

**Análise de alternativas de sistemas de esgotamento sanitário para
instituição de ensino e pesquisa em Rio Verde, Goiás**

Vanessa Petronília Alves

Mestre, IFGoiano, Brasil
vanessa_petronilia@hotmail.com

Edio Damásio da Silva Júnior

Doutor, IFGoiano, Brasil
edio.damasio@ifgoiano.edu.br

Devaney Ribeiro do Carmo

Doutor, UNESP, Brasil
devaney.carmo@unesp.br

Submissão: 01/07/2024

Aceite: 09/08/2024

ALVES, Vanessa Petronília; SILVA JÚNIOR, Edio Damásio da; CARMO, Devaney Ribeiro do. Análise de alternativas de sistemas de esgotamento sanitário para instituição de ensino e pesquisa em Rio Verde, Goiás. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 12, n. 87, 2024. DOI: [10.17271/23188472128720245267](https://doi.org/10.17271/23188472128720245267)

Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/5267

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Análise de alternativas de sistemas de esgotamento sanitário para instituição de ensino e pesquisa em Rio Verde, Goiás

RESUMO

Dentre os serviços do saneamento básico, a coleta e o tratamento do esgoto são importantes para a saúde. É de responsabilidade dos empreendimentos coletivos a implantação e manutenção do esgotamento sanitário no interior de sua propriedade. O IFGoiano campus Rio Verde teve pouca atualização no sistema de esgotamento sanitário no decorrer dos anos, e conta com uma rede antiga de cerâmica e de fossas rudimentares as quais contém rachaduras e degradações e, possivelmente estão contaminando o solo. Existem algumas alternativas possíveis para a atualização do sistema de esgotamento sanitário do campus. Uma delas é estabelecer uma rede coletora nova que será interligada na rede pública existente da cidade. Outra opção seria setorizar o esgoto em sistemas descentralizados com a aplicação conjunta de tanques sépticos e wetlands. Mediante a isso, este trabalho visa analisar a viabilidade econômica de cada alternativa proposta de adequação do sistema de esgotamento sanitário do campus, sendo que foi possível observar que a rede centralizada é um sistema com mais confiabilidade dos usuários, porém, mais oneroso, totalizando um custo de execução de R\$ 1.849.549,35. Já a rede descentralizada é um sistema ainda não tão popular, porém menos oneroso, totalizando um custo de execução de R\$ 1.382.480,23. Além desses valores a rede centralizada conta com uma estimativa de custo de operação e manutenção de R\$ 13.187.424,57 no decorrer de 20 anos, que torna a escolha por esta alternativa inviável, pois os custos de operação e manutenção da rede descentralizada são de R\$ 44.697,60.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico. Águas residuárias. Viabilidade econômica.

Analysis of alternative sewage systems for a teaching and research institution in Rio Verde, Goiás

ABSTRACT

Among basic sanitation services, sewage collection and treatment are important for health. It is the responsibility of collective enterprises to implement and maintain sewage systems within their property. The IFGoiano Rio Verde campus has had little updating of its sewage system over the years and has an old ceramic network and rudimentary pits which contain cracks and degradation and are possibly contaminating the soil. There are some possible alternatives for upgrading the campus sewage system. One of them is to establish a new collection network that will be interconnected to the city's existing public network. Another option would be to sector sewage into decentralized systems with the joint application of septic tanks and wetlands. Therefore, this work aims to analyze the economic viability of each proposed alternative for adapting the campus's sewage system, and it was possible to observe that the centralized network is a system with greater user reliability, however, more costly, totaling an execution cost of R\$ 1,849,549.35. The decentralized network is a system that is not yet as popular, but less expensive, totaling an execution cost of R\$ 1,382,480.23. In addition to these values, the centralized network has an estimated operating and maintenance cost of R\$ 13,187,424.57 over 20 years, which makes the choice for this alternative unfeasible, as the operating and maintenance costs of the decentralized network are of R\$ 44,697.60.

KEY-WORDS: Sanitation. Wastewater. Economic viability.

Análisis de alternativas de sistemas de alcantarillado sanitario para una institución de enseñanza e investigación en Rio Verde, Goiás

RESUMEN

Entre los servicios de saneamiento básico, la recolección y el tratamiento de aguas residuales son fundamentales para la salud. Es responsabilidad de las instituciones colectivas implementar y mantener el sistema de alcantarillado sanitario dentro de sus propiedades. El campus Rio Verde del IFGoiano ha tenido pocas actualizaciones en su sistema de alcantarillado sanitario a lo largo de los años y cuenta con una red antigua de cerámica y fosas rudimentarias, que presentan grietas y degradaciones y posiblemente están contaminando el suelo. Existen algunas alternativas viables para la modernización del sistema de alcantarillado del campus. Una de ellas es establecer una nueva red de recolección conectada al sistema público existente en la ciudad. Otra opción sería sectorizar las aguas residuales mediante sistemas descentralizados con la aplicación conjunta de tanques sépticos y humedales construidos (*wetlands*). Este estudio tiene como objetivo analizar la viabilidad económica de cada una de las alternativas propuestas para la adecuación del sistema de alcantarillado sanitario del campus. Se observó que la red centralizada es un sistema más confiable para los usuarios, pero más costoso, con un costo de ejecución de R\$ 1.849.549,35. Por otro lado, la red descentralizada es un sistema menos popular pero más económico, con un costo de ejecución de R\$ 1.382.480,23. Además, la red centralizada tiene un costo estimado de operación y mantenimiento de R\$ 13.187.424,57.

