

PRODUTO 3 - PROGNÓSTICO

REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB)

**PREFEITURA MUNICIPAL DE
PALMEIRA/PR**

CONTRATO ADMINISTRATIVO
Nº 1615/2025

DISPENSA
Nº 05/2025



Abril de 2026



ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE PALMEIRA - PR

Etapa: Prognóstico – Revisão: 03

Arquivo: Rev3_PMSB_Prognostico_Palmeira.

Abril/26



Responsável Técnico
Mauro Mendes Filho
CREA 5063911692

FOLHA DE VERIFICAÇÃO DE DOCUMENTO			
Cliente	Prefeitura do Município de Palmeira - PR		
Projeto	Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico		
Etapa	3 - Prognóstico do Saneamento Básico		
Localidade	Palmeira - PR		
Documento	Rev3_PMSB_Prognostico_Palmeira		
Emissão	Revisão	Data	Descrição
04	03	ABR/26	Emissão Inicial

CONTRATANTE

Prefeitura do Município de Palmeira - PR

CNPJ: 76.179.829/0001-65

Prefeito Municipal: Altamir Sanson

Secretário Municipal de Desenvolvimento Urbano: Fabiano Bishop Cassanta

Endereço: Rua Luiza Trombini Malucelli, n°. 134 – Centro Cívico

CEP: 84.130-000

Contato: (42) 3909-5009 - secretariadesenvolvimentourbano@palmeira.pr.gov.br

CONTRATADO

SANEPLAN Gestão Sustentável

CNPJ: 46.236.785/0001-05

Registro CREA Empresa: 0001137107

Responsabilidade Técnica: Mauro Mendes Filho

Endereço: Rua Dr. Francisco Faria Lobato, 430 - Centro - Poços de Caldas/MG

CEP: 37.701-045

Contato: (35) 3721-6207 - contato@saneplangs.com.br

EQUIPE TÉCNICA DA EMPRESA CONTRATADA

Mauro Mendes Filho

Engenheiro Ambiental

Especialista em Gerenciamento de Resíduos Sólidos

MBA Gestão Empresarial

CREA: 5063911692

Contato: (35) 99932-8065 - contato@saneplan.com.br

Jacyara Aparecida Brunelli

Analista Ambiental

Bacharela em Ciência e Tecnologia

Graduanda em Engenharia Ambiental

Contato: (19) 99102-4498 -

jacyara.saneplan@gmail.com

Paula Jordhanna Simplicio Soares

Analista Ambiental

Bacharela em Ciência e Tecnologia

Graduanda em Engenharia Ambiental

Contato: (35) 99912-2057 -

jordhanna.saneplan@gmail.com

Nicole Lima Sartori

Analista Ambiental

Bacharela em Ciência e Tecnologia

Engenheira Ambiental

Contato: (35) 99853-9347 -

nicole.saneplan@gmail.com

Ana Lidia de Castro

Analista Ambiental

Bacharela em Ciência e Tecnologia

Graduanda em Engenharia Ambiental

Contato: (19) 98242-8286 -

analidia.saneplan@gmail.com

Andre Luis Bernadochi

Estagiário

Bacharel em Ciência e Tecnologia

Graduando em Engenharia Ambiental

Contato: (19) 99247-6685 -

andre.saneplan@gmail.com

Kesley Luis Moraes

Engenheiro Ambiental
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho
Especialista em Gestão Ambiental
Especialista em Geoprocessamento e
Georeferenciamento
CREA 5069244302

Ruy Ignacio Moraes

Administrador de Empresas
RG 3.963.162-x SSP/SP

Marcel Rodrigues Gonzaga

Engenheiro Civil
Estatístico
CPF: 302.036.028-54
CREA: 5070947153

Denise Pinink Silva

Advogada
CPF: 320.127.268-01
OAB: 09687036

Flávio Gibi

Geólogo
Mestre em Estabilidade de Talude de
Aterro Sanitário
Especialista em Gerenciamento de
Áreas Contaminadas
CREA: 5063575958

Joyce Vieira Mendes

Assistente Social
CRESS/SP: nº 42492

Matheus Buzatto Sandoval

Engenheiro Agrimensor
CREA/SP nº 506963881

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	9
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. PROJEÇÃO POPULACIONAL	10
4.1. Métodos Matemáticos.....	13
5. PROGNÓSTICO E ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÕES DE MELHORIAS	17
5.1. Prognóstico do Sistema de Abastecimento de Água.....	18
5.1.1. Gestão e Prestação de Serviços.....	18
5.1.2. Projeção da Demanda Anual de Água para toda a Área de Planejamento ao longo de 20 anos.....	19
5.1.2.1. Metodologia de Cálculo.....	19
5.1.2.2. Demandas no Cenário Tendencial e Alternativo.....	22
5.1.2.3. Análise Complementar da Demanda de Abastecimento Considerando a Área Urbana.....	28
5.1.3. Definição de Alternativas de Manancial para Atender a Área de Planejamento... 32	
5.1.4. Definição de Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada.....	33
5.2. Prognóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário.....	34
5.2.1. Gestão e Prestação de Serviços.....	34
5.2.2. Projeção da Demanda de Esgotamento Sanitário.....	35
5.2.2.1. Metodologia de Cálculo.....	35
5.2.2.2. Demanda no Cenário Tendencial e Alternativo.....	37
5.2.3. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada.....	43
5.2.4. Sistemas Individuais.....	44
5.2.4.1. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico.....	45
5.2.4.1.1. Fossas Sépticas Biodigestoras.....	46
5.2.4.1.2. Círculo de Bananeiras.....	48
5.2.4.1.3. Tanques de Evapotranspiração - TEvap.....	49
5.2.4.1.4. Banheiro Seco.....	51
5.3. Prognóstico do Sistema de Resíduos Sólidos.....	52
5.3.1. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	52
5.3.2. Produção de Resíduos Sólidos.....	52
5.3.3. Metodologia de Cálculo.....	54
5.3.4. Demanda no Cenário Tendencial e Alternativo.....	56
5.3.5. Formas de Coleta e Transporte dos Resíduos.....	61
5.3.5.1. Coleta Convencional de Resíduos Sólidos.....	61
5.3.5.2. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta.....	61
5.3.5.3. Acondicionamento e Apresentação para a Coleta.....	62
5.3.6. Disposição Final dos Resíduos.....	62
5.4. Prognóstico do Sistema de Drenagem Pluvial.....	63
5.4.1. Medidas Estruturais.....	64

5.4.2. Medidas Não Estruturantes.....	65
6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	67

MINUTA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico comparativos das projeções populacionais pelos métodos Aritmético e Geométrico para Palmeira/PR.....	16
Figura 2: Gráfico da projeção populacional pelo método Geométrico para Palmeira/PR. 17	17
Figura 3: Desenho de fossa séptica biodigestora.....	47
Figura 4: Desenho do círculo das bananeiras.....	48
Figura 5: Desenho do TEVAP.....	50
Figura 6: Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil. 54	54
Figura 7: Impactos da urbanização.....	64

MINUTA

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Projeção populacional - Métodos com base em fórmulas matemáticas.....	12
Tabela 2: Últimos censos demográficos realizados em Palmeira/PR.....	13
Tabela 3: Projeções Populacionais pelos métodos Aritmético e Geométrico, ao longo de 20 anos para Palmeira/PR.....	15
Tabela 4: Dados de referência para cálculos de demanda de abastecimento.....	22
Tabela 5: Demanda de abastecimento de água para projeção tendencial do PMSB de Palmeira/PR.....	24
Tabela 6: Demanda de abastecimento de água para projeção alternativa do PMSB de Palmeira/PR.....	25
Tabela 7: Projeção da demanda de abastecimento de água – área urbana de Palmeira/PR (2025–2045).....	30
Tabela 8: Dados de referência para cálculos de demanda de esgotamento.....	37
Tabela 9: Demanda de esgotamento sanitário para projeção tendencial do PMSB de Palmeira-PR.....	39
Tabela 10: Demanda de esgotamento sanitário para projeção alternativa do PMSB de Palmeira-PR.....	40
Tabela 11: Dados de referência para cálculos de demanda de resíduos.....	55
Tabela 12: Demanda de resíduos sólidos para projeção tendencial do PMSB de Palmeira/PR.....	57
Tabela 13: Demanda de resíduos sólidos para projeção alternativa do PMSB de Palemira/PR.....	58

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a etapa de prognóstico da revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município de Palmeira, elaborado com base na Dispensa nº 05/2025, conforme os dispositivos da Lei Federal nº 14.133/2021 (Nova Lei de Licitações). A prestação dos serviços foi formalizada por meio do Contrato Administrativo nº 1615/2025, firmado entre a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e a empresa SANEPLAN Gestão Sustentável, especializada em consultoria técnica na área de saneamento ambiental.

A revisão do PMSB do município visa o atendimento do Parecer Técnico da FUNASA nº 23/2018, bem como a Política Nacional de Saneamento Básico Lei Federal nº 11.445/2007, a Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei Federal nº 12.305/2010, o novo Marco regulatório do Saneamento Básico Lei nº 14.026/2020 e todas as legislações estaduais e municipais vigentes, as quais dão diretrizes de adequação para a apresentação de um novo plano.

As soluções propostas para os problemas identificados no diagnóstico técnico-participativo buscam aproveitar as potencialidades locais, em um processo participativo que envolve os Comitês do PMSB e a comunidade, por meio da Estratégia de Mobilização, Participação Social e Comunicação. As metas, estruturadas em indicadores mensuráveis, traduzem os objetivos em resultados concretos, promovendo uma gestão eficaz e orientada a resultados.

