara Temática de Engenharia de Tráfego, de Sinalização e da Via, que abrange todas as sinalizações, dispositivos auxiliares, sinalização semafórica e sinalização de obras determinadas por resolução do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). O MBST é composto por seis volumes, sendo que este projeto utiliza especificamente as diretrizes dos Volumes I (Sinalização Vertical de Regulamentação) e IV (Sinalização Horizontal).

A sinalização viária, quando corretamente implantada e mantida, permite melhor aproveitamento da capacidade das vias, aumenta a segurança em condições adversas de visibilidade (neblina, chuva, período noturno) e orienta os usuários sobre as regras de circulação e os comportamentos esperados em cada situação de tráfego.

8.1 Sinalização vertical de regulamentação

A sinalização vertical de regulamentação tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 206 / 354

vias urbanas e rurais. Assim, o desrespeito aos sinais de regulamentação constitui infrações, previstas no Capítulo XV do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

As placas de regulamentação caracterizam-se, em sua maioria, pelo formato circular, com exceção das placas R-1 (Parada Obrigatória), que possui formato octogonal, e R-2 (Dê a Preferência), que possui formato triangular. O padrão de cores predominante é o círculo vermelho com fundo branco e pictogramas em preto, transmitindo uma mensagem clara de restrição ou proibição.

Os sinais de regulamentação são divididos em 8 grupos, sendo eles:

1- Preferência de passagem
2- Velocidade
3- Sentido de circulação
4- Movimentos de circulação
    a. Proibidos
    b. Obrigatórios
5- Normas especiais de circulação
    a. Controle de faixas de tráfego
    b. Restrições de trânsito por espécie e categoria de veículo
    c. Modos de operação
6- Controle das características dos veículos que transitam na via
7- Estacionamento
8- Trânsito de pedestres e ciclistas

A Figura 36 apresenta o conjunto de sinais de regulamentação conforme o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 207 / 354

Figura 36 – Conjunto de sinais de regulamentação



Fonte: Contran, 2007

No projeto em questão foram alocadas as seguintes sinalizações regulamentares:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 208 / 354

8.1.1. Placa R-1: Parada Obrigatória

Figura 37 – Placa R-1: Parada obrigatória



A placa R-1 tem formato octogonal e assinala ao condutor a obrigatoriedade de parar o veículo antes de entrar ou cruzar a via ou pista. Esta placa é utilizada em cruzamentos onde a visibilidade é reduzida ou onde há necessidade de priorizar o fluxo da via transversal. O condutor deve efetuar a parada total do veículo antes da linha de retenção ou, na sua ausência, antes do cruzamento, observando as condições de segurança para prosseguir.

Características técnicas:

- Formato: octogonal
- Dimensões: conforme Volume I do MBST (variável de acordo com a velocidade da via)
- Cores: fundo vermelho com a palavra "PARE" em branco
- Material: chapa de aço galvanizado ou alumínio com película retrorrefletiva Tipo I

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 209 / 354

8.1.2. Placa R-6c: Proibido parar e estacionar

Figura 38 – Placa R-6c: Proibido parar e estacionar



A placa R-6c informa ao condutor que é proibido a parada e estacionamento de veículos na área sinalizada. É utilizada em locais onde, por motivos de segurança e/ou fluidez do tráfego, é necessário que se impeça a parada e o estacionamento de veículos, como em vias de trânsito rápido, aproximações de intersecções críticas, curvas acentuadas ou locais com limitações físicas da via.

Características técnicas:

- Formato: Circular;
- Dimensões: Conforme Volume I do MBST, com diâmetro variável de acordo com o tipo e velocidade da via (ex.: 0,40 m para vias urbanas ou 0,75 m para rodovias);
- Cores: Fundo branco, orla e duas tarjas oblíquas cruzadas em vermelho, com a letra "E" em preto;
- Material: Substrato em chapa de aço, alumínio ou plástico reforçado, com aplicação de película retrorrefletiva (do tipo esferas encapsuladas ou lentes prismáticas).

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 210 / 354

8.1.3. Fixação e Posicionamento das Placas

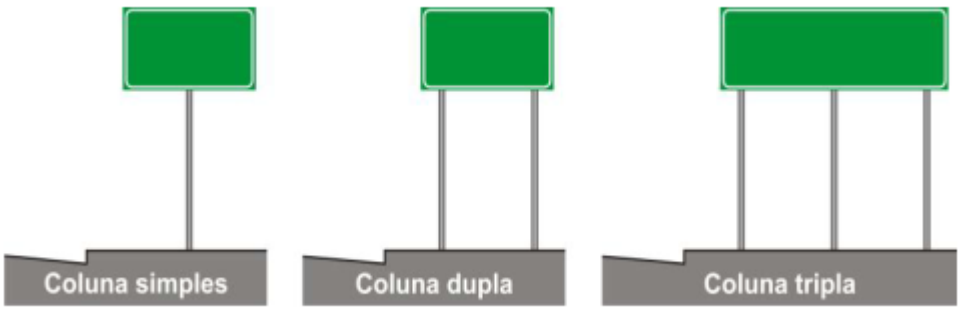
Os suportes devem ser dimensionados e fixados de modo a suportar as cargas próprias das placas e os esforços resultantes da ação do vento, de forma que mantenham permanentemente sua correta posição, evitando que sejam giradas ou deslocadas. A estabilidade do conjunto placa-suporte é fundamental para garantir a legibilidade e a durabilidade da sinalização.

Os materiais utilizados para a confecção dos suportes são o aço galvanizado e a madeira imunizada. O aço galvanizado oferece maior durabilidade e resistência à corrosão, sendo recomendado para áreas urbanas. A madeira imunizada, quando tratada adequadamente, também apresenta boa durabilidade e pode ser utilizada em áreas rurais ou onde há restrições ao uso de postes metálicos. Além disso, os suportes devem possuir cores neutras (cinza ou preto) e formas que não interfiram na interpretação da mensagem e não devem representar um obstáculo à livre circulação de veículos e pedestres.

Fundação dos suportes: A instalação dos suportes deve ser realizada em fundação de concreto, com profundidade mínima de 0,60 m para garantir a estabilidade do conjunto. As dimensões da fundação devem ser calculadas considerando o tipo de solo, a altura do poste e a área exposta ao vento das placas.

Exemplos de tipos de suportes a serem adotados:

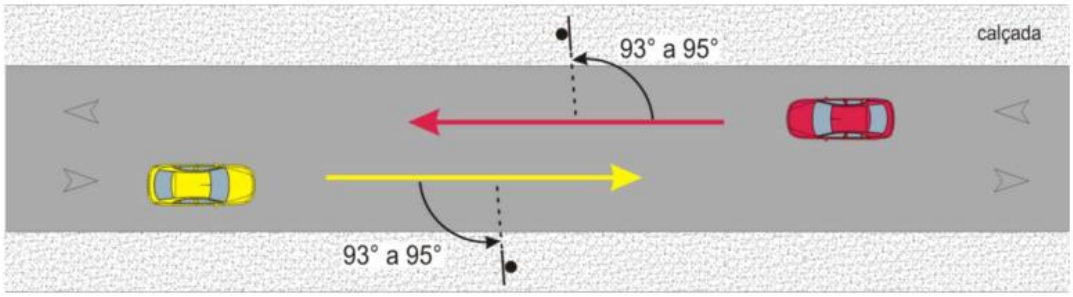
Figura 39 – Exemplo de suporte das placas



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 211 / 354

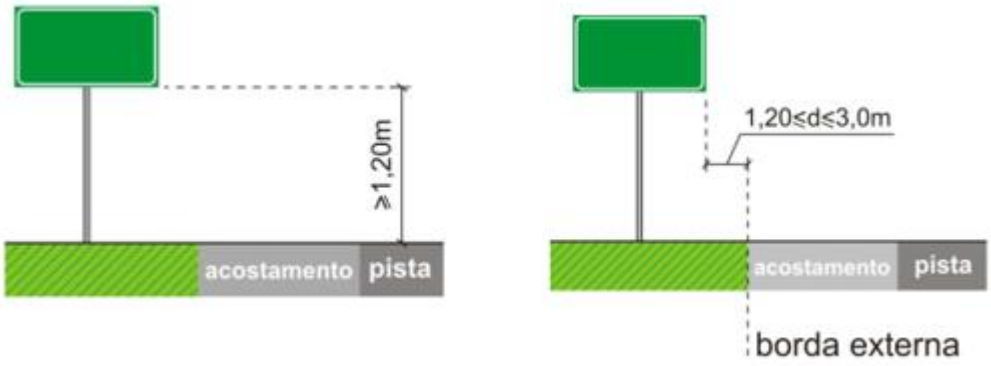
Quanto ao posicionamento, as placas devem ser colocadas no lado direito da via, fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação ao fluxo de tráfego, voltadas para o lado externo da via, conforme o mostrado na imagem abaixo. Este ângulo ligeiramente aberto em relação ao eixo da via tem por finalidade evitar a reflexão especular da luz dos faróis dos veículos, garantindo melhor visibilidade da placa em qualquer condição de iluminação.

Figura 40 – Angulação das placas



A borda inferior da placa colocada lateralmente à pista deve ficar a uma altura livre mínima de 1,20 m em relação à superfície da pista em áreas rurais ou quando instalada no acostamento. Em áreas urbanas, quando instalada sobre o passeio, a altura livre mínima deve ser de 2,10 m para não interferir na circulação de pedestres. Além disso, o afastamento lateral medido entre a borda lateral da placa e a borda da pista deve ser, no mínimo, de 1,20 m e no máximo 3,00 m. Este afastamento garante que a placa esteja em posição visível sem representar risco aos veículos.

Figura 41 – Posicionamento lateral das placas



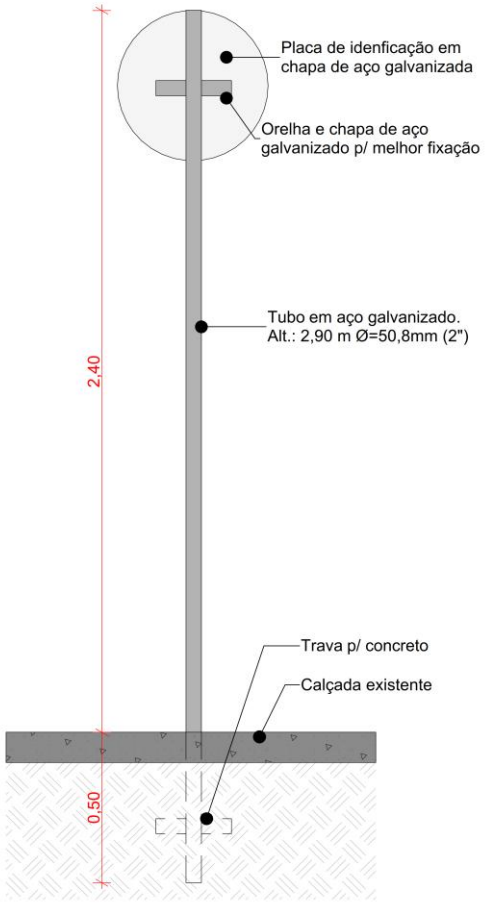
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 212 / 354

As placas de regulamentação e advertência devem ser implantadas com 1,2 m de altura (em áreas rurais ou acostamentos) e com um afastamento mínimo de 1,2 m do bordo externo do acostamento, ou pista, quando este não existir. Em vias urbanas com passeio, a altura mínima passa a ser de 2,10 m para garantir a livre circulação de pedestres.

Materiais das placas: As placas devem ser confeccionadas em chapas de aço galvanizado com espessura mínima de 1,25 mm ou em alumínio com espessura mínima de 1,50 mm. A película retrorrefletiva aplicada sobre a chapa deve ser do Tipo I (grau engenharia), conforme especificações da norma ABNT NBR 14644, garantindo a visibilidade noturna através da reflexão da luz dos faróis dos veículos.

A Figura a seguir apresenta as dimensões e tipo de suporte de cada placa utilizada no projeto.

Figura 42 – Detalhe do poste de sinalização vertical – Vista posterior



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 213 / 354

9. DRENAGEM INFRAESTRUTURA

As instalações de drenagem de infraestrutura da Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu - ES compreendem os sistemas de coleta, transporte e afastamento de águas pluviais e de drenagem das áreas internas e externas da unidade. Estas instalações incluem tubulações de concreto pré-moldado, caixas coletoras de sarjeta, bocas de bueiro, sarjetas de concreto, descidas d'água, poços de visita e sistemas de escoramento de valas, todos executados em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes, em especial a NBR 8890 e NBR 12266. Este memorial descreve as diretrizes, especificações técnicas, metodologias executivas e parâmetros de controle para a execução de cada tipo de elemento de drenagem.

9.1 Condições Gerais

As obras de execução das redes de drenagem, executadas com tubos de concreto, deverão obedecer rigorosamente à NBR 8890 e NBR 12266, às recomendações específicas dos fabricantes dos materiais empregados e aos requisitos exigidos. A execução da obra deverá ser acompanhada por equipe designada e supervisionada por profissional legalmente habilitado, garantindo a qualidade e a conformidade com as especificações técnicas.

A demarcação e o acompanhamento das redes de drenagem deverão ser executados por equipe de topografia, garantindo a precisão das cotas e declividades especificadas em projeto. Todas as etapas da execução deverão atender às determinações de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho, em conformidade com a NR-18 e demais normas regulamentadoras aplicáveis.

Durante a execução dos serviços, não é permitido o bloqueio, obstrução ou eliminação de cursos d'água e canalizações existentes, salvo nos casos em que o construtor apresente projeto de análise do responsável pela interferência, que fornecerá aprovação mediante termo oficial. Qualquer interferência com estruturas existentes deverá ser comunicada imediatamente à fiscalização para análise e aprovação.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 214 / 354

9.2 Rede Tubular de Concreto

9.2.1. Objetivo

A rede tubular de concreto tem como objetivo classificar e estabelecer os formatos, dimensões e performances exigíveis nos tubos pré-moldados de concreto a serem utilizados na construção das redes tubulares de drenagem implantadas na Estação de Tratamento de Esgoto. Os tubos deverão garantir o escoamento seguro e satisfatório das águas pluviais e de drenagem, com velocidades adequadas que evitem a ocorrência de velocidades erosivas, tanto no terreno natural como na própria tubulação e dispositivos acessórios.

9.2.2. Definições

a) Tubo de Concreto

Elemento pré-moldado de seção circular de concreto armado ou simples (sem armadura) a ser utilizado nas redes de águas pluviais, conhecidos como bueiros tubulares de concreto. Os tubos deverão ter encaixe tipo ponta e bolsa, garantindo a estanqueidade das junções.

b) Dimensionamento Hidráulico

O dimensionamento hidráulico deve considerar o desempenho do bueiro com velocidade de escoamento adequada, evitando a ocorrência de velocidades erosivas. O diâmetro mínimo a ser adotado para as redes tubulares deverá ser o que atenda às vazões calculadas, que evite entupimentos e facilite os trabalhos de limpeza. Para especificação da classe do tubo, deverá ser adotada a classe correspondente à força igual ou superior que resulta do cálculo, devendo atender à carga mínima de fissura (trincas como a carga mínima de ruptura, no ensaio de compressão diametral).

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 215 / 354

9.3 Especificações dos Materiais

9.3.1. Tubos de Concreto Pré-moldado

Os tubos de concreto deverão ser pré-moldados, com encaixe tipo ponta e bolsa, conforme especificações da NBR 8890. Os tubos deverão atender às dimensões estabelecidas em projeto e apresentar as seguintes características:

- **Material:** Concreto armado ou simples
- **Encaixe:** Ponta e bolsa
- **Diâmetro:** Conforme especificado em projeto
- **Comprimento:** Geralmente 1,0 m ou 2,0 m (conforme disponibilidade comercial)
- **Classe:** Conforme cálculo de resistência (PS-2, PA-1, PA-2, PA-3, etc.)

Os tubos deverão ser inspecionados antes da instalação, rejeitando aqueles que apresentem trincas, deformações, defeitos de moldagem ou qualquer anomalia que comprometa a funcionalidade e a durabilidade.

9.3.2. Materiais para Berço

O berço (base de apoio) dos tubos deverá ser constituído por lastro de brita com espessura de 10 centímetros para todos os trechos de tubulação de concreto (BSTC). A brita deverá ser de granulometria uniforme, isenta de pó e materiais finos que possam comprometer a drenagem e o apoio dos tubos.

9.3.3. Materiais para Rejuntamento

Os tubos serão rejuntados com argamassa de cimento e areia, no traço volumétrico de 1:3 (cimento:areia média). O rejuntamento deve ser feito de modo a atingir toda a circunferência da tubulação, a fim de garantir a estanqueidade das junções. A argamassa deverá ser preparada em betoneira, garantindo homogeneidade e consistência adequada. O rejuntamento deverá

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 216 / 354

ser executado imediatamente após o assentamento dos tubos, enquanto a argamassa de assentamento ainda está fresca.

9.3.4. Caixas Coletoras de Sarjeta

As caixas coletoras de sarjeta deverão atender às seguintes especificações:

a) Caixa Coletora de Sarjeta CCS 200-60 B:

- **Tipo:** Caixa coletora com grelha de aço
- **Dimensões:** 200 mm de profundidade, 60 mm de altura de boca
- **Grelha:** Aço galvanizado
- **Aplicação:** Coleta de águas de limpeza e escoamento de áreas pavimentadas
- **Quantidade:** 2 unidades

As caixas deverão ser instaladas em pontos estratégicos, permitindo a coleta eficiente de águas pluviais. A grelha deverá estar no mesmo nível da superfície pavimentada, facilitando a passagem de água enquanto retém sólidos maiores.

9.3.5. Bocas de Bueiro

As bocas de bueiro deverão atender às seguintes especificações:

a) Boca de BSTC D = 0,60 m:

- **Diâmetro:** 0,60 m
- **Esconsidade:** 0°
- **Tipo:** Entrada de bueiro tubular de concreto
- **Materiais:** Areia e brita comerciais
- **Alas:** Esconsas
- **Quantidade:** 1 unidade

A boca de bueiro deverá ser instalada no ponto de entrada da rede de drenagem, garantindo a transição adequada entre a superfície e a tubulação

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 217 / 354

subterrânea. As alas esconsas facilitam o escoamento das águas pluviais para o interior do bueiro.

9.3.6. Sarjetas de Concreto

As sarjetas de concreto deverão atender às seguintes especificações:

a) Sarjeta Trapezoidal de Concreto SZC 60-20:

- **Tipo:** Sarjeta trapezoidal
- **Dimensões:** Base 60 mm, altura 20 mm
- **Comprimento Total:** 125,37 metros
- **Escavação:** Mecanizada
- **Materiais:** Areia e brita comerciais
- **Aplicação:** Coleta e transporte de águas pluviais em áreas pavimentadas

b) Sarjeta Triangular de Concreto STC 73-15:

- **Tipo:** Sarjeta triangular
- **Dimensões:** Base 73 mm, altura 15 mm
- **Comprimento Total:** 150,42 metros
- **Escavação:** Mecanizada
- **Materiais:** Areia e brita comerciais
- **Aplicação:** Coleta e transporte de águas pluviais em áreas de circulação

As sarjetas deverão ser instaladas com declividade adequada, garantindo o escoamento contínuo das águas pluviais em direção aos pontos de coleta. A declividade mínima recomendada é de 0,5% (5 mm por metro de comprimento).

9.3.7. Descidas d'Água

As descidas d'água deverão atender às seguintes especificações:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 218 / 354

a) Descida de Água de Cortes em Degraus DCD 100-50:

- **Tipo:** Descida d'água para cortes em degraus
- **Dimensões:** 100 mm de largura, 50 mm de altura
- **Comprimento Total:** 4,85 metros
- **Materiais:** Areia e brita comerciais
- **Aplicação:** Transporte de águas pluviais em áreas com desnível

As descidas d'água deverão ser instaladas em pontos onde há mudança de cota, permitindo o transporte seguro das águas pluviais sem erosão ou danos à estrutura.

9.3.8. Poços de Visita

Os poços de visita deverão atender às seguintes especificações:

a) Poço de Visita PVI 02:

- **Tipo:** Poço de visita
- **Materiais:** Areia e brita comerciais
- **Aplicação:** Acesso para inspeção, limpeza e manutenção da rede de drenagem
- **Quantidade:** 1 unidade

b) Chaminé dos Poços de Visita CPV 02:

- **Tipo:** Chaminé (tubo de conexão vertical)
- **Materiais:** Areia extraída e brita produzida
- **Aplicação:** Conexão entre o poço de visita e a superfície
- **Quantidade:** 1 unidade

Os poços de visita deverão ser instalados em pontos de mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e em intervalos regulares (máximo 100 metros) ao longo da rede de drenagem. Os poços deverão ter diâmetro mínimo de 0,60 m para permitir o acesso de pessoas para inspeção e limpeza.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 219 / 354

9.4 Procedimentos Executivos

9.4.1. Escavação de Valas

A escavação das valas deverá ser realizada mecanicamente com retro-escavadeira ou escavadeira hidráulica, conforme especificado no orçamento:

a) Escavação Mecanizada de Vala:

- **Profundidade:** Até 1,5 m
- **Largura:** 1,5 m a 2,5 m
- **Equipamento:** Escavadeira (capacidade da caçamba: 0,8 m³)
- **Solo:** 1ª categoria (solo de fácil escavação)
- **Interferências:** Locais com baixo nível de interferência
- **Volume Total:** 132,91 m³

O fundo da vala deverá ser regularizado e compactado, apresentando superfície horizontal e firme. Qualquer desvio em relação às cotas especificadas em projeto deverá ser comunicado ao responsável técnico para análise e aprovação.

9.4.2. Escoramento de Valas

O escoramento de valas deverá ser executado conforme as seguintes especificações:

a) Escoramento de Vala Tipo Contínuo:

- **Tipo:** Contínuo
- **Profundidade:** 1,5 m a 3,0 m
- **Largura:** ≥ 1,5 m e < 2,5 m
- **Área Total:** 144,10 m²
- **Material:** Pranchas de madeira (mínimo 5 cm de espessura) ou perfis metálicos

O escoramento será obrigatório em valas com profundidade superior a 1,25 m, ou em solos desmoronáveis, ou quando a estabilidade das paredes

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 220 / 354

laterais estiver comprometida. O escoramento deverá garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das estruturas próximas.

As valas sem escoramento são permitidas apenas para profundidades até 1,25 m, onde a largura da vala será no mínimo igual ao diâmetro do tubo coletor, acrescido de 0,50 m para tubos com diâmetro até 500 mm, ou 0,60 m para tubos de diâmetros iguais ou superiores a 500 mm.

9.4.3. Preparo da Vala

O preparo adequado da vala é fundamental para garantir o apoio correto dos tubos e a durabilidade da rede de drenagem. O procedimento deverá ser o seguinte:

- **Compactação do Fundo:** O terreno deverá estar devidamente compactado mecanicamente por compactadores manuais, placa vibratória ou compactador de impacto, para garantir o grau de compactação satisfatório e a uniformidade de apoio para a execução do berço.
- **Execução do Berço:** O berço deverá ser executado com lastro de brita com espessura de 10 centímetros, até se atingir a linha correspondente à geratriz inferior dos tubos. A brita deverá ser de granulometria uniforme e bem compactada.
- **Orientação da Profundidade e Declividade:** Para melhor orientação da profundidade e declividade da canalização, recomenda-se a utilização de gabaritos para a execução dos berços e assentamento através de cruzetas (estruturas de madeira que marcam a profundidade e declividade).

9.4.4. Instalação de Tubos

A instalação dos tubos deverá seguir os procedimentos descritos a seguir:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 221 / 354

- **Posicionamento:** Os tubos deverão ser posicionados sobre o berço de brita, com a bolsa (encaixe fêmea) voltada para jusante (na direção do fluxo). O tubo deverá estar apoiado em toda a sua geratriz inferior.
- **Alinhamento:** O alinhamento horizontal e vertical dos tubos deverá ser verificado com equipamentos de precisão (nível, teodolito ou estação total), garantindo que as cotas e declividades estejam em conformidade com o projeto.
- **Rejuntamento:** Após o posicionamento do tubo, deverá ser realizado o rejuntamento com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), aplicada em toda a circunferência da junta, garantindo a estanqueidade. O rejuntamento deverá ser feito de modo a atingir toda a circunferência da tubulação, selando completamente a junta.
- **Reaterro:** O reaterro envolvendo os tubos será manual até a altura de 20 centímetros acima da sua geratriz superior. Após este ponto, o reaterro poderá ser mecanizado, respeitando a compactação adequada.

9.4.5. Reaterro de Valas

O reaterro das valas deverá ser realizado mecanicamente, conforme especificado no orçamento:

a) Reaterro Mecanizado de Vala:

- **Equipamento:** Escavadeira hidráulica (capacidade da caçamba: 0,8 m³, potência: 111 Hp)
- **Profundidade:** 1,5 m a 3,0 m
- **Largura:** 1,5 m a 2,5 m
- **Material:** Solo (sem substituição) de 1ª categoria
- **Compactação:** Com compactador de solos de percussão
- **Volume Total:** 96,98 m³

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 222 / 354

O reaterro deverá ser realizado em camadas de 20 centímetros, com compactação mecanizada até atingir no mínimo 95% da energia do Proctor Normal. A verificação será feita por meio de ensaios de densidade "in situ" (NBR 7185) em frequência mínima de um ensaio a cada 500 m² de área reaterrada.

9.4.6. Instalação de Caixas Coletoras e Bocas de Bueiro

As caixas coletoras de sarjeta e bocas de bueiro deverão ser instaladas conforme indicado no projeto, com as seguintes considerações:

- **Locação:** Marcar o ponto de instalação com precisão, conforme indicado no projeto
- **Preparação da Base:** Preparar base de concreto ou brita, conforme especificado
- **Instalação:** Posicionar a caixa ou boca de bueiro, garantindo o nível correto
- **Rejuntamento:** Rejuntar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3)
- **Conexão:** Conectar à rede de drenagem com tubos de transição, se necessário

9.4.7. Instalação de Sarjetas

As sarjetas de concreto deverão ser instaladas conforme indicado no projeto, com as seguintes considerações:

- **Traçado:** Marcar o traçado da sarjeta no terreno, conforme indicado no projeto
- **Escavação:** Escavar vala com profundidade e largura compatíveis com as dimensões da sarjeta
- **Preparo da Base:** Preparar base de concreto magro ou brita, conforme especificado
- **Instalação:** Posicionar a sarjeta, garantindo o alinhamento e a declividade corretos

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 223 / 354

- **Rejuntamento:** Rejuntar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3)
- **Reaterro:** Reaterrar ao redor da sarjeta com solo compactado

9.4.8. Instalação de Descidas d'Água

As descidas d'água deverão ser instaladas em pontos com mudança de cota, conforme indicado no projeto, com as seguintes considerações:

- **Locação:** Marcar o ponto de instalação com precisão
- **Preparação:** Preparar base de concreto ou brita
- **Instalação:** Posicionar a descida d'água, garantindo o alinhamento correto
- **Rejuntamento:** Rejuntar com argamassa de cimento e areia (traço 1:3)
- **Proteção:** Proteger a descida d'água contra impactos e erosão

9.4.9. Instalação de Poços de Visita

Os poços de visita deverão ser instalados em pontos estratégicos, conforme indicado no projeto:

- **Locação:** Marcar o ponto de instalação com precisão
- **Escavação:** Escavar buraco com diâmetro mínimo de 0,60 m
- **Preparo da Base:** Preparar base de concreto ou brita
- **Instalação:** Posicionar o poço de visita, garantindo o alinhamento correto
- **Conexão:** Conectar a tubulação de entrada e saída
- **Chaminé:** Instalar a chaminé (tubo de conexão vertical) até a superfície
- **Reaterro:** Reaterrar ao redor do poço com solo compactado

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 224 / 354

9.5 Testes e Verificações

9.5.1. Teste de Estanqueidade

Após a conclusão de cada trecho de tubulação, deverá ser realizado teste de estanqueidade com água. O teste consistirá em preencher a tubulação com água e verificar a ausência de vazamentos nas junções. Qualquer vazamento detectado deverá ser reparado imediatamente, realizando novo rejuntamento na junta defeituosa.