13.187.424,57 durante 20 años, lo que hace que esta alternativa sea inviable, ya que los costos de operación y mantenimiento de la red descentralizada ascienden a solo R\$ 44.697,60.

PALABRAS CLAVE: Saneamiento básico. Aguas residuales. Viabilidad económica.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico visa dar assistência em relação ao abastecimento de água, à coleta e tratamento de esgoto, à destinação dos resíduos sólidos e à drenagem das águas pluviais. Objetivando a melhora do saneamento no Brasil, foi instituído o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que definiu a universalização ao acesso de serviços de saneamento básico como um direito social que deve ser atingido até 2030 (BRK, 2019).

Dentre as obrigatoriedades do saneamento básico, a coleta e o tratamento do esgoto também são importantes para a saúde dos seres humanos, pois quando o esgoto não é coletado e é descartado de forma incorreta pode causar a proliferação de doenças e prejudicar a meio ambiente.

A demanda de alunos para o campus de Rio Verde do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), bem como a geração de esgoto, aumentou no decorrer dos anos, porém, houve pouca atualização no sistema de esgotamento sanitário do campus.

Para conseguir resolver a questão do esgoto do campus existem algumas alternativas possíveis para a atualização do sistema de esgotamento sanitário (SES). Uma delas é estabelecer uma rede coletora nova interligada na rede pública existente da cidade. Uma segunda opção seria setorizar o esgoto em sistemas descentralizados com a aplicação de tanques sépticos combinados com wetlands, os quais seriam dispostos em locais estrategicamente selecionados.

Mediante a isso, este trabalho visa propor sugestões de adequação do sistema de esgotamento sanitário do campus de Rio Verde do IFGoiano para atender ao pessoal que frequenta o campus, promovendo conhecimento que futuramente possa auxiliar a gestão da instituição na implantação de adequado sistema de gestão sanitária.

2. OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar alternativas de sistemas de esgotamento sanitário para o Campus Rio Verde do Instituto Federal Goiano e indicar as melhores opções econômicas e técnicas para os gestores da instituição.

3. METODOLOGIA

Para realizar a pesquisa foi necessário seguir as seguintes etapas: definição da área de estudo com o levantamento da atual estrutura de esgotamento sanitário do campus; coleta dos dados existentes do objeto de estudo com o levantamento planialtimétrico da área e o quantitativo populacional atendido no projeto; sugestão das alternativas de gestão do esgoto do campus, sendo alternativa I a rede de esgotamento sanitário centralizada (conectada à rede pública) e a alternativa II o sistema de esgotamento sanitário descentralizado individual (cada edificação possui rede coletora e tratamento próprio); análise comparativa das alternativas de

gestão do esgoto do campus com a realização da comparação técnica das soluções sugeridas; avaliação das soluções levando em consideração os aspectos econômicos.

3.1 Área de estudo

O IFGoiano campus Rio Verde - GO está localizado no sudoeste do estado de Goiás localizado na fazenda São Tomaz, rodovia Sul Goiana, km 01, zona rural, e possui 206,06 hectares, equivalentes a 2.060.600 m². Contém em seu repertório cursos técnicos, superiores e de pós-graduação. O Campus ainda desenvolve diversas atividades na área de ensino, pesquisa e extensão. Possui cerca de 4.419 estudantes, 128 docentes e 105 técnicos administrativos (BRASIL, 2017b).

O Instituto vem ampliando sua infraestrutura com mais de 31 mil m² em novas obras (BRASIL, 2017c). Dessas novas obras algumas foram sendo implantadas de forma independente do restante do campus já existente, fazendo com que o esgoto sanitário permanecesse sem tratamento e, outras foram construídas utilizando a rede existente.

A rede de esgotamento sanitário existente do IFGoiano campus Rio Verde se trata de uma rede antiga de cerâmica e fossas rudimentares que, além de não atender à demanda atual, contém rachaduras e degradações que possivelmente estão contaminando o solo, sendo que a água de abastecimento do campus advém do subsolo. São gerados no campus águas residuárias de sanitários, laboratórios e lavatórios de máquinas e equipamentos. Além disso, o campus possuía uma Estação de Tratamento de Esgoto, porém, atualmente está desativada.

O IFGoiano – Rio Verde é limítrofe com o bairro Gameleira, dentre outros bairros adjacentes que são providos de rede pública de esgotamento sanitário operada pela BRK Ambiental, porém não é atendido por esta rede de esgoto.

3.2 Coleta de dados do objeto de estudo

Para a realização da coleta de dados do objeto de estudo foi utilizado um levantamento planialtimétrico realizado pela empresa ASPLAN, que possibilitou a visualização das curvas de nível e da localização dos edifícios existentes no instituto.

Para o cálculo das vazões foram realizadas visitas *in loco* aos edifícios construídos a fim de analisar como estava a real destinação do esgoto de cada edifício, assim como saber quantos pontos de evasão de efluentes são existentes na atualidade e quantas pessoas frequentam cada edificação. Para auxiliar no levantamento foi elaborada uma planilha de coleta de dados contendo o nome da edificação, o tipo de utilização da edificação, a área, a existência de rede de esgotamento, a quantidade de banheiros e o número de pessoas.

Para o cálculo populacional foi fixado que o alcance do plano seria de vinte anos e o ano de início de operação do sistema seria 2026. Para a estimativa populacional dos trechos dos coletores, foi somado o quantitativo de pessoas de acordo com os edifícios atendidos em cada trecho da rede. Foi utilizado o cálculo da projeção populacional com os dados coletados. Foi escolhida a técnica de cálculo da projeção aritmética, que de acordo com Tsutiya (2006) tem

como pressuposto uma taxa de crescimento constante para os anos que seguem a partir de dados conhecidos.