O prognóstico considera os quatro eixos do saneamento básico e busca antecipar cenários futuros com base em fatores como crescimento populacional, demanda por serviços e condições ambientais. Essa análise visa subsidiar decisões e planejamentos estratégicos que atendam às necessidades da população e impulsionem o desenvolvimento do município.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste documento é revisar e elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmeira/PR, com ênfase na etapa de prognóstico, abordando os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana e manejo de águas pluviais, visando o planejamento estratégico para a universalização e melhoria dos serviços de saneamento básico no município.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O prognóstico visa antecipar eventos futuros com base em análises atuais, auxiliando em decisões estratégicas e ações preventivas. Seu objetivo principal é garantir uma gestão eficiente dos recursos, minimizando riscos e aproveitando oportunidades a longo prazo. A elaboração do prognóstico possui os seguintes objetivos específicos:

- Analisar diferentes cenários para a gestão do saneamento básico.
- Estabelecer cenários de referência para orientar as ações dos serviços públicos de saneamento básico.
- Estimar o crescimento populacional para os próximos 20 anos.
- Projetar a demanda esperada para curto, médio e longo prazos.
- Definir as melhores alternativas técnicas para cada componente do saneamento básico, considerando aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos.

4. PROJEÇÃO POPULACIONAL

A projeção populacional tem como objetivo realizar uma estimativa do crescimento populacional para os próximos 20 anos, fornecendo subsídios essenciais para a elaboração, revisão e implementação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Palmeira, onde sua demanda por serviços está diretamente relacionada ao crescimento e à distribuição da população.

A projeção populacional permitirá uma estimativa mais precisa da demanda futura nesses serviços de saneamento básico, possibilitando o desenvolvimento de estratégias e investimentos adequados para atender a população de forma eficiente. Portanto, para realizar esta projeção, serão utilizados os métodos matemáticos estatísticos amplamente reconhecidos e que são recomendados pela literatura técnica, com base em Qasim (1985), o método aritmético, o método geométrico, o método da taxa decrescente de crescimento e o método da curva logística, conforme a Tabela 1 a seguir.

- dP/dt = taxa de crescimento da população em função do tempo
- P_0, P_1, P_2 = populações nos anos t_0, t_1, t_2 (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab)
- P_t = população estimada no ano t (hab) ; P_s = população de saturação (hab)

- K_a , K_g , K_d , K_l , i , c = coeficientes (a obtenção dos coeficientes pela análise da regressão é preferível, já que se pode utilizar toda a série de dados existentes, e não apenas P_0 , P_1 e P_2).

MINUTA

Tabela 1: Projeção populacional - Métodos com base em fórmulas matemáticas.

Método	Descrição	Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficientes (se não for efetuada análise da regressão)
Projeção aritmética	Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$\frac{dP}{dt} = K_a$	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção geométrica	Crescimento populacional em função da população existente a cada instante. Utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P$	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$ ou $i = e^{K_g} - 1$
Taxa decrescente de crescimento	Premissa de que, na medida em que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear.		$\frac{dP}{dt} = K_d \cdot (P_s - P)$	$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot [1 - e^{-K_d \cdot (t - t_0)}]$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $K_d = \frac{-\ln[(P_s - P_2)/(P_s - P_0)]}{t_2 - t_0}$
Curva logística	O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear. Condições necessárias: $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$. O ponto de inflexão na curva ocorre no tempo $[t_0 - \ln(c)/K_1]$ e com $P_t = P_s/2$. Para aplicação das fórmulas, os dados devem ser equidistantes no tempo.		$\frac{dP}{dt} = K_1 \cdot P \cdot \left(\frac{P_s - P}{P_s} \right)$	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{-K_1 \cdot (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_0)/P_0$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$

Fonte: Adaptado parcialmente de Qasim (1985).

4.1. Métodos Matemáticos

Considerando-se os dados apresentados pelos resultados obtidos dos últimos censos do IBGE da cidade de Palmeira/PR na Tabela 2, pode-se estimar uma previsão para a população num plano de projeto de 20 anos de atividade. Para isso, é preciso fazer uma projeção de sua população a partir de métodos matemáticos, empregando-se os métodos aritmético e geométrico.

Tabela 2: Últimos censos demográficos realizados em Palmeira/PR.

PALMEIRA - PR	
Ano	População (Hab)
2010	33.634
2022	33.855

Fonte: IBGE (2022) adaptado pela Saneplan (2025).

No método aritmético, assume-se que a população cresce seguindo uma progressão aritmética, o que significa que a taxa de crescimento é constante para os anos subsequentes aos dados conhecidos. Essa abordagem implica que a população varie de forma linear ao longo do tempo, ou seja, o aumento anual é constante. Ao aplicar o método aritmético para projeções populacionais, considera-se que a taxa de crescimento será a mesma a cada ano, resultando em um aumento linear na população total (urbana + rural) ao longo do tempo.

Para o cálculo do método aritmético utiliza-se da equação abaixo.

$$Ka = \frac{(P1-P0)}{(t1-t0)} \quad [1]$$

onde,

Ka é a taxa de crescimento aritmético (hab/ano);

$P0$ é a população na data mais antiga do banco de dados (habitante);

$P1$ é a população na data mais recente do banco de dados (habitante);

$t0$ é a data mais antiga presente no banco de dados (anos);

$t1$ é a data mais recente presente no banco de dados (anos).

Para calcular a população no ano requerido, pode-se utilizar a equação a seguir.

$$P_{ano} = P1 + Ka \times (t_{ano} - t1) \quad [2]$$

onde,

P_{ano} é a previsão de população no ano procurado (habitante);

t_{ano} é a data analisada (anos).

Já o método geométrico considera que a população aumenta a mesma porcentagem em longos períodos de tempo iguais. Ele pressupõe que a taxa de crescimento da população é constante e proporcional ao tamanho atual da população. Esse método é baseado em uma progressão geométrica, em que a população aumenta ou diminui de forma exponencial, seguindo uma razão constante.

Neste estudo, utiliza-se o logaritmo neperiano, que representa a taxa de crescimento geométrico da população, a qual pode ser calculada pela seguinte equação.

$$Kg = \frac{(\ln(P1) - \ln(P0))}{(t1 - t0)} \quad [3]$$

onde,

Kg é a taxa de crescimento geométrico;

$P0$ é a população na data mais antiga do banco de dados (habitante);

$P1$ é a população na data mais recente do banco de dados (habitante);

$t0$ é a data mais antiga presente no banco de dados (anos);

$t1$ é a data mais recente presente no banco de dados (anos).

Com esta data, é possível encontrar a população no tempo requerido, representada na equação 4.

$$P_{ano} = P1 \times e^{kg(t_{ano} - t1)} \quad [4]$$

onde,

P_{ano} é a previsão de população no ano procurado (habitante);

e é a constante de Euler;

t_{ano} é a data analisada (anos).

Assim, a partir dos cálculos para ambos os métodos, pode-se analisar as projeções populacionais de cada um na Tabela 3 até o ano de 2045.

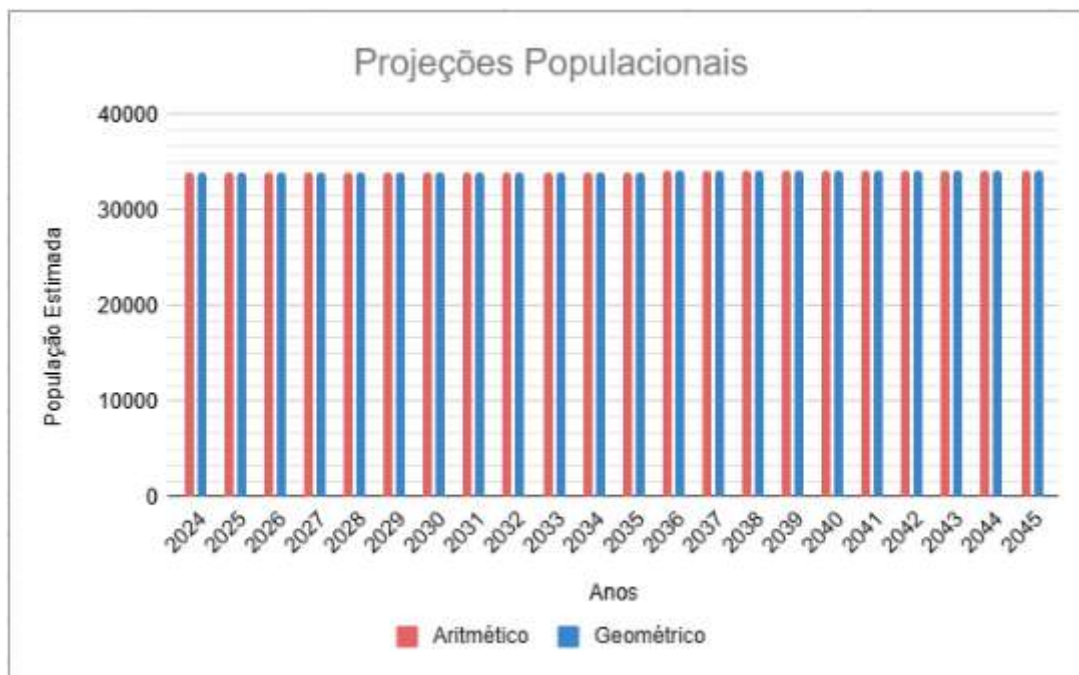
Tabela 3: Projeções Populacionais pelos métodos Aritmético e Geométrico, ao longo de 20 anos para Palmeira/PR.

Projeções Populacionais (hab)		
Ano	Aritmético	Geométrico
2025	33871	33871
2026	33887	33887
2027	33902	33903
2028	33918	33918
2029	33934	33934
2030	33950	33950
2031	33966	33966
2032	33981	33982
2033	33997	33998
2034	34013	34014
2035	34029	34030
2036	34044	34046
2037	34060	34062
2038	34076	34077
2039	34092	34093
2040	34108	34109
2041	34123	34125
2042	34139	34141
2043	34155	34157
2044	34171	34173
2045	34187	34189

Fonte: Saneplan (2025).

Comparando os métodos aritmético e geométrico por meio de um gráfico para os próximos 20 anos, o resultado obtido pode ser analisado na Figura 1, onde a projeção geométrica indica um crescimento populacional mais acentuado.

Figura 1: Gráfico comparativos das projeções populacionais pelos métodos Aritmético e Geométrico para Palmeira/PR.