9.5.2. Verificação de Alinhamento e Declividade

O alinhamento horizontal e vertical dos tubos deverá ser verificado com equipamentos de precisão, garantindo que as cotas e declividades estejam em conformidade com o projeto. Desvios superiores a 2 cm em alinhamento ou 0,5% em declividade deverão ser comunicados ao responsável técnico para análise.

9.5.3. Verificação de Compactação

A compactação do reaterro deverá ser verificada por meio de ensaios de densidade "in situ" (NBR 7185), garantindo que o grau de compactação atinja no mínimo 95% da energia do Proctor Normal.

9.5.4. Documentação dos Testes

Todos os testes e verificações deverão ser documentados em relatório técnico, assinado pelo responsável técnico e pela fiscalização. O relatório deverá incluir data, hora, duração, resultado e qualquer observação relevante.

9.6 Conformidade Normativa

Todos os serviços de drenagem de infraestrutura deverão estar em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes, em especial:

- **NBR 8890:** Tubos de concreto, seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 225 / 354

- **NBR 12266:** Projeto e execução de valas de infiltração para sistemas de esgotamento sanitário
- **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações
- **NBR 7185:** Determinação da densidade aparente do solo in situ
- **NR-18:** Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção.

10. CONCLUSÃO

O presente memorial foi elaborado em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes e com as exigências de editais de licitação pública. A execução de todos os serviços deverá ser rigorosamente acompanhada por profissional habilitado (engenheiro civil com registro no CREA), responsável pela fiscalização do cumprimento das especificações deste memorial. Qualquer divergência ou necessidade de alteração deverá ser comunicada ao responsável técnico para aprovação prévia. É vedada a execução de modificações sem devida autorização técnica.

Este memorial constitui-se em referência técnica completa e confiável para a execução da Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu - ES, garantindo qualidade, segurança e conformidade normativa.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 226 / 354

Prefeitura municipal
Itaguaçu

CONTRATANTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAGUAÇU

_____

DARLY DETTMANN
CNPJ n° 27.167.451/0001-74

PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONTRATO: ITA 142-22 (SEDE)

MEMORIAL DESCRITIVO: TOMO III

DIMENSIONAMENTO DO PROJETO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PRÉ FABRICADO ETAPA: PROJETO EXECUTIVO

CONTROLE DE EMISSÕES

DATA	REVISÃO
07/2025	R0 – EMISSÃO INICIAL
02/2026	R1 – EMISSÃO FINAL DE PE

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

CNPJ n° 10.568.340/0001-77

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

RESPONSÁVEL TÉCNICO DA EMPRESA

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=RFB e-CPF A1, email=alessandro.americalatina@gmail.com
Data: 2026.02.05 13:44:09 -03'00'

_____

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU A63305-4
ARQUITETO E URBANISTA

COORDENAÇÃO DO CONTRATO

GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781
Assinado digitalmente por GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781
DN: cn=GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=(em branco), email=contato@homehelp.app
Data: 2026.02.05 13:44:38 -03'00'

_____

GABRIEL RODRIGUES BÓSIO
CREA ES-054146/D
ART n° 0820250136375

RESPONSÁVEL TÉCNICO

gov.br
Documento assinado digitalmente
MARCOS FELIPE PINTO DE SOUZA
Data: 05/02/2026 14:05:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

MARCOS FELIPE PINTO DE SOUZA
CREA ES-0050929/D
ART n° 0820250218765

MEM-ITA_142_22_02-TOMO_3-PE-R1

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 227 / 354

SUMÁRIO GERAL DO TOMO

SEÇÃO 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO PROJETO DE REFERÊNCIA

SEÇÃO 2 – MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL DO PROJETO DE REFERÊNCIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 228 / 354

SEÇÃO 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO PROJETO DE REFERÊNCIA

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 229 / 354

Sumário

1. INTRODUÇÃO 5
2. DIMENSIONAMENTOS 6
2.1 Controle de vazão e distribuição de fluxo. 6
2.2 Reator tipo UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo) 7
2.3 Filtro aerado submerso (FAS). 11
2.4 Tratamento de biogás. 14
2.5 Decantador Secundário (DS) 15
3. SERVIÇOS COMPLEMENTARES A SEREM FORNECIDOS PELA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DO SISTEMA BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PRÉ FABRICADO 17

Lista de Figuras

Figura 1 – Perspectiva dispositivo de controle de vazão e distribuição de fluxo. 6
Figura 2 – Corte tipo do Vertedor 7
Figura 3 – Reator tipo UASB 8

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros e dimensões calculadas para vertedor triangular. 7
Tabela 2 – Dimensões e quantidade de reatores UASB 9
Tabela 3 – Verificação de velocidade de fluxo ascendente 10
Tabela 4 – Verificação da zona de decantação do reator UASB 10
Tabela 5 – Carga Orgânica Volumétrica Resultante 11
Tabela 6 – Volume total FAS 12
Tabela 7 – Dimensão dos filtros aerados submersos 13
Tabela 8 – Base de cálculo para compressores/sopradores de ar. 13
Tabela 9 – Verificação de perda de carga para compressores/sopradores e ar 14
Tabela 10 – Capacidade de produção de biogás 15
Tabela 11 – Determinação da área do decantador secundário 16
Tabela 12 – Dimensões adotadas para Decantador secundário 16

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 230 / 354

1. INTRODUÇÃO

Neste tomo está apresentado o dimensionamento utilizado para elaboração do orçamento da ETE pré-fabricada a ser contratada e instalada no local, onde será implantado o sistema de tratamento de esgoto no distrito de Itaimbé.

O sistema pré-fabricado a ser fornecido pela empresa contratada, não necessariamente precisa estar projetado conforme o projeto de referência aqui apresentado. Podendo incorporar, tecnologias e materiais da fabricante do equipamento pré-fabricado, todavia qualquer que seja o equipamento ele deverá seguir as diretrizes de projeto apresentadas na seguir:

- O sistema fornecido deverá apresentar no mínimo dois módulos de UASB+FAS e decantador secundário (podendo o FAS ser substituído por outro sistema aeróbio, como Biofiltro aerado);
- Estar de acordo as normas ABNT NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. (ABNT, 1993) e ABNT NBR 12209 – Elaboração de projetos Hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários (ABNT, 2011);
- possuir sistema de divisão de fluxo para os módulos que permita o funcionamento de um módulo independentemente do(s) outro(s);
- Deverá atender a vazão máxima de 24,09 l/s (vazão média de 14,22 l/s)
- Eficiência mínima de 96,5% em remoção de DBO;
- Possuir sistema de tratamento de gases para controle de odores;
- Possuir sistema desinfecção UV 99,98%;
- Deverá contemplar as bases para apoio dos reatores, interligações e painéis elétricos, bombas, sopradores, interligações hidráulicas, incluindo registros, sensores de nível e demais sistemas de medição e controle necessários para o funcionamento dos equipamentos;
- Serviços complementares como: start up; treinamento, manual de operação e projeto as built (inclusive projeto elétrico e hidráulico);

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 231 / 354

- O material de fabricação dos tanques: aço resistência mecânica e química compatíveis com o uso de esgoto doméstico.

2. DIMENSIONAMENTOS

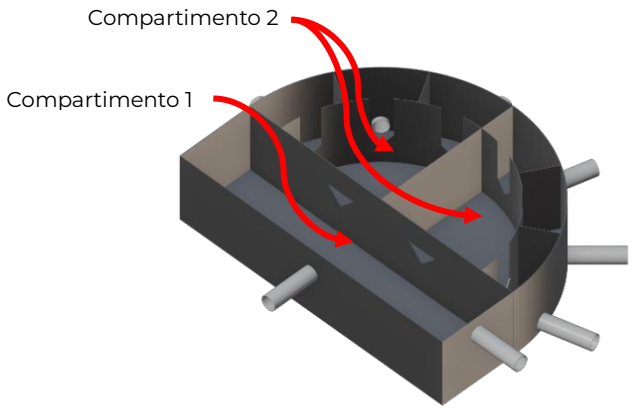
2.1 Controle de vazão e distribuição de fluxo.

O efluente de recalque oriundo da estação elevatória, será direcionado para o interior da caixa controladora de vazão, a qual será responsável por medir, e repartir a vazão entre os reatores do tratamento secundário (UASB).

Além disso, o sistema de controle de vazão tem a função de regular a velocidade de chegada do efluente bombeado, e, desta forma, evitar altas velocidades internas ao reator. Ressaltamos que grandes velocidades no interior do Reator UASB resulta em carreamento da matéria orgânica e sólidos formados no compartimento de digestão, os quais são cruciais para manutenção de boas eficiências nesta etapa do tratamento.

O dispositivo possui uma série de vertedores onde divide o fluxo em compartimentos até a tubulação de ligação ao reator UASB. Conforme Figura 1.

Figura 1 – Perspectiva dispositivo de controle de vazão e distribuição de fluxo.



O dimensionamento dos vertedores é definido pela Equação 1.

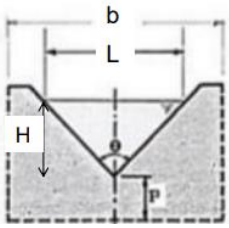
$$Qreal = 1{,}38 \times tan(\frac{\theta}{2}) \times H^{\frac{5}{2}}, em\ m^3/s \qquad Equação\ 1$$

Onde:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 232 / 354

- Qreal, vazão real do vertedor, em m³/s;
- θ, ângulo de abertura do vertedor, em rad; e
- H, altura da lâmina d'água no vertedor, em m.

Figura 2 – Corte tipo do Vertedor



Os parâmetros e dimensões calculadas são apresentadas abaixo:

Tabela 1 – Parâmetros e dimensões calculadas para vertedor triangular.

VERTEDOR TRIANGULAR	
θ=	90,000 graus
θ=	1,571 rad
tg(θ/2)=	1,000
H=	**0,160 m**
p=	0,480 m
b=	0,960 m
Qs1=	**0,0141 m³/s**
Qs2=	**0,0283 m³/s**

O valor correspondente ao Qreal1, indica a vazão para os vertedores de forma unitária, o Qreal2 corresponde a vazão do conjunto de vertedores do compartimento 1 do dispositivo.

Em casos de picos de vazão, o excesso de efluente retornará à estação elevatória através de tubulação de ⌀150mm, em uma inclinação de 5%.

2.2 Reator tipo UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo)

O dimensionamento do Reator tipo UASB foi realizado em conformidade com a norma ABNT NBR 12209. Inicialmente, é necessário definir o tempo de detenção hidráulica do reator (TDH), parâmetro que depende da

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 233 / 354

média do esgoto no mês mais frio do ano, para determinar o volume total do UASB.

Para o distrito de Itaimbé, em Itaguaçu, foi encontrado a temperatura média de 21,6°C, correspondendo a um TDH = 7 h. Sendo o volume total de efluente determinado pela Equação 2.

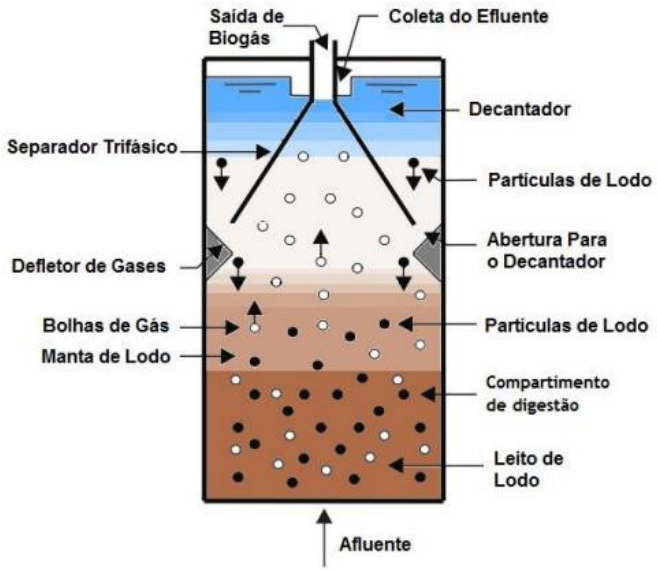
$$Vtanque = TDH \times \left(\frac{Qméd \times 3600}{1000}\right), em\ m^3. \qquad Equação\ 2$$

$$Vtanque = 36{,}71\ m^3$$

A partir do volume do efluente a ser tratado, definimos as dimensões dos reatores. Esses tanques, são divididos em dois compartimentos de acordo com os processos internos, sendo o compartimento de digestão na região inferior do tanque e o compartimento de decantação que ocorre na região superior.

A figura 3 apresenta as partes internas do reator tipo UASB. Segundo a ABNT NBR 12209, a altura do reator deve ser entre 4 e 6 metros e a zona de digestão com a altura mínima de 2,50 m.

Figura 3 – Reator tipo UASB



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 234 / 354

Com isso, a tabela abaixo apresenta a quantidade de tanques e suas dimensões para atendimento do sistema.

Tabela 2 – Dimensões e quantidade de reatores UASB

DIMENSÕES REATOR TIPO UASB			
Volume efluente:	=	358,30	m^3
Dimensões adotadas:			
Abase	=	45,05	m^2
H	=	4	m
Volume do reator	=	180,21	m^3
Quant.	=	2	unid.
Volume total de efluente tratado	=	360,42	m^3

Conforme a Tabela 2, foram adotados 2 reatores com área de base de 45,05 m² e altura de 4,00 m. As zonas de digestão e decantação possuem, respectivamente, 2,50 m e 1,50 m.

Com base em literaturas e ABNT NBR 12209/2011, deve-se respeitar o limite de velocidade do fluxo ascendente (Vfa) de acordo com as verificações abaixo para que haja a decomposição da carga orgânica no interior do reator, evitando caminhos preferenciais, portanto:

a) Velocidade FA para Qméd

$$Vfa = \frac{Qméd}{At}, \text{ em } m/h \qquad \textit{Equação 3}$$

Onde:

- Vfa, velocidade de fluxo ascendente, em m/h;
- Qméd, vazão média do sistema, em m^3/h; e
- At, área total dos reatores, em m^2.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 235 / 354

b) Velocidade FA para Qmáx

$$Vfamáx = \frac{Qmáx}{At}, \ em \ m/h \qquad Equação\ 4$$

Onde:

- Vfamáx, velocidade de fluxo ascendente para vazão máxima do sistema, em m/h;
- Qmáx, vazão máxima do sistema, em m³/h; e
- At, área total dos reatores, em m².

Para os Reatores dimensionados:

Tabela 3 – Verificação de velocidade de fluxo ascendente

VERIFICAÇÃO DE VELOCIDADE DE FLUXO ASCENDENTE				
Vfa	=	0,57	m/h	Veloc.Ascend.méd<=0,70
Vfamáx	=	1,01	m/h	Veloc.Ascend.máx<=1,20

Para a zona de decantação é necessário que o tempo de detenção hidráulica para as vazões média e máxima do sistema seja maior ou igual a 1,5 h e 1 h, respectivamente. Além disso a taxa de escoamento deve ser menor ou igual a 1,2 m³/h.m². A verificação do sistema projetado é apresentada abaixo:

Tabela 4 – Verificação da zona de decantação do reator UASB

VERIFICAÇÃO DA ZONA DE DECANTAÇÃO DO REATOR UASB				
V.decant	=	45,81	m/h	
Tx.escoamento.cham	=	1,18	m/h	Tx.escoamento <= 1,2
Tempo de detenção Hidráulica Chaminé (Qméd.)	=	1,79	m/h	TDH decant. (Qméd.) >=1,5 h
Tempo de detenção Hidráulica Chaminé (Qmáx.)	=	1,00	m/h	TDH decant. (Qmáx.) >=1,0 h

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 236 / 354

As dimensões do separador trifásico deverão ser verificadas em projeto.

2.3 Filtro aerado submerso (FAS).

O dimensionamento do Filtro Aerado Submerso (FAS) com base em literaturas especificas se dá pela carga orgânica superficial a ser aplicada, sendo ela no máximo 15gDBO/m² diariamente. Para projeto foi adotado a aplicação de carga orgânica superficial de 15gDBO/m² ao dia, resultando nos seguintes cálculos.

$$COVFA = COS \times AS, KgDBO/m^3.dia \qquad Equação\ 5$$

Onde:

- COVFA, Carga orgânica volumétrica resultante, em kgDBO/m³.dia
- COS, Carga orgânica superficial, em kgDBO/m².dia
- AS, área superficial, em m²/m³.

Foram adotadas, para o meio filtrante, mídias tipo MBBR 2 de dimensões 60 mm x 30 mm e área superficial de 197 m²/m³. Desta forma:

Tabela 5 – Carga Orgânica Volumétrica Resultante

CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA RESULTANTE:			
taxa de COS	=	0,015	KgDBO/m².dia
AS.mídea	=	197,00	m²/m³
COSFA	=	2,96	KgDBO/m³.dia

O tempo de detenção hidráulica mínimo no interior do Filtro Aerado Submerso (FAS) deverá ser de 60 minutos. Para os cálculos e obtenção dos volumes recomendados para o equipamento, deverá ser levado em consideração a carga orgânica de entrada, além de outros fatores como: taxa de aplicação e área da superfície do meio filtrante.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 237 / 354

$$Volume\ mín = Qméd \times t, em\ m^3 \qquad Equação\ 6$$

Onde:

- Qméd, vazão média, em m³/h; e
- T, tempo, em horas.

Contudo, foram feitas duas verificações para volume mínimo de efluente a ser tratado no filtro aerado submerso, a primeira conforme Equação 6, e a segunda seguindo a Equação 7:

$$Volume\ mín = \frac{COD}{COSFA}, em\ m^3 \qquad Equação\ 7$$

Onde:

- COD, carga orgânica dissolvida, em KgDBO/dia; e
- COSFA, Carga orgânica volumétrica resultante, conforme Equação 5, em KgDBO/m³.dia.

Para o dimensionamento do FAS também foi adotado a utilização de dois tanques, logo, a Equação 6 e a Equação 7 terão seus produtos divididos pela quantidade de tanques utilizados. Desta forma:

Tabela 6 – Volume total FAS

VOLUME DO FAS			
Qnt. Tanques	=	4	unid.
Qmed	=	51,19	m³/h
TDH	=	1	h
Vtanque.TDH	=	12,80	m³
COD	=	399,25	KgDBO/dia
COSFA	=	2,96	KgDBO/m³.di
Vtanque.COS	=	33,78	m³

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 238 / 354

Sendo assim, o volume adotado de cada tanque FAS foi de **33,78 m³**. Através do volume encontrado, definimos quantidade de mídeas a serem utilizadas no tanque. Foi definido a utilização das Mídeas MBBR 2, com dimensões 60 x 30 mm, disposto por 15 cavidades, sendo a sua área superficial equivalente a 197 m²/m³, sendo necessárias 228.336,00 peças para o volume de cada FAS, totalizando 913.344,00 peças.

Tabela 7 – Dimensão dos filtros aerados submersos

DIMENSÃO FAS			
h	=	3,65	m
Área	=	9,25	m²

A injeção de ar do processo foi dimensionada, a partir das premissas indicadas na ABNT NBR 12209, a aeração deve ter taxa mínima de 30 Nm³ar/KgDBO. Assim:

Tabela 8 – Base de cálculo para compressores/sopradores de ar.

Dados preliminares:			
DBO	=	399248	gDBO/dia
		399,248	KgDBO/dia
		16,6353	KgDBO/h
Hfas	=	4	m
Regra (NBR 12209):			
Biogás	=	30	Nm³ar/kgDBO
Dimensionamento:			
Carga de oxigenação:	=	499,06	Nm³/h
		506,688	m³/h
Tlmédio	=	21,6	°C
		294,6	K
P1	=	1017	hPa
		101,7	kPa
CNTP			
T	=	25	°C
		298	K
P	=	1	atm
		101,325	kPa
Injeção de ar	=	**8444,8**	**L/min**

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 239 / 354

A partir da vazão de ar teórica, é verificado a perda de carga do difusor adotado, e da altura manométrica do tanque:

Tabela 9 – Verificação de perda de carga para compressores/sopradores e ar

Verificação de perda de carga			
Perda de carga	=	(Difusor + Altura dágua (mca))*1,15	
		Conversor	
mBar		mca	
1	=	0,0102	mca
60	=	0,6118	mca
Hfas	=	4,0000	m
Perda de carga*1,15	=	5,3036	mca
		520,0935	mBar
Vazão adotada	**=**	**8445,00**	**NL/min**
		506700,00	**NL/h**
		506,70	**Nm³/h**
		12160,80	**Nm³/dia**
		140,7466	**L/s**

Com a vazão de 140,75 L/s, indicamos adotar 2 sopradores com motor de 7,5 cv, vazão de 9,00 m³/min, ou seja, 150,00 L/s, atendendo o requerido pelo sistema.

2.4 Tratamento de biogás.

A produção total de biogás foi calculada a partir da produção e da concentração esperada de metano. Foi considerado a concentração de 70% de metano, já que o biogás de reatores UASB é geralmente constituído por um alto teor desse gás, situado entre 65 e 70%.

Logo a produção de biogás segue o dimensionamento na Tabela 10:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 240 / 354

Tabela 10 – Capacidade de produção de biogás

Dados preliminares:			
DQO	=	549901,63	gDQO/dia
		549,90	kgDQO/dia
		22,91	kgDQO/h
Qméd	=	14,22	L/s
		1228,454843	m³/dia
T	=	21,6	°C
Regra (NBR 12209):			
Cap. De produção do CH4	=	0,25	kgCH4/kgDQO
Dimensionamento:			
Produção de metano na ETE			
So	=	0,60	kg/m³
nrem	=	70%	
CPch4	=	0,25	kgCH4/kgDQO
FCM	=	0,8	s/unid
FCI	=	0,89	
Pch4	**=**	**91,52**	**kg/dia**
Produção volumétrica de metano			
DQOch4	=	166,42	gDQO
P	=	1	atm
Kdqo	=	64	gDQO/mol
R	=	0,08206	atm.L/K.mol
T	=	25	°C
f(t)	=	2,62	kgDQO/m³
Qch4	=	63,59	
		139870,41	L/dia
Vch4	**=**	**139,87**	**Nm³/dia**
		1,62	**NL/s**
Pbiogás	**=**	**2,31**	**NL/s**
		8,33	**Nm³/h**

O queimador de gás foi projetado em conformidade com a ABNT NBR 12209, possuindo o requerido. Apesar da baixa vazão de biogás, as tubulações projetadas possuem 1" ½, em aço inox.

2.5 Decantador Secundário (DS)

O dimensionamento do decantador secundário é feito com base na taxa de escoamento superficial (TAS), a qual com base na ABNT NBR 12209, indica que esta taxa deve ser igual ou inferior a 24m³/m².dia. Além disso a NBR supracitada, indica que o TDH mínimo para o decantador secundário é de 1,5 h.

A área do DS é determinada por:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 241 / 354

$$Ads = \frac{Qméd}{TAS}, em\ m^2 \qquad Equação\ 8$$

Onde:

- Ads, área do decantador secundário, em m²;
- Qméd, vazão média do sistema, em m³/dia; e
- TAS, taxa de escoamento superficial, em m³/m².dia.