Os anos utilizados foram da criação do campus, em 1967, com uma população equivalente de 0, o ano de 2023 utilizado para a realização do levantamento, com a população equivalente conforme levantamento e, o ano de 2046 como sendo o ano final da população estimada.

3.3 Alternativas de gestão de esgoto

3.3.1 Alternativa I – sistema centralizado de esgotamento sanitário

Alternativa I trata de uma rede coletora centralizada que atenda o máximo possível de edificações do campus, visando a interligação com a rede pública. Foi utilizado o critério topográfico para a escolha das edificações que seriam conectadas na rede centralizada de maneira que as edificações mais distantes não foram incluídas, visando economia maior. Para a Alternativa I, foi considerado que a prestadora de serviço que faz a gestão do esgotamento sanitário em Rio Verde é a empresa BRK Ambiental. Foram utilizadas as normas pertinentes da própria empresa e dos órgãos gestores. Nos cálculos foram considerados as vazões de cada trecho e o levantamento planialtimétrico para dimensionar a rede.

A partir dos dados coletados foi elaborado um traçado da rede de esgotamento sanitário nos softwares AUTO CAD 2020 e Google Earth, seguindo a NBR 9649 / 1986. Levando em consideração que a prestadora de serviço coletará o esgoto em uma única ligação (AMAE, 2021), foi considerado no projeto que a interligação da rede de esgoto interna com a rede de esgoto pública se dará no ponto mais baixo do terreno, conforme curvas de níveis analisada, sendo este ponto final a cota de 487,55 m.

As vazões de projeto de cada trecho e bloco da rede foram calculadas utilizando uma planilha respectiva para cada alternativa. Para cálculo da vazão foi utilizada a fórmula da vazão doméstica final de acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011).

Para a contribuição de esgoto foi utilizada a geração per capita de 50 L/hab.d de acordo com a NBR 7229 no item que trata sobre ocupantes temporários em escolas (ABNT, 1993). Já para os outros coeficientes, de acordo com a NBR 9649, inexistindo dados locais comprovados oriundos de pesquisas, são adotados os seguintes valores (ABNT, 1986):

- Coeficiente de retorno igual a 0,8;
- Coeficiente de máxima vazão diária igual a 1,2;
- Coeficiente de máxima vazão horária igual a 1,5;
- Taxa de contribuição de infiltração entre 0,05 e 1,0 (L/s*km). Devido à falta de dados, para o traçado da rede foi utilizada a taxa de 0,5 L/s*km.

Foi feito o dimensionamento da rede de esgotamento sanitário utilizando as vazões calculadas, conforme a NBR 8160 (ABNT,1999), que possui como fórmula principal a equação do diâmetro.

3.3.2 Alternativa II – sistema descentralizado de esgotamento sanitário

A Alternativa II consiste em um sistema de esgotamento sanitário descentralizado individual, onde cada edificação possui uma rede coletora e um tratamento próprio, sendo considerado para o caso os tanques sépticos como tratamento primário e os *wetlands* construídos como tratamento secundário. Nesse sistema seria possível um reuso para os dejetos dos efluentes sanitários tratados dentro do próprio campus, dando ênfase na sustentabilidade e economicidade. Para o cálculo foram considerados os volumes dos tanques sépticos e dos *wetlands* construídos.

Foi feito o posicionamento dos possíveis tanques sépticos e *wetlands* construídos em um traçado de rede. Para o cálculo do tanque séptico foi utilizada a NBR 7229 (ABNT, 1993), já para o cálculo da *wetlands* foi utilizada a Equação 5, conforme Tabela 1.

Tabela 01 – Fórmulas utilizadas no dimensionamento da rede de esgotamento sanitário centralizada.

Fórmula da equação	Numeração da Equação
$V = 1000 + N \cdot (C \cdot T + K \cdot L_f)$	(4)
$V = Q \cdot (C_a - C_e) / (Kt \cdot C_e)$	(5)

Fonte: ABNT (1993), Kadlec e Wallace (2005).

Sendo que:

V = volume útil do tanque séptico (L);

N = número de pessoas;

C = geração de esgoto per capita (L/hab.dia); 50 L/hab.d;

T = período de detenção hidráulica; 1 dia;

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalentes ao tempo de acumulação de lodo fresco; 57 dias, referente ao intervalo entre limpezas de 1 ano com temperatura ambiente maior que 20°C;

L_f = contribuição de lodo fresco (L/hab.dia); 0,20 L/hab.d;

C_a = concentração de entrada em termos de DBO (mgDBO/dia); 300 mg/L;

C_e = concentração de saída em termos de DBO (mgDBO/dia); 60 mg/L;

Q = vazão (m³/dia);

Kt = (dia⁻¹) coeficiente de degradação da matéria orgânica = 1,03 . 1,06^(t-20), sendo t a temperatura média do mês mais frio, considerando que esta temperatura para a cidade de Rio Verde no Estado de Goiás é de aproximadamente 21,1°C no mês de junho (CLIMATE, 2023).

3.4 Análise comparativa das alternativas

3.4.1 Análise econômica

Foi realizada uma avaliação das alternativas levando em consideração os aspectos econômicos. Para essa avaliação foram elaborados dois orçamentos, um para cada alternativa sugerida. Os orçamentos foram baseados na tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de

Custos e Índices da Construção Civil). No orçamento foi considerado todo valor de mão-de-obra e material necessários para a correta execução do projeto na parte interna do Campus, visto que de acordo com AMAE (2021), as redes internas de unidades habitacionais similares a condomínios, serão instaladas exclusivamente por conta dos respectivos responsáveis pelo empreendimento.