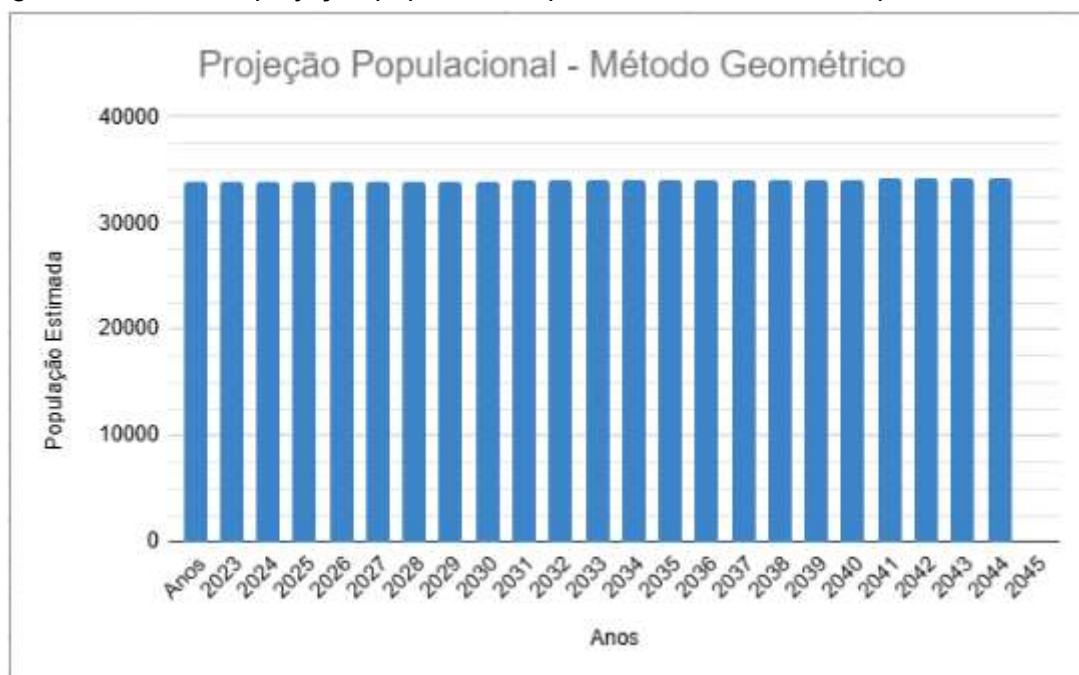


Fonte: Saneplan (2025).

O método aritmético é adequado para populações com crescimento estável e previsível, enquanto o método geométrico é mais apropriado para populações em fase de crescimento rápido. Em geral, o método geométrico tende a fornecer estimativas mais altas do que o método aritmético para populações em crescimento. No entanto, se a taxa de crescimento da população estiver diminuindo, o método aritmético pode ser mais preciso.

Portanto, a escolha entre esses métodos depende das características específicas da população e das tendências de crescimento observadas. No caso de Palmeira/PR o método escolhido é o geométrico, indicando um potencial de crescimento mais rápido para a população que melhor se enquadra no crescimento populacional ao longo dos 20 anos, representado pelo gráfico da Figura 2.

Figura 2: Gráfico da projeção populacional pelo método Geométrico para Palmeira/PR.



Fonte: Saneplan (2025).

5. PROGNÓSTICO E ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÕES DE MELHORIAS

A etapa de prognóstico e proposição de alternativas para soluções de melhorias é fundamental no planejamento do saneamento básico de Palmeira/PR. Esta fase busca antecipar cenários futuros e traçar estratégias para superar os desafios identificados nos diagnósticos, contemplando os quatro eixos do saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Com base nos dados levantados, o prognóstico visa projetar demandas futuras e propor soluções técnicas e gerenciais que sejam viáveis, sustentáveis e compatíveis com as características locais. As alternativas apresentadas estão alinhadas às diretrizes do Manual da Funasa para saneamento, priorizando tecnologias apropriadas, de baixo custo e fácil manutenção, além de considerar a dispersão populacional e as limitações estruturais do meio urbano e rural.

A elaboração destas soluções é norteada por uma abordagem participativa, envolvendo as comunidades no processo de decisão, para garantir que as intervenções atendam de maneira eficiente às necessidades da população. Assim, o presente documento estabelece um conjunto de ações integradas e prioridades que visam melhorar a qualidade dos serviços de saneamento básico, promover a saúde

pública e preservar os recursos ambientais, contribuindo para o desenvolvimento do município.

5.1. Prognóstico do Sistema de Abastecimento de Água

5.1.1. Gestão e Prestação de Serviços

A gestão e a prestação dos serviços de abastecimento de água em Palmeira/PR é realizada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), que opera os sistemas públicos de captação, tratamento, reservação e distribuição de água potável na zona urbana do município.

Apesar da atuação da concessionária, observa-se uma característica marcante no território: muitas residências utilizam poços individuais como fonte primária ou complementar de abastecimento. Esse modelo de auto suprimento alivia momentaneamente a pressão sobre o sistema coletivo, mas não representa uma solução definitiva para a universalização do serviço.

A prestação dos serviços enfrenta desafios relacionados à capacidade instalada do sistema e à infraestrutura de reservação, que demonstram déficit técnico crescente ao longo do horizonte de planejamento (2025–2045), conforme projeções da demanda. Ainda que não tenham sido relatadas ocorrências significativas de desabastecimento, a infraestrutura atual não atende plenamente à demanda futura estimada, sendo necessário o planejamento de investimentos graduais.

Além disso, o sistema apresenta um índice de perdas na distribuição de 34,36%, segundo dados do SNIS (2022), o que impacta diretamente na eficiência operacional. As perdas decorrem tanto de falhas físicas no sistema (como vazamentos) quanto de perdas aparentes (como fraudes, submedição e ligações irregulares).

A gestão eficiente dos serviços exige a adoção de medidas que melhorem o controle operacional, a redução de perdas, a ampliação da cobertura e a modernização das estruturas existentes. O fortalecimento institucional da prestadora, associado ao planejamento de ações de contingência, será fundamental para garantir a segurança hídrica, a universalização do acesso e a sustentabilidade do sistema de abastecimento de água no município.

5.1.2. Projeção da Demanda Anual de Água para toda a Área de Planejamento ao longo de 20 anos

5.1.2.1. Metodologia de Cálculo

Para a determinação das demandas relativas ao abastecimento de água optou-se por avaliar apenas as localidades onde, na etapa de Diagnóstico, foram verificados sistemas de abastecimento de água. Para estimar a demanda por produção de água e volume de reserva necessários, a seguir são descritos alguns parâmetros e critérios de projeto importantes, bem como a metodologia empregada para realização dos cálculos.

- **Consumo Médio Per Capita**

O consumo médio per capita de água representa a quantidade média de água, em litros, consumida por cada habitante em um dia. Conforme relatado no Diagnóstico do PMSB de Palmeira/PR e constante no SNIS (2022) o consumo per capita médio apurado foi de 128,06 L/hab/dia.

- **Coeficientes do Dia e Hora de Maior e Menor Consumo (k1, k2 e k3)**

O consumo de água em uma localidade varia ao longo do dia (variações horárias), ao longo da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais). Em um dia, os horários de maior consumo geralmente ocorrem no início da manhã e no início da noite (VON SPERLING, 2005). Tem sido prática corrente a adoção dos seguintes coeficientes de variação da vazão média de água (AZEVEDO NETO E ALVAREZ, 1977; ALÉM SOBRINHO E TSUTIYA, 1999):

- $k_1 = 1,2$ (coeficiente do dia de maior consumo);
- $k_2 = 1,5$ (coeficiente da hora de maior consumo);
- $k_3 = 0,5$ (coeficiente da hora de menor consumo).

- **Demanda Máxima de Água**

Para cálculo da demanda máxima de água, multiplica-se a população pelo consumo per capita estabelecido e pelo coeficiente do dia de maior consumo ($k_1 = 1,2$). Como o consumo per capita é dado em litros/habitante.dia, divide-se o total por 86.400 para achar a demanda máxima em litros/segundo. As demandas foram

calculadas para o período compreendido entre 2025 e 2045 (período de projeto por 20 anos).

Destaca-se que para a realização deste Prognóstico a demanda máxima considerou o atendimento de 100% da população das localidades analisadas, para que, assim, a produção necessária pudesse ser calculada considerando a universalização do acesso à água nessas áreas.

- **Perdas de Água**

Segundo Heller e Pádua (2012), as perdas de água em um sistema de abastecimento correspondem aos volumes não contabilizados, incluindo os volumes não utilizados e os volumes não faturados. Tais volumes distribuem-se em perdas reais e perdas aparentes, sendo tal distribuição de fundamental importância para a definição e hierarquização das ações de combate às perdas e, também, para a construção de indicadores de desempenho.

As perdas físicas ou perdas reais ocorrem através de vazamentos e extravasamentos no sistema, durante as etapas de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, assim como durante procedimentos operacionais, como lavagem de filtros e descargas na rede.

As perdas não físicas ou perdas aparentes ocorrem através de ligações clandestinas (não cadastradas) e por by-pass irregular no ramal predial (popularmente denominado “gato”), somada aos volumes não contabilizados devido à hidrômetros parados ou com submedição, fraudes de hidrômetros, erros de leituras e similares.

O controle e a diminuição das perdas físicas são convertidos em diminuição de custos de produção e distribuição, uma vez que se reduzem o consumo de energia, produtos químicos e outros. Um trabalho eficiente de redução de perdas físicas permite otimizar as instalações existentes, aumentando a oferta dos serviços, sem a necessidade de expansão do sistema produtor.

Conforme o SINISA (2025) o índice de perdas de distribuição em Palmeira/PR é de 28,83%.

- **Produção Necessária**

Nem toda água captada nos mananciais, superficiais ou subterrâneos, é

consumida, devido à existência das perdas. Dessa forma, a vazão de produção necessária deverá ser o resultado da soma da demanda máxima de água e da vazão perdida no sistema de distribuição.

- **Disponibilidade Hídrica e Capacidade Instalada**

A disponibilidade hídrica em Palmeira/PR está relacionada à capacidade de extração da água superficial e da subterrânea por meio do poço tubular profundo que abastece o município, considerando os limites estabelecidos nas outorgas de direito de uso emitidas pelo órgão ambiental competente. Nesse contexto, a vazão outorgável corresponde ao volume de água que pode ser legalmente captado dos aquíferos, sem comprometer sua sustentabilidade.