Logo:

Tabela 11 – Determinação da área do decantador secundário

DETERMINAÇÃO DA ÁREA DO DS			
Qméd	=	51,19	m³/h
	=		m³/dia
TAS	=	24,00	m³/m².dia
A.DS	=	17,06	m²

Com base na área calculada, as dimensões do tanque adotado são apresentadas a seguir:

Tabela 12 – Dimensões adotadas para Decantador secundário

DETERMINAÇÃO DA ÁREA DO DS			
L	=	4,15	m
Adec	=	17,22	m²
nseg	=	4,00	Unid.
TAS	=	17,83	m³/m².dia
h decantação	=	1,26	m
V decantação	=	13,57	m³

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 242 / 354

3. SERVIÇOS COMPLEMENTARES A SEREM FORNECIDOS PELA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DO SISTEMA BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PRÉ FABRICADO

A empresa fornecedora do equipamento pré-fabricado será responsável pelos seguintes serviços complementares:

- Elaboração e fornecimento de manual de operação;
- STARTUP do sistema;
- Treinamento dos operadores do SAAE;
- Fornecimento do projeto “AS BUILT” da ETE.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 243 / 354

SEÇÃO 2 – MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL DO PROJETO DE REFERÊNCIA

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 244 / 354

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO 4
   - 2.1. Referências normativas 4
   - 2.2. Softwares utilizados 5
   - 2.3. Desenvolvimento teórico 5
3. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO DA CHEGADA 10
   - 3.1. Dimensionamento da Tampa 11
   - 3.2. Dimensionamento das Paredes 14
   - 3.3. Dimensionamento do Radier 18
4. CAIXA DIVISORA DE FLUXO (CAIXA DIFUSORA DE VAZÃO) 23
   - 4.1. Dados de entrada e análises 24
   - 4.2. Dimensionamentos 26
5. ESCADA DOS MÓDULOS UASB + FAS 28
   - 5.1. Degrau 28
   - 5.2. Patamar 37
   - 5.3. Longarina 58
6. PASSARELA DOS MÓDULOS UASB + FAS 65
   - 6.1. Plataforma 65
   - 6.2. Pilar mais solicitado 78
   - 6.3. Chapa de ligação e chumbador 84
7. FUNDAÇÃO DOS MÓDULOS UASB + FAS 86
   - 7.1. Dados de entrada e análises 86
   - 7.2. Dimensionamento 87

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 245 / 354

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros médios dos solos – Joppert – Adaptada 6

Tabela 2 – Dados base para o dimensionamento da tampa da EEE 13

Tabela 3 – Resultados dos cálculos de dimensionamento da tampa da EEE 13

Tabela 4 – Parâmetros médios dos solos – Joppert – Adaptada 19

Tabela 5 – Valores de $\boldsymbol{KBerb}$ Segundo Berberian, Apud Mingardi (2016) – Adaptado 20

Tabela 6 – Valores para $\boldsymbol{Kv}$, Segundo Safe, Morrison (1993) – Adaptado 20

Tabela 7 – Dados base para o dimensionamento da fundação da EEE 22

Tabela 8 – Cálculos base para o dimensionamento da fundação da EEE 22

Tabela 9 – Resultados dos cálculos do dimensionamento da fundação da EEE 23

Tabela 10 – Dados base para o dimensionamento da fundação da CDV - Direção x 26

Tabela 11 – Resultados dos cálculos do dimensionamento da fundação da CDV - Direção x 26

Tabela 12 – Dados base para o dimensionamento da fundação da CDV - Direção y 27

Tabela 13 – Resultados dos cálculos do dimensionamento da fundação da CDV - Direção y 27

Tabela 14 – Dados base para o dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – long. 87

Tabela 15 – Resultados dos cálculos do dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – long. 88

Tabela 16 – Dados base para o dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – trans. 88

Tabela 17 – Resultados dos cálculos do dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – trans. 89

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 246 / 354

Lista de Figuras

Figura 1 – Planta-chave da Estação de Tratamento de Esgoto 4
Figura 2 – Relatório de sondagem: SP-001 9
Figura 3 – Corte da estrutura da Estação Elevatória 11
Figura 4 – Flecha atuante na laje (tampa) 12
Figura 5 – Flecha Parede 16
Figura 6 – Tensão atuante no solo – EEE de Chegada 21
Figura 7 – Tensão atuante no solo - CDV 25
Figura 8 – Vista 3D da estrutura da passarela 28
Figura 9 – Diagrama de deformada do degrau (flecha) 29
Figura 10 – Flecha do piso do patamar 38
Figura 11 – Flecha apoio piso patamar 42
Figura 12 – Flecha viga apoio da longarina e travamento de pilares 47
Figura 13 – Geometria da longarina 58
Figura 14 – Flecha longarina 59
Figura 15 – Flecha perfil de apoio chapa expandida 66
Figura 16 – Flecha longarina 1 (9,2 m) 71
Figura 17 – Tensão atuante no solo - Módulos UASB+FAS 87

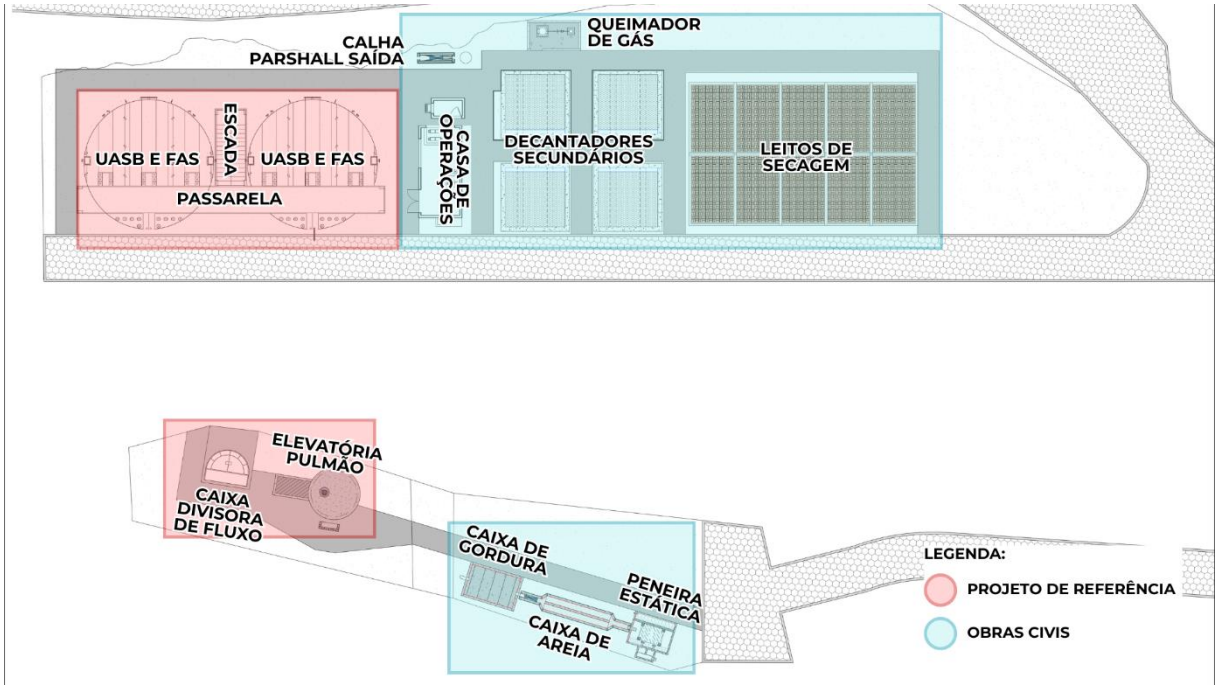
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 247 / 354

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial de cálculo tem como finalidade apresentar o dimensionamento das estruturas que compõem os **Projetos de Referência da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)**, localizada na sede do município de Itaguaçu – ES.

O projeto é composto pelas seguintes estruturas que necessitam de dimensionamento: Estação Elevatória, Caixa Divisora de Fluxo, Passarela Metálica e Radier - UASB, locados conforme planta-chave representada na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Planta-chave da Estação de Tratamento de Esgoto



Ao longo do documento, serão expostas as informações básicas utilizadas, bem como as análises, os procedimentos de dimensionamento e os resultados referentes aos elementos estruturais que compõem o projeto.

2. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO

2.1. Referências normativas

As normas utilizadas análise e dimensionamento dos elementos deste memorial estão elencadas a seguir:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 248 / 354

- ABNT NBR 6118/2023 – Projeto de estruturas de concreto;
- ABNT NBR 6120/2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 6122/2019 – Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 6123/2023 – Forças devidas ao vento em edificações;
- ABNT NBR 8800/2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ABNT NBR 14762/2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

2.2. Softwares utilizados

Para análise e dimensionamento das estruturas que compõe a edificação, foram utilizados os seguintes programas computacionais para cálculo estrutural.

- **AUTOCAD 2025 –** Para auxiliar na modelagem dos elementos que compõe a estrutura conforme os pressupostos da arquitetura e detalhamento final;
- **CYPECAD 3D 2024 –** Software para análise e dimensionamento estrutural dos elementos;
- **MICROSOFT EXCEL –** Software utilizado para pré-dimensionamento da estrutura e conferência dos resultados obtidos pelo software de dimensionamento estrutural.

2.3. Desenvolvimento teórico

2.3.1. Parâmetros do Solo

Os parâmetros do solo necessários para os cálculos geotécnicos podem ser determinados através de ensaios laboratoriais de amostra indeformável. Contudo, na prática esse tipo de ensaio é restrito a obras específicas de grande complexidade. No caso geral, a ensaio disponível para determinação destes valores é o ensaio de SPT.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 249 / 354

Diversos autores se propuseram a determinar equações que pudessem fazer correlação entre os números de golpes apontados no ensaio e os valores dos parâmetros de solo necessários para os cálculos. Serão adotados os valores definidos por Ivan Joppert Jr na página 99 do livro Fundações e contenções de edifícios – Qualidade total na gestão do projeto e execução. A seguir é descrita a tabela com os valores determinados pelo autor.

Tabela 1 – Parâmetros médios dos solos – Joppert – Adaptada

Tipo de solo	Faixa de SPT	Módulo de Elasticidade t/m²	Peso específico (g)		Ângulo de atrito efetivo f	Coesão efetiva tf/m²
			Natural t/m³	Saturado t/m³		
Areia pouco siltosa / pouco argilosa	0 - 4	2000 - 5000	1,70	1,80	25°	-
	5 - 8	4000 - 8000	1,80	1,90	30°	-
	9 - 18	5000 - 10000	1,90	2,00	32°	-
	19 - 41	8000 - 15000	2,00	2,10	35°	-
	> 41	16000 - 20000	2,00	2,10	38°	-
Areia média e fina / muito argilosa	0 - 4	2000	1,70	1,80	25°	0,00
	5 - 8	4000	1,80	1,90	28°	0,50
	9 - 18	5000	1,90	2,00	30°	0,75
	19 - 41	10000	2,00	2,10	32°	1,00
Argilosa porosa vermelha e amarela	0 - 2	200 - 500	1,50	1,70	20°	0,75
	3 - 5	500 - 1000	1,60	1,70	23°	1,50
	6 - 10	1000 - 2000	1,70	1,80	25°	3,00
	> 10	2000 - 3000	1,80	1,90	25°	3,0 a 7,0
Argila siltosa pouco arenosa (terciário)	0 - 2	100	1,70	1,80	20°	0,75
	3 - 5	100 - 250	1,80	1,90	23°	1,50
	6 - 10	250 - 500	1,90	1,90	24°	2,00
	11 - 19	500 - 1000	1,90	1,90	24°	3,00
	20 - 30	3000 - 10000	2,00	2,00	25°	4,00
	> 30	10000 - 15000	2,00	2,00	25°	5,00
Argila arenosa pouco siltosa	0 - 2	500	1,50	1,70	15°	1,00
	3 - 5	500 - 1500	1,70	1,80	15°	2,00
	6 - 10	1500 - 2000	1,80	1,90	18°	3,50
	11 - 19	2000 - 3500	1,90	1,90	20°	5,00
	> 19	3500 - 5000	2,00	2,00	25°	6,50
Turfa / argila orgânica (quaternário)	0 - 1	40 - 100	1,10	1,10	15°	0,50
	2 - 5	100 - 150	1,20	1,20	15°	1,00
Silte arenoso pouco argiloso (residual)	5 - 8	8000	1,80	1,90	25°	1,50
	9 - 18	10000	1,90	2,00	26°	2,00
	19 - 41	15000	2,00	2,00	27°	3,00
	> 41	20000	2,10	2,10	28°	5,00

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 250 / 354

2.3.2. Empuxo

a) Solo

Para estimativa do empuxo atuante na estrutura foi utilizada a teoria de Rankine, amplamente difundida. As equações principais são descritas a seguir.

$$K_a = cos\,\beta * \frac{cos\,\beta - \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}{cos\,\beta + \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}$$

$$K_p = cos\,\beta * \frac{cos\,\beta + \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}{cos\,\beta - \sqrt{cos^2\,\beta - cos^2\,\emptyset}}$$

$$E_a = \left(K_a * \gamma * H_a - 2 * C * \sqrt{K_a}\right) * \frac{H_a}{2}$$

$$E_p = \left(K_p * \gamma * H_p + 2 * C * \sqrt{K_p}\right) * \frac{H_p}{2}$$

$$E_h = E_a * cos\,\beta$$

$$E_v = E_a * sin\,\beta$$

Onde:

- K_a = Coeficiente de empuxo ativo;
- K_p = Coeficiente de empuxo passivo;
- E_a = Empuxo ativo;
- E_p = Empuxo passivo;
- E_h = Resultante horizontal do empuxo ativo;
- E_v = Resultante vertical do empuxo ativo.

b) Sobrecarga

A determinação do empuxo referente à sobrecarga é feita através da transformação do esforço horizontal atuante no maciço de solo em horizontal na parede da contenção. A equação que define esta variável é dada a seguir.

$$E_{SC} = \left(K_a * SC - \frac{2 * C}{\gamma * \sqrt{K_a}}\right) * H$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 251 / 354

2.3.3. Verificação de Tensões na Fundação

As fundações, em geral feitas com sapata corrida, serão verificadas pelo método das tensões admissíveis quanto à relação entre a tensão máxima atuante na base da sapata e a tensão máximo admissível pelo solo.

A tensão admissível será calculada pelo método de Berberian, que correlaciona o SPT médio com um coeficiente tabelado que varia com o tipo de solo e capacidade de golpes, pela equação a seguir.

$$\sigma_a = \frac{N_{72,médio}}{K_{Berb}}$$

As tensões máximas e mínimas na base da sapata serão definidas pelas equações seguintes.

$$\sigma_{max} = \frac{P_c + P_s + E_v}{B} + \frac{6 * M_0}{B^2}$$
$$\sigma_{min} = \frac{P_c + P_s + E_v}{B} - \frac{6 * M_0}{B^2}$$

A variável M_0, que é o momento relativo ao ponto "0" definido na Figura 3.1, é determinado pela equação a seguir.

$$M_0 = \sum M_{PESO} + M_{E_v} + M_{E_h}$$

A relação entre a tensão admissível e a máxima não deve ser inferior a 1.

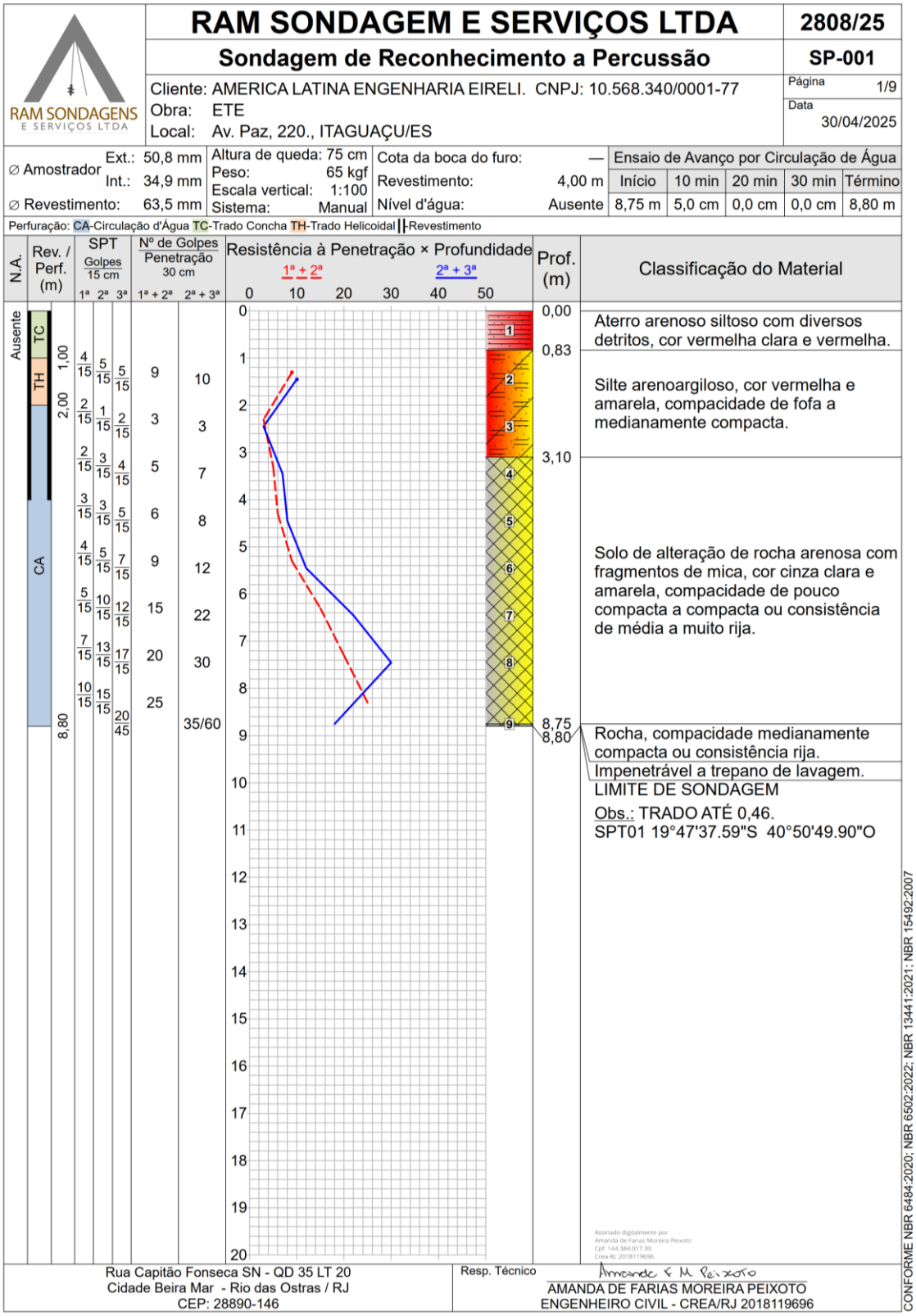
$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{max}} \geq 1$$

2.3.4. Sondagem SPT

Foi realizado um furo de sondagem (SP-001) em 30/04/2025. O relatório completo é apresentado na Figura 2.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 252 / 354

Figura 2 – Relatório de sondagem: SP-001



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 253 / 354

2.3.5. Materiais utilizados

2.3.5.1. Concretos

Elemento	Concreto	f_{ck} (kgf/cm²)	γ_c	Agregado		E_c (kgf/cm²)
				Natureza	Tamanho máx. (mm)	
Todos	C40, em geral	408	1.40	Granito	19	324934

2.3.5.2. Aços por elemento

- Aços em barras

Elemento	Aço	fyk (kgf/cm²)	γ_s
Todos	CA-50 e CA-60	5097 a 6116	1.15

- Aços em perfis

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico (kgf/cm²)	Módulo de elasticidade (kgf/cm²)
Aço dobrado	A-36	2548	2038736
Aço laminado	A-36	2548	2038736

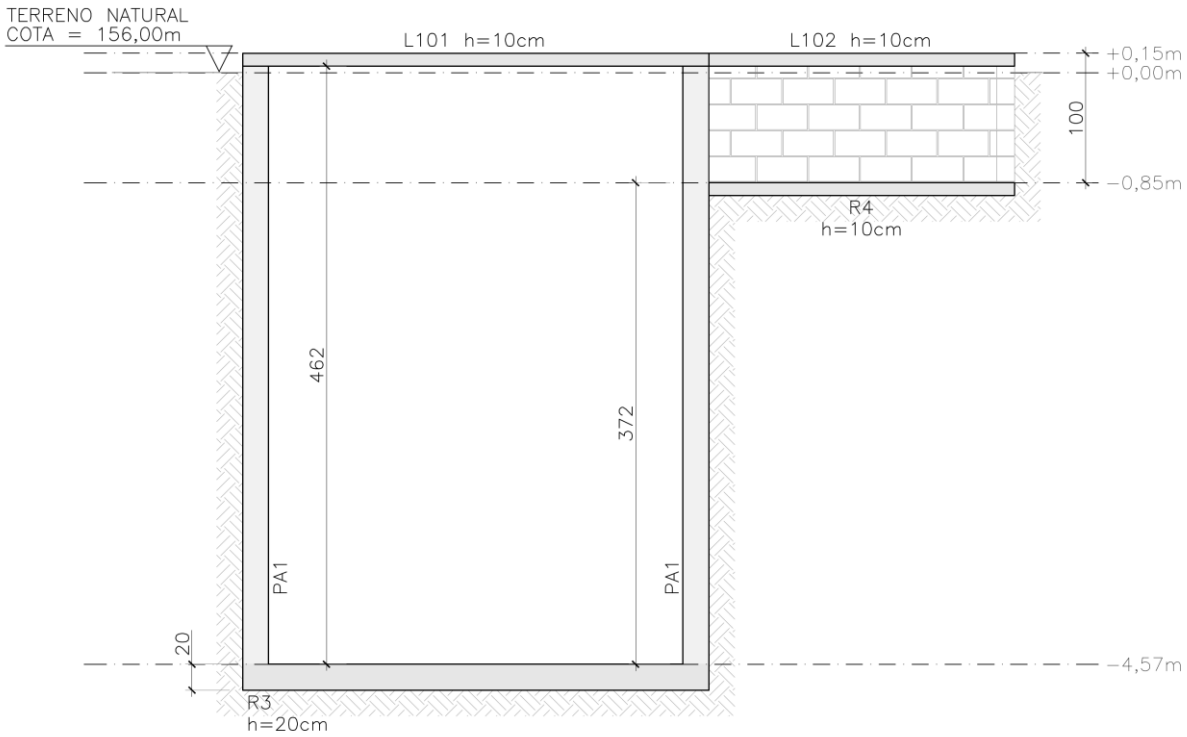
3. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO DA CHEGADA

O presente item como finalidade apresentar, de forma detalhada, o dimensionamento da estrutura da Estação Elevatória de Chegada da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Itaguaçu - ES.

Ao longo deste item, serão expostas as informações básicas, as análises específicas, os procedimentos de dimensionamento e os resultados referentes aos elementos estruturais que compõem a Estação Elevatória, representada em corte na Figura 3, incluindo a tampa, as paredes e a fundação em radier.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 254 / 354

Figura 3 – Corte da estrutura da Estação Elevatória



3.1. Dimensionamento da Tampa

3.1.1. Dados de entrada e análises

As características adotadas para o dimensionamento são descritas a seguir:

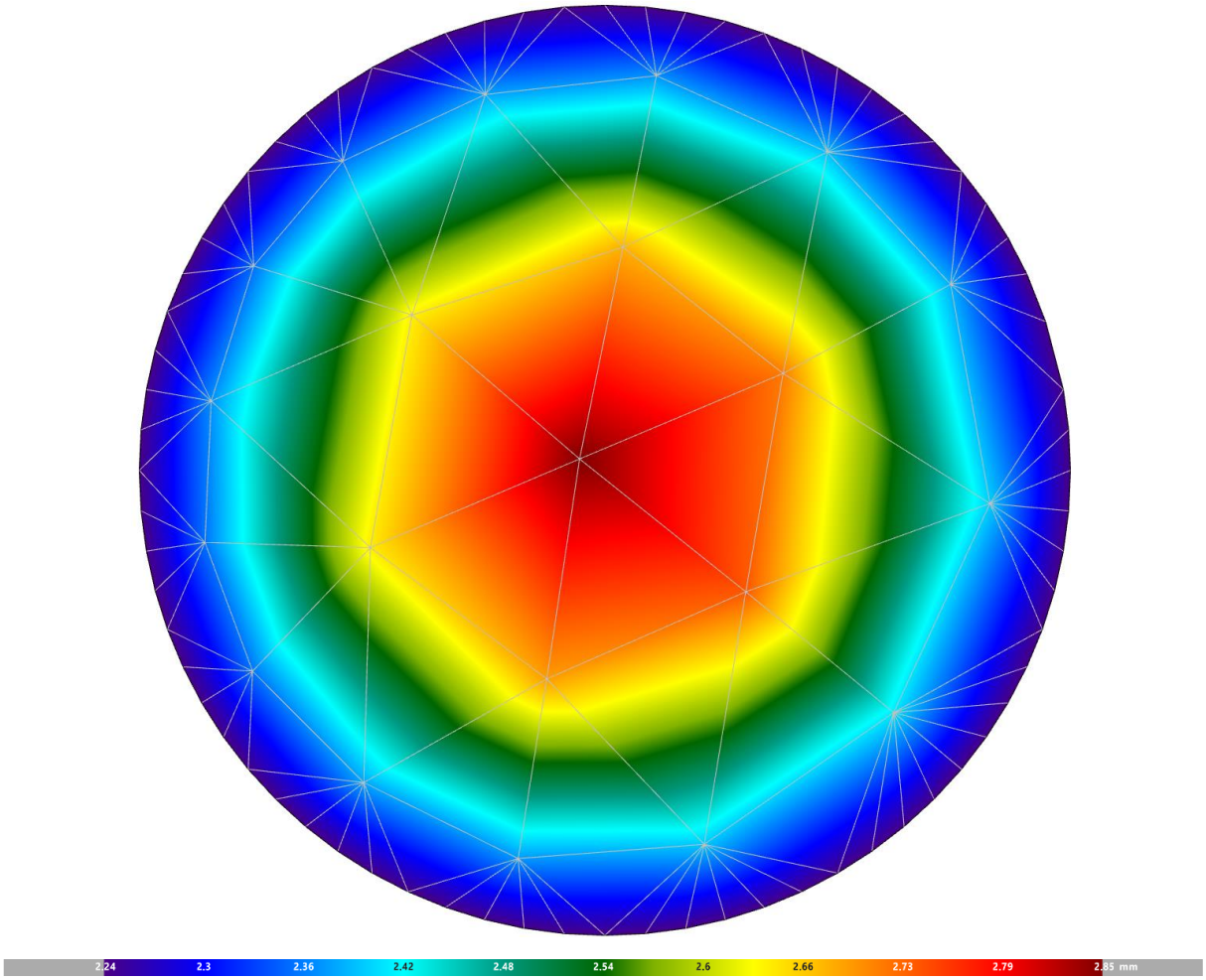
- Espessura (e) = 10 cm;
- Resistência Característica do Concreto à Compressão (fck) = 40 MPa;
- Comprimento (L_x) = 3,40 m;
- Carga Permanente (CP) = 0,100 tf/m²;
- Sobrecarga (SC) = 0,100 tf/m².

3.1.2. Estado-limite de serviço

A análise estrutural da laje do reservatório foi realizada através do software de dimensionamento. A figura a seguir ilustra o comportamento da estrutura e os deslocamentos resultantes.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 255 / 354

Figura 4 – Flecha atuante na laje (tampa)



A verificação do Estado-Limite de Serviço (E.L.S.) foi realizada com base no critério de deslocamento excessivo (aceitabilidade visual), de acordo com a "Tabela 13.3 – Limites para deslocamentos" da NBR 6118:2023. O deslocamento limite (δ_{lim}) é definido em função do vão, conforme a expressão:

$$\delta_{lim} = \frac{L_x}{250} \therefore \delta_{lim} = 13{,}6\ mm$$

Conforme a análise, o deslocamento máximo calculado foi de **2,85 mm** para o maior vão. Uma vez que o deslocamento calculado é significativamente inferior ao limite permitido, as lajes atendem ao critério de segurança no Estado-Limite de Serviço.

3.1.1. Esforços de dimensionamento

- Md = 0,273 tfm.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 256 / 354

3.1.2. Estado limite último

O dimensionamento à flexão para o Estado-Limite Último (E.L.U.) foi realizado para os momentos fletores de cálculo. As tabelas abaixo resumem os principais parâmetros e resultados do dimensionamento da seção de concreto da tampa.

Tabela 2 – Dados base para o dimensionamento da tampa da EEE

DADO	VALOR	UNIDADE
Base:	100,00	cm
Altura:	10,00	cm
fck:	40	MPa
Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,27	tfm
Md-:	0,00	tfm
Vsd:	0,00	tf
As positiva:	5	mm
As negativa:	8	mm
As reforço:	12,5	mm

Tabela 3 – Resultados dos cálculos de dimensionamento da tampa da EEE

DIMENSIONAMENTOS			
	Parâmetro	Valor	Unidade
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	5,217	tf/cm²
	d:	5,750	cm
	x:	0,249	cm
	x,lim:	2,588	cm
	As:	0,926	cm²
	As,min:	1,790	cm²
	As,barra:	0,196	cm²
	Qnt,barras:	10,000	cm²
	As,real:	1,963	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	5,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	2,520	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	1,790	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	4,000	
	As,real:	2,011	cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 257 / 354

DIMENSIONAMENTOS			
	Parâmetro	**Valor**	**Unidade**
REFORÇO	As:	2,356	cm²/m
	As,barra:	1,227	cm²
	Qnt,barras:	2,000	
	As,real:	2,454	cm²
Notas: x - posição da linha neutra			

3.1.3. Armaduras

A armadura detalhada para a laje consiste em armação nas duas direções para os momentos fletores positivos e negativos, garantindo o atendimento aos requisitos de segurança e durabilidade, conforme especificado abaixo:

- **Armadura positiva e negativa:**
  - Bitola: Ø 5 mm (CA-60);
  - Espaçamento: 10 cm em ambas as direções (x e y);
  - Área de Aço (As,real): 1,963 cm²/m.
- **Armadura de reforço do furo:**
  - Bitola: Ø 12,5 mm (CA-50);
  - Espaçamento: 5 cm em ambas as direções (x e y);
  - Área de Aço (As,real): 2,454 cm²/m.