Foi inserido um orçamento de operação e manutenção para todas as alternativas, levando em conta um período de 20 anos. Também foi considerado os valores cobrados pela prestadora de serviço para cadastro e ligação do esgoto do estabelecimento na rede pública. Neste período estão inclusos também as tarifas que são cobrados pela prestadora de serviço pelo volume de esgoto despejado na rede pública. De acordo com a AMAE (2021), o valor da tarifa de volume de esgoto é calculado conforme o consumo de água realizado pelo empreendimento, porém, caso o usuário tenha uma fonte alternativa de abastecimento de água, a prestadora de serviço poderá instalar um hidrômetro nesta fonte alternativa para fins de medição do consumo de água. Para realização do cálculo das tarifas que seriam cobradas pela prestadora de serviço, foi utilizada a “Tabela de preços e prazos de serviços” aprovada pelo AMAE/RIO VERDE.

3.4.2 Análise técnica

Foi realizada uma avaliação técnica das alternativas considerando os aspectos construtivos, manutenção e operação. Foi comparado o nível de dificuldade de implantação de cada alternativa. Também foram avaliadas a aceitabilidade da população atendida, assim como a segurança sanitária e geração de odores. Foi analisado se será necessária alguma intervenção especial nas alternativas. Todas essas características foram analisadas e comparadas de forma discursiva nos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Alternativa I – sistema centralizado de esgotamento sanitário

Para a Alternativa I foi realizado um traçado de rede no Google Earth. Nesse traçado foram posicionados 56 Poços de Visita (PV) e os trechos dos coletores. Foram utilizados os softwares do Google Earth e do Auto Cad para ser possível a verificação das distâncias dos trechos, sendo que o somatório dessas distâncias foi de 3.144,09 m. Foram separados os quantitativos de pessoas atendidas em cada trecho e inseridas no somatório de trechos na planilha de cálculo. Com esses dados foi possível dimensionar o diâmetro dos coletores, sendo adotado um diâmetro comercial de 100 mm para todos os trechos, devido ao diâmetro de cálculo desses trechos terem chegado a um resultado menor do que o diâmetro comercial mínimo de 100 mm.

4.1.1 Análise econômica

Orçamento executivo

Nos serviços preliminares foram consideradas composições próprias para os valores de mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoal, além da instalação do canteiro de obras e pessoal administrativo (DNER, 1997). De acordo com o TCU (2013), os gastos com administração local, canteiro de obra, mobilização/desmobilização devem ser discriminados na planilha orçamentária como custos diretos da obra.

No item de mobilização de equipamentos e pessoas foi considerado 5 dias com 8 horas trabalhadas por dia para mobilizar até o canteiro de obras uma escavadeira hidráulica e um caminhão basculante a um valor de R\$ 402,44 por hora, sendo o mesmo considerado para a desmobilização.

De acordo com a ABNT (2023), o canteiro tem por finalidade dar apoio aos serviços a serem executados, devendo ter a capacidade de alojar a equipe responsável pela prestação dos serviços, armazenar o material a ser utilizado e conter escritórios para a equipe de obra, sendo que para esse item foi considerado a instalação de um escritório, de um almoxarifado, de um refeitório, de um sanitário com vestiário e de um reservatório de água para atendimento à norma regulamentadora NR 24 (BRASIL, 2022b). As áreas úteis de cada local do canteiro de obras foram calculadas levando em consideração o disposto na NBR 12.284 (1991), sendo sua composição a seguinte:

- 27 m² de Escritório em chapa de madeira compensada a R\$ 1.122,49 por m²;
- 18 m² de Almoxarifado em chapa de madeira compensada a R\$ 887,80 por m²;
- 40 m² de refeitório em chapa de madeira compensada a R\$ 573,91 por m²;
- 20 m² de sanitário e vestiário em chapa de madeira a R\$ 973,41 por m²;
- 1 reservatório elevado de água em suporte de madeira a R\$ 6327,52 a unidade.

Para o item de administração foi levado em consideração 40 horas trabalhadas por semana, 4 semanas por mês, durante um período de 12 meses com os seguintes colaboradores com seus respectivos salários de acordo com SINAPI (2023):

- Instalador de tubulações (R\$ 3.095,63/mês);
- Assentador de manilhas (R\$ 2.807,56/mês);
- Técnico em segurança do trabalho (R\$ 27,62/hora);
- Topógrafo (R\$ 3.698,18/mês);
- Mestre de obras (R\$ 6.954,46/mês);
- Engenheiro civil (R\$ 18.216,41/mês);
- Almoxarife (R\$ 3.708,72/mês).

Os resultados gerais desta etapa podem ser conferidos na Tabela 2.

Para a rede coletora foram considerados os serviços de escavação, transporte de carga, escoramento de vala, preparo de fundo de vala, assentamento de tubo, reaterro e instalação dos poços de visita. Para valas com profundidade superior a 1,25 m, é recomendado a utilização de escavação mecanizada. Para o cálculo da escavação mecanizada foi considerado o somatório do comprimento dos trechos, resultando em um total de 3.144,09 m. Como a composição no SINAPI está em m³, foi considerada uma largura de vala de 0,80 m e uma

profundidade de 1,50 m, para atender aos requisitos da norma regulamentadora 18 (BRASIL, 2022a) e da NBR 17015 (ABNT, 2023), resultando em um total de 3.772,90 m³. Esse cálculo também foi utilizado para o item de transporte de solos e para o reaterro conforme é possível verificar na Tabela 3.