Além da vazão outorgável, é fundamental avaliar o potencial de atendimento do sistema de abastecimento por meio de sua capacidade instalada, ou seja, o volume de água que o poço e a infraestrutura associada (bombas, reservatórios e rede de distribuição) estão aptos a fornecer diariamente. O município possui um sistema público de coleta de esgoto, com rede coletora, ligações domiciliares e estação de tratamento convencional. A capacidade instalada do sistema corresponde à somatória das vazões de captação, esse valor é determinante para a análise de equilíbrio entre oferta e demanda, influenciando diretamente no cálculo de déficit ou saldo hídrico do sistema municipal de abastecimento.

Ressalta-se que os dados utilizados foram obtidos por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), uma vez que a companhia responsável pelo abastecimento não forneceu as informações solicitadas.

- **Avaliação do Saldo ou Déficit de Água**

Para avaliar se os sistemas de abastecimento de água atualmente instalados no município de Palmeira/PR são capazes de atender a demanda necessária, subtraiu-se a produção necessária da capacidade instalada e avaliou-se o déficit ou saldo.

- **Avaliação do Volume de Reserva Disponível e Necessário**

De acordo com informações disponibilizadas pela prefeitura e obtidas no Plano Municipal de Saneamento Básico de 2015, o município de Palmeira conta com um

sistema de reservação composto por sete reservatórios, com capacidade total de reservação de 1.900 m³.

Para o cálculo do volume de reservação necessário, é adotada a relação de Frühling, onde o reservatório de distribuição deve ter capacidade suficiente para armazenar o terço do consumo diário correspondente aos setores por ele abastecidos. Dessa forma, para avaliação do déficit ou saldo, subtraiu-se o volume de reserva necessário do volume de reserva disponível.

- **Número de Ligações**

O número de ligações é resultado da população de referência dividida pela sua densidade, que é resultante do número de economias ativas no município. De acordo com dados fornecidos pela companhia SANEPAR, a quantidade de ligações totais de água é de 9.602 ligações ativas.

5.1.2.2. Demandas no Cenário Tendencial e Alternativo

Com relação a demanda anual de abastecimento de água para uma projeção populacional de 20 anos em todo o município, contando com a área urbana e a área rural, pode-se analisar os quadros de demandas de abastecimento de água no município, considerando a projeção populacional tendencial o método geométrico e a projeção populacional alternativa o método aritmético, como identificado na tabela 5 e 6.

Para a realização dos cálculos de demandas, utiliza-se os seguintes dados da tabela abaixo, considerando dados fornecidos pelo SNIS (2022) e IBGE (2022).

Tabela 4: Dados de referência para cálculos de demanda de abastecimento.

Dados de Referência de Palmeira/PR	
População (IBGE 2022)	33.855 hab
Consumo Per Capita (SINISA 2025)	128.06 L/hab.dia
K1	1,2
k2	1,5
k3	0,5
Índice de Perdas (SINISA 2025)	28,83%

Dados de Referência de Palmeira/PR	
Densidade	3,5 hab/lig
Economias ativas (SANEPAR)	9.602 ligações
Extensão de rede (SANEPAR)	24,7 m/lig

Fonte: Saneplan (2025).

- **Demanda no Cenário Tendencial**

A Tabela 5 apresenta os valores de demanda de água para a população de Palmeira/PR ao final de cada período de planejamento do Plano. Esses valores foram calculados com base na população projetada para o cenário tendencial, no consumo per capita, nos índices de perdas e no coeficiente do dia de maior consumo, conforme descrito anteriormente. Adicionalmente, são mostradas as demandas de volume de reservação para cada ano do horizonte de planejamento deste PMSB (2025-2045).

Tabela 5: Demanda de abastecimento de água para projeção tendencial do PMSB de Palmeira/PR.

Ano	População (CL)	Demanda Máxima de água (L/s)	Índice de Perdas (L/s)	Produção Necessária (L/s)	Capacidade Instalada (L/s)	Saldo ou Deficit (L/s)	Saldo ou Deficit (%)	Volume de reservação necessário (m³)	Volume de reservação instalado (m³)	Saldo ou déficit de reservação (m³)	Nº de ligações (m³)	Extensão da Rede	Extensão da rede projetada
2025	33871	60.24	17.37	77.61	57.00	- 20.61	-34%	1,717.65	1900.00	10%	9606	217800	237280.37
2026	33887	60.27	17.38	77.65	57.00	- 20.65	-34%	1,718.45	1900.00	10%	9611	217800	237391.40
2027	33903	60.30	17.38	77.68	57.00	- 20.68	-34%	1,719.26	1900.00	10%	9615	217800	237502.48
2028	33918	60.33	17.39	77.72	57.00	- 20.72	-34%	1,720.06	1900.00	9%	9620	217800	237613.61
2029	33934	60.36	17.40	77.76	57.00	- 20.76	-34%	1,720.87	1900.00	9%	9624	217800	237724.79
2030	33950	60.38	17.41	77.79	57.00	- 20.79	-34%	1,721.67	1900.00	9%	9629	217800	237836.03
2031	33966	60.41	17.42	77.83	57.00	- 20.83	-34%	1,722.48	1900.00	9%	9633	217800	237947.31
2032	33982	60.44	17.43	77.87	57.00	- 20.87	-35%	1,723.28	1900.00	9%	9638	217800	238058.65
2033	33998	60.47	17.43	77.90	57.00	- 20.90	-35%	1,724.09	1900.00	9%	9643	217800	238170.04
2034	34014	60.50	17.44	77.94	57.00	- 20.94	-35%	1,724.90	1900.00	9%	9647	217800	238281.48
2035	34030	60.53	17.45	77.98	57.00	- 20.98	-35%	1,725.70	1900.00	9%	9652	217800	238392.98
2036	34046	60.55	17.46	78.01	57.00	- 21.01	-35%	1,726.51	1900.00	9%	9656	217800	238504.53
2037	34062	60.58	17.47	78.05	57.00	- 21.05	-35%	1,727.32	1900.00	9%	9661	217800	238616.13
2038	34077	60.61	17.47	78.08	57.00	- 21.08	-35%	1,728.13	1900.00	9%	9665	217800	238727.78
2039	34093	60.64	17.48	78.12	57.00	- 21.12	-35%	1,728.94	1900.00	9%	9670	217800	238839.48
2040	34109	60.67	17.49	78.16	57.00	- 21.16	-35%	1,729.75	1900.00	9%	9674	217800	238951.24
2041	34125	60.70	17.50	78.19	57.00	- 21.19	-35%	1,730.55	1900.00	9%	9679	217800	239063.04
2042	34141	60.72	17.51	78.23	57.00	- 21.23	-35%	1,731.36	1900.00	9%	9683	217800	239174.90
2043	34157	60.75	17.51	78.27	57.00	- 21.27	-35%	1,732.17	1900.00	9%	9688	217800	239286.82

Ano	População (CL)	Demanda Máxima de água (L/s)	Índice de Perdas (L/s)	Produção Necessária (L/s)	Capacidade Instalada (L/s)	Saldo ou Deficit (L/s)	Saldo ou Deficit (%)	Volume de reservação necessário (m³)	Volume de reservação instalado (m³)	Saldo ou déficit de reservação (m³)	Nº de ligações (m³)	Extensão da Rede	Extensão da rede projetada
2044	34173	60.78	17.52	78.30	57.00	- 21.30	-35%	1,732.98	1900.00	9%	9692	217800	239398.78
2045	34189	60.81	17.53	78.34	57.00	- 21.34	-35%	1,733.80	1900.00	9%	9697	217800	239510.80

Fonte: SANEPLAN (2025).

- **Demanda no Cenário Alternativo**

Tabela 6: Demanda de abastecimento de água para projeção alternativa do PMSB de Palmeira/PR.

Ano	População (CL)	Demanda Máxima de água (L/s)	Índice de Perdas (L/s)	Produção Necessária (L/s)	Capacidade Instalada (L/s)	Saldo ou Deficit (L/s)	Saldo ou Deficit (%)	Volume de reservação necessário (m³)	Volume de reservação instalado (m³)	Saldo ou déficit de reservação (m³)	Nº de ligações (m³)	Extensão da Rede	Extensão da rede projetada
2025	33871	60.24	17.37	77.61	57.00	- 20.61	-34%	1,717.65	1900.00	10%	9606	217800.00	237279.99
2026	33887	60.27	17.38	77.65	57.00	- 20.65	-34%	1,718.45	1900.00	10%	9611	217800.00	237390.57
2027	33902	60.30	17.38	77.68	57.00	- 20.68	-34%	1,719.25	1900.00	10%	9615	217800.00	237501.16
2028	33918	60.33	17.39	77.72	57.00	- 20.72	-34%	1,720.05	1900.00	9%	9620	217800.00	237611.74
2029	33934	60.36	17.40	77.76	57.00	- 20.76	-34%	1,720.85	1900.00	9%	9624	217800.00	237722.33
2030	33950	60.38	17.41	77.79	57.00	- 20.79	-34%	1,721.65	1900.00	9%	9629	217800.00	237832.92
2031	33966	60.41	17.42	77.83	57.00	- 20.83	-34%	1,722.45	1900.00	9%	9633	217800.00	237943.50
2032	33981	60.44	17.42	77.86	57.00	- 20.86	-35%	1,723.25	1900.00	9%	9638	217800.00	238054.09
2033	33997	60.47	17.43	77.90	57.00	- 20.90	-35%	1,724.05	1900.00	9%	9642	217800.00	238164.67
2034	34013	60.50	17.44	77.94	57.00	- 20.94	-35%	1,724.85	1900.00	9%	9647	217800.00	238275.26

Ano	População (CL)	Demanda Máxima de água (L/s)	Índice de Perdas (L/s)	Produção Necessária (L/s)	Capacidade Instalada (L/s)	Saldo ou Deficit (L/s)	Saldo ou Deficit (%)	Volume de reservação necessário (m³)	Volume de reservação instalado (m³)	Saldo ou déficit de reservação (m³)	Nº de ligações (m³)	Extensão da Rede	Extensão da rede projetada
2035	34029	60.52	17.45	77.97	57.00	- 20.97	-35%	1,725.65	1900.00	9%	9651	217800.00	238385.85
2036	34044	60.55	17.46	78.01	57.00	- 21.01	-35%	1,726.45	1900.00	9%	9656	217800.00	238496.43
2037	34060	60.58	17.47	78.05	57.00	- 21.05	-35%	1,727.25	1900.00	9%	9660	217800.00	238607.02
2038	34076	60.61	17.47	78.08	57.00	- 21.08	-35%	1,728.05	1900.00	9%	9665	217800.00	238717.60
2039	34092	60.64	17.48	78.12	57.00	- 21.12	-35%	1,728.85	1900.00	9%	9669	217800.00	238828.19
2040	34108	60.66	17.49	78.15	57.00	- 21.15	-35%	1,729.65	1900.00	9%	9674	217800.00	238938.78
2041	34123	60.69	17.50	78.19	57.00	- 21.19	-35%	1,730.46	1900.00	9%	9678	217800.00	239049.36
2042	34139	60.72	17.51	78.23	57.00	- 21.23	-35%	1,731.26	1900.00	9%	9683	217800.00	239159.95
2043	34155	60.75	17.51	78.26	57.00	- 21.26	-35%	1,732.06	1900.00	9%	9687	217800.00	239270.53
2044	34171	60.78	17.52	78.30	57.00	- 21.30	-35%	1,732.86	1900.00	9%	9692	217800.00	239381.12
2045	34187	60.80	17.53	78.33	57.00	- 21.33	-35%	1,733.66	1900.00	9%	9696	217800.00	239491.71

Fonte: SANEPLAN (2025).