3.2. Dimensionamento das Paredes

3.2.1. Dados de entrada e análises

As características adotadas para o dimensionamento são descritas a seguir:

- Espessura (e) = 20 cm;
- Resistência Característica do Concreto à Compressão (fck) = 40 MPa;
- Altura (h) = 4,74 m;
- Furo considerado: SP-001 (Figura 2);

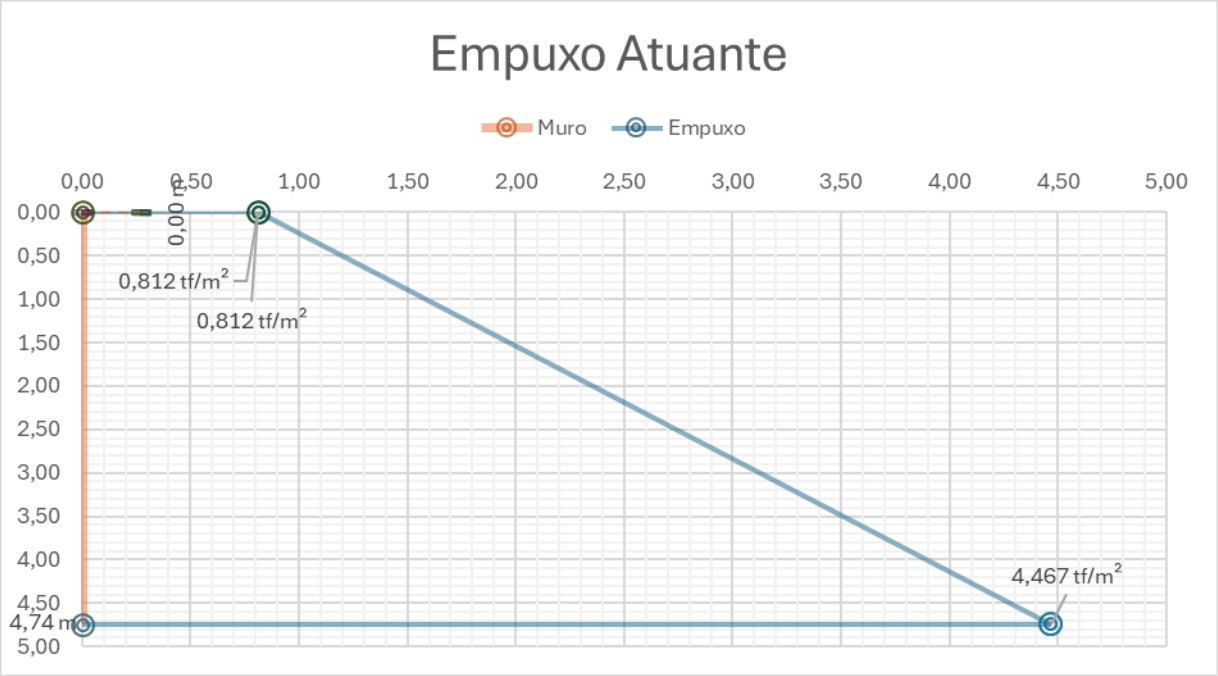
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 258 / 354

- Solo: Silte arenoargiloso;
- SPT estimado do reaterro: 5 golpes.

3.2.1.1. Tensão admissível

- Empuxo do efluente ($E_{efluente}$) = 3,62 tf/m²;
- Empuxo ativo (E_a) = 3,655 tf/m²;
- Empuxo sobrecarga (E_{sc}) = 0,812 tf/m²;
- Ângulo de Atrito (Ø) = 25°;
- Peso específico do solo (γ_s) = 1,9 tf/m³;
- Coesão (c) = 1,5 tf/m².

Gráfico 1 – Empuxo atuante

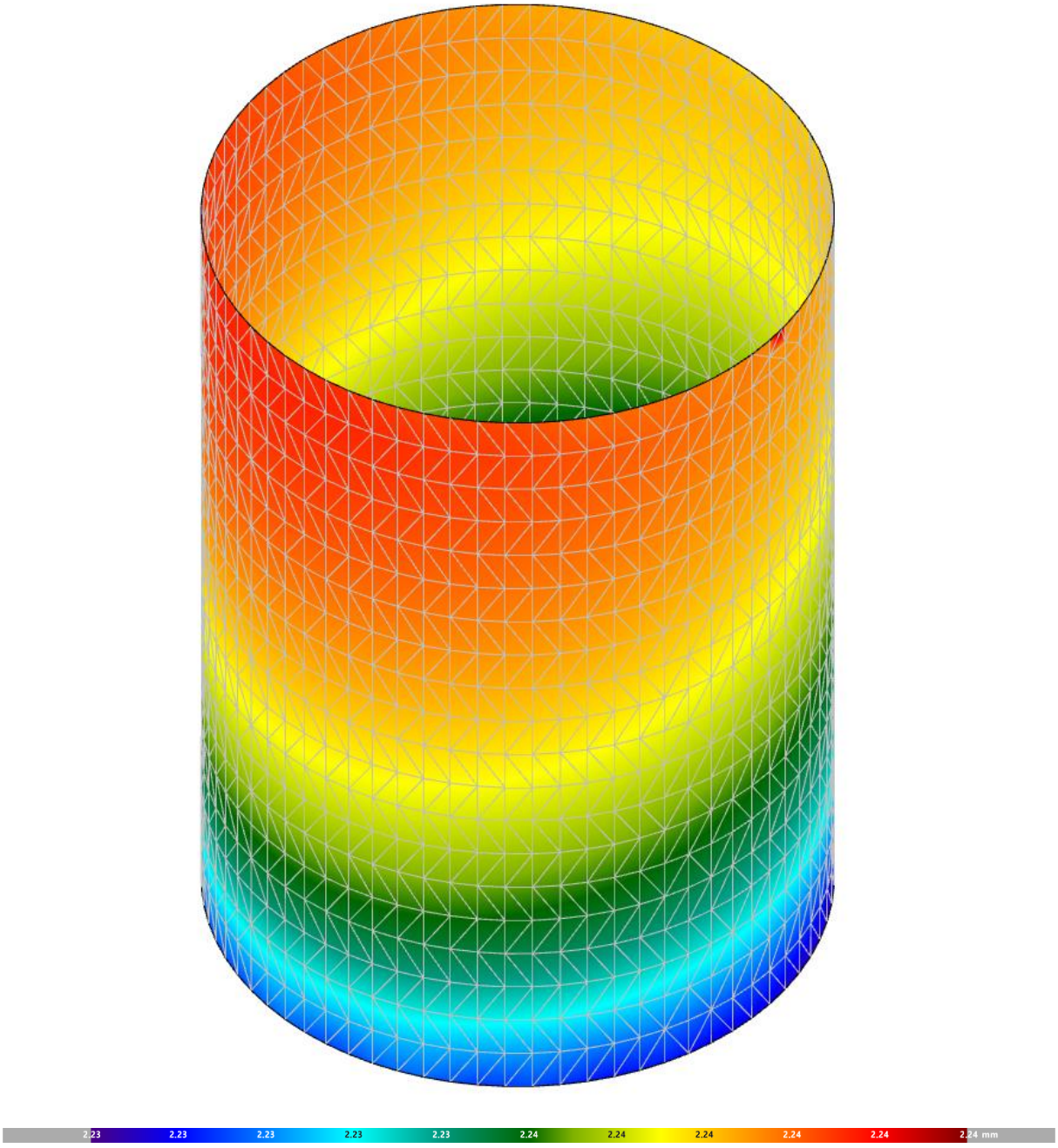


3.2.2. Estado-limite de serviço

A análise estrutural da parede do reservatório foi realizada através do software de dimensionamento. A figura a seguir ilustra o comportamento da estrutura e os deslocamentos resultantes.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 259 / 354

Figura 5 – Flecha Parede



A verificação do Estado-Limite de Serviço (E.L.S.) foi realizada com base no critério de deslocamento excessivo (aceitabilidade visual), de acordo com a "Tabela 13.3 – Limites para deslocamentos" da NBR 6118:2023. O deslocamento limite (δ_{lim}) é definido em função do vão, conforme a expressão:

$$\delta_{lim} = \frac{L_x}{250} \therefore \delta_{lim} = 18{,}96\ mm$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 260 / 354

Conforme a análise, o deslocamento máximo calculado foi de **2,24 mm** para o maior vão. Uma vez que o deslocamento calculado é significativamente inferior ao limite permitido, as lajes atendem ao critério de segurança no Estado-Limite de Serviço.

3.2.1. Estado-limite último

Como a parede da Estação Elevatória de Esgoto se comporta como membrana, os esforços de flexão não são representativos, portanto, terá armadura vertical mínima. A armadura horizontal será dimensionada para a tração máxima de cálculo usando metade da resistência característica do aço. Essa armadura ainda será dividida pelas faces da parede.

3.2.1.1. Armadura Horizontal

A armadura horizontal é dimensionada para resistir à força de tração circunferencial (Nd), que resulta das pressões do solo e do efluente.

- Esforço de Tração de Cálculo (Nd) = 4,803 tf;
- Resistência Característica do Aço (fyk) = 6 tf/cm²;

a) Cálculo da Área de Aço Total:

$$As = \frac{Nd}{fyk/2} = 1{,}601\ cm^2$$

b) Cálculo da Área de Aço por Face (As,face):

$$As_{face} = As/2 = 0{,}801\ cm^2$$

c) Detalhamento da Armadura:

- Bitola (Diâmetro) escolhida (Ø) = 5 mm;
- Área da seção de uma barra ($As_{\emptyset}$) = 0,196 cm²;
- Número de barras por metro (Nbarras):

$$N_{barras} = As_{face}/As_{\emptyset} = 5\ barras$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 261 / 354

3.2.1.2. Armadura vertical

Como o esforço principal é de tração circunferencial, a armadura vertical tem função secundária, sendo dimensionada como armadura mínima para controle de fissuração e para resistir a esforços secundários.

- Taxa Mínima de Armadura (ρ_{min}) = 0,194%;

a) Área de Concreto (A_c):

$$Ac = 10{,}1914\ m^2 - 8{,}0537 m^2 = 21380\ cm^2$$

b) Cálculo da Área de Aço por Face (As,face):

$$As_{face} = \rho_{min} \times Ac/2 = 20{,}736\ cm^2$$

c) Detalhamento da Armadura:

- Bitola (Diâmetro) escolhida (Ø): 6,3 mm
- Área da seção de uma barra (Asø): 0,312 cm²;
- Número de barras (Nbarras):

$$\mathrm{N_{barras}} = As_{face}/As_{\emptyset} = 67$$

- Cálculo do Espaçamento:
  - Perímetro externo (P_{ext}): 11,0654 m;
  - Perímetro interno (P_{int}): 10,3115 m;
  - Espaçamento externo (S_{ext}):

$$S_{ext} = P_{ext}/N_{barras} = 16{,}516\ cm$$

  - Espaçamento interno (S_{int}):

$$S_{int} = P_{int}/N_{barras} = 15{,}39\ cm$$

3.3. Dimensionamento do Radier

3.3.1. Dados de entrada e análises

- Espessura (e) = 20 cm;
- Furo considerado: SP-001 (Figura 2);

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 262 / 354

- Altura do bulbo de tensões (h_{bulbo})= 6 m (Estimado);

a) Caraterísticas do solo

O solo, composto de Silte Arenoargiloso, foi definido conforme o furo 01 do ensaio de solo SPT feito no local da obra. O solo possui SPT médio na lateral da estação elevatória conforme a equação a seguir.

$$N_{72,médio} = \frac{0 + 10 + 3 + 7 + 8 + 12}{6} \therefore N_{72,médio} \approx 6$$

Os parâmetros deste solo foram estimados através da tabela n° 13 livro *Fundações e contenções de edifícios – qualidade total na gestão do projeto e execução*, de Ivan Joppert Jr, descrita na Tabela 4. A coesão e a sobrecarga serão desconsiderados no dimensionamento.

Tabela 4 – Parâmetros médios dos solos – Joppert – Adaptada

Tipo de solo	Faixa de SPT	Módulo de Elasticidade t/m²	Peso específico (g)		Ângulo de atrito efetivo f	Coesão efetiva tf/m²
			Natural t/m³	Saturado t/m³		
Silte arenoso pouco argiloso (residual)	5 - 8	8000	1,80	1,90	25°	1,50
	9 - 18	10000	1,90	2,00	26°	2,00
	19 - 41	15000	2,00	2,00	27°	3,00
	> 41	20000	2,10	2,10	28°	5,00

3.3.2. Tensão admissível do solo

a) Capacidade de Carga

A tensão admissível do solo será dimensionada através do método de Berberian, desenvolvido para dimensionamento da capacidade de carga geotécnica de solos brasileiros. Como expressado anteriormente, será tomada como base a resistência ao SPT do furo SP-001 do ensaio realizado no local da obra, que representa a menor capacidade de carga no perímetro da obra.

O dimensionamento da tensão admissível através do método adotado é dado pela equação abaixo.

$$\sigma_a = \frac{N_{72,médio}}{K_{Berb}}$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 263 / 354

O coeficiente K_Berb é atribuído baseado no tipo de solo e SPT médio da camada resistente. O valor adotado para o projeto é dado pela Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de K_{Berb} Segundo Berberian, Apud Mingardi (2016) – Adaptado

Coeficiente K_BASE de acordo com o tipo de solo e o SPT - Berberian (2015) 1/3													
SOLO	Class. Berb.	SPT (N_72 Brasileiro)											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Silte (Mó)	M	5,45	5,71	5,63	5,63	5,63	5,63	5,59	5,71	5,82	5,92	6,00	5,63
Silte Mto Pco. Arenoso	M3S	5,00	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,60	4,67	4,74	4,80	4,86
Silte Pco. Arenoso	M4S	5,00	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,60	4,67	4,74	4,80	4,86
Silte Arenoso	M5S	4,10	4,40	4,64	4,84	5,01	4,62	4,62	4,62	4,62	4,35	4,40	4,46
Silte Mto Arenoso	M6S	5,00	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	4,50	4,58	4,65	4,72	4,78	4,83
Silte Mto Pco. Argiloso	M3C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22
Silte Pco. Argiloso	M4C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22
Silte Argiloso	M5C	5,20	5,62	5,77	5,53	5,53	5,53	5,52	5,62	5,70	5,77	5,84	5,53
Silte Mto Argiloso	M6C	5,34	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	5,18	5,22	5,22
OBS.: Quando na classificação utilizada, não for informado a intensidade da mistura (**3** muito pouco, **4** pouco, **5** mediamente, **6** muito e **7** demasiadamente) utiliza-se então o valor médio, **5**. Exemplo: CS → C5S													

Desta forma, o valor da tensão admissível é dado abaixo.

$$\sigma_a = \frac{6}{5{,}33} \therefore \sigma_a \cong 1{,}126\ kgf/cm^2$$

b) Coeficiente de recalque

O coeficiente de recalque foi definido através de uma correlação com a tensão admissível do solo, conforme definido por Alonso. A tabela da Tabela 6 define este valor.

Tabela 6 – Valores para K_v, Segundo Safe, Morrison (1993) – Adaptado

Tensão Admissível (kg/cm²)	Kv (kg/cm³)	Tensão Admissível (kg/cm²)	Kv (kg/cm³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00

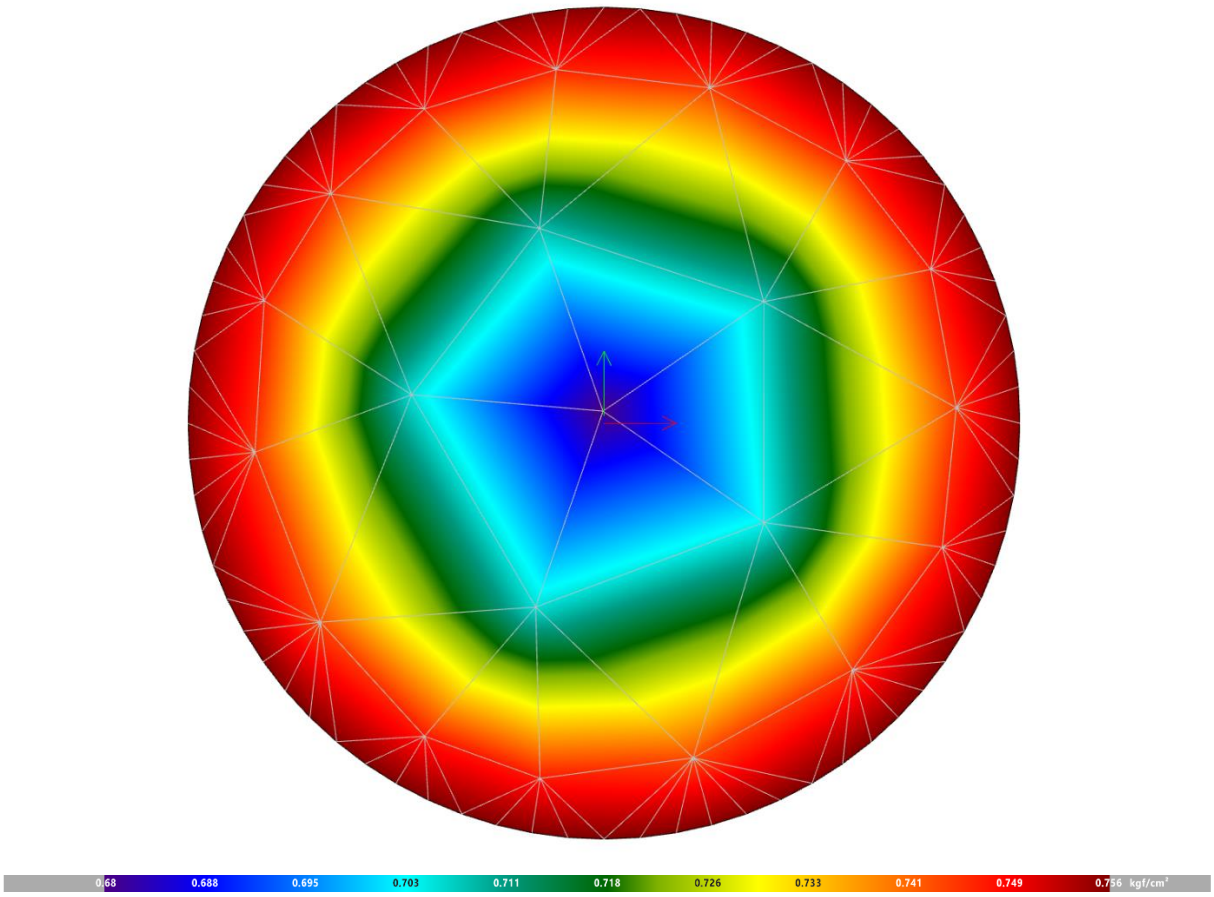
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 264 / 354

Tensão Admissível (kg/cm²)	Kv (kg/cm³)	Tensão Admissível (kg/cm²)	Kv (kg/cm³)
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

Figura 6 – Tensão atuante no solo – EEE de Chegada



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 265 / 354

Como a tensão máxima atuante calculada de $0{,}756\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

3.3.3. Esforços de dimensionamento

- Momento fletor de cálculo (M_d) = 1,056 tf·m;
- Esforço de Tração de Cálculo (Nd) = 1,285 tf.

3.3.4. Estado-limite último

O dimensionamento à flexão para o Estado-Limite Último (E.L.U.) foi realizado para os momentos fletores de cálculo. As tabelas abaixo resumem os principais parâmetros e resultados do dimensionamento da fundação da EEE de Chegada.

Tabela 7 – Dados base para o dimensionamento da fundação da EEE

DADO	VALOR	UNIDADE
Base:	100,00	cm
Altura:	20,00	cm
fck:	40	MPa
Cobrimento:	4,00	cm
Md:	1,06	tfm
Nd:	1,29	tfm
As positiva:	8	mm

Tabela 8 – Cálculos base para o dimensionamento da fundação da EEE

CÁLCULOS BASE		
Parâmetro	**Valor**	**Unidade**
fcd:	0,286	tf/cm²
fyd:	4,348	tf/cm²
σcd:	0,243	tf/cm²
d:	15,600	cm
d':	4,500	cm
fctk,sup:	0,046	tf/cm²
W0:	6666,667	cm³
Mr:	243,278	tfcm
x,Mr:	0,820	cm
αh:	76,360	%
Md,lim:	1745,239	tfcm
Msd:	98,468	tfcm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 266 / 354

Tabela 9 – Resultados dos cálculos do dimensionamento da fundação da EEE

DIMENSIONAMENTOS			
	Parâmetro	**Valor**	**Unidade**
ARMADURA FLEXÃO INFERIOR	M1:	98,468	tfcm
	x:	0,328	cm
	ρ2:	0,183	
	As,min:	3,664	cm²
	As:	1,464	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	8,000	
	As,real:	4,021	cm²
ARMADURA FLEXÃO SUPERIOR	M2:	0,000	tfcm
	ε's:	0,00207	
	f's:	4,348	tf/cm²
	As:	0,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	0,000	
	As,real:	0,000	cm²
ARMADURA DE TRAÇÃO	As:	0,296	cm²
	As1:	0,296	cm²
	As2:	0,000	cm²

3.3.5. Armaduras

A armadura especificada para o radier consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 12 cm** em ambas as direções, tanto na posição inferior, quanto na superior. Esta configuração resulta em área de armadura de 4,021 cm²/m, valor superior à armadura mínima exigida.

4. CAIXA DIVISORA DE FLUXO (CAIXA DIFUSORA DE VAZÃO)

O presente item como finalidade apresentar, de forma detalhada, o dimensionamento estrutural da fundação da caixa divisora de fluxo (CDV) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Itaguaçu - ES.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 267 / 354

4.1. Dados de entrada e análises

As características do solo consideradas são as mesmas descritas no subitem 3.3.1.

4.1.1. Cargas

a) Sobrecarga (SC)

- Altura de água ($h_{água}$)= 0,75 m;
- Peso específico da água (γ_a)= 1 tf/m³;
- Cálculo da sobrecarga:

$$SC_{água} = \gamma_a \times h_{água} = 750\ kg/m^2$$

b) Permanente (CP)

- Espessura da chapa metálica da caixa (e_{chapa}) = 6,3 mm;
- Perímetro externo da caixa (P_{ext}):

$$P_{ext} = 0{,}81 \times 2 + 3{,}02 + 4{,}74 \therefore P_{ext} = 9{,}38\ m$$

- Densidade média do aço = 7,85 tf/m³;
- Cálculo da carga permanente:

$$CP_{CDV} = 7{,}85\ tf/m^3 \times e_{chapa} \times P_{ext}$$
$$CP_{CDV} = 463{,}888\ kg/m$$

4.1.2. Tensão admissível do solo

a) Capacidade de Carga

A tensão admissível do solo será a mesma definida na alínea “a” do subitem 3.3.2. Desta forma, o valor da tensão admissível é dado abaixo.

$$\sigma_a = \frac{6}{5{,}33} \therefore \sigma_a \cong 1{,}126\ kgf/cm^2$$

b) Coeficiente de recalque

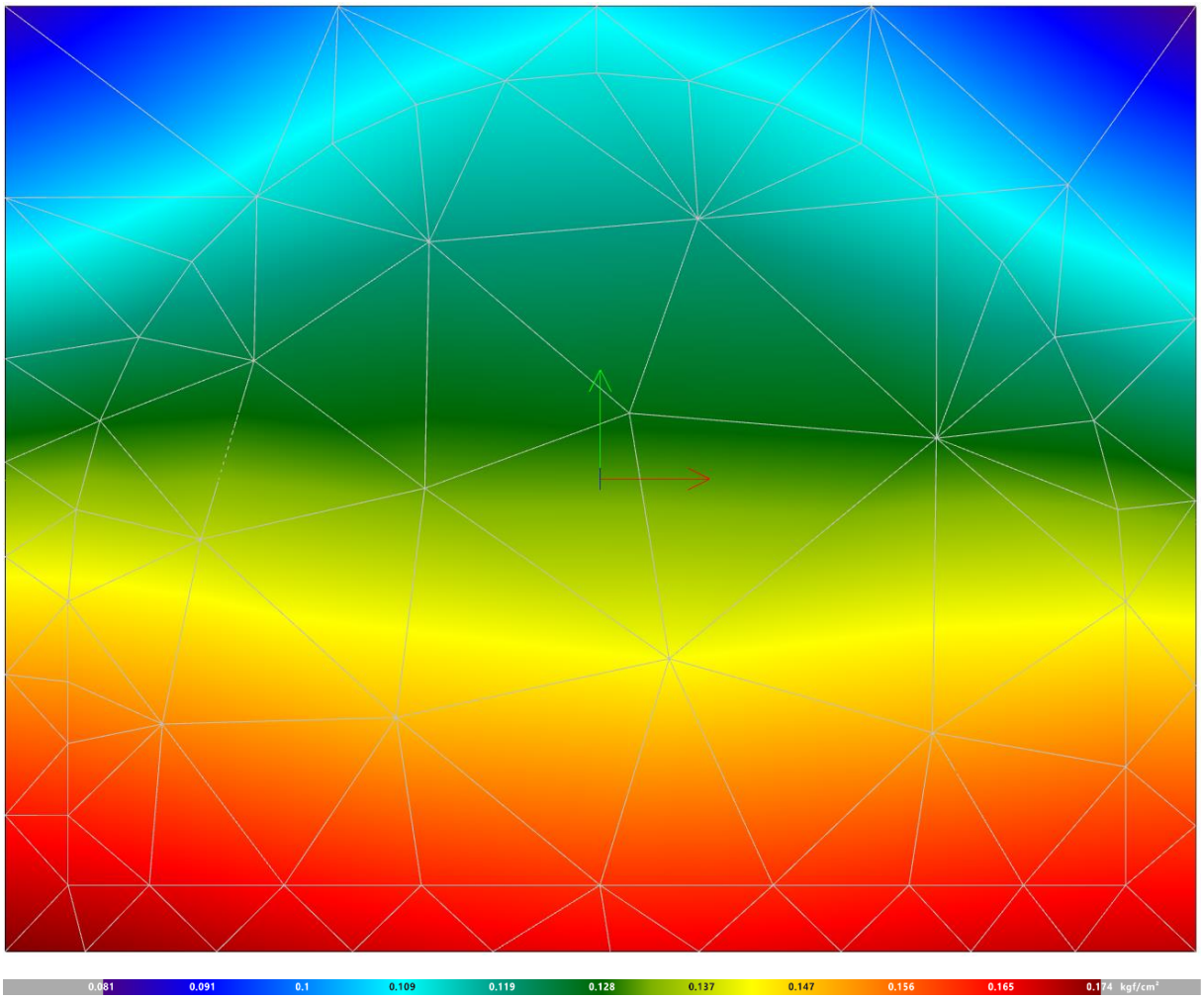
O coeficiente de recalque será o mesmo definido na alínea “b” do subitem 3.3.2.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 268 / 354

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

Figura 7 – Tensão atuante no solo - CDV



Como a tensão máxima atuante calculada de $0{,}174\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

4.1.3. Esforços de dimensionamento

a) Direção x

- Md = 0,131 tf·m;
- Vd = 0,189 tf.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 269 / 354

b) Direção y

- Md = 0,160 tf·m;
- Vd = 0,262 tf.