Tabela 02 – Orçamento dos serviços preliminares da rede de esgotamento sanitário centralizada.

Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor total
Mobilização	40	H	R\$ 402,44	R\$ 16.097,60
Desmobilização	40	H	R\$ 402,44	R\$ 16.097,60
Canteiro de obras	1	un	R\$ 95.039,75	R\$ 95.039,75
Administração	12	meses	R\$ 42.900,16	R\$514.801,92
TOTAL				R\$ 642.036,87

Fonte: Autora (2024).

Tabela 03 – Orçamento dos serviços de instalação da rede coletora de esgotamento sanitário centralizada.

Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor total
Escavação mecanizada de vala	3772,90	m ³	R\$ 10,67	R\$ 40.256,86
Carga, manobra e descarga de solos	3772,90	m ³	R\$ 9,26	R\$ 34.937,07
Escoramento de valas	9432,26	m ²	R\$ 22,65	R\$ 213.640,96
Preparo de fundo de vala	251,53	m ³	R\$ 277,35	R\$ 69.760,96
Tubo PVC	3144,09	m	R\$ 17,42	R\$ 54.769,96
Reaterro mecanizado	3772,90	m ³	R\$ 23,00	R\$ 86.776,75
Base para poço de visita circular	57	un	R\$ 2621,31	R\$ 149.414,67
Fornecimento e assentamento de tampão	57	un	R\$ 629,09	R\$ 35.858,13
TOTAL				R\$ 685.414,98

Fonte: Autora (2024).

De acordo com a NR 18 (BRASIL, 2022a), deve ser realizado o escoramento de valas para escavações com profundidade superior a 1,25 m. O item de escoramento de valas é dado em m² no SINAPI, sendo utilizado o comprimento de 3.144,09 m multiplicados pela profundidade de 1,50, e tendo seu valor dobrado, pois o escoramento se faz em ambos os lados da vala.

Para cálculo do preparo de fundo de vala foi considerado o mesmo comprimento de 3.144,09 m multiplicado pela largura de 0,80 m e, também pela altura do leito de areia de 0,10 m. Para o cálculo do quantitativo de tubo de PVC foi considerado o valor do somatório do comprimento dos trechos de 3.144,09 m.

Para o cálculo dos poços de visita foi considerada a quantidade de 57 unidades utilizadas no traçado da rede com dimensões pré-definidas de acordo com o SINAPI, utilizando uma estimativa a partir das vazões de projeto calculadas. Na composição do item de poço de visita não incluía a instalação dos tampões, por isso o quantitativo de tampões foi colocado em um item separado, sendo que para esse cálculo foram consideradas as mesmas 57 unidades utilizadas no traçado da rede.

Para as recomposições foram consideradas recomposição de pavimentação asfáltica, de grama e de meio fio de acordo com as escavações conforme traçado da rede centralizada de

esgotamento sanitário conforme Tabela 4. Para a pavimentação asfáltica foi considerada o somatório do quantitativo de área de pavimentação que terá que ser demolida nos trechos que tiveram que transpassar as vias, sendo um total de 660 m multiplicados pela largura de 0,80 m de escavação. Para a recomposição de grama foi calculado o somatório dos trechos que foram escavados em locais onde havia a vegetação de grama, sendo um total de 2.484,09 m multiplicados pela largura de 0,80 m de escavação. Já para o meio fio foi considerado o somatório do quantitativo do comprimento de meio fio que terá que ser demolido nos trechos que se fizeram necessário a intervenção, sendo um total de 37 m.

Tabela 04 – Orçamento dos serviços de recomposições da rede coletora de esgotamento sanitário centralizada.

Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor total
Recomposição asfáltica	52,80	m ²	R\$ 1897,02	R\$ 100.162,66
Recomposição de grama	1987,27	m ²	R\$ 17,04	R\$ 33.863,11
Recomposição de meio fio	37,00	m	R\$ 35,42	R\$ 1310,54
TOTAL				R\$ 135.336,31

Fonte: Autora (2024).

O acórdão 2622 de 2013 do TCU é o único documento que traz um consenso sobre o BDI para obras públicas, nesta pesquisa foi utilizado os percentuais deste acórdão, sendo que para finalizar o cálculo do orçamento executivo foi utilizado um BDI de 26,44%, referente ao terceiro quartil dos valores referenciais para orçamentos públicos na construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas (TCU, 2013). Resultando em um BDI de R\$ 386.761,19. Totalizando o orçamento final em um valor de R\$ 1.849.549,35, como é possível observar na Tabela 05.

Orçamento de manutenção e operação

Para ser possível a execução da rede de esgotamento sanitário centralizado, é necessário que se faça as devidas etapas no setor de cadastro da prestadora de serviço. Essas etapas possuem taxas que foram considerados nesta pesquisa a partir da tabela de preços e prazos vigente para o município de Rio Verde – GO. Foram consideradas nas taxas de operação os custos para implementação da rede coletora conforme é possível visualizar na Tabela 05.

Tabela 05 – Valores das taxas de operação da rede de esgotamento sanitário centralizada.

Descrição	Valor total
Estudo de viabilidade de ligação de esgoto (AVTO)	R\$ 1.428,81
Análise de projeto de sistemas de esgotos sanitários de rede coletora de esgoto	R\$ 1.194,99
Vistoria em empreendimentos	R\$ 550,37
Vistoria técnica ambiental	R\$ 1.073,68
Parecer técnico ambiental	R\$ 628,01
Atestado técnico para obra ou projeto emitido	R\$ 83,11
TOTAL	R\$ 4.958,97

Fonte: Autora (2024).