● Resultados

Para a elaboração do prognóstico do sistema de abastecimento de água do município de Palmeira foi realizada a projeção da demanda hídrica para um horizonte de planejamento de 20 anos, compreendendo o período aproximado de 2025 a 2045. As projeções foram estruturadas considerando dois cenários: tendencial e alternativo, permitindo avaliar o comportamento futuro do sistema frente às condições atuais de operação e possíveis melhorias operacionais.

De forma geral, observa-se que os dois cenários apresentam comportamento bastante semelhante ao longo do período analisado, com crescimento gradual da demanda de água em função da evolução da população atendida. Em ambos os casos, a demanda inicial situa-se em torno de 60 L/s, atingindo valores próximos de 61 L/s ao final do horizonte de planejamento.

Ao considerar o índice de perdas no sistema de distribuição, verifica-se que a produção necessária de água para atender a demanda projetada varia aproximadamente entre 77 L/s e 78 L/s ao longo do período analisado. Entretanto, a capacidade instalada de produção do sistema permanece constante em 57 L/s, o que resulta na ocorrência de déficit operacional durante todo o horizonte de planejamento nos dois cenários avaliados.

No cenário tendencial, o déficit entre a produção necessária e a capacidade instalada varia aproximadamente entre 20,5 L/s e 21,3 L/s, o que corresponde a um saldo negativo da ordem de 34% a 35% ao longo do período analisado. Esse resultado indica que, mantidas as condições atuais de operação e estrutura do sistema, a produção disponível é insuficiente para atender plenamente à demanda projetada.

No cenário alternativo, observa-se comportamento muito semelhante, com déficit variando aproximadamente entre 20,6 L/s e 21,3 L/s, também representando valores percentuais próximos de 34% a 35% de insuficiência em relação à produção necessária. Dessa forma, verifica-se que, independentemente das variações consideradas entre os cenários, o sistema apresenta limitação estrutural na capacidade de produção de água frente à demanda projetada.

No que se refere ao sistema de reservação, as projeções indicam que o volume instalado de 1.900 m³ permanece superior ao volume necessário ao longo de todo o período analisado, resultando em saldo positivo de reservação entre aproximadamente 9% e 10%, tanto no cenário tendencial quanto no alternativo. Isso demonstra que, apesar do déficit relacionado à produção de água, a infraestrutura de reservação apresenta capacidade suficiente para atender às necessidades operacionais previstas.

Diante da pequena variação observada entre os resultados dos dois cenários, especialmente em relação aos valores de saldo e déficit do sistema, optou-se por adotar o cenário tendencial como referência para o planejamento do sistema de

abastecimento de água no âmbito do Plano Municipal de Saneamento Básico. Esse cenário representa de forma mais direta a continuidade das condições atuais de crescimento populacional, consumo e operação do sistema, servindo como base para a definição das ações, metas e investimentos necessários para a ampliação e adequação da capacidade de produção de água do município de Palmeira.

5.1.2.3. Análise Complementar da Demanda de Abastecimento Considerando a Área Urbana

Com base nos resultados obtidos nas Tabelas 5 e 6, que apresentam a projeção da demanda de abastecimento de água para toda a área de planejamento do município de Palmeira/PR (incluindo população urbana e rural), foi identificado um déficit significativo ao longo do horizonte de planejamento.

Diante desse cenário, realizou-se uma análise complementar com o objetivo de investigar as causas desse déficit projetado. Verificou-se que o resultado está diretamente relacionado à abrangência territorial do município, caracterizado por uma extensa área rural e população dispersa, onde não há atendimento por sistema público de abastecimento de água operado pela concessionária.

Conforme identificado na etapa de diagnóstico, a Companhia de Saneamento do Paraná concentra sua atuação predominantemente na zona urbana do município, enquanto a população rural é majoritariamente atendida por soluções individuais, como poços artesianos, nascentes e outras formas de captação própria.

Dessa forma, a inclusão da população rural na projeção da demanda total, considerando um cenário de universalização por sistema coletivo, resulta em uma superestimação da demanda a ser atendida pela infraestrutura existente e projetada da concessionária, gerando, conseqüentemente, um déficit elevado que não condiz com a realidade operacional do sistema público.

Para melhor representar a situação real do abastecimento de água no município, foi elaborada uma nova planilha de projeção considerando exclusivamente a população urbana, efetivamente atendida (ou passível de atendimento) pelo sistema público operado pela SANEPAR.

Os resultados obtidos nesta análise indicam que, ao considerar apenas a área urbana, não há déficit significativo na capacidade de atendimento ao longo do

horizonte de planejamento, evidenciando que a infraestrutura atual, associada a melhorias pontuais e ações de gestão, é suficiente para suprir a demanda projetada.

Ressalta-se que esta análise não desconsidera a importância do atendimento à população rural, mas reforça que as soluções para essas áreas devem ser tratadas de forma diferenciada, por meio de sistemas individuais ou soluções alternativas de abastecimento, conforme diretrizes da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e boas práticas de saneamento em áreas dispersas.

Dessa forma, a presente abordagem permite uma avaliação mais realista e tecnicamente adequada do sistema de abastecimento de água, subsidiando a proposição de ações mais assertivas tanto para a zona urbana quanto para a zona rural do município.

MINUTA

Tabela 7: Projeção da demanda de abastecimento de água – área urbana de Palmeira/PR (2025–2045).

Ano	População (CL)	Demanda Máxima de água (L/s)	Índice de Perdas (L/s)	Produção Necessária (L/s)	Capacidade Instalada (L/s)	Saldo ou Deficit (L/s)	Saldo ou Deficit (%)	Volume de reservação necessário (m³)	Volume de reservação instalado (m³)	Saldo ou déficit de reservação (m³)	Nº de ligações (m³)	Extensão da Rede	Extensão da rede projetada
2025	24126	42.91	12.37	55.28	57.00	1.72	4%	1,223.47	1900.00	36%	6843	217800	169013.41
2026	25962	46.18	13.31	59.49	57.00	- 2.49	-5%	1,316.58	1900.00	31%	7363	217800	181875.41
2027	27798	49.44	14.25	63.70	57.00	- 6.70	-14%	1,409.69	1900.00	26%	7884	217800	194737.41
2028	29634	52.71	15.20	67.90	57.00	- 10.90	-21%	1,502.79	1900.00	21%	8405	217800	207599.41
2029	31470	55.97	16.14	72.11	57.00	- 15.11	-27%	1,595.90	1900.00	16%	8926	217800	220461.41
2030	33306	59.24	17.08	76.32	57.00	- 19.32	-33%	1,689.01	1900.00	11%	9446	217800	233323.41
2031	35142	62.50	18.02	80.52	57.00	- 23.52	-38%	1,782.11	1900.00	6%	9967	217800	246185.41
2032	36978	65.77	18.96	84.73	57.00	- 27.73	-42%	1,875.22	1900.00	1%	10488	217800	259047.41
2033	38814	69.04	19.90	88.94	57.00	- 31.94	-46%	1,968.33	1900.00	-4%	11008	217800	271909.41
2034	40650	72.30	20.84	93.14	57.00	- 36.14	-50%	2,061.43	1900.00	-8%	11529	217800	284771.41
2035	42486	75.57	21.79	97.35	57.00	- 40.35	-53%	2,154.54	1900.00	-13%	12050	217800	297633.41
2036	44322	78.83	22.73	101.56	57.00	- 44.56	-57%	2,247.65	1900.00	-18%	12571	217800	310495.41
2037	46158	82.10	23.67	105.77	57.00	- 48.77	-59%	2,340.75	1900.00	-23%	13091	217800	323357.41
2038	47994	85.36	24.61	109.97	57.00	- 52.97	-62%	2,433.86	1900.00	-28%	13612	217800	336219.41
2039	49830	88.63	25.55	114.18	57.00	- 57.18	-65%	2,526.97	1900.00	-33%	14133	217800	349081.41
2040	51666	91.89	26.49	118.39	57.00	- 61.39	-67%	2,620.07	1900.00	-38%	14654	217800	361943.41
2041	53502	95.16	27.43	122.59	57.00	- 65.59	-69%	2,713.18	1900.00	-43%	15174	217800	374805.41
2042	55338	98.42	28.38	126.80	57.00	- 69.80	-71%	2,806.29	1900.00	-48%	15695	217800	387667.41
2043	57174	101.69	29.32	131.01	57.00	- 74.01	-73%	2,899.39	1900.00	-53%	16216	217800	400529.41

Ano	População (CL)	Demanda Máxima de água (L/s)	Índice de Perdas (L/s)	Produção Necessária (L/s)	Capacidade Instalada (L/s)	Saldo ou Deficit (L/s)	Saldo ou Deficit (%)	Volume de reservação necessário (m³)	Volume de reservação instalado (m³)	Saldo ou déficit de reservação (m³)	Nº de ligações (m³)	Extensão da Rede	Extensão da rede projetada
2044	59010	104.96	30.26	135.21	57.00	- 78.21	-75%	2,992.50	1900.00	-58%	16736	217800	413391.41
2045	60846	108.22	31.20	139.42	57.00	- 82.42	-76%	3,085.61	1900.00	-62%	17257	217800	426253.41

Fonte: Saneplan, 2026.