4.2. Dimensionamentos

4.2.1. Estado-limite último

a) Direção x

Tabela 10 – Dados base para o dimensionamento da fundação da CDV - Direção x

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	15,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,13	tfm	Vsd:	0,00	tf
Md-:	0,00	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

Tabela 11 – Resultados dos cálculos do dimensionamento da fundação da CDV - Direção x

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,064	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,285	cm²
	As,min:	2,685	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	6,000	cm²
	As,real:	3,016	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	2,685	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	6,000	
	As,real:	3,016	cm²

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 270 / 354

b) Direção y

Tabela 12 – Dados base para o dimensionamento da fundação da CDV - Direção y

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	40	MPa
Altura:	15,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	0,16	tfm	Vsd:	0,00	tf
Md-:	0,00	tfm			
As positiva:	8	mm			
As negativa:	8	mm			
Estribo:	0	mm			

Tabela 13 – Resultados dos cálculos do dimensionamento da fundação da CDV - Direção y

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,286	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,078	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,348	cm²
	As,min:	2,685	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	6,000	cm²
	As,real:	3,016	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	10,600	cm
	x:	0,000	cm
	x,lim:	4,770	cm
	As:	0,000	cm²
	As,min:	2,685	cm²
	As,barra:	0,503	cm²
	Qnt,barras:	6,000	
	As,real:	3,016	cm²

4.2.2. Armaduras

A armadura especificada para o radier consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 8 mm**, dispostas com **espaçamento de 14 cm** em ambas as direções, tanto na posição inferior, quanto na superior. Esta configuração

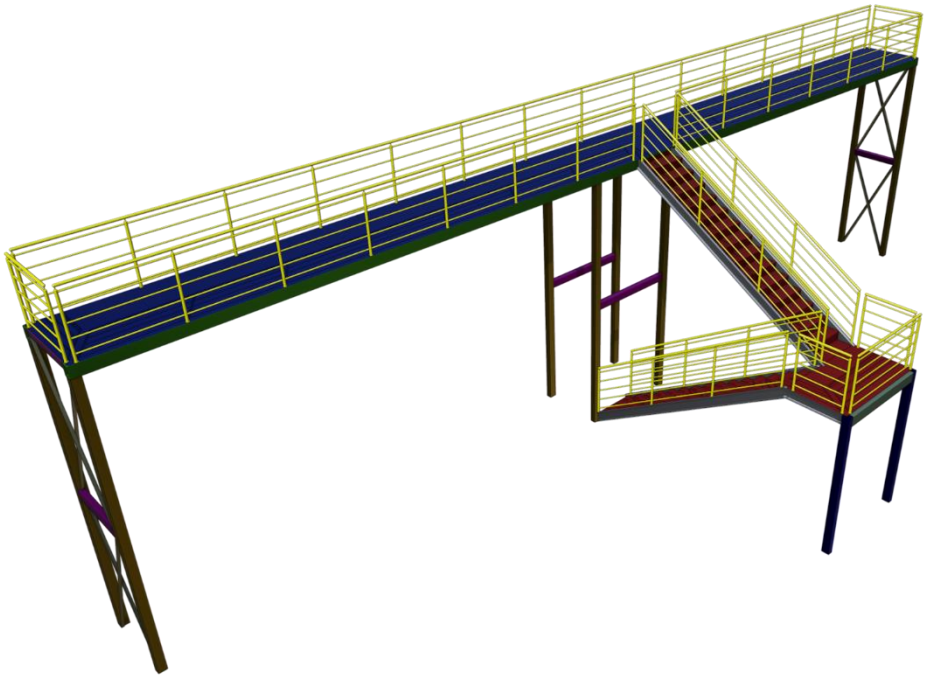
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 271 / 354

resulta em área de armadura de 3,016 cm²/m, valor superior à armadura mínima exigida.

5. ESCADA DOS MÓDULOS UASB + FAS

Este item do memorial apresenta o dimensionamento estrutural dos radiers de fundação dos módulos UASB/FAS e da passarela metálica de acesso da ETE Itaguaçu Sede.

Figura 8 – Vista 3D da estrutura da passarela



5.1. Degrau

5.1.1. Dados de entrada

- Perfil selecionado: Z90x300x90 #2.00;
- Comprimento do perfil (L_x) = 1,1 m;
- Largura do degrau (L_y) = 0,3 m;
- Degrau dimensionado como biapoiado.

a) Cargas

- **Carga permanente (CP):** 0 tf/m²;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 272 / 354

- **Sobrecarga (SC):**

$$SC = 0{,}25\ tf/m^2$$

$$SC = SC \times L_y = 75\ kg/m$$

- **Sobrecarga concentrada (SC_{conc}):**

Consultar detalhes da SC_{conc} na nota "f" da Tabela 10 da NBR 6120/2019.

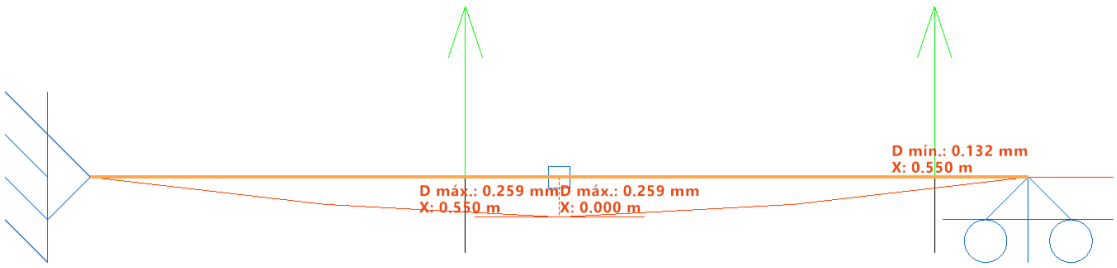
$$SC_{conc} = 0{,}25\ tf$$

5.1.2. Dimensionamentos

5.1.2.1. Estado-limite de serviço

A análise estrutural do degrau foi realizada por meio de software de dimensionamento computacional, adotando-se, nas combinações de serviço, o fator de redução **Ψ_2 = 0,3** para cargas móveis e seus respectivos efeitos dinâmicos, em conformidade com a Tabela 3 da ABNT NBR 14762:2010. O comportamento elástico da estrutura e os deslocamentos resultantes encontram-se ilustrados no diagrama a seguir.

Figura 9 – Diagrama de deformada do degrau (flecha)



A verificação dos deslocamentos foi fundamentada nos critérios de rigidez estabelecidos na Tabela A.1 da ABNT NBR 14762:2010, que fixa os limites admissíveis para elementos estruturais de aço. Para o caso em questão, o deslocamento limite (δ_{lim}) para componentes de piso foi definido pela relação a seguir:

$$\delta_{lim} = \frac{L_X}{350} \therefore \delta_{lim} = 3{,}143\ mm$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 273 / 354

Com base nos resultados da análise, o deslocamento máximo obtido foi de **0,259 mm** (conforme indicado na Figura 9). Dado que o valor calculado é significativamente inferior ao limite normativo de **3,143 mm**, conclui-se que o perfil do degrau atende com ampla margem de segurança aos requisitos do Estado-Limite de Serviço (E.L.S.).

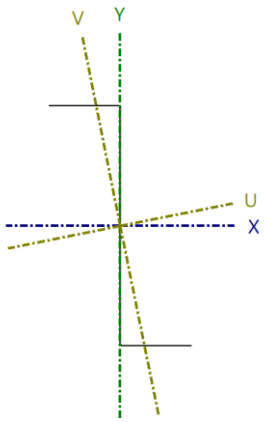
5.1.2.2. Estado-limite último

A verificação da capacidade resistente das seções transversais foi processada via software Cype 3D, considerando as combinações de esforços mais desfavoráveis para o Estado-Limite Último (ELU).

O detalhamento completo das verificações de estabilidade, resistência e os respectivos coeficientes de aproveitamento de cada componente encontram-se apresentados nos relatórios subsequentes.

Barra N158/N159

Perfil: Z 90x300x90x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_{xy}(3) (cm4)	I_t(2) (cm4)	α(4) (graus)
N158	N159	0.550	9.47	1219.63	94.00	-236.09	0.13	11.4

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Produto de inércia
(4) É o ângulo que forma o eixo principal de inércia U em relação ao eixo X, positivo no sentido anti-horário.

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	2.00	2.00	0.00	0.00
L_K	1.100	1.100	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 274 / 354

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_u	M_v	V_u	V_v	M_uV_v	M_vV_u	$N_cM_uM_v$	$N_tM_uM_v$	M_t	
N158/N159	(b_w/t) ≤ 200 Passa	λ_{uu} ≤ 300.0 λ_{vv} ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 0.55 m η = 3.5	x: 0.55 m η = 61.9	x: 0 m η = 5.0	x: 0 m η = 1.6	x: 0.55 m η = 0.1	x: 0.55 m η = 38.5	N.A.(3)	x: 0.55 m η = 65.3	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(4)	**PASSA** **η = 65.3**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_u: Resistência à flexão eixo U
M_v: Resistência à flexão eixo V
V_u: Resistência ao esforço cortante U
V_v: Resistência ao esforço cortante V
M_uV_v: Resistência ao momento fletor U e esforço cortante V combinados
M_vV_u: Resistência ao momento fletor V e esforço cortante U combinados
$N_cM_uM_v$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_uM_v$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em almas de vigas sem enrijecedores transversais, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 200.

(b/t) : ***146*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *292.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez **λ** das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{uu} : ***9.5*** ✓

λ_{vv} : ***49.6*** ✓

Onde:

K_uL_u: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo U. K_uL_u : *1.100* m

K_vL_v: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo V. K_vL_v : *1.100* m

r_u: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal U. r_u : *11.57* cm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 275 / 354

r_v: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal V. r_v : 2.22 cm

Deve satisfazer:

η : **0.035** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N159, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. M_{Sd} : 0.021 t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b): M_{Rd} : 0.594 t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : 0.594 t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. W_{ef} : 25.62 cm³

f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.1

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_vL_v^{pos}$ e $K_vL_v^{neg}$ são nulos.

Resistência à flexão eixo V (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : **0.619** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 276 / 354

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N159, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. M_{Sd} : *0.102* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como: M_{Rd} : *0.166* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. W_{ef} : *7.15* cm³

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

Resistência ao esforço cortante U (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.050*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N158, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. V_{Sd} : *0.189* t

A resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd} é a menor das obtidas segundo os itens a) e b): V_{Rd} : *3.807* t

a) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da alma.

V_{Rd} : *11.646* t

para $1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$: *68.31*

para h/t : *146.00*

para $1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$: *88.54*

Onde:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 277 / 354

t: Espessura da alma.	**t**	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h**	: *292.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *203873*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *5.00*	

b) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura das mesas.

	V_{Rd}	: *3.807*	t
para	$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *33.46*	
para	**h/t**	: *43.00*	
para	$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *43.38*	

Onde:

t: Espessura da alma.	**t**	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h**	: *86.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *203873*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	K_V	: *1.20*	

Resistência ao esforço cortante V (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 278 / 354

	η	: ***0.016***	✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N158, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

	V_{Sd}	: *0.038*	t

A resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd} é a menor das obtidas segundo os itens a) e b):

	V_{Rd}	: *2.344*	t

a) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura da alma.

	V_{Rd}	: *2.344*	t
para	$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *68.31*	
para a	h/t	: *146.00*	
para	$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *88.54*	

Onde:

t: Espessura da alma.	t	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	h	: *292.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	E	: *203873*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *6*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *1.1*	
		: *5.00*	

b) Resistência de cálculo ao esforço cortante V_{Rd}, supondo que existe ruptura das mesas.

	V_{Rd}	: *18.920*	t
para	$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *33.46*	

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 279 / 354

para **h/t** : *43.00*

para **$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$** : *43.38*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t**	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h**	: *86.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	**f_y**	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *203873*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *6*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	**K_V**	: *1.1*	
		: *1.20*	

Resistência ao momento fletor U e esforço cortante V combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis **M_{Sd}** e **V_{Sd}** são obtidos no nó N159, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.001*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	**M_{Sd}**	: *0.021*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	**$M_{0,Rd}$**	: *0.594*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	**V_{Sd}**	: *0.037*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	**V_{Rd}**	: *2.344*	t

Resistência ao momento fletor V e esforço cortante U combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis **M_{Sd}** e **V_{Sd}** são obtidos no nó N159, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 280 / 354

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.385*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	**M_{Sd}**	*0.102*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	**$M_{0,Rd}$**	*0.166*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	**V_{Sd}**	*0.184*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	**V_{Rd}**	*3.807*	t

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços desfavoráveis de cálculo são obtidos no nó N159, para a combinação 1.25·PP+1.5·SC.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : ***0.653*** ✓

Onde:

$N_{t,Sd}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.	**$N_{t,Sd}$**	*0.000*	t
$M_{u,Sd}$, $M_{v,Sd}$: Momentos fletores de cálculo atuantes em torno dos eixos U e V, respectivamente.	**$M_{u,Sd}$**	*0.021*	t·m
	$M_{v,Sd}$	*0.102*	t·m
N_{Rd}: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 9.6.	**N_{Rd}**	*21.933*	t
$M_{u,Rd}$, $M_{v,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos U e V, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	**$M_{u,Rd}$**	*0.594*	t·m
	$M_{v,Rd}$	*0.166*	t·m

b) Cargas nos apoios

- R_{CP} = 0,004 tf;
- R_{SC} = 0,041 tf.

5.2. Patamar

5.2.1. Piso

5.2.1.1. Dados de entrada e análises

- Chapa piso: 100x2.65 (dimensionamento por metro);

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 281 / 354

- d_{apoios} = 0,595 m;
- Lx = 1,211 m;
- Ly = 1,00 m;
- Dimensionado como biapoiado.

a) Cargas

- $\mathrm{CP} = 0\ {}^{\mathrm{tf}}/_{\mathrm{m}^2}$
- $\mathrm{SC} = 0.25\ {}^{\mathrm{tf}}/_{\mathrm{m}^2}$
- $\mathrm{SC}_{\mathrm{concentrada}} = 0.25\ \mathrm{tf}$
- $\mathrm{CP} = \mathrm{CP} \times \mathrm{L_y} = 0\ \mathrm{kg/m}$
- $\mathrm{SC} = \mathrm{SC} \times \mathrm{L_y} = 250\ \mathrm{kg/m}$

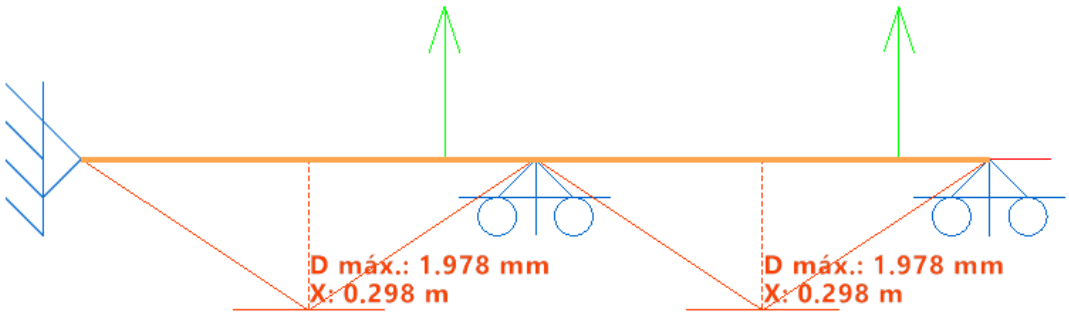
5.2.1.2. Dimensionamentos

a) Estado-limite de serviço

- Combinação: CQP Ψ2 = 0,3.

$$\delta_{lim} = \frac{d_{apoios}}{250} = 2{,}38\ mm$$

Figura 10 – Flecha do piso do patamar



Como o deslocamento máximo calculado de 1,978 mm (apresentado na Figura 10) é inferior ao deslocamento limite de 2,38 mm, o piso do patamar está aprovado no critério de segurança E.L.S.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 282 / 354

b) Estado-limite último

Barra N182/N183

Perfil: 1000x2.65
Material: Aço (A-36 250Mpa)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N182	N183	0.595	26.50	22083.33	0.16	0.62

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.595	0.595	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	$\sigma\ \tau$ f	
N182/N183	N.A.(1)	N.A.(2)	N.A.(3)	N.A.(4)	x: 0.595 m η = 44.2	x: 0.595 m η = 0.4	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	N.A.(8)	N.A.(9)	**PASSA** **η = 44.2**

Notação:
λ: Limitação do índice de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados
T: Resistência à torção
NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante
$\sigma\ \tau$ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 283 / 354

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	σ τ f	

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(4) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(5) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(6) Não existe interação entre o esforço axial e o momento fletor nem entre momentos fletores em ambas as direções para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.
(7) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.
(8) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.
(9) Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.442*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SC.

M_{Sd}^-: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd}^- : *0.018* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções: M_{Rd} : *0.041* t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : *0.041* t·m

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. W_y : *1.17* cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : *1.10*

(b) Estado-limite último de escoamento (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

M_{Rd} : *0.041* t·m

Onde:

M_{pl} : *0.045* t·m

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 284 / 354

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico. Z_y : 1.76 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : **0.004** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SC.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.151 t

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

V_{Rd} : 36.836 t

Onde:

V_{pl} : 40.520 t

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 26.50 cm²

Onde:

b: Largura total da seção transversal. **b** : 1000.00 mm

h: Altura total da seção transversal. **h** : 2.65 mm

f_y: Resistência ao escoamento do aço. f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

c) Cargas nos apoios

- R_{CP_borda} = 0,005 tf;
- R_{CP_centro} = 0,015 tf;
- R_{SC_borda} = 0,056 tf;

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 285 / 354

- R_{SC_centro} = 0,186 tf.

5.2.2. Perfil apoio do piso

5.2.2.1. Dados de entrada e análises

- Perfil: U (dimensionamento por metro);
- Dimensionamento apenas do perfil central;
- Lx = 1,1 m;
- Ai = 0,595 m;
- CP = R_{CP_centro} = 15 kg/m;
- SC = R_{SC_centro} = 186 kg/m.

a) Cargas

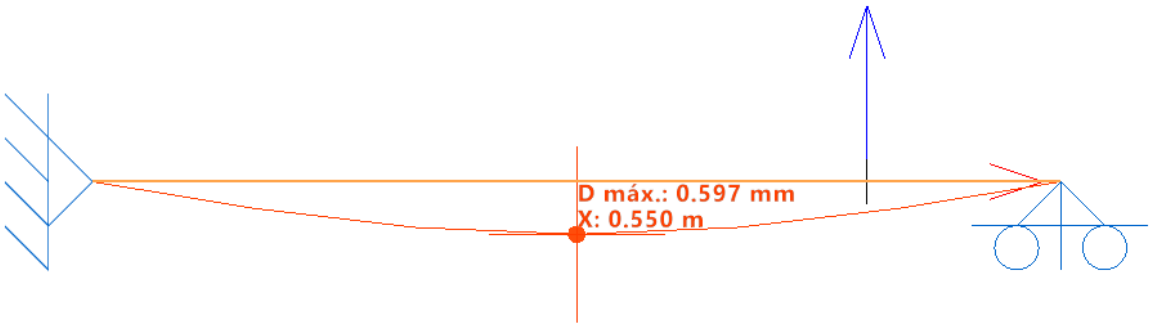
- $\mathrm{CP} = \mathrm{CP} \times \mathrm{A_i} = 8{,}925\ \mathrm{kg}$
- $\mathrm{SC} = \mathrm{SC} \times \mathrm{A_i} = 110{,}67\ \mathrm{kg}$

5.2.2.2. Dimensionamentos

a) Estado-limite de serviço

$$\delta_{lim} = \frac{L_X}{350} = 3{,}143\ mm$$

Figura 11 – Flecha apoio piso patamar



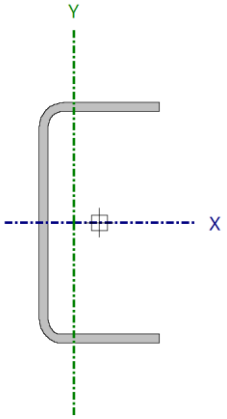
Como o deslocamento máximo calculado de 0,597 mm (apresentado na Figura 11) é inferior ao deslocamento limite de 3,143 mm, o perfil de apoio do piso da escada está aprovado no critério de segurança E.L.S.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 286 / 354

b) Estado-limite último

Barra N185/N186

Perfil: 50x25x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N185	N186	1.100	1.85	6.94	1.12	0.02	-5.24	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.100	1.100	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N185/N186	$(b_w/t) \leq 200$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 300.0$ $\lambda_{yy} \leq 300.0$ Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 0.55 m η = 42.1	M_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(4)	x: 0 m η = 8.9	x: 0.367 m η = 14.1	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(8)	**PASSA** **η = 42.1**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(5) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(7) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(8) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em almas de vigas sem enrijecedores transversais, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 200.

(b/t) : ***20*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 287 / 354

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *40.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : ***56.8*** ✓

λ_{yy} : ***141.4*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *1.100* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *1.100* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *1.94* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *0.78* cm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.421*** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 0.550 m do nó N185, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. M_{Sd} : *0.027* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b): M_{Rd} : *0.064* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *0.064* t·m

Onde:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 288 / 354

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.	W_{ef}	: 2.78	cm³
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: 2548.42	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: 1.1	

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

	η	: ***0.089*** ✓	
O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N185, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.	V_{Sd}	: 0.098	t
A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:	$^{(1)}V_{Rd}$	: 1.112	t
para	$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$	: 68.31	
para	h/t	: 20.00	
para	$1.4(EK_v/f_y)^{0.5}$	: 88.54	

Onde:

t: Espessura da alma.	t	: 2.00	mm
h: Largura da alma.	h	: 40.00	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: 2548.42	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	E	: 2038736	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: 1.1	
K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_v	: 5.00	

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 289 / 354

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 0.367 m do nó N185, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.141*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	M_{Sd}	: *0.024*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$M_{0,Rd}$	: *0.064*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	V_{Sd}	: *0.033*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	V_{Rd}	: *1.112*	t

c) Cargas nos apoios

- R_{CP_perfil} = 0,006 tf;
- R_{SC_perfil} = 0,061 tf.

5.2.3. Viga apoio longarina

5.2.3.1. Dados de entrada e análises

- Perfil: U (dimensionamento por metro);
- Dimensionamento apenas do perfil central;
- Lx = 2,2 m.

a) Cargas

Reações de apoio das longarinas metálicas.

- $CP = 0{,}055\ \mathrm{tf/m}$
- $SC = 0{,}346\ \mathrm{tf/m}$

Rigidez dos pilares de apoio.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 290 / 354

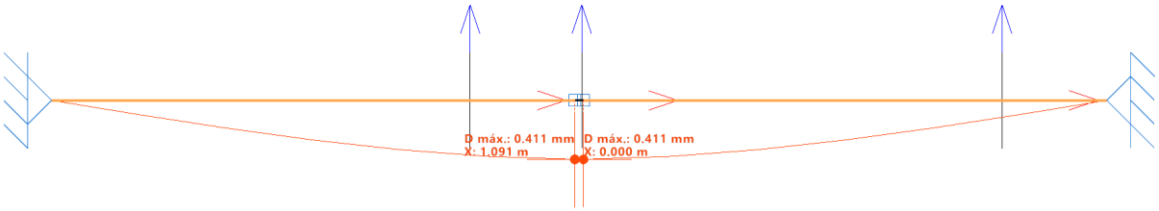
- b = 15 cm
- h = 10 cm
- L = 278,2 cm
- I = 170,05 cm^4
- E_{CS} = 2.038.736 kg/cm^2;
- k = 3 x E_{CS} x I = 4830 kg/m.

5.2.3.2. Dimensionamentos

a) Estado-limite de serviço

$$\delta_{lim} = \frac{L_X}{350} = 6{,}286\ mm$$

Figura 12 – Flecha viga apoio da longarina e travamento de pilares



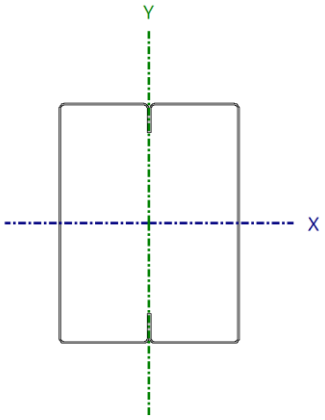
Como o deslocamento máximo calculado de 0,411 mm (apresentado na Figura 12) é inferior ao deslocamento limite de 6,286 mm, a viga de apoio da longarina está aprovada no critério de segurança E.L.S.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 291 / 354

b) Estado-limite último

Barra N276/N279

Perfil: 200x75x25x2.00, Caixa dupla soldada (Cordão descontínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x[1] (cm4)	I_y[1] (cm4)	I_t[2] (cm4)
N276	N279	1.091	15.40	949.41	533.93	0.21

Notas:
[1] Inércia em relação ao eixo indicado
[2] Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	2.02	0.00	0.00
L_K	1.091	2.200	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N276/N279	x: 0.182 m (b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	$\lambda_{xx,c}$ ≤ 300.0 $\lambda_{yy,c}$ ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.[1]	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.[2]	x: 1.091 m η = 29.6	M_{Sd} = 0.00 N.A.[3]	V_{Sd} = 0.00 N.A.[4]	x: 0 m η = 8.6	x: 1.091 m η = 9.4	N.A.[5]	N.A.[6]	N.A.[7]	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.[8]	**PASSA** **η = 29.6**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
[1] A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
[2] A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
[3] A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
[4] A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
[5] Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
[6] Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
[7] Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
[8] A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Nota: A análise de peças compostas é realizada através da verificação de cada um dos perfis simples que as constituem. As verificações destes perfis são realizadas para os esforços calculados a partir daqueles que atuam sobre a peça composta, segundo as suas características mecânicas. Para as verificações de estabilidade, utiliza-se a esbeltez mecânica ideal, obtida em função da esbeltez da peça e uma esbeltez complementar que considera a distância das ligações entre os perfis simples.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.182 m do nó N276.

Elemento: Alma

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 292 / 354

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***95*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *190.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***33*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *65.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez KL/r das barras comprimidas não deve exceder 200.