Faz-se necessário observar que nos valores da Tabela 05 não estão incluídas as taxas caso haja modificações solicitadas no projeto entregue nem as taxas tarifárias provenientes da geração de esgoto, sendo estas consideradas na Tabela 06, pois no presente trabalho estas taxas foram estimadas como taxas de manutenção por um período de 20 anos.

Tabela 06 – Valores das taxas de manutenção da rede de esgotamento sanitária centralizada.

Descrição	Tarifa	Geração de esgoto mensal	Período	Valor total
Coleta e afastamento e tratamento de esgoto para categoria de edificações públicas	R\$ 11,06/m ³	4966,27 m ³	240 meses	R\$ 13.182.465,60

Fonte: Autora (2024).

Para estimar o consumo de esgoto gerado na Tabela 06, multiplicou-se a vazão pela quantidade de segundos do mês, no caso estima-se 2.592.000 segundos por mês multiplicados pela vazão resultante no último PV do traçado da rede coletora de esgoto sanitário centralizada de 1,916 L/s, perfazendo um total de 4.966.272 litros de esgoto, equivalentes a 4.966,27 m³. Logo, levando em consideração o período de projeto de 20 anos, o valor de custo de implantação do sistema de esgotamento sanitário do tipo centralizado ficou estimado em R\$ 15.036.973,92.

4.1.2 Análise técnica

A topografia do terreno possui declínio favorável com a direção da deposição final, além de que foi escolhido um traçado que fizesse menos intervenções nos locais de circulação dos usuários do instituto, fazendo com que se incomodem menos com os transtornos gerados no decorrer da implantação. A aceitação social dos usuários do sistema é elevada por ser considerada uma alternativa consolidada para a coleta, transporte e tratamento eficaz de esgotos. Como esse tipo de obra é realizada juntamente com o funcionamento do campus, deve-se ter uma atenção maior para todos os requisitos de segurança, para que os frequentadores do campus não venham a se submeter a acidentes. Nesta alternativa não foi observada a necessidade de alguma intervenção especial.

Uma desvantagem desta alternativa é o tempo de execução, que para o pleno funcionamento do sistema leva cerca de um ano até a finalização da obra. Outra desvantagem é também o tempo de resposta da prestadora de serviço para a aprovação do sistema, visto que ela deverá avaliar o projeto e incluir ou não melhorias necessárias. Uma terceira desvantagem seria que para a execução total do serviço deverá ser seguido todo trâmite burocrático, pois o processo licitatório deverá ser de forma total.

Uma vantagem desse sistema é a possibilidade de inserir algum prédio não atendido ou alguma edificação futura que poderá ser ligada à rede posteriormente, visto que o dimensionamento levou em conta uma folga em relação ao diâmetro dos coletores. Outra vantagem é em relação ao atestamento da prestadora de serviço em relação ao projeto e

execução da rede coletora de esgotamento sanitário, fazendo com que haja uma segurança sanitária maior, além de que a geração de odores dessa alternativa é mínima.

4.2 Alternativa II – sistema descentralizado de esgotamento sanitário

Para a Alternativa II foi realizado um traçado de rede no Google Earth. Nesse traçado foram posicionados 32 UD (unidades descentralizadas) e 21 PVs. Nesta alternativa também foram utilizados os softwares do Google Earth e do AutoCad para ser possível a verificação das distâncias dos trechos, sendo que o somatório dessas distâncias foi de 749 m. Foram separados os quantitativos de pessoas atendidas em cada UD e inseridas no somatório de trechos na planilha de cálculo. Com esses dados foi possível dimensionar o diâmetro dos coletores, sendo adotado um diâmetro comercial de 100 mm para todos os trechos, devido ao diâmetro de cálculo desses trechos terem chegado a um resultado menor do que o diâmetro comercial mínimo de 100 mm, assim como também foi possível calcular os volumes dos tanques sépticos e das wetlands.

4.2.1 Análise econômica

Orçamento executivo

Nos serviços preliminares foram consideradas os valores de mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoal, além da instalação do canteiro de obras e pessoal administrativo exatamente iguais aos valores da Alternativa I por ser referente a mesma área do campus a ser atendida. Sendo esse valor o total de R\$ 642.036,87.

Como o sistema de tanques sépticos trata-se também de uma escavação, foram considerados os mesmos procedimentos iniciais de obra do sistema centralizado que são os serviços de escavação, transporte de carga, escoramento de vala, preparo de fundo de vala, assentamento de tubo, reaterro e instalação dos poços de visita. Já para a utilização específica deste sistema que se torna de forma diferente do sistema centralizado foi considerado o fornecimento e instalação de tanque séptico e caixas d'água, além de fornecimento de brita 1 e plantio de árvore ornamental.

Para o cálculo da escavação mecanizada foi considerado o somatório do comprimento dos trechos, resultando em um total de 749 m multiplicados pela largura de vala de 0,80 m e uma profundidade de 1,50 m, somados ao volume de 297,537 m³, referente ao volume de escavação das *wetlands* e também ao volume de 63,224 m³ referente ao volume de escavação dos tanques sépticos, resultando em um total de 1.259,56 m³. Esse cálculo também foi utilizado para o item de transporte de solos, conforme Tabela 07.

Tabela 07 – Orçamento dos serviços de instalação da rede coletora de esgotamento sanitário descentralizada.