● Resultados

A partir da projeção da demanda de abastecimento de água para a área urbana do município de Palmeira/PR, observa-se que, no início do período de planejamento (2025), o sistema apresenta capacidade suficiente para atendimento da demanda, com produção necessária de 55,28 L/s frente a uma capacidade instalada de 57,00 L/s, resultando em um saldo positivo de 1,72 L/s (4%).

Entretanto, ao longo do horizonte de planejamento, verifica-se um crescimento progressivo da demanda, impulsionado principalmente pelo aumento populacional e pela ampliação do número de ligações. A demanda máxima de água evolui de 42,91 L/s em 2025 para 108,22 L/s em 2045, enquanto a produção necessária passa de 55,28 L/s para 139,42 L/s no mesmo período.

A partir de 2026, o sistema passa a apresentar déficit operacional, ainda que inicial e de baixa magnitude (-2,49 L/s ou -5%), indicando o início da insuficiência da capacidade instalada frente à demanda projetada. Esse déficit se intensifica progressivamente ao longo dos anos, atingindo valores mais críticos a partir de 2030.

No final do período de planejamento (2045), o déficit atinge 82,42 L/s (-76%), evidenciando uma significativa defasagem entre a capacidade de produção e a demanda requerida, o que reforça a necessidade de ampliação do sistema de abastecimento.

Em relação à reservação, observa-se comportamento semelhante. Inicialmente, o sistema apresenta superávit de reservação (36% em 2025), porém esse cenário se reduz gradativamente, tornando-se deficitário a partir de 2033. Ao final do período, o déficit de reservação atinge -62%, indicando que os volumes atualmente instalados não serão suficientes para atender às necessidades futuras.

Dessa forma, os resultados indicam que, embora o sistema apresente capacidade adequada no cenário atual, será necessária a implantação de melhorias graduais, incluindo ampliação da capacidade de produção, reforço da reservação e expansão da rede de distribuição, a fim de garantir a segurança hídrica e a continuidade do abastecimento ao longo do horizonte de planejamento.

5.1.3. Definição de Alternativas de Manancial para Atender a Área de Planejamento

Para garantir o abastecimento de água futuro em Palmeira/PR, é essencial definir alternativas viáveis de mananciais que assegurem um fornecimento contínuo e sustentável à população. Esse processo envolve a identificação, avaliação e seleção das fontes de água disponíveis, considerando tanto mananciais superficiais, como rios e reservatórios, quanto subterrâneos, incluindo aquíferos e poços tubulares profundos.

Atualmente no município é utilizada captação subterrânea por meio de poço tubular profundo e captação superficial realizada no Rio Pugas. Essas alternativas são consideradas adequadas frente às características hidrogeológicas locais, especialmente pela boa qualidade natural da água e pela facilidade de operação dos sistemas.

Considerando o crescimento projetado da população no horizonte de planejamento de 20 anos, é identificado um saldo positivo na produção e reservação, o que garante segurança operacional e afasta riscos de desabastecimento no período analisado. Entretanto, recomenda-se estudos para o monitoramento da disponibilidade hídrica, sobretudo em períodos de estiagem, bem como a avaliação de novos pontos de captação subterrânea como alternativa de segurança. Além disso, a continuidade da proteção e conservação do Rio Pugas é fundamental para assegurar a eficiência do manancial superficial. Caso seja constatado aumento de consumo acima do projetado ou eventos críticos que

comprometam a produção atual, poderá ser necessário o aprofundamento de estudos hidrogeológicos para expansão de poços tubulares ou a análise de interligações regionais como alternativas complementares.

A definição de alternativas de segurança hídrica constitui medida estratégica para garantir a sustentabilidade do sistema de abastecimento em longo prazo.

5.1.4. Definição de Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada

A partir da análise do diagnóstico do sistema de abastecimento de água e das projeções de demanda elaboradas para o horizonte de planejamento de 20 anos, foi possível identificar a existência de déficit entre a produção necessária de água e a capacidade instalada do sistema. As projeções indicam que a produção necessária varia entre aproximadamente 77 L/s e 78 L/s, enquanto a capacidade instalada de produção permanece em 57 L/s, resultando em déficit estimado entre 20 L/s e 21 L/s ao longo do período analisado.

Diante desse cenário, torna-se necessária a avaliação e definição de alternativas técnicas de engenharia capazes de garantir o atendimento adequado da demanda futura da população, assegurando a continuidade e a confiabilidade dos serviços de abastecimento de água.

Entre as principais alternativas técnicas que podem ser consideradas para suprir a demanda calculada, destacam-se:

- **Ampliação da capacidade de captação de água:**
Consiste na implantação de novas estruturas de captação ou na ampliação das estruturas existentes, possibilitando o aumento da vazão de água bruta disponível para o sistema. Essa alternativa pode envolver a utilização de novos mananciais ou a otimização do aproveitamento dos mananciais já utilizados.
- **Ampliação ou adequação da Estação de Tratamento de Água (ETA):**
Com o aumento da disponibilidade de água bruta captada, torna-se necessário garantir que a infraestrutura de tratamento seja capaz de processar a vazão adicional. Dessa forma, pode ser necessária a ampliação das unidades de tratamento existentes ou a implantação de novas unidades, assegurando a qualidade da água distribuída à população.

- Implantação de novas unidades de produção ou sistemas complementares:
Outra alternativa consiste na implantação de novas unidades de produção de água, como novos sistemas de captação e tratamento, ou ainda a perfuração de poços para exploração de águas subterrâneas, desde que haja viabilidade hidrogeológica e licenciamento ambiental adequado.
- Redução de perdas no sistema de distribuição:
A adoção de programas permanentes de controle e redução de perdas representa uma importante alternativa técnica e operacional para aumentar a eficiência do sistema. A implementação de ações como setorização da rede, substituição de trechos antigos ou deteriorados, instalação de macromedidores e intensificação das atividades de detecção e reparo de vazamentos pode contribuir significativamente para reduzir a necessidade de ampliação da produção.
- Expansão e adequação da rede de distribuição:
Considerando o crescimento do número de ligações ao longo do horizonte de planejamento, torna-se necessário planejar a ampliação da rede de distribuição, garantindo a adequada pressão e continuidade do abastecimento nas áreas de expansão urbana.

Dessa forma, a definição das alternativas técnicas de engenharia deve considerar não apenas a ampliação da capacidade de produção de água, mas também medidas estruturais e operacionais voltadas à otimização do sistema existente, garantindo maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis.

Essas alternativas deverão ser avaliadas quanto à viabilidade técnica, econômica, ambiental e operacional, de modo a subsidiar a definição das ações prioritárias a serem implementadas no âmbito do Plano Municipal de Saneamento Básico, visando assegurar o atendimento adequado da demanda futura de abastecimento de água no município de Palmeira.

5.2. Prognóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário

5.2.1. Gestão e Prestação de Serviços

A gestão e a prestação dos serviços de esgotamento sanitário no município de Palmeira/PR estão sob responsabilidade da Companhia de Saneamento do Paraná

(SANEPAR), concessionária estadual que atua na operação da rede coletora e das unidades de tratamento de esgoto existentes.

Apesar da presença de infraestrutura implantada na sede municipal, ainda se observa a coexistência de soluções individuais de disposição de esgoto, tais como fossas sépticas convencionais, fossas rudimentares e sumidouros, principalmente em áreas rurais e em regiões periféricas da área urbana. Essa característica indica que o sistema público de esgotamento sanitário, embora consolidado em parte do território, ainda não assegura a universalização dos serviços.

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), o município de Palmeira/PR apresenta 92,55% de atendimento da população urbana com coleta de esgoto. Em relação ao tratamento, 100% do esgoto coletado recebe tratamento, indicando que todo o volume coletado passa por processos adequados antes de sua disposição final. Esses indicadores demonstram desempenho compatível com as metas estabelecidas pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), que prevê a ampliação do acesso aos serviços de esgotamento sanitário e a universalização do atendimento.

5.2.2. Projeção da Demanda de Esgotamento Sanitário

5.2.2.1. Metodologia de Cálculo

Para a determinação das demandas relativas ao esgotamento sanitário optou-se por avaliar apenas onde já existem sistemas implantados. Esses sistemas correspondem a localidades com maior adensamento populacional no município. Para locais onde há grande dispersão dos domicílios, como nas áreas rurais, a instalação de redes coletoras torna-se inviável e, assim, soluções individuais, como substituições para o uso das fossas sépticas e o uso de limpa fossas, mostram-se mais apropriadas.

- **Vazão Média de Esgotos Produzida**

A produção de esgotos corresponde aproximadamente à vazão de água efetivamente consumida. Entende-se por consumo efetivo aquele registrado na micromedição da rede de distribuição de água, descartando-se, portanto, as perdas do sistema de abastecimento. Parte desse volume efetivo não chega aos coletores de esgoto, pois conforme a natureza de consumo perde-se por evaporação,

incorporação à rede pluvial ou escoamento superficial (ex.: irrigação de jardins e parques, lavagem de carros, instalações não conectadas à rede etc.). Dessa forma, para estimar a fração da água que adentra à rede de esgotos, aplica-se o coeficiente de retorno (R), que é a relação média entre o volume de esgoto produzido e a água efetivamente consumida. O coeficiente de retorno típico pode variar de 40% a 100%, sendo que usualmente adota-se o valor de 80% (VON SPERLING, 2005).

A vazão média de esgotos foi calculada para o período compreendido entre 2025 e 2045 (horizonte de 20 anos de planejamento do PMSB).

- **Vazão de Infiltração**

A infiltração no sistema de esgotamento pode ocorrer por meio de defeitos na tubulação, conexões, juntas ou paredes de poços de visita e é calculada em função do coeficiente de infiltração e extensão da rede.