Para barras compostas comprimidas, isto é, aquelas constituídas por um ou mais perfis associados, além de atender ao disposto em 9.7.4, o índice de esbeltez de cada perfil componente da barra deve ser inferior:

a) à metade do índice de esbeltez máximo do conjunto, para o caso de presilhas (chapas separadoras);

$\lambda_{xx,c}$: ***28.0*** ✓

$\lambda_{yy,c}$ < ***0.1*** ✓

Onde:

$K_xL_{x,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo X. $K_xL_{x,c}$: *2.200* m

$K_yL_{y,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo Y. $K_yL_{y,c}$: *0.000* m

$r_{x,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal X. $r_{x,c}$: *7.85* cm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 293 / 354

$r_{y,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal Y.	$r_{y,c}$	: 5.89	cm
$K_xL_{x,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo X.	$K_xL_{x,s}$	: 2.200	m
$K_yL_{y,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo Y.	$K_yL_{y,s}$	: 0.000	m
$r_{x,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal X.	$r_{x,s}$	: 7.85	cm
$r_{y,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal Y.	$r_{y,s}$	: 2.81	cm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : **0.296** ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N279, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

M_{Sd} : 0.325 t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

M_{Rd} : 1.100 t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : 1.100 t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.	W_{ef}	: 47.47	cm³
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: 2548.42	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: 1.1	

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 294 / 354

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

	η	: ***0.086***	✓
O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N276, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.	V_{Sd}	: *0.302*	t
A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:	$^{(3)}V_{Rd}$	: *3.531*	t
para	$1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *68.31*	
para	h/t	: *95.00*	
para	$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$	: *88.54*	

Onde:

t: Espessura da alma.	t	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	h	: *190.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	E	: *2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} são obtidos no nó N279, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 295 / 354

η : ***0.094*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	**M_{Sd}**	: *0.325*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	**$M_{0,Rd}$**	: *1.100*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	**V_{Sd}**	: *0.294*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	**V_{Rd}**	: *3.531*	t

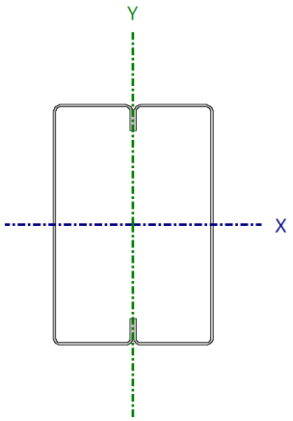
c) Cargas nos apoios

- R_{CP} = 0,062 tf;
- R_{SC} = 0,346 tf.

5.2.4. Pilares

Barra N253/N252

Perfil: 150x50x17x2.00, Caixa dupla soldada (Cordão contínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós Inicial	Final	Comprimento (m)	Características mecânicas Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N253	N252	2.782	10.76	358.67	170.05	346.39

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.782	2.782	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N253/N252	$(b_w/t) \leq 500$ $(b_w/t) \leq 500$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	x: 0 m η = 8.7	x: 2.682 m η = 51.1	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	η = 4.4	x: 2.682 m η = 26.3	N.A.(4)	x: 2.682 m η = 59.6	N.A.(5)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA η = 59.6**

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 296 / 354

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***70*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *140.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***45*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *90.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{xx} : ***48.8*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 297 / 354

λ_{yy} : ***66.4*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	K_xL_x	: *2.782*	m
K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	K_yL_y	: *2.782*	m
r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.	r_x	: *5.70*	cm
r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.	r_y	: *4.19*	cm

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.087*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N253, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. $N_{c,Sd}$: *1.138* t

A força normal de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$ deve ser tomada como:

$N_{c,Rd}$: *13.142* t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. A_{ef} : *7.82* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{xx} : *0.88*; χ_{yy} : *0.79*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,xx}$: *0.55*; $\lambda_{0,yy}$: *0.75*

Sendo:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 298 / 354

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra.	**A**	: *9.70*	cm²
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.2*	

A força normal de flambagem elástica N_e é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c): N_e : *44.207* t

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X.

N_{ex} : *81.861* t

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : *44.207* t

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, K_tL_t, é nula.

Onde:

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.	I_x	: *314.87*	cm4
I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.	I_y	: *170.04*	cm4
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *2038736*	kgf/cm²
K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	K_xL_x	: *2.782*	m
K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	K_yL_y	: *2.782*	m

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.511*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 299 / 354

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 2.682 m do nó N253, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

M_{Sd} : *0.468* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b):

M_{Rd} : *0.915* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *0.915* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. W_{ef} : *39.49* cm³

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.044*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. V_{Sd} : *0.332* t

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}$. V_{Sd} : *0.166* t

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por: $^{(2)}V_{Rd}$: *3.810* t

para $1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$: *68.31*

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 300 / 354

para	**h/t**	: *70.00*	
para	**$1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$**	: *88.54*	

Onde:

t: Espessura da alma.	**t**	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h**	: *140.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	**f_y**	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	**γ**	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	**K_V**	: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis **M_{Sd}** e **V_{Sd}** produzem-se num ponto situado a uma distância 2.682 m do nó N253, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.263*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	**M_{Sd}**	: *0.468*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	**$M_{0,Rd}$**	: *0.915*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	**V_{Sd}**	: *0.332*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	**V_{Rd}**	: *7.619*	t

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância 2.682 m do nó N253, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.596*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 301 / 354

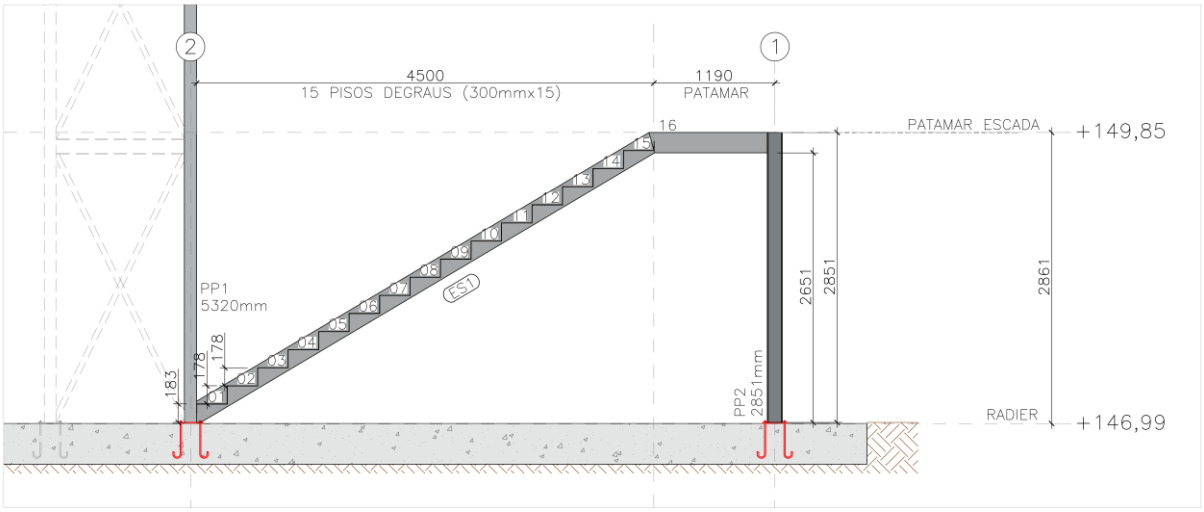
Onde:

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	$N_{c,Sd}$	1.110	t
$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	$M_{x,Sd}$	0.468	t·m
	$M_{y,Sd}$	0.000	t·m
$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	$N_{c,Rd}$	13.142	t
$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	$M_{x,Rd}$	0.915	t·m
	$M_{y,Rd}$	0.594	t·m

5.3. Longarina

5.3.1. Dados de entrada e análises

Figura 13 – Geometria da longarina



- Perfil selecionado: U200x50x2.65.
- Comprimento do Perfil (L_x) = 1,211 m + 4,391 m = 5,602 m.

5.3.2. Dimensionamentos

a) Estado-limite de serviço

- **Deformação:**

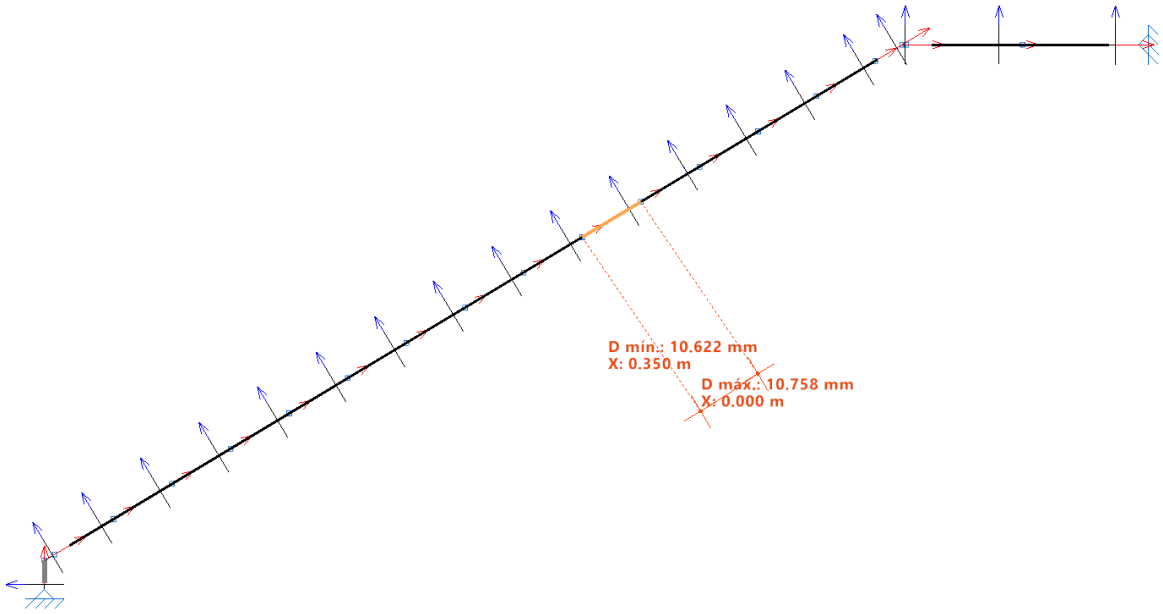
$$\delta_{lim} = \frac{L_X}{350} = 16{,}006\ mm$$

$$\delta_a = 10{,}758\ mm$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 302 / 354

$$Aprov_{\delta} = \frac{\delta_a}{\delta_{lim}} = 0{,}672$$

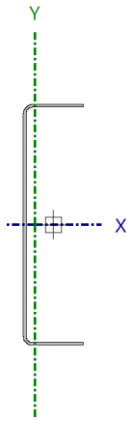
Figura 14 – Flecha longarina



b) Estado-limite último

Barra N219/N218

Perfil: 200x50x3.00
Material: Aço (A-36)



Nós Inicial	Nós Final	Comprimento (m)	Características mecânicas Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N219	N218	0.350	8.66	457.79	17.04	0.26	-15.33	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	14.64	0.00	0.00
L_K	0.350	5.121	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 303 / 354

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N219/N218	$(b_w/t) \leq 200$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	$N_{t,Sd} = 0.00$ N.A.(1)	x: 0 m η = 1.6	x: 0.35 m η = 81.0	$M_{Sd} = 0.00$ N.A.(2)	$V_{Sd} = 0.00$ N.A.(3)	x: 0 m η = 0.3	x: 0.35 m η = 65.5	N.A.(4)	x: 0.35 m η = 82.5	N.A.(5)	$M_{t,Sd} = 0.00$ N.A.(6)	**PASSA** **η = 82.5**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em almas de vigas sem enrijecedores transversais, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 200.

(b/t) : ***62*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *185.00* mm

t: A espessura. **t** : *3.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez **λ** das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{xx} : ***70.4*** ✓

λ_{yy} : ***24.9*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *5.121* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *0.350* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *7.27* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *1.40* cm

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 304 / 354

η : ***0.016*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N219, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. $N_{c,Sd}$: *0.189* t

A força normal de compressão resistente de cálculo **$N_{c,Rd}$** deve ser tomada como:

$N_{c,Rd}$: *12.016* t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. A_{ef} : *7.36* cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{yy} : *0.97*
χ_{xz} : *0.77*

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,yy}$: *0.28*
$\lambda_{0,xz}$: *0.79*

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *8.66* cm²

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b): N_e : *35.125* t

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : *280.150* t

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 305 / 354

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.

N_{exz} : 35.125 t

Onde:

N_{ex} : 35.125 t

N_{ez} : ∞

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.	I_x	457.79	cm4
I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.	I_y	17.04	cm4
I_t: Momento de inércia à torção uniforme.	I_t	0.26	cm4
C_w: Constante de empenamento da seção.	C_w	1176.10	cm6
E: Módulo de elasticidade.	**E**	2038736	kgf/cm²
G: Módulo de elasticidade transversal.	**G**	784129	kgf/cm²
K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	K_xL_x	5.121	m
K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	K_yL_y	0.350	m
K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.	K_zL_z	0.000	m

r_0: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção.

r_0 : 7.75 cm

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.	r_x	7.27	cm
	r_y	1.40	cm
x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.	x_0	-23.05	mm
	y_0	0.00	mm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : **0.810** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 306 / 354

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{Sd} é obtido para o nó N218, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. M_{Sd} : *0.824* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b): M_{Rd} : *1.018* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *1.018* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. W_{ef} : *43.94* cm³

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.003*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N219, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. V_{Sd} : *0.021* t

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por: $^{(1)}V_{Rd}$: *7.715* t

para $1.08(EK_V/f_y)^{0.5}$: *68.31*

para h/t : *61.67*

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 307 / 354

para $1.4(EK_V/f_y)^{0.5}$: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t**	: *3.00*	mm
h: Largura da alma.	**h**	: *185.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} são obtidos no nó N218, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.655*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	M_{Sd}	: *0.824*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$M_{0,Rd}$	: *1.018*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	V_{Sd}	: *0.018*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	V_{Rd}	: *7.715*	t

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N218, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.825*** ✓

Onde:

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	$N_{c,Sd}$	: *0.188*	t
$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	$M_{x,Sd}$	: *0.824*	t·m
	$M_{y,Sd}$	: *0.000*	t·m
$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	$N_{c,Rd}$	: *12.016*	t
$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	$M_{x,Rd}$	: *1.018*	t·m
	$M_{y,Rd}$	: *0.098*	t·m

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 308 / 354

6. PASSARELA DOS MÓDULOS UASB + FAS

6.1. Plataforma

6.1.1. Chapa piso

6.1.1.1. Dados de entrada e análises

- Chapa: GCHP-B4 – 30/2;
- 15 vãos;
- Comprimento da Chapa (L_x) = 1,529 m;
- Largura da Chapa (L_y) = 1,00 m.

a) Cargas

- Sobrecarga (SC) = 300 kg/m²;
- Peso próprio (PP) = 23 kg/m²;
- Cálculo da sobrecarga atuante:

$$SC_a = SC \times L_y = 300\ kg/m$$

6.1.1.2. Dimensionamentos

b) Estado-limite de serviço

- **Deformação:**

$$\delta_{lim} = \frac{L_X}{350} = 6{,}286\ mm$$

$$\delta_a = 6mm$$

$$Aprov_\delta = \frac{\delta_a}{\delta_{lim}} = 0{,}981$$

- **Sobrecarga:**
  - $\mathrm{SC}_{1500} = 353\ \mathrm{kg/m^2}$;
  - $\mathrm{SC}_{1600} = 271\ \mathrm{kg/m^2}$.

$$\Delta_{SC} = \frac{(SC_{1600} - SC_{1500})}{100} = -0{,}82\ kg/m^2$$

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 309 / 354

$$SC_{lim} = SC_{1500} + \Delta_{SC} \times \left(\frac{L_X}{m} - \frac{\left(\frac{L_X}{m} \times 10\right)}{10} \right) \times 1000 = 329{,}22\ kg/m^2$$

$$Aprov_{SC} = \frac{SC}{SC_{lim}} = 0{,}911$$

c) Reações nos apoios

- $R_{PP} = PP \times L_x = 35{,}167$ kg/m;
- $R_{SC} = SC \times L_x = 458{,}7$ kg/m.

6.1.2. Perfis de apoio do piso

6.1.2.1. Dados de entrada e análises

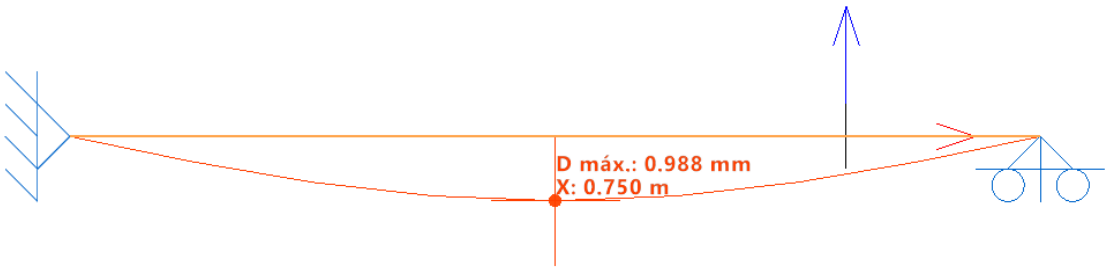
- Perfil selecionado: EU 100x40x17x2.00
- Comprimento do perfil (L_x) = 1,50 m;
- $CP = R_{PP}$ = 35,167 kg/m;
- $SC = R_{SC}$ = 458,7 kg/m.

6.1.2.2. Dimensionamentos

a) Estado-limite de serviço

$$\delta_{lim} = \frac{L_X}{350} = 4{,}286\ mm$$

Figura 15 – Flecha perfil de apoio chapa expandida



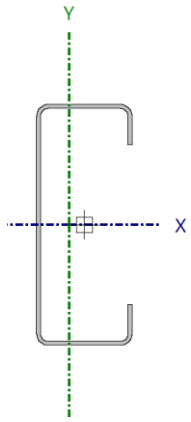
Como o deslocamento máximo calculado de 0,988 mm (apresentado na Figura 15) é inferior ao deslocamento limite de 4,286 mm, os perfis de apoio do piso estão aprovados no critério de segurança E.L.S.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 310 / 354

b) Estado-limite último

Barra N404/N405

Perfil: 100x40x17x2.00
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	x_g(3) (mm)	y_g(3) (mm)
N404	N405	1.500	3.98	59.60	9.09	0.05	-6.30	0.00

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme
(3) Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.500	1.500	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N404/N405	x: 0.188 m (b_w/t) ≤ 500 (b_f/t) ≤ 60 Passa	λ_{xx} ≤ 300.0 λ_{yy} ≤ 300.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	$N_{c,Sd}$ = 0.00 N.A.(2)	x: 0.75 m η = 75.1	M_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(4)	x: 0 m η = 22.1	x: 0.563 m η = 49.8	N.A.(5)	N.A.(6)	N.A.(7)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(8)	**PASSA** **η = 75.1**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
(3) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(4) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(5) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(7) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(8) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.188 m do nó N404.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***45*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 311 / 354

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *90.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***15*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *30.00* mm

t: A espessura. **t** : *2.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : ***38.8*** ✓

λ_{yy} : ***99.3*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *1.500* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *1.500* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *3.87* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *1.51* cm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.751*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 312 / 354

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 0.750 m do nó N404, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

M_{Sd} : *0.207* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

M_{Rd} : *0.276* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *0.276* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção. W_{ef} : *11.92* cm³

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.1*

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : ***0.221*** ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N404, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC. V_{Sd} : *0.553* t

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por: $^{(1)}V_{Rd}$: *2.502* t

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 313 / 354

para	$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$	: *68.31*
para	**h/t**	: *45.00*
para	$1.4(EK_v/f_y)^{0.5}$	: *88.54*

Onde:

t: Espessura da alma.	**t**	: *2.00*	mm
h: Largura da alma.	**h**	: *90.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 0.563 m do nó N404, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.498*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	M_{Sd}	: *0.194*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$M_{0,Rd}$	: *0.276*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	V_{Sd}	: *0.138*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	V_{Rd}	: *2.502*	t

c) Reações nos apoios

- $R_{CP} = 0{,}030$ tf;
- $R_{SC} = 0{,}344$ tf.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 314 / 354

6.1.3. Longarinas passarela

6.1.3.1. Dados de entrada e análises

- L_t = 21 m;
- L_{long1} = 9,2 m;
- $L_{long_central}$ = 2 m.

Cargas a cada viga de apoio da chapa expandida, conforme subitem 6.1.2, no espaçamento informado.

6.1.3.2. Dimensionamentos

a) Estado-limite de serviço

- **Deslocamento limite 1:**

$$\delta_{lim1} = \frac{L_{long1}}{350} = 26{,}286\ mm$$

$$\delta_{s_long1} = 15{,}773\ mm$$

$$Aprov_{long1} = \frac{\delta_{s_long1}}{\delta_{lim1}} = 0{,}6$$

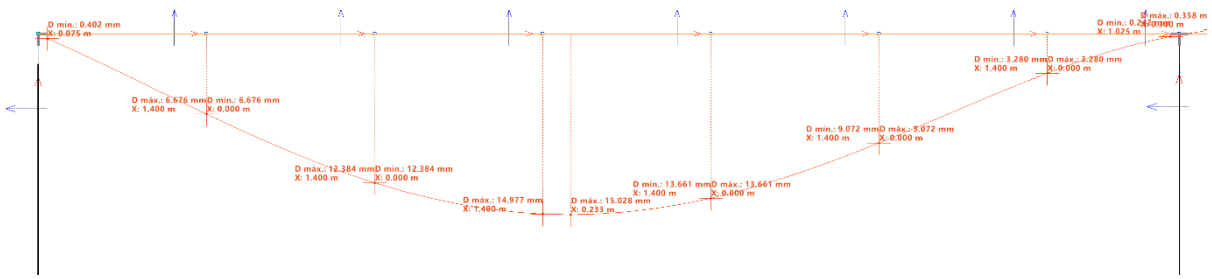
- **Deslocamento limite 2:**

$$\delta_{lim1} = \frac{L_{long_central}}{350} = 5{,}71\ mm$$

$$\delta_{s_long2} = 0{,}806\ mm$$

$$Aprov_{long2} = \frac{\delta_{s_long2}}{\delta_{lim2}} = 0{,}14$$

Figura 16 – Flecha longarina 1 (9,2 m)



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 315 / 354

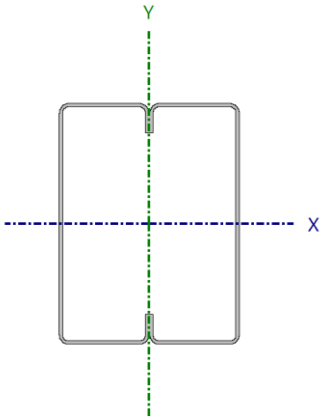
Como o deslocamento máximo calculado de 15,773 mm (apresentado na Figura 16) é inferior ao deslocamento limite de 26,286 mm, a longarina de maior comprimento está aprovada no critério de segurança E.L.S.

Da mesma forma, como o deslocamento máximo calculado de 0,806 mm é inferior ao deslocamento limite de 5,71 mm, a longarina de menor comprimento está aprovada no critério de segurança E.L.S.

b) Estado-limite último

Barra N459/N460

Perfil: 200x75x25x3.35, Caixa dupla soldada (Cordão descontínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N459	N460	1.100	25.11	1510.84	862.69	0.94

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	8.64	0.00	0.00
L_K	1.100	9.500	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ_c	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N459/N460	$(b_w/t) \leq 500$ $(b_f/t) \leq 60$ Passa	$\lambda_{xx,c} \leq 200.0$ $\lambda_{yy,c} \leq 200.0$ Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	η = 1.7	x: 1.025 m η = 93.4	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	x: 1.025 m η = 11.9	x: 1.025 m η = 88.7	N.A.(4)	x: 1.025 m η = 95.1	N.A.(5)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA** **η = 95.1**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 316 / 354

Nota: A análise de peças compostas é realizada através da verificação de cada um dos perfis simples que as constituem. As verificações destes perfis são realizadas para os esforços calculados a partir daqueles que atuam sobre a peça composta, segundo as suas características mecânicas. Para as verificações de estabilidade, utiliza-se a esbeltez mecânica ideal, obtida em função da esbeltez da peça e uma esbeltez complementar que considera a distância das ligações entre os perfis simples.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***55*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *183.25* mm

t: A espessura. **t** : *3.35* mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : ***17*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *58.25* mm

t: A espessura. **t** : *3.35* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez KL/r das barras comprimidas não deve exceder 200.