Descrição	Quant.	Un	Valor Unitário	Valor total
Escavação mecanizada de vala	1.259,56	m ³	R\$ 10,67	R\$ 13.439,51
Carga, manobra e descarga de solos	1.259,56	m ³	R\$ 9,26	R\$ 11.663,53
Escoramento de valas	2.308,71	m ²	R\$ 22,65	R\$ 52.292,35
Preparo de fundo de vala	59,92	m ³	R\$ 277,35	R\$ 16.618,81
Tubo PVC	749,00	m	R\$ 17,42	R\$ 13.047,58
Reaterro mecanizado	898,80	m ³	R\$ 23,00	R\$ 20.672,40
Base para poço de visita circular	21	un	R\$ 2621,31	R\$ 55.047,51
Fornecimento e assentamento de tampão	21	un	R\$ 629,09	R\$ 13.210,51
Fornecimento e instalação de tanque séptico	56	un	R\$ 1500,00	84.000,00
Fornecimento e instalação de caixa d'água 500L	16	un	R\$ 225,00	3600,00
Fornecimento e instalação de caixa d'água 500L	11	un	R\$ 354,00	3894,00
Fornecimento e instalação de caixa d'água 500L	143	un	R\$ 969,00	138567,00
Plantio de vegetação	128	un	R\$ 60,18	7703,04
Brita 1	37,19	m ³	R\$ 198,55	7384,49
TOTAL				R\$ 441.141,11

Fonte: Autora (2024).

Já o item de escoramento de valas foi utilizado o comprimento de 749 m multiplicados pela profundidade de 1,50 m, e tendo seu valor dobrado, somados pela área de escoramento dos *wetlands*, perfazendo um total de 2.308,71 m². Para o item de preparo de fundo de vala foi considerado o mesmo comprimento multiplicado pela largura de 0,80 m e também pela altura do leito de areia de 0,10 m.

Para o cálculo do tubo de PVC foi considerado o valor do comprimento dos trechos de 749 m. Já para o reaterro foi considerado o somatório do comprimento dos trechos multiplicados pela altura de 1,50 m e pela largura de 0,80 m, totalizando 898,820 m³. Para os poços de visita e os tampões, foi considerada a quantidade de poço de visita que será um total de 21 unidades.

Foi considerado os valores comerciais da marca Fortlev por ser uma marca consolidada e por já conter na sua linha de produtos os itens que compõe um módulo de tratamento de esgoto, sendo que para isso foi dividido o volume para unidade de volume comercial. As unidades comerciais adotadas foram de 1.500 L para o tanque séptico e de 500 L, 1.000 L e 2.000 L para as caixas d'águas utilizadas no sistema das *wetlands*, fazendo com que fosse necessário a associação de mais de uma unidade para atendimento do volume da UD.

No item do plantio de vegetação, foi considerado o plantio de 4 árvores de bananeira para cada UD. De acordo com Tonetti (2018), o círculo de bananeiras é uma ótima alternativa de tratamento e de disposição final, pois a água e os nutrientes do esgoto serão consumidos pelas bananeiras, enquanto os restos orgânicos serão degradados pelos microrganismos presentes no solo, tendo assim um aproveitamento completo. Na Figura 01 é possível observar o esquema de combinação do tanque séptico com as *wetlands*.

Figura 01 - Esquema de combinação dos tanques sépticos e das *wetlands*.



Fonte: Autora (2024).

De acordo com a Tonetti (2018), os sistemas alagados construídos possuem material articulado em seu interior como meio suporte para o crescimento das plantas e microrganismos, sendo nesta pesquisa utilizada a brita 1 como meio suporte. Para o cálculo do volume da brita 1 foi considerada o somatório das áreas dos *wetlands* multiplicado pela altura de 0,10 m, totalizando em 37,19 m³, sendo considerado o valor de mercado da brita 1, finalizando, dessa forma, os itens necessários para a instalação do sistema de esgotamento sanitário descentralizado.

Para as recomposições foram consideradas apenas a recomposição de grama, visto que nesta alternativa não há intervenção na pavimentação. Dessa forma foi calculado o somatório dos trechos que foram escavados em locais onde havia a vegetação de grama, sendo 749 m multiplicado por 0,80 m de largura, totalizando 599,20 m², a um valor de R\$ 17,04 por m², gerando o total do item de R\$ 10.210,37.

Para a Alternativa II também foi utilizado o BDI de 26,44%, calculado a partir do valor total de R\$ 1.093.388,35, gerando o valor de R\$ 289.091,88 de despesas indiretas, totalizando assim R\$ 1.382.480,23 de custo executivo para a Alternativa II.

Orçamento de manutenção e operação

Para a alternativa do sistema de esgotamento sanitário descentralizado foi levado em conta os custos de horas disponibilizadas pelos próprios funcionários do IFGoiano que serão encaminhados para a manutenção das unidades descentralizadas. Nas manutenções foram consideradas as roçadas e podas nas plantas das *wetlands*.

Foi considerado a disponibilização mensal de horas para as roçadas e podas nas plantas. Foi considerada que a produtividade estimada do serviço é de 50 m²/h, levando em consideração o tempo de execução e o deslocamento (RODRIGUES, et al, 2010). Foi considerado o valor de R\$ 23,28/h, do custo de um jardineiro e roçador de acordo com o SINAPI. Considerando a área total das plantações das UD's é de 371,92 m². Logo, o tempo disponibilizado deste funcionário será de 7,43 horas por mês, com arredondamento para 8 h/mês. Para o período de 240 meses, resultou em um total de R\$ 44.697,60 de valor de operação e manutenção.