Algumas características do sistema de coleta influenciam no coeficiente de infiltração, como, por exemplo, extensão da rede coletora, diâmetro das tubulações, área servida, tipo de junta, permeabilidade do solo e posição da rede em relação ao lençol freático, topografia e densidade populacional. Para esta projeção, utilizou o valor de 0,20 L/s.km como coeficiente de infiltração.

- **Demanda por Coleta e Tratamento de Esgotos**

A demanda por coleta e tratamento de esgotos foi resultante da soma da vazão média de esgotos produzida e da vazão de infiltração, o que representa a vazão que efetivamente chega em uma ETE ou em outro sistema de tratamento de esgotos.

Destaca-se que para a realização deste prognóstico a demanda calculada considerou o atendimento de 100% da população do sistema analisado, considerando a universalização do acesso à coleta e ao tratamento de esgoto.

- **Capacidade Instalada**

A capacidade instalada refere-se à vazão média de tratamento projetada para final de plano dos sistemas de tratamento que já se encontram em operação. Ressalta-se que a capacidade instalada de tratamento foi mantida constante ao longo dos anos e, dessa forma, avaliou-se se o que existe atualmente, ou o que foi projetado, será capaz de atender a demanda futura.

Neste prognóstico, considera-se que a capacidade de tratamento instalada para Palmeira é de 54 L/s de acordo com o volume de tratamento fornecido pela

SANEPLAN (2025).

- **Avaliação do Saldo ou Déficit**

Para avaliar se os sistemas de esgotamento sanitário instalados para o município de Palmeira são capazes de atender a demanda necessária, subtrai-se a demanda por coleta e tratamento da capacidade instalada e avalia-se o seu déficit ou saldo.

5.2.2.2. Demanda no Cenário Tendencial e Alternativo

Com relação a demanda anual de esgotamento sanitário para uma projeção populacional de 20 anos, pode-se analisar os quadros de demandas de esgotamento sanitário no município, considerando a projeção populacional tendencial o método geométrico e a projeção populacional alternativa o método aritmético, como identificado nas tabelas 9 e 10.

Para a realização dos cálculos de demandas, utiliza-se os seguintes dados da tabela abaixo, considerando dados fornecidos pelo SNIS (2022), AGEPAR (2022), IPARDES (2025) e IBGE (2022).

Tabela 8: Dados de referência para cálculos de demanda de esgotamento.

Dados de Referência de Palmeira-PR	
População (IBGE 2022)	33.855 hab
Consumo Per Capita (SANEPLAN)	87,51 L/hab.dia
K1	1,20
k2	1,50
k3	0,50
Densidade	3,81 hab/lig
Coeficiente de Retorno	0,80
Coeficiente de Infiltração	0,20 L/s.km
Fator de extensão da rede (SANEPLAN)	14,86 m/lig
Número de ligações (SANEPLAN)	8.890 lig
Extensão da Rede (SANEPLAN)	132,13 km

Dados de Referência de Palmeira-PR	
Capacidade de tratamento (SANEPAR)	54 L/s

Fonte: Saneplan (2025).

- **Demanda no Cenário Tendencial**

Na Tabela 9 são apresentadas as demandas pelos serviços de esgotamento sanitários existentes em todo o município, tendo como referência a projeção populacional no cenário tendencial, abrangendo o horizonte de planejamento do PMSB (2025-2045).

MINUTA

Tabela 9: Demanda de esgotamento sanitário para projeção tendencial do PMSB de Palmeira-PR.

Ano	População (CL)	Vazão média de esgotos produzida (L/s)	Nº de ligações	Nº de ligações (projetadas)	Extensão da rede projetada (Km)	Extensão de Rede Instalada (km)	Saldo ou déficit (rede)	Vazão de infiltração (L/s)	Demanda por coleta e tratamento (L/s)	Capacidade instalada de tratamento (L/s)	Saldo ou déficit (L/s)
2025	33871	27.44	8890	8894	132.17	132.13	0%	5.49	32.93	54.00	39%
2026	33887	27.46	8890	8898	132.23	132.13	0%	5.49	32.95	54.00	39%
2027	33903	27.47	8890	8902	132.29	132.13	0%	5.49	32.96	54.00	39%
2028	33918	27.48	8890	8907	132.35	132.13	0%	5.50	32.98	54.00	39%
2029	33934	27.50	8890	8911	132.41	132.13	0%	5.50	33.00	54.00	39%
2030	33950	27.51	8890	8915	132.48	132.13	0%	5.50	33.01	54.00	39%
2031	33966	27.52	8890	8919	132.54	132.13	0%	5.50	33.03	54.00	39%
2032	33982	27.53	8890	8923	132.60	132.13	0%	5.51	33.04	54.00	39%
2033	33998	27.55	8890	8928	132.66	132.13	0%	5.51	33.06	54.00	39%
2034	34014	27.56	8890	8932	132.72	132.13	0%	5.51	33.07	54.00	39%
2035	34030	27.57	8890	8936	132.79	132.13	0%	5.51	33.09	54.00	39%
2036	34046	27.59	8890	8940	132.85	132.13	-1%	5.52	33.10	54.00	39%
2037	34062	27.60	8890	8944	132.91	132.13	-1%	5.52	33.12	54.00	39%
2038	34077	27.61	8890	8948	132.97	132.13	-1%	5.52	33.13	54.00	39%
2039	34093	27.63	8890	8953	133.04	132.13	-1%	5.53	33.15	54.00	39%
2040	34109	27.64	8890	8957	133.10	132.13	-1%	5.53	33.17	54.00	39%
2041	34125	27.65	8890	8961	133.16	132.13	-1%	5.53	33.18	54.00	39%
2042	34141	27.66	8890	8965	133.22	132.13	-1%	5.53	33.20	54.00	39%
2043	34157	27.68	8890	8969	133.28	132.13	-1%	5.54	33.21	54.00	38%
2044	34173	27.69	8890	8974	133.35	132.13	-1%	5.54	33.23	54.00	38%

Ano	População (CL)	Vazão média de esgotos produzida (L/s)	Nº de ligações	Nº de ligações (projetadas)	Extensão da rede projetada (Km)	Extensão de Rede Instalada (km)	Saldo ou déficit (rede)	Vazão de infiltração (L/s)	Demanda por coleta e tratamento (L/s)	Capacidade instalada de tratamento (L/s)	Saldo ou déficit (L/s)
2045	34189	27.70	8890	8978	133.41	132.13	-1%	5.54	33.24	54.00	38%

Fonte: SANEPLAN (2025).

- **Demanda no Cenário Alternativo**

Na Tabela 10 são apresentadas as demandas pelos serviços de esgotamento sanitários existentes, tendo como referência a projeção populacional no cenário alternativo, abrangendo o horizonte de planejamento do PMSB.

Tabela 10: Demanda de esgotamento sanitário para projeção alternativa do PMSB de Palmeira-PR.

Ano	População (CL)	Vazão média de esgotos produzida (L/s)	Nº de ligações	Nº de ligações (projetadas)	Extensão da rede projetada (Km)	Extensão de Rede Instalada (km)	Saldo ou déficit (rede)	Vazão de infiltração (L/s)	Demanda por coleta e tratamento (L/s)	Capacidade instalada de tratamento (L/s)	Saldo ou déficit (L/s)
2025	33871	27.44	8890	8894	132.17	132.13	0%	5.49	32.93	54.00	39%
2026	33887	27.46	8890	8898	132.23	132.13	0%	5.49	32.95	54.00	39%
2027	33902	27.47	8890	8902	132.29	132.13	0%	5.49	32.96	54.00	39%
2028	33918	27.48	8890	8907	132.35	132.13	0%	5.50	32.98	54.00	39%
2029	33934	27.50	8890	8911	132.41	132.13	0%	5.50	33.00	54.00	39%
2030	33950	27.51	8890	8915	132.47	132.13	0%	5.50	33.01	54.00	39%
2031	33966	27.52	8890	8919	132.54	132.13	0%	5.50	33.03	54.00	39%
2032	33981	27.53	8890	8923	132.60	132.13	0%	5.51	33.04	54.00	39%
2033	33997	27.55	8890	8927	132.66	132.13	0%	5.51	33.06	54.00	39%

2034	34013	27.56	8890	8931	132.72	132.13	0%	5.51	33.07	54.00	39%
2035	34029	27.57	8890	8936	132.78	132.13	0%	5.51	33.09	54.00	39%
2036	34044	27.59	8890	8940	132.84	132.13	-1%	5.52	33.10	54.00	39%
2037	34060	27.60	8890	8944	132.91	132.13	-1%	5.52	33.12	54.00	39%
2038	34076	27.61	8890	8948	132.97	132.13	-1%	5.52	33.13	54.00	39%
2039	34092	27.62	8890	8952	133.03	132.13	-1%	5.52	33.15	54.00	39%
2040	34108	27.64	8890	8956	133.09	132.13	-1%	5.53	33.16	54.00	39%
2041	34123	27.65	8890	8960	133.15	132.13	-1%	5.53	33.18	54.00	39%
2042	34139	27.66	8890	8965	133.21	132.13	-1%	5.53	33.19	54.00	39%
2043	34155	27.67	8890	8969	133.28	132.13	-1%	5.53	33.21	54.00	39%
2044	34171	27.69	8890	8973	133.34	132.13	-1%	5.54	33.23	54.00	38%
2045	34187	27.70	8890	8977	133.40	132.13	-1%	5.54	33.24	54.00	38%

Fonte: SANEPLAN (2025).

● Resultados

Para o prognóstico do sistema de esgotamento sanitário do município de Palmeira foi realizada a projeção da geração de esgoto e da demanda por coleta e tratamento para um horizonte de planejamento de 20 anos, compreendendo o período de 2024 a 2045. Para essa análise foram considerados dois cenários de projeção: cenário tendencial e cenário alternativo, os quais permitem avaliar o comportamento futuro do sistema frente às condições atuais de crescimento populacional e expansão da infraestrutura.

De modo geral, observa-se que os dois cenários apresentam resultados praticamente equivalentes ao longo de todo o período analisado, com variações pouco significativas entre as projeções. Em ambos os casos, a vazão média de esgotos produzida apresenta crescimento gradual, passando de aproximadamente 27,43 L/s em 2024 para cerca de 27,70 L/s em 2045, acompanhando a evolução da população atendida.