Para barras compostas comprimidas, isto é, aquelas constituídas por um ou mais perfis associados, além de atender ao disposto em 9.7.4, o índice de esbeltez de cada perfil componente da barra deve ser inferior:

a) à metade do índice de esbeltez máximo do conjunto, para o caso de presilhas (chapas separadoras);

$\lambda_{xx,c}$: ***122.5*** ✓

$\lambda_{yy,c}$: ***18.8*** ✓

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 317 / 354

Onde:

$K_xL_{x,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo X.	$K_xL_{x,c}$: 9.500 m
$K_yL_{y,c}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção composta, em relação ao eixo Y.	$K_yL_{y,c}$: 1.100 m
$r_{x,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal X.	$r_{x,c}$: 7.76 cm
$r_{y,c}$: Raio de giração da seção composta, em relação ao eixo principal Y.	$r_{y,c}$: 5.86 cm
$K_xL_{x,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo X.	$K_xL_{x,s}$: 9.500 m
$K_yL_{y,s}$: Comprimento efetivo de flambagem por flexão da seção simples, em relação ao eixo Y.	$K_yL_{y,s}$: 0.000 m
$r_{x,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal X.	$r_{x,s}$: 7.76 cm
$r_{y,s}$: Raio de giração da seção simples, em relação ao eixo principal Y.	$r_{y,s}$: 2.74 cm

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.017*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. $N_{c,Sd}$: 0.204 t

A resistência de cálculo à compressão $N_{c,Rd}$ é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens: $N_{c,Rd}$: 11.991 t

a) Inicio de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: 11.991 t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. A_{ef} : 12.51 cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ : 0.45

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 318 / 354

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,ft}$: *1.38*

Sendo:

N_e: Esforço axial crítico elástico de flambagem mínimo. N_e : *16.842* t

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : *12.56* cm²

f_y: Tensão de escoamento. f_y : *2548.42* kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : *1.2*

A tensão crítica elástica de flambagem σ_{cr} é o valor da menor das raízes da seguinte equação cúbica:

σ_{cr} : *1341.30* kgf/cm²

Onde:

$\sigma_{cr,x}$: Tensão crítica elástica de flambagem por flexão da seção composta, em torno do eixo X. $\sigma_{cr,x}$: *1341.30* kgf/cm²

$\sigma_{cr,y}$: Tensão crítica elástica de flambagem por flexão da seção composta, em torno do eixo Y. $\sigma_{cr,y}$: *57124.40* kgf/cm²

$\sigma_{cr,T}$: Tensão crítica elástica de flambagem por torção da seção composta. $\sigma_{cr,T}$: ∞

I_x: Momento de inércia da seção composta, em relação ao eixo X. I_x : *1510.84* cm4

I_y: Momento de inércia da seção composta, em relação ao eixo Y. I_y : *862.69* cm4

I_t: Módulo de torção uniforme da seção composta. I_t : *0.94* cm4

C_w: Constante de empenamento da seção composta. C_w : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidade. **E** : *203873* kgf/cm²

G: Módulo de elasticidade transversal. **G** : *784129* kgf/cm²

λ_x: Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo X, calculada levando em conta o tipo de ligações e o espaçamento. λ_x : *122.48*

λ_y: Esbeltez mecânica da seção composta, em relação ao eixo Y, calculada levando em conta o tipo de ligações e o espaçamento. λ_y : *18.77*

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção da seção composta. K_zL_z : *0.000* m

r_0: Raio de giração polar da seção composta, em relação ao centro de torção. r_0 : *9.72* cm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 319 / 354

Sendo:

r_x, r_y: Raios de giração da seção composta, em relação aos eixos principais de inércia X e Y.	r_x	: *7.76*	cm
	r_y	: *5.86*	cm
x_0, y_0: Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, relativas ao centro de gravidade da seção composta.	x_0	: *0.00*	cm
	y_0	: *0.00*	cm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.934*** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 1.025 m do nó N459, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

M_{Sd} : *1.635* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

M_{Rd} : *1.750* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *1.750* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.	W_{ef}	: *75.54*	cm³
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 320 / 354

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

Não é necessário, dado que os comprimentos efetivos de flambagem por distorção são nulos.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

	η	: ***0.119***	✓
O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 1.025 m do nó N459, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.	V_{Sd}	: *1.017*	t
A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:	$^{(1)}V_{Rd}$	: *8.533*	t
para	$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$	: *68.31*	
para	h/t	: *54.70*	
para	$1.4(EK_v/f_y)^{0.5}$	: *88.54*	

Onde:

t: Espessura da alma.	t	: *3.35*	mm
h: Largura da alma.	h	: *183.25*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	E	: *2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 321 / 354

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 1.025 m do nó N459, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

η : ***0.887*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	M_{Sd}	: *1.635*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	$M_{0,Rd}$	: *1.750*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	V_{Sd}	: *1.017*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	V_{Rd}	: *8.533*	t

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância 1.025 m do nó N459, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.951*** ✓

Onde:

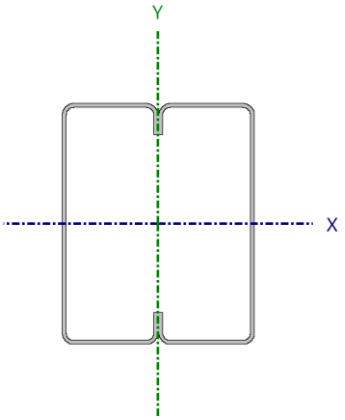
$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	$N_{c,Sd}$	: *0.204*	t
$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	$M_{x,Sd}$	: *1.635*	t·m
	$M_{y,Sd}$	: *0.000*	t·m
$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	$N_{c,Rd}$	: *11.991*	t
$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	$M_{x,Rd}$	: *1.750*	t·m
	$M_{y,Rd}$	: *0.420*	t·m

6.2. Pilar mais solicitado

Barra N473/N471

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 322 / 354

Perfil: 150x60x20x3.00, Caixa dupla soldada (Cordão contínuo)
Material: Aço (A-36)



Nós		Comprimento	Características mecânicas			
Inicial	Final	(m)	Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N473	N471	2.709	17.25	585.44	370.76	683.64

Notas:
(1) Inércia em relação ao eixo indicado
(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	2.00	0.00	0.00
L_K	2.709	5.417	0.000	0.000
C_m	-	-	1.000	1.000
C_b	-		1.000	

Notação:
β: Coeficiente de flambagem
L_K: Comprimento de flambagem (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xV_y	M_yV_x	$N_cM_xM_y$	$N_tM_xM_y$	M_t	
N473/N471	(b_w/t) ≤ 500 (b_w/t) ≤ 500 Passa	λ_{xx} ≤ 200.0 λ_{yy} ≤ 200.0 Passa	$N_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(1)	x: 0 m η = 8.9	x: 2.609 m η = 89.3	M_{Sd} = 0.00 N.A.(2)	V_{Sd} = 0.00 N.A.(3)	η = 3.6	x: 2.609 m η = 79.9	N.A.(4)	x: 2.609 m η = 98.0	N.A.(5)	$M_{t,Sd}$ = 0.00 N.A.(6)	**PASSA** **η = 98.0**

Notação:
b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura
λ: Limitação de esbeltez
N_t: Resistência à tração
N_c: Resistência à compressão
M_x: Resistência à flexão eixo X
M_y: Resistência à flexão eixo Y
V_x: Resistência ao esforço cortante X
V_y: Resistência ao esforço cortante Y
M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados
M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados
$N_cM_xM_y$: Resistência à flexo-compressão
$N_tM_xM_y$: Resistência à flexo-tração
M_t: Resistência à torção
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
(2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
(3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.
(6) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***45*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *135.00* mm

t: A espessura. **t** : *3.00* mm

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 323 / 354

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : ***35*** ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento. **b** : *105.00* mm

t: A espessura. **t** : *3.00* mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{xx} : ***93.6*** ✓

λ_{yy} : ***55.4*** ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X. K_xL_x : *5.417* m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. K_yL_y : *2.709* m

r_x: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X. r_x : *5.79* cm

r_y: Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y. r_y : *4.89* cm

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

η : ***0.089*** ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N473, para a combinação de ações 1.25·PP+1.5·SC.

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo. $N_{c,Sd}$: *1.843* t

A força normal de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$ deve ser tomada como:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 324 / 354

$N_{c,Rd}$: 20.730 t

Onde:

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra. A_{ef} : 15.52 cm²

χ: Fator de redução associado à flambagem, χ_{xx} : 0.63 / χ_{yy} : 0.85

Sendo:

λ_0: Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_{0,xx}$: 1.05 / $\lambda_{0,yy}$: 0.62

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra. **A** : 15.52 cm²

f_y: Tensão de escoamento. f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ: Coeficiente de ponderação das resistências. γ : 1.2

A força normal de flambagem elástica N_e é o menor valor entre os obtidos por a), b) e c): N_e : 35.690 t

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo X.

N_{ex} : 35.690 t

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

N_{ey} : 101.678 t

c) Força normal de flambagem elástica por torção.

Não é necessário, dado que o comprimento efetivo de flambagem por torção, K_tL_t, é nula.

Onde:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 325 / 354

I_x: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo X.	I_x	: *520.48*	cm4
I_y: Momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo Y.	I_y	: *370.70*	cm4
E: Módulo de elasticidade.	**E**	: *2038736*	kgf/cm²
K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.	K_xL_x	: *5.417*	m
K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.	K_yL_y	: *2.709*	m

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : ***0.893*** ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 2.609 m do nó N473, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

M_{Sd} : *1.436* t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a) y b):

M_{Rd} : *1.608* t·m

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

M_{Rd} : *1.608* t·m

Onde:

W_{ef}: Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.	W_{ef}	: *69.40*	cm³
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

Não procede, pois o comprimento efetivo de flambagem lateral por torção K_tL_t e os comprimentos efetivos de flambagem lateral $K_yL_y^{pos}$ e $K_yL_y^{neg}$ são nulos.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 326 / 354

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

	η	: ***0.036*** ✓	
O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.	V_{Sd}	: *0.408*	t
A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{Sd} = 0.5\ V_{Sd}$.	V_{Sd}	: *0.204*	t
A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:	$^{(1)}V_{Rd}$	: *5.630*	t
para	$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$	: *68.31*	
para	h/t	: *45.00*	
para	$1.4(EK_v/f_y)^{0.5}$	: *88.54*	

Onde:

t: Espessura da alma.	t	: *3.00*	mm
h: Largura da alma.	h	: *135.00*	mm
f_y: Tensão de escoamento.	f_y	: *2548.42*	kgf/cm²
E: Módulo de elasticidade.	E	: *2038736*	kgf/cm²
γ: Coeficiente de ponderação das resistências.	γ	: *1.1*	
K_V: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_V	: *5.00*	

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 2.609 m do nó N473, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 327 / 354

η : ***0.799*** ✓

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.	**M_{Sd}**	: *1.436*	t·m
$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.	**$M_{0,Rd}$**	: *1.608*	t·m
V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.	**V_{Sd}**	: *0.408*	t
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.	**V_{Rd}**	: *11.259*	t

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância 2.609 m do nó N473, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.5·SC.

η : ***0.980*** ✓

Onde:

$N_{c,Sd}$: Força normal de compressão solicitante de cálculo.	**$N_{c,Sd}$**	: *1.799*	t
$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.	**$M_{x,Sd}$**	: *1.436*	t·m
	$M_{y,Sd}$	: *0.000*	t·m
$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.	**$N_{c,Rd}$**	: *20.730*	t
$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.	**$M_{x,Rd}$**	: *1.608*	t·m
	$M_{y,Rd}$	: *1.324*	t·m

6.3. Chapa de ligação e chumbador

Placa de ancoragem

Referência:
-Placa base: Largura X: 240 mm Largura Y: 240 mm Espessura: 10 mm
-Parafusos: 4Ø12 mm L=30 cm Dobra a 180 graus
-Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada

Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: *3 diâmetros*	Mínimo: 36 mm Calculado: 192 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: *1.5 diâmetros*	Mínimo: 18 mm Calculado: 42 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: *2 diâmetros*	Mínimo: 24 mm Calculado: 24 mm	Passa

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 328 / 354

Referência: -Placa base: Largura X: 240 mm Largura Y: 240 mm Espessura: 10 mm -Parafusos: 4Ø12 mm L=30 cm Dobra a 180 graus -Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada		
Verificação	Valores	Estado
Comprimento mínimo do parafuso: *Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.*	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto:		
-Tração:	Máximo: 1.616 t Calculado: 1.431 t	Passa
-Cortante:	Máximo: 1.132 t Calculado: 0.098 t	Passa
-Tração + Cortante:	Máximo: 1.616 t Calculado: 1.571 t	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 2.488 t Calculado: 1.5 t	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 2201.83 kgf/cm² Calculado: 1339.11 kgf/cm²	Passa
Esmagamento chumbador na placa: *Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa*	Máximo: 6.881 t Calculado: 0.102 t	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais:	Máximo: 2548.42 kgf/cm²	
-Direita:	Calculado: 754.982 kgf/cm²	Passa
-Esquerda:	Calculado: 1167.05 kgf/cm²	Passa
-Acima:	Calculado: 2297.27 kgf/cm²	Passa
-Abaixo:	Calculado: 2297.27 kgf/cm²	Passa
Flecha global equivalente: *Limite da deformabilidade dos balanços*	Mínimo: 250	
-Direita:	Calculado: 944.556	Passa
-Esquerda:	Calculado: 583.702	Passa
-Acima:	Calculado: 468.638	Passa
-Abaixo:	Calculado: 468.638	Passa
Tensão de Von Mises local: *Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço*	Máximo: 2548.42 kgf/cm² Calculado: 0 kgf/cm²	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional:		
- Relação ruptura desfavorável seção de concreto: 0.113		

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 329 / 354

7. FUNDAÇÃO DOS MÓDULOS UASB + FAS

7.1. Dados de entrada e análises

- Espessura do radier (h_{radier}) = 40 cm;
- Furo considerado: SP-001;
- Altura do bulbo de tensões (h_{bulbo})= 6 m (Estimado);
- Solo: Silte arenoargiloso.

7.1.1. Cargas

As cargas pontuais dos pilares se dão conforme dimensionado ao longo do item 5:

- Carga do módulo UASB (CP_{uasb}) = 22,51361 tf;
- Sobrecarga do módulo UASB (SC_{uasb}) = 533,40316 tf;
- Diâmetro do módulo UASB (D_{uasb}) = 9 m;
- Área da base do módulo UASB (A_{uasb}) = 63,617m²;
- Cálculo da Carga Permanente (CP):

$$CP = CP_{uasb}/A_{uasb} = 353{,}892\ kg/m^2$$

- Cálculo da Sobrecarga (SC):

$$SC = SC_{uasb}/A_{uasb} = 8385\ kg/m^2$$

7.1.2. Tensão admissível do solo

a) Capacidade de Carga

A tensão admissível do solo será a mesma definida na alínea “a” do subitem 3.3.2. Desta forma, o valor da tensão admissível é dado abaixo.

$$\sigma_a = \frac{6}{5{,}33} \therefore \sigma_a \cong 1{,}126\ kgf/cm^2$$

b) Coeficiente de recalque

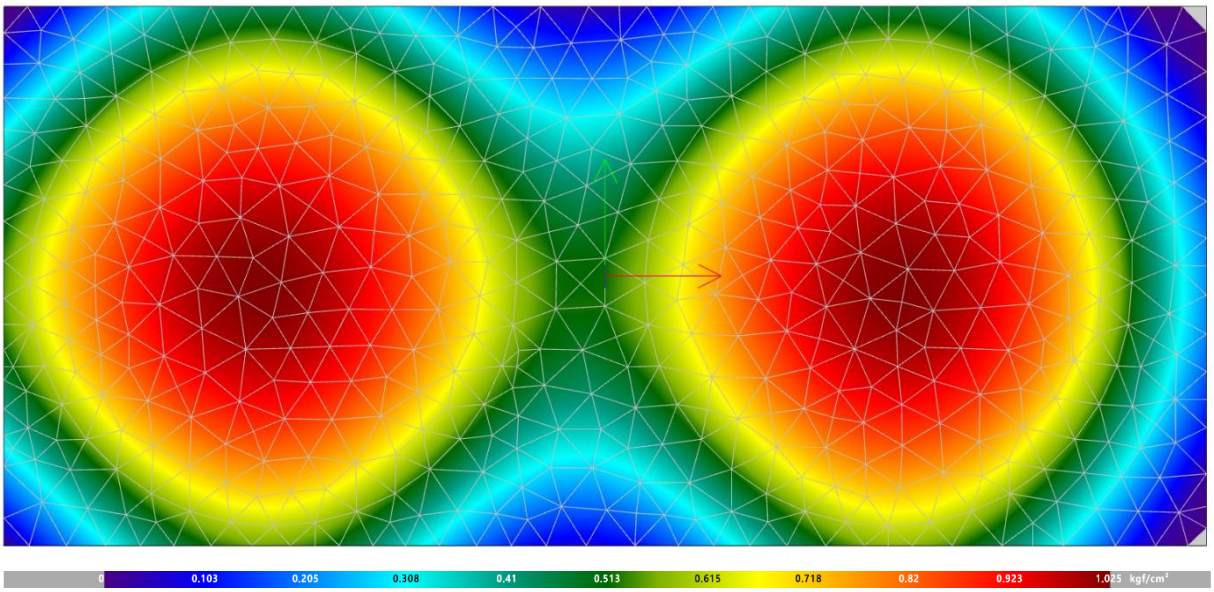
O coeficiente de recalque será o mesmo definido na alínea “b” do subitem 3.3.2.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 330 / 354

c) Verificação da resistência do solo

O software de dimensionamento traz a tensão atuante do radier sobre o solo na combinação PP+CP+Qa.

Figura 17 – Tensão atuante no solo - Módulos UASB+FAS



Como a tensão máxima atuante calculada de $1{,}025\ kgf/cm^2$ é inferior à tensão admissível $\sigma_a = 1{,}126\ kgf/cm^2$, o solo possui capacidade de carga suficiente para suportar a estrutura com radier.

7.1.3. Esforços de dimensionamento

POSITIVO	NEGATIVO
Mdx = 6.702 tf·m	Mdx = 7.273 tf·m
Mdy = 6.386 tf·m	Mdy = 0.119 tf·m
Vdx = 7.015 tf	Vdy = 4.531 tf
Notas: x = longitudinal; y = transversal.	

7.2. Dimensionamento

7.2.1. Armadura longitudinal

Tabela 14 – Dados base para o dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – long.

VIGA SEÇÃO RETANGULAR				
Base:	100,00	cm	fck:	30 MPa

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 331 / 354

Altura:	40,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	6,70	tfm	Vsd:	7,02	tf
Md-:	7,27	tfm			
As positiva:	10	mm			
As negativa:	10	mm			
Estribo:	0	mm			

Tabela 15 – Resultados dos cálculos do dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – long.

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,214	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	35,500	cm
	x:	1,315	cm
	x,lim:	15,975	cm
	As:	4,407	cm²
	As,min:	6,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	8,000	cm²
	As,real:	6,283	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	35,500	cm
	x:	1,429	cm
	x,lim:	15,975	cm
	As:	4,789	cm²
	As,min:	6,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	8,000	
	As,real:	6,283	cm²

7.2.2. Armadura transversal

Tabela 16 – Dados base para o dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – trans.

VIGA SEÇÃO RETANGULAR					
Base:	100,00	cm	fck:	30	MPa
Altura:	40,00	cm	Cobrimento:	4,00	cm
Md+:	6,39	tfm	Vsd:	4,53	tf
Md-:	0,12	tfm			
As positiva:	10	mm			
As negativa:	10	mm			

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 332 / 354

Estribo:	0	mm

Tabela 17 – Resultados dos cálculos do dimensionamento do radier dos módulos UASB+FAS – trans.

DIMENSIONAMENTOS			
FLEXÃO	fcd:	0,214	tf/cm²
POSITIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	35,500	cm
	x:	1,252	cm
	x,lim:	15,975	cm
	As:	4,197	cm²
	As,min:	6,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	8,000	cm²
	As,real:	6,283	cm²
NEGATIVO	fyd:	4,348	tf/cm²
	d:	35,500	cm
	x:	0,023	cm
	x,lim:	15,975	cm
	As:	0,077	cm²
	As,min:	6,000	cm²
	As,barra:	0,785	cm²
	Qnt,barras:	8,000	
	As,real:	6,283	cm²

7.2.3. Armaduras

A armadura especificada para o radier consiste em barras de aço CA-50 com **diâmetro de 10 mm**, dispostas com **espaçamento de 12 cm** em ambas as direções, tanto na posição inferior, quanto na superior. Esta configuração resulta em área de armadura de 6,283 cm²/m, valor superior à armadura mínima exigida.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 333 / 354

Prefeitura municipal
Itaguaçu

CONTRATANTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAGUAÇU

_____

DARLY DETTMANN
CNPJ nº 27.167.451/0001-74

PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONTRATO: ITA 142-22 (SEDE)

MEMORIAL DESCRITIVO: TOMO IV

PARÂMETROS DE PROJETO E CONCEPÇÃO DA REDE DE RECALQUE E ELEVATÓRIAS ETAPA: PROJETO EXECUTIVO

CONTROLE DE EMISSÕES

DATA	REVISÃO
07/2025	R0 – EMISSÃO INICIAL
02/2026	R1 – EMISSÃO FINAL DE PE

ELABORAÇÃO

AMÉRICA LATINA
ENGENHARIA

CNPJ nº 10.568.340/0001-77

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

RESPONSÁVEL TÉCNICO DA EMPRESA

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717

Assinado digitalmente por ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717
DN: cn=ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA:11074853717, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=RFB e-CPF A1, email=alessandro.americalatina@gmail.com
Data: 2026.02.05 13:45:25 -03'00'

_____

ALESSANDRO RODRIGUES BATISTA
CAU A63305-4
ARQUITETO E URBANISTA

COORDENAÇÃO DO CONTRATO

GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781

Assinado digitalmente por GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781
DN: cn=GABRIEL RODRIGUES BOSIO:15895679781, c=BR, o=ICP-Brasil, ou=(em branco), email=contato@homehelp.app
Data: 2026.02.05 13:45:55 -03'00'

_____

GABRIEL RODRIGUES BÓSIO
CREA ES-054146/D
ART nº 0820250218833

RESPONSÁVEL TÉCNICO

gov.br
Documento assinado digitalmente
VITOR SCARPINI DE JESUS PAIER
Data: 05/02/2026 14:13:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

VITOR SCARPINI DE JESUS PAIER
CREA ES-054380/D
ART nº 0820250218848

MEM-ITA_142_22_02-TOMO_4-PE-R1

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 334 / 354

Sumário

1. INTRODUÇÃO 3
2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA. 3
2.1 Dimensionamento 4
3. REDE DE RECALQUE E GRAVIDADE 9
3.1 Equipamentos de bombeamento 9
3.2 Interligação com a rede coletora 9
3.3 Interligação com a ETE 10
3.4 Tubulações 11
3.5 Poços de visita 12
3.6 Profundidades de assentamento 16
3.7 Materiais e especificações 17
4. CONCLUSÃO 20

Lista de Figuras

Figura 1 – Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema 6
Figura 2 - Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema 9

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Perda de carga da tubulação 5
Tabela 2 – Perda de carga localizada 6
Tabela 3 – Perda de carga da tubulação 8
Tabela 4 – Perda de carga localizada 8

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 335 / 354

1. INTRODUÇÃO

O presente Tomo IV do Memorial Descritivo do Projeto de Esgotamento Sanitário e Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu - ES apresenta os parâmetros técnicos de projeto e a concepção da rede de recalque e das estações elevatórias de esgoto (EEEs), componentes fundamentais do sistema de coleta e transporte de efluentes.

Este memorial descreve, com precisão técnica, todos os parâmetros de projeto, especificações de materiais, procedimentos de dimensionamento e critérios de conformidade normativa aplicáveis à rede de recalque e às estações elevatórias, constituindo-se em referência técnica para a execução e fiscalização das obras.

2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.

As Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs) constituem componentes fundamentais do sistema de coleta, responsáveis pelo bombeamento do efluente desde os pontos de coleta até a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). O projeto prevê a implantação de três estações elevatórias estrategicamente localizadas ao longo do município (Elevatória do Centro, Elevatória do Loteamento e Elevatória da ETE), dimensionadas para atender às vazões de projeto e às condições topográficas específicas de cada local.

O sistema é constituído pelas seguintes unidades:

- EEEB Centro: Localizada em uma região estratégica, no centro do município;
- EEEB Loteamento: Situado no loteamento existente;
- EEEB ETE: Posicionado no acesso à ETE, recebendo as vazões das EEEB Centro e EEEB Loteamento, conduzindo os efluentes para o pré-tratamento da ETE;
- EEEB Pulmão: Unidade de recirculação e equalização, instalada após o pré-tratamento, com a função de regular a vazão excedente de entrada no reator UASB.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 336 / 354

Com isso o fluxo principal de esgoto ocorre a partir do recebimento dos efluentes coletados da EEEB Centro e EEEB Loteamento, sendo assim destinado para a EEEB da ETE, posteriormente para o pré-tratamento da ETE. Após o pré-tratamento, o efluente é conduzido a uma caixa difusora de fluxo, que distribui a vazão de forma controlada para os reatores UASB. O excedente de vazão não direcionado aos UASBs é captado pela Elevatória Pulmão, que realiza a recirculação do efluente de volta para a caixa difusora de fluxo, permitindo assim uma equalização das vazões, e flexibilidade operacional frente as variações de vazão afluente.

Todas as EEEBs foram dimensionadas para as vazões de pico do horizonte de projeto, considerando a taxa de crescimento populacional e a evolução da ocupação urbana. As tubulações de interligação foram calculadas com base na vazão máxima, velocidade mínima de autolimpeza e perdas de carga localizadas e distribuídas. As bombas foram selecionadas segundo curvas características compatíveis com as alturas manométricas totais e as vazões específicas de cada sistema.

Para os fins de cálculos serão apresentados apenas da EEEB Centro e EEEB Loteamento, devido a finalidade do memorial.

2.1 Dimensionamento

A estação elevatória foi dimensionada através das vazões descritas na tabela 4 e com as perdas de carga descritas nas equações, abaixo:

$$j = \frac{6{,}815 \times v^{1{,}85}}{(C^{1{,}85} \times \emptyset^{1{,}167})} \qquad \textit{Equação 1}$$

- j, perda de carga unitária, em m/m;
- v, velocidade na tubulação, em m/s; e
- ⌀, diâmetro da tubulação, em m.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 337 / 354

$$hf = \frac{k \times v^2}{(2 \times g)}$$ *Equação 2*

- Hf, perda de carga localizada, em mca;
- V, velocidade na tubulação, em m/s; e
- K, coeficiente de perda de carga da singularidade.

Além da perda de carga do sistema ainda deve levar em consideração o desnível geométrico de recalque (Δh). Sendo:

$$Hrec = \Delta h + h(sis)$$ *Equação 3*

- Hrec, altura manométrica do sistema de recalque, em mca;
- Δh, desnível geométrico de recalque, m; e
- h(sis), perda de carga do sistema, definido pela soma dar perdas de carga localizada e da tubulação, em mca.

2.1.1. Estação Elevatória Centro (EEEB Centro)

A vazão de entrada na elevatória advém da contribuição de esgoto da área urbana do município, chegando a partir da rede existente com valor de 25,41 L/s. A partir disso, abaixo é apresentado os parâmetros utilizados para verificação da escolha da bomba da elevatória.