Levando em consideração o período de projeto de 20 anos, o valor de custo de implantação do sistema de esgotamento sanitário do tipo descentralizado ficou estimado em R\$ 1.427.177,83.

4.2.2 Análise técnica

Na alternativa descentralizada não é necessário de forma genérica que a topografia seja favorável, porém no traçado realizado a topografia do terreno possui declínio favorável com a direção da deposição final. Também é possível observar que a aceitação social dos usuários do sistema não é tão elevada por ainda ser uma técnica desconhecida por boa parte dos usuários. Como esse tipo de obra é realizada juntamente com o funcionamento do campus, deve-se ter uma atenção maior para todos os requisitos de segurança, para que os frequentadores do campus não venham a se submeter a acidentes. Devido à independência das UD's, a execução pode ser de forma fracionada, podendo ser feito um planejamento de etapas para diminuir os transtornos para os frequentadores do campus.

Nesta alternativa não é necessário aprovação da prestadora de serviço, o que torna mais rápida a implantação, porém há ainda a necessidade de realização de um estudo mais aprofundado para elaboração de projeto executivo. É importante salientar que este tipo de sistema possui geração de odor e geração de mosquitos mínima, pois a wetland é do tipo subsuperficial, fazendo com que não tenha contato com a atmosfera (ABNT, 1997).

5 CONCLUSÃO

As alternativas propostas nesta pesquisa para a solução do esgotamento sanitário do campus são embasadas na legislação técnica vigente e são pertinentes para a situação atual do campus. De acordo com o que foi explanado observou-se que a facilidade de execução e com menos transtornos indicam que a melhor alternativa seria a aplicação de coleta e disposição final setorizada pelo sistema de tanques sépticos e wetlands construídas, mesmo que não seja popularmente conhecida. Observou-se também que pelos aspectos econômicos a alternativa II seria mais viável, levando em consideração que o valor de execução ficou em R\$ 1.382.480,23, em comparação com o sistema centralizado da alternativa I que ficou em R\$ 1.849.549,35, trazendo uma economia considerável. Além de que a implantação e operação do sistema centralizado no período de 20 anos resultou em um custo estimado de R\$ 13.187.424,57 e o do sistema descentralizado é considerado irrisório em comparação ao estimado da centralizada, pois os próprios funcionários existentes do campus irão realizar o serviço que tem operação e manutenção.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, pelo apoio/auxílio na publicação deste trabalho.

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AMAE. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 08/2021**. Regulamenta as condições gerais para prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município de Rio Verde – Goiás. Rio Verde: AMAE, 2021. Disponível em: [Resolução_Normativa_n_08_2021-Regulamenta-as-condições-gerais-para-prestação-dos-serviços-públicos-de-abastecimento.pdf](#) (rioverde.go.gov.br). Acesso em: 23 out. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13969**: tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

FUNAAASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17015**: Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BRASIL. **DNER-ES 344/97 – Edificações – serviços preliminares**. Rio de Janeiro: DNER, 1997.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico, [2020b]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 29 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Federal Goiano. **Conheça o Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde**. [2017b]. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/home/index.php/ultimas-noticias-rio-verde/5178-conheca-o-instituto-federal-goiano-campus-rio-verde>. Acesso em: 23 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Federal Goiano. **54 anos do Campus Rio Verde do Instituto Federal Goiano**. [2021b]. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/home/index.php/ultimas-noticias-rio-verde/17550-54-anos-do-campus-rio-verde-do-instituto-federal-goiano.html>. Acesso em: 23 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18 – Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção civil**. (2022a). Redação da Portaria MTb, de 08-06-1978, e alterações posteriores até Portaria MTP de 29-12-2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 24 – Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho**. (2022b). Redação da Portaria MTb, de 08-06-1978, e alterações posteriores até Portaria MTP de 05-09-2022.

BRK. **Tratamento de esgoto no brasil ainda está longe do ideal**. [2019]. Disponível em: [https://blog.brkambiental.com.br/tratamento-de-esgoto-no-brasil/#:~:text=O%20Plano%20Nacional%20de%20Saneamento%20B%C3%A1sico%20\(Plansab\)%20definiu%20a%20universaliza%C3%A7%C3%A3o,menos%2088%25%20do%20territ%C3%B3rio%20nacional](https://blog.brkambiental.com.br/tratamento-de-esgoto-no-brasil/#:~:text=O%20Plano%20Nacional%20de%20Saneamento%20B%C3%A1sico%20(Plansab)%20definiu%20a%20universaliza%C3%A7%C3%A3o,menos%2088%25%20do%20territ%C3%B3rio%20nacional). Acesso em: 30 abr. 2023.

CLIMATE DATA. **Clima Rio Verde Goiás Brasil**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/rio-verde-4473/>>, acesso em: 02 dez. 2023.

SINAPI. **Custos e composições analíticas** – encargos sociais desonerados. Goiânia: CAIXA, 2023.

TCU. **Acórdão 2622/2013** – Plenário: Conclusão dos estudos desenvolvidos pelo grupo de trabalho interdisciplinar constituído por determinação do acórdão n.2369/2011 – plenário para adoção de valores referenciais de taxas de benefício e despesas indiretas para diferentes tipos de obras e serviços de engenharia e para itens específicos para aquisição de produtos. Brasília: TCU, 2013.

TONETTI, A. L. et al. **Tratamento De Esgotos Domésticos Em Comunidades Isoladas**. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018.

TSUTIYA, M. **Abastecimento de água**. 3. Ed. São Paulo: USP, 2006.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011.