Tabela 1 – Perda de carga da tubulação

PERDAD E CARGA DA TUBULAÇÃO		
QT.bomb=	0.03050	m³/s
Φ(tub).bomb=	250	mm
L (tub).bomb=	1199.4	m
C=	135	-> tubo FoFo
vt.bomb=	0.62	m/s
Jt.bomb=	0.001632	m/m
h(tub).bomb=	1.96	mca

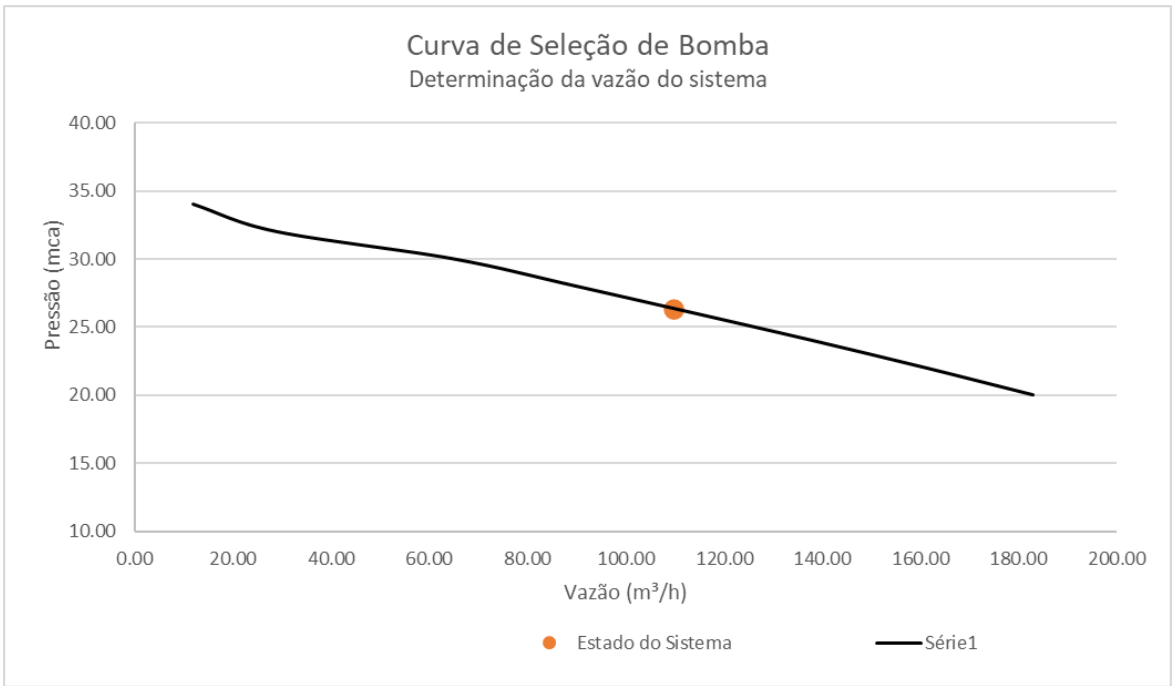
2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 338 / 354

Tabela 2 – Perda de carga localizada

PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS (hf)								
item	**ref.**	**Peças**	**Qtde**	**Φ.saae** [m]	**QT.saae** m³/s	**v.re** m/s	**K**	**$hf_{=K.V^2/2g}$** [mca]
1	10	ENTRADA C/BORDAS	1	0.1000	0.03050	3.88	1.00	**0.769**
2	1	AMPLGRADUAL	1	0.1000	0.03050	3.88	0.30	**0.231**
3	23	VALV.RETENCAO	1	0.2500	0.03050	0.62	2.50	**0.049**
4	6	CURVA 90* R.LONGO	1	0.2500	0.03050	0.62	0.60	**0.012**
5	21	VAV.BORBO.AB.	1	0.2500	0.03050	0.62	0.30	**0.006**
6	3	COTOVELO 45*	2	0.2500	0.03050	0.62	0.40	**0.016**
7	12	JUNCAO	1	0.2500	0.03050	0.62	0.40	**0.008**
8	6	CURVA 90* R.LONGO	3	0.2500	0.03050	0.62	0.60	**0.035**
9	7	CURVA 45* R.LONGO	1	0.2500	0.03050	0.62	0.30	**0.006**
10	8	CURVA 22.5* R.L.	8	0.2500	0.03050	0.62	0.15	**0.024**
11	7	CURVA 45* R.LONGO	1	0.2500	0.03050	0.62	0.30	**0.006**
12	15	SAIDA DA TUBULACAO	1	0.2500	0.03050	0.62	1.00	**0.020**
						h(loc).sis=		**1.180**

O desnível geométrico do projeto é de 23,23 m. Logo, a pressão requerida do sistema de recalque é de **26,37 mca**. O gráfico apresenta a relação entre a pressão (mca) e a vazão (m³/h) para atendimento do sistema.

Figura 1 – Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema



2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 339 / 354

Desta forma, a bomba adotada com vazão Qrec = 30,50 L/s, possui valor equivalente Qrec = 109,80 m³/h, atendendo o requerido pelo sistema. Com isso, a bomba escolhida para o projeto é do modelo: **Bomba Submersível Schneider HIPPO 4 NH2 de 20 cv**.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 340 / 354

2.1.2. Estação Elevatória Loteamento (EEEB Loteamento)

A vazão da elevatória se dá a partir das quantidades de lotes no loteamento existente, seguindo a linha do estudo populacional, com isso, obtemos um valor de 1,76 L/s. A partir disso, abaixo é apresentado os parâmetros utilizados para verificação da escolha da bomba da elevatória.

Tabela 3 – Perda de carga da tubulação

PERDA DE CARGA DA TUBULAÇÃO		
QT.bomb=	0.00208	m³/s
Φ(tub).bomb=	75	mm
L (tub).bomb=	1135.2	m
C=	135	-> tubo DEFoFo
vt.bomb=	0.47	m/s
Jt.bomb=	0.003980	m/m
h(tub).bomb=	4.52	mca

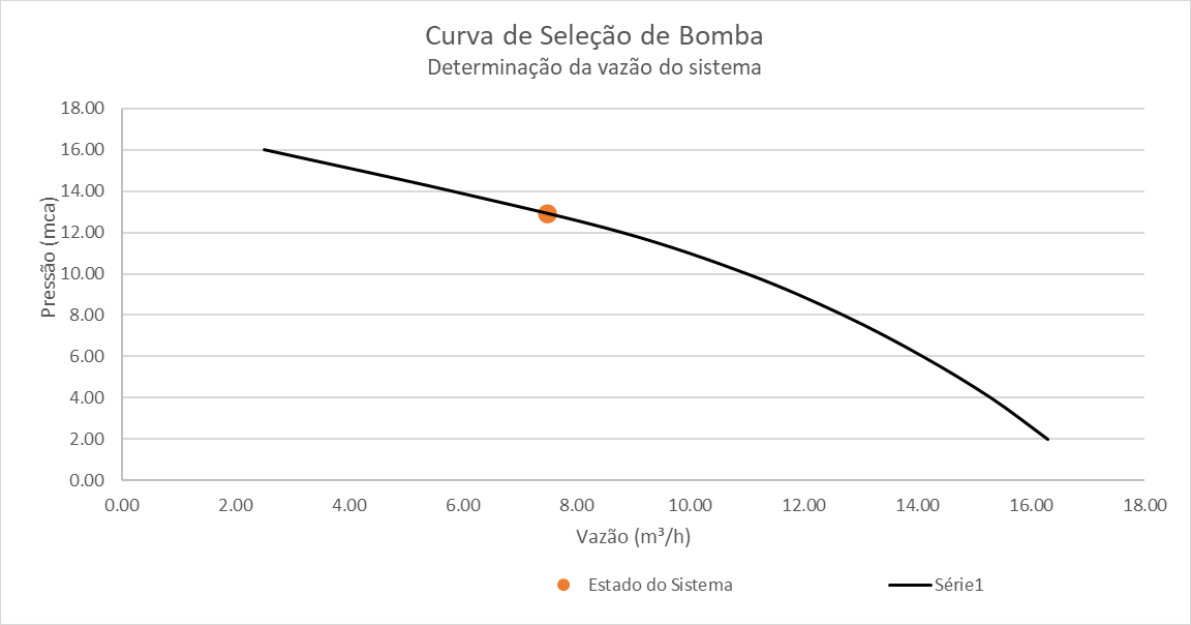
Tabela 4 – Perda de carga localizada

PERDAS DE CARGA LOCALIZADA (hf)								
item	**ref.**	**Peças**	**Qtde**	**Φ.saae** [m]	**QT.saae** m³/s	**v.re** m/s	**K**	**hf**$_{=K.V^2/2g}$ [mca]
1	10	ENTRADA C/BORDAS	1	0.0500	0.00208	1.06	1.00	**0.057**
2	1	AMPLGRADUAL	1	0.0500	0.00208	1.06	0.30	**0.017**
3	23	VALV.RETENCAO	1	0.0750	0.00208	0.47	2.50	**0.028**
4	6	CURVA 90* R.LONGO	2	0.0750	0.00208	0.47	0.60	**0.014**
5	21	VAV.BORBO.AB.	1	0.0750	0.00208	0.47	0.30	**0.003**
6	3	COTOVELO 45*	2	0.0750	0.00208	0.47	0.40	**0.009**
7	12	JUNCAO	1	0.0750	0.00208	0.47	0.40	**0.005**
8	6	CURVA 90* R.LONGO	3	0.0750	0.00208	0.47	0.60	**0.020**
9	7	CURVA 45* R.LONGO	2	0.0750	0.00208	0.47	0.30	**0.007**
10	8	CURVA 22.5* R.L.	7	0.0750	0.00208	0.47	0.15	**0.012**
11	15	SAIDA DA TUBULACAO	1	0.0750	0.00208	0.47	1.00	**0.011**
						h(loc).sis		**0.183**

O desnível geométrico do projeto é de 8,22 m. Logo, a pressão requerida do sistema de recalque é de **12,92 mca**. O gráfico apresenta a relação entre a pressão (mca) e a vazão (m³/h) para atendimento do sistema.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 341 / 354

Figura 2 - Curva de seleção da bomba - determinação da vazão do sistema



Desta forma, a bomba adotada com vazão Qrec = 2,08 L/s, possui valor equivalente Qrec = 7,49 m³/h, atendendo o requerido pelo sistema. Com isso, a bomba escolhida para o projeto é do modelo: **Bomba Submersível Schneider BRAVA DV10 1 cv**.

3. REDE DE RECALQUE E GRAVIDADE

3.1 Equipamentos de bombeamento

Cada estação será equipada com conjuntos motobombas centrífugas, dimensionados conforme as vazões de projeto e as alturas manométricas necessárias para o transporte do efluente. Os motores serão trifásicos, alimentados pela rede de distribuição de energia elétrica, com potências variáveis conforme a estação. Os conjuntos motobombas serão instalados em bases de concreto adequadamente dimensionadas, com sistemas de isolamento de vibração para minimizar ruídos e impactos estruturais.

3.2 Interligação com a rede coletora

O efluente coletado pela rede de coleta é conduzido até os poços de sucção das estações elevatórias através de tubulações existentes na rede.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 342 / 354

3.3 Interligação com a ETE

3.3.1. EEEB Centro

A EEEB Centro se localiza na rua Vitória Prederigo recebe esgoto desta mesma rua, recebe esgoto de toda a parte urbana do município, com as coordenadas N: 7809459 e E: 305817.

A vazão de entrada na EEEB Centro é de 25,41 L/s, ela é equipada com sistema de triturador, caixa de areia e bombas de 20CV, a rede de recalque possui comprimento de 1199,44m, a tubulação adotada foi de Ferro Fundido com diâmetro interno de 250mm, a cota de fundo da EEEB Centro é de 129,52m, o lançamento desta se faz no PV-01 projetado, na rua Protaze Magevski, com coordenadas N: 7810130 e E: 306285, possui cota de topo de 140,88m e fundo de 139,68m. Com isso o sistema dimensionado teve uma perda de carga total de 26,37 Mca e uma vazão de 30,50 L/s, onde a jusante do PV-01, foi projetada uma rede a gravidade, com tubos de PVC de 300mm de diâmetro interno, com comprimento de 205,31m, lançando no EEEB ETE, projetado para receber o esgoto da EEEB Centro e EEEB Loteamento.

3.3.2. EEEB Loteamento

A EEEB Loteamento se localiza as margens da ES-260, com as coordenadas N: 7810476 e E: 307394.

A vazão de entrada na EEEB Loteamento é de 1,76 L/s, ela é equipada com sistema de gradeamento e bombas de 1 CV, a rede de recalque possui comprimento de 1133,17m, a tubulação adotada foi de PVC com diâmetro interno de 50mm, a cota de fundo da EEEB é de 132,29m, o lançamento desta se faz na EEEB ETE. Com isso o sistema dimensionado teve uma perda de carga total de 12,90 Mca e uma vazão de 2,08 L/s.

3.3.3. EEEB ETE

A EEEB ETE tem função de receber a vazão proveniente das EEEB Centro e Loteamento e direcioná-las para o pré-tratamento, se localiza no acesso a ETE com as coordenadas N: 7810260 e E: 306437.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 343 / 354

A vazão de entrada na EEEB ETE é de 32,58 L/s, ela é equipada com sistema de bombas de 20 CV com duas bombas funcionando em conjunto e uma reserva, a rede de recalque possui comprimento de 100,63m, a tubulação adotada foi de PVC com diâmetro interno de 150mm, a cota de fundo da EEEB ETE é de 134,84m, o lançamento desta se faz no pré-tratamento. Com isso o sistema dimensionado teve uma perda de carga total de 32,95 Mca e uma vazão de 38,40 L/s.

3.3.4. EEEB PULMÃO

A EEEB Pulmão tem função de receber a vazão excedente da caixa divisora de fluxo, se localiza no pré-tratamento da ETE.

A vazão de entrada na EEEB Pulmão é de 10,14 L/s, ela é equipada com sistema de bombas de 2 CV, a rede de recalque possui comprimento de 9,90m, a tubulação adotada foi de PVC com diâmetro interno de 75mm, a cota de fundo da EEEB Pulmão é de 151,43m, o lançamento desta se faz na caixa divisora de fluxo. Com isso o sistema dimensionado teve uma perda de carga total de 9,12 Mca e uma vazão de 12,38 L/s.

3.4 Tubulações

No projeto, não há rede coletora de esgoto, temos a montante da EEEB ETE uma rede a gravidade que advêm da EEEB Centro e também no lançamento final do efluente tratado.

As tubulações da rede coletora são de PVC Ocre (policloreto de vinila na cor ocre), conforme especificações da ABNT NBR 10844, com diâmetros variáveis conforme a vazão de projeto em cada trecho. Os diâmetros utilizados variam de 200 mm (lançamento final) e 300 mm (rede da EEEB Centro), com espessuras de parede adequadas para resistir às pressões internas e externas. As tubulações de PVC Ocre apresentam excelente resistência química, durabilidade e facilidade de instalação, sendo amplamente utilizadas em sistemas de coleta de esgoto no Brasil.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 344 / 354

3.5 Poços de visita

Os poços de visita (PVs) são estruturas de concreto armado que constituem componentes essenciais da rede, permitindo o acesso à rede para inspeção, limpeza, manutenção e verificação de estanqueidade. Os PVs são projetados conforme as diretrizes da ABNT NBR 12208:2017 (Poços de visita, inspeção e limpeza para sistemas de coleta de esgoto sanitário), garantindo segurança, acessibilidade e funcionalidade.

Espaçamento e localização: Os PVs são espaçados em intervalos máximos de 30 metros ao longo da rede coletora, conforme especificações do projeto e norma ABNT NBR 12208. Além do espaçamento regular, PVs adicionais devem ser instalados em localizações estratégicas, tais como: em mudanças de direção da rede (curvas); em mudanças de declividade; em mudanças de diâmetro de tubulação; em junções de tubulações; em inícios de trechos de rede; em ligações de ramais prediais; em transições de profundidade. Esta distribuição estratégica garante que a rede possa ser adequadamente inspecionada, mantida e operada.

Dimensões e estrutura: Os PVs são construídos com anéis de concreto pré-moldado, com diâmetro interno variável conforme a profundidade de assentamento. O dimensionamento dos diâmetros segue a seguinte tabela:

- **Profundidades até 2,00 m:** Diâmetro interno de 60 cm
- **Profundidades entre 2,00 m e 3,00 m:** Diâmetro interno de 100 cm
- **Profundidades superiores a 3,00 m:** Diâmetro interno de 120 cm

Esta variação de diâmetros é necessária para garantir condições adequadas de segurança e acessibilidade para os operadores, especialmente em profundidades maiores onde é necessário maior espaço para manobra de equipamentos de limpeza e manutenção.

3.5.1. Componentes estruturais

Os PVs são compostos pelos seguintes elementos:

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 345 / 354

a) Anéis de concreto:

Os anéis são pré-moldados em concreto armado, com espessura de parede de 10 cm, conforme especificações da ABNT NBR 8890. Os anéis devem apresentar resistência mínima de fck 25 MPa, garantindo durabilidade e capacidade de suportar as cargas de solo e tráfego. Os anéis são empilhados verticalmente e conectados entre si através de juntas executadas com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), garantindo a estanqueidade e a integridade estrutural.

b) Laje de fundo:

A laje de fundo (base) do poço é executada em concreto armado, com espessura mínima de 15 cm, dimensionada para suportar as cargas permanentes (peso próprio dos anéis e equipamentos) e as cargas acidentais (pressão hidrostática do efluente). A laje deve possuir inclinação adequada (mínimo 1%) para facilitar a drenagem e evitar o acúmulo de água no fundo do poço.

c) Chaminé de acesso:

A chaminé de acesso é um anel de concreto de diâmetro interno de 60 cm, instalado no topo do poço, que reduz o diâmetro da abertura de acesso para um tamanho seguro e padronizado. A chaminé facilita a instalação e remoção do tampão e melhora a segurança dos operadores ao evitar quedas.

d) Tampão de ferro fundido:

O tampão de acesso é executado em ferro fundido, com diâmetro de 60 cm, articulado (dobradiça) para facilitar a abertura. O tampão deve possuir peso mínimo de 40 kg, garantindo que não seja facilmente removido por pessoas não autorizadas. O tampão deve ser dotado de furos de ventilação para permitir a circulação de ar e evitar o acúmulo de gases tóxicos no interior do poço.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 346 / 354

e) Escada de acesso:

Uma escada de ferro fundido ou aço galvanizado deve ser instalada no interior do poço, fixada nas paredes dos anéis, permitindo o acesso seguro ao interior da estrutura. A escada deve possuir degraus com espessura mínima de 12 mm e espaçamento entre degraus de 30 cm, conforme normas de segurança. A escada deve ser instalada a partir de 1,00 m do fundo do poço, evitando que os operadores pisem no fundo onde pode haver efluente.

3.5.2. Conexões de tubulações

As conexões das tubulações da rede coletora aos poços de visita são realizadas com peças especiais que garantem a estanqueidade e a continuidade do fluxo. As principais conexões são:

a) Conexões de entrada:

As tubulações afluentes (que chegam ao poço) são conectadas às paredes dos anéis através de peças de conexão especiais, geralmente executadas em concreto ou PVC. As conexões devem ser executadas de forma a evitar turbulências e quedas livres do efluente, que podem causar danos às estruturas e geração de gases.

b) Conexões de saída:

A tubulação efluente (que sai do poço) é conectada ao fundo do poço, permitindo que o efluente seja coletado e transportado para o trecho seguinte da rede. A conexão de saída deve ser executada de forma a permitir o acesso para limpeza e manutenção.

c) Conexões de ramais prediais:

Os ramais prediais (ligações de edificações) são conectados aos poços de visita ou às tubulações da rede coletora através de peças especiais (Selim 90° ou T de conexão), que permitem a conexão em ângulo reto sem comprometer a estanqueidade da rede.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 347 / 354

3.5.3. Impermeabilização

O interior dos poços de visita deve ser impermeabilizado com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), aplicada em todas as superfícies internas, incluindo o fundo, as paredes e as juntas entre anéis. A impermeabilização é essencial para evitar infiltrações de água do solo para o interior do poço, que poderiam aumentar a vazão de esgoto e comprometer o funcionamento do sistema.

3.5.4. Ventilação

Cada poço de visita deve possuir sistema adequado de ventilação para permitir a circulação de ar e evitar o acúmulo de gases tóxicos (principalmente gás sulfídrico e metano) no interior da estrutura. A ventilação pode ser realizada através de furos no tampão ou através de tubos de ventilação instalados no topo do poço.

3.5.5. Procedimentos de construção

Os poços de visita devem ser construídos seguindo os seguintes procedimentos:

1) Preparação da base:

Execução da laje de fundo em concreto armado, com dimensões adequadas para suportar os anéis e as cargas de solo.

2) Assentamento dos anéis:

Os anéis de concreto são assentados verticalmente sobre a laje de fundo, com juntas executadas com argamassa de cimento e areia, garantindo o alinhamento vertical e a estanqueidade.

3) Conexão de tubulações:

As tubulações da rede coletora são conectadas aos anéis conforme projeto, com peças especiais que garantem a estanqueidade.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 348 / 354

4) Instalação de escada:

A escada de acesso é instalada no interior do poço, fixada nas paredes dos anéis.

5) Impermeabilização:

O interior do poço é impermeabilizado com argamassa de cimento e areia.

6) Instalação de chaminé e tampão:

A chaminé de acesso é instalada no topo do poço, seguida pela instalação do tampão de ferro fundido.

7) Reaterro:

O poço é reaterrado conforme especificações de reaterro de valas.

3.5.6. Controle de qualidade

Durante a construção dos poços de visita, devem ser realizados os seguintes controles de qualidade: verificação da resistência do concreto através de ensaios de compressão; verificação do alinhamento vertical dos anéis; verificação da estanqueidade das juntas; verificação da impermeabilização; teste de estanqueidade do poço com água ou ar comprimido.

3.6 Profundidades de assentamento

As tubulações da rede são assentadas em profundidades variáveis conforme a topografia do terreno e a necessidade de coletar o efluente das edificações. As profundidades mínimas de assentamento são de 1,20 m em áreas urbanas, garantindo a proteção das tubulações contra cargas de tráfego e impactos. Em áreas onde a profundidade necessária é superior a 4,00 m, são utilizadas estruturas especiais como poços profundos ou sifões invertidos, para evitar custos excessivos de escavação.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 349 / 354

3.7 Materiais e especificações

As tubulações de PVC Ocre devem atender às especificações da ABNT NBR 10844, com certificação do INMETRO. Os anéis de concreto dos poços de visita devem atender às especificações da ABNT NBR 8890, com resistência adequada para suportar as cargas de solo e tráfego. As conexões, curvas e peças especiais devem ser de PVC Ocre, com encaixes adequados para garantir a estanqueidade. Todos os materiais devem ser novos, de primeira qualidade, e possuir documentação técnica disponível para consulta.

3.7.1. Metodologia executiva

A execução da rede coletora deve preceder a pavimentação das vias para evitar cortes e recomposições de piso. Os procedimentos executivos devem seguir rigorosamente as especificações do projeto e as normas técnicas aplicáveis, com especial atenção aos detalhes construtivos que garantem a qualidade e durabilidade do sistema.

3.7.1.1 Marcação e locação

Marcação dos eixos das valas e localização dos poços de visita conforme projeto, com levantamento topográfico de verificação. Esta etapa é fundamental para garantir que a rede seja executada exatamente conforme projetado, evitando desvios que possam comprometer o funcionamento do sistema. A marcação deve ser realizada por profissional qualificado, utilizando equipamentos de topografia adequados.

3.7.1.2 Escavação das valas

As valas deverão ser escavadas com largura suficiente para o trabalho de montagem e compactação lateral, respeitando as profundidades indicadas no projeto. A largura mínima recomendada é de 0,80 m acrescida do diâmetro da tubulação mais 0,30 m de cada lado para trabalho. Em terrenos com solos instáveis ou em profundidades superiores a 2,00 m, deverá ser realizado escoramento das paredes da vala para evitar desmoronamentos e

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 350 / 354

garantir a segurança dos trabalhadores. O escoramento deve ser dimensionado conforme as características geotécnicas do solo e as profundidades envolvidas.

3.7.1.3 Preparação do fundo

O fundo da vala deve ser regularizado com camada de areia ou material granular (berço) com espessura mínima de 10 cm para apoio uniforme da tubulação, evitando pontos de concentração de carga. O material do berço deve ser compactado levemente para garantir uma base estável e uniforme. Esta camada é essencial para distribuir adequadamente as cargas da tubulação e evitar deformações ou rupturas.

3.7.1.4 Assentamento da tubulação

A tubulação será assentada sobre o berço de areia, com cuidado para garantir o apoio uniforme em toda a extensão. As juntas deverão ser executadas conforme especificações do fabricante, garantindo a estanqueidade. Para tubulações de PVC Ocre, as juntas são do tipo encaixe com anel de borracha, que devem ser montadas com cuidado para evitar danos ao anel. O assentamento deve ser realizado de forma a garantir que a tubulação não sofra movimentações durante o reaterro.

3.7.1.5 Reaterro

O reaterro deve ser executado em camadas compactadas de 20 cm, com cuidado especial na zona envolvente do tubo para evitar sua deformação. Deve-se utilizar material selecionado (areia ou solo fino) na zona de envolvimento do tubo (até 30 cm acima da geratriz superior) e material comum nas camadas superiores, compactado até a cota de subleito da via. A compactação deve atingir 95% da densidade máxima obtida no ensaio Proctor Normal, verificada através de ensaios de densidade in situ. Na zona de envolvimento do tubo, a compactação deve ser realizada com cuidado, utilizando compactadores manuais ou de pequeno porte para evitar danos à tubulação.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 351 / 354

3.7.1.6 Construção dos poços de visita

Os poços de visita devem ser construídos com anéis pré-moldados de concreto armado, assentados sobre uma base de concreto ou sobre o fundo da vala preparado adequadamente. Os anéis devem ser empilhados conforme a profundidade necessária, com juntas executadas com argamassa de cimento e areia. A chaminé de acesso deve ser instalada no topo do poço, com tampão de ferro fundido articulado. O interior do poço deve ser impermeabilizado com argamassa de cimento e areia, para evitar infiltrações de água do solo.

3.7.1.7 Testes de estanqueidade

Antes do fechamento definitivo da vala, serão realizados testes de estanqueidade nos trechos concluídos para verificar a integridade da rede e a ausência de infiltrações. Os testes podem ser realizados com água (teste de pressão) ou com ar comprimido (teste de ar), conforme especificações da ABNT NBR 9649. O teste com água consiste em encher o trecho de tubulação com água e verificar se há vazamentos nas ligações. O teste com ar consiste em pressurizar o trecho com ar comprimido e verificar a queda de pressão ao longo do tempo. Ambos os testes devem apresentar resultados satisfatórios antes da liberação da rede para operação.

3.7.1.8 Recomposição dos pavimentos

Após a conclusão da execução da rede e dos testes de estanqueidade, os pavimentos afetados pela obra devem ser recompostos conforme critérios técnicos rigorosos, garantindo que a qualidade final seja igual ou superior à condição original. A recomposição deve incluir reaterro final, compactação do subleito, recomposição de base (se necessário) e recomposição do pavimento (que pode variar de acordo com a localização).

3.7.2. Operação e manutenção

A rede deverá ser operada conforme procedimentos definidos no manual de operação, com inspeção periódica dos poços de visita para verificar

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 352 / 354

o acúmulo de sólidos, limpeza das tubulações quando necessário (utilizando equipamentos de jateamento ou desobstrução), e manutenção preventiva das estruturas. A operação da rede será realizada por profissional qualificado, devidamente treinado no funcionamento e manutenção do sistema.

4. CONCLUSÃO

O Tomo IV apresenta a concepção técnica completa e detalhada da rede de recalque e das estações elevatórias de esgoto, desenvolvida em conformidade rigorosa com as normas técnicas brasileiras vigentes e as exigências de editais de licitação pública.

A execução de todas as obras deverá ser rigorosamente acompanhada por profissional habilitado (engenheiro civil com registro no CREA), responsável pela fiscalização do cumprimento das especificações deste memorial e dos desenhos de projeto. Testes de estanqueidade, verificação de alinhamento e declividade, e documentação de controle de qualidade são essenciais para assegurar a integridade do sistema e o cumprimento das exigências técnicas e normativas.

Este memorial, em conjunto com os desenhos de projeto executivo, constitui-se em base sólida e confiável para a execução de um empreendimento de qualidade, garantindo o desenvolvimento econômico e social da região através da melhoria da infraestrutura de saneamento básico e o adequado transporte de efluentes para tratamento na Estação de Tratamento de Esgoto da Sede de Itaguaçu - ES.

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 353 / 354

INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO
Documento capturado em 20/07/2026 13:28:50 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por KAROLINE SCHEREDEL PAGUNG (ENGENHEIRO CIVIL - SEMIDU - SEMIDU - PMITAG)
Valor Legal: CÓPIA SIMPLES | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: https://e-docs.es.gov.br/d/2026-30QJH6

2026-30QJH6 - E-DOCS - CÓPIA SIMPLES 20/07/2026 13:28 PÁGINA 354 / 354