Ao considerar a contribuição de infiltração na rede coletora, a demanda total por coleta e tratamento de esgoto passa de aproximadamente 32,92 L/s no início do horizonte de planejamento para cerca de 33,24 L/s ao final do período analisado. Esses valores representam a vazão total que deverá ser encaminhada ao sistema de tratamento.

Em relação à infraestrutura existente, observa-se que a capacidade instalada de tratamento de esgoto no município é de 54 L/s, valor que se mantém constante ao longo de todo o horizonte de planejamento. Quando comparada à demanda projetada, verifica-se que o sistema apresenta saldo positivo significativo de capacidade de tratamento durante todo o período analisado.

Os resultados indicam que o sistema apresenta superávit operacional de aproximadamente 39% no início do período, mantendo-se em torno de 38% ao final do horizonte de planejamento, tanto no cenário tendencial quanto no cenário alternativo. Isso demonstra que a capacidade instalada de tratamento é significativamente superior à demanda projetada, garantindo margem operacional adequada para absorver o crescimento populacional previsto.

No que se refere à infraestrutura de coleta, a extensão da rede instalada apresenta valor próximo de 132,13 km, enquanto a extensão projetada da rede acompanha o crescimento do número de ligações. Ao longo do horizonte de planejamento, observa-se uma situação de equilíbrio entre a extensão instalada e a necessidade projetada, com pequenas variações pontuais que indicam leve necessidade de expansão da rede em alguns períodos.

A análise comparativa entre os dois cenários demonstra que não há diferenças relevantes em relação aos resultados de capacidade do sistema, especialmente no que se refere ao saldo entre a demanda por tratamento e a capacidade instalada. Em ambos os cenários, o sistema mantém condições favoráveis de atendimento da demanda futura, sem indicação de déficit estrutural no tratamento de esgoto ao longo do horizonte de planejamento.

Dessa forma, os resultados do prognóstico indicam que o sistema de tratamento de esgoto do município de Palmeira possui capacidade suficiente para atender a demanda projetada para os próximos 20 anos, mantendo margem de segurança operacional superior a 35% durante todo o período analisado. Essa condição representa um cenário favorável para o planejamento do sistema, permitindo que as

ações prioritárias sejam direcionadas principalmente para expansão da rede coletora e ampliação do número de ligações domiciliares, de modo a ampliar o atendimento à população e aproveitar plenamente a capacidade instalada de tratamento.

5.2.3. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada

Com base nas projeções realizadas para o horizonte de planejamento de 20 anos, verificou-se que a demanda por coleta e tratamento de esgotos no município de Palmeira apresenta crescimento pouco expressivo ao longo do período analisado. A demanda total para coleta e tratamento de esgotos, considerando a contribuição de infiltração na rede, varia de aproximadamente 32,92 L/s no início do período para cerca de 33,24 L/s ao final do horizonte de planejamento.

Quando comparada à capacidade instalada de tratamento do sistema, estimada em 54 L/s, observa-se que o sistema apresenta saldo positivo de capacidade durante todo o período analisado, mantendo superávit operacional entre aproximadamente 38% e 39%. Dessa forma, os resultados indicam que não há déficit de capacidade de tratamento de esgotos no horizonte de planejamento, sendo a infraestrutura existente suficiente para atender à demanda futura projetada.

Diante desse cenário, as alternativas técnicas de engenharia voltadas ao atendimento da demanda calculada concentram-se principalmente na manutenção da capacidade instalada e na adequada operação do sistema existente, garantindo a continuidade e eficiência dos serviços prestados.

Nesse contexto, as principais ações técnicas a serem consideradas incluem:

- Manutenção e operação adequada das unidades de tratamento existentes, assegurando o desempenho operacional e a eficiência do processo de tratamento de esgotos;
- Monitoramento contínuo da vazão afluyente ao sistema, permitindo acompanhar o comportamento da demanda ao longo do tempo;
- Acompanhamento da evolução do número de ligações e da expansão da rede coletora, garantindo que o crescimento do sistema ocorra de forma planejada e compatível com a infraestrutura existente.

Dessa forma, considerando o saldo positivo de capacidade identificado nas projeções, não se verifica, no horizonte de planejamento analisado, a necessidade

de ampliação da capacidade de tratamento de esgotos, sendo suficiente a manutenção e gestão eficiente do sistema existente para garantir o atendimento da demanda futura.

5.2.4. Sistemas Individuais

Os sistemas individuais de tratamento de esgoto são soluções descentralizadas que atendem residências ou pequenas comunidades, especialmente em áreas rurais e locais afastados dos centros urbanos, onde não há viabilidade para redes coletivas de esgotamento sanitário. Essas tecnologias são fundamentais para a promoção da saúde pública e preservação ambiental, sendo especialmente indicadas para regiões com baixa densidade populacional e características geográficas que dificultam o acesso a sistemas coletivos.

A falta de saneamento básico adequado afeta de maneira significativa as áreas rurais, onde grande parte da população ainda convive com práticas inadequadas, como o despejo direto de dejetos no solo ou em corpos d'água, contribuindo para a contaminação dos mananciais. Nesse contexto, os sistemas individuais representam uma solução eficiente, promovendo o tratamento local dos efluentes domésticos e reduzindo os impactos negativos no meio ambiente.

Entre as tecnologias mais comuns, destacam-se as fossas sépticas, valas de infiltração, filtros anaeróbios, sumidouros, fossas sépticas biodigestoras, círculos de bananeiras, tanques de evapotranspiração (TEvap) e wetlands. Esses sistemas são projetados para realizar diferentes etapas do tratamento do esgoto, desde a separação de sólidos e líquidos até a disposição final do efluente tratado.

As fossas sépticas são estruturas essenciais no tratamento primário do esgoto, sendo responsáveis por separar espuma, sólidos e líquidos, promover a digestão anaeróbia do lodo e armazenar os resíduos. Sua instalação deve seguir critérios técnicos, como o afastamento de pelo menos 30 metros de poços ou fontes de água, e manutenção periódica para remoção do lodo acumulado. Para complementar o tratamento, podem ser utilizadas valas de infiltração e filtros anaeróbios, que realizam o tratamento secundário, reduzindo a carga orgânica do efluente em até 80%. As valas de infiltração consistem em escavações onde tubos de dreno com brita ou bambu permitem o escoamento do efluente para o solo, enquanto os filtros

anaeróbios utilizam materiais filtrantes que fixam bactérias responsáveis pela digestão da matéria orgânica.

Os sumidouros, por sua vez, são poços escavados no solo que permitem a infiltração do efluente tratado. Sua construção deve respeitar especificações, como um diâmetro mínimo de um metro e profundidade máxima de três metros, e é uma solução eficaz em áreas onde o lençol freático não está elevado.

Alternativas mais sustentáveis, como os círculos de bananeiras e os tanques de evapotranspiração, associam o tratamento do esgoto à reutilização de água e nutrientes, promovendo o crescimento de plantas e reduzindo impactos ambientais. Já as estações compactas de tratamento de esgoto são opções modernas e altamente eficientes, ideais para comunidades maiores. Essas unidades, que ocupam menos espaço que os sistemas convencionais, possuem operação simplificada, geram menor volume de lodo e apresentam alta eficiência no tratamento de efluentes, com remoção de carga orgânica acima de 90%.

A implantação de sistemas descentralizados em áreas isoladas é uma solução essencial para atender às demandas de saneamento básico, garantindo melhorias significativas para a saúde pública e a preservação ambiental. Além disso, é indispensável que o Poder Público ou concessionárias realizem a coleta e destinação adequada do lodo e dos efluentes gerados, monitorando continuamente a qualidade da água dos mananciais para assegurar o cumprimento das exigências legais e ambientais. Essas ações contribuem para a sustentabilidade e qualidade de vida nas comunidades rurais e menos favorecidas.

5.2.4.1. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico

As Tecnologias Sociais (TS) aplicadas ao saneamento básico são práticas sustentáveis que visam solucionar problemas relacionados ao tratamento de esgoto e gestão de recursos hídricos, especialmente em comunidades rurais ou áreas com baixa infraestrutura sanitária. Essas tecnologias envolvem a participação ativa da comunidade, promovendo soluções adaptadas às necessidades locais.

Em Palmeira, considerando as áreas rurais e a ausência de rede de esgotamento sanitário em algumas regiões, torna-se essencial implementar sistemas descentralizados e de baixo custo, capazes de tratar os resíduos de maneira eficiente, respeitando as condições ambientais e econômicas do município,

onde a aplicação dessas tecnologias pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida e para a preservação ambiental.

Nas áreas rurais onde a densidade populacional é baixa e a implementação de sistemas coletivos pode não ser viável, os sistemas unifamiliares são alternativas práticas e econômicas. Entretanto, para comunidades com maior concentração de residências, pode-se considerar a implantação de sistemas coletivos, mediante estudos técnicos.

Entre as tecnologias sociais recomendadas, destacam-se:

- Fossa Séptica Biodigestora: Combina o tratamento primário de esgoto com a produção de biogás, podendo ser usado para fins domésticos.
- Tanques de Evapotranspiração: Sistema fechado que trata os efluentes por meio da infiltração no solo e da evaporação, evitando a contaminação do lençol freático.
- Zona de Raízes: Utiliza plantas para filtrar e tratar o esgoto, promovendo a purificação biológica do efluente.
- Círculo de Bananeiras: Método de reutilização de águas cinzas, no qual as águas são direcionadas para uma área plantada com bananeiras, que absorvem os nutrientes e melhoram o solo.
- Banheiro Seco: Não utiliza água, transformando os resíduos humanos em composto orgânico por meio de um processo de decomposição controlada.

A adoção dessas tecnologias sociais no saneamento é uma estratégia eficiente para garantir o tratamento adequado do esgoto doméstico em áreas não atendidas por redes convencionais. Além de melhorar a saúde pública, essas práticas ajudam a proteger os recursos hídricos e podem ser implantadas com baixo custo, promovendo o envolvimento e a conscientização da comunidade sobre a importância da gestão do saneamento.

5.2.4.1.1. Fossas Sépticas Biodigestoras

A Fossa Séptica Biodigestora - FSB é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa Instrumentação em 2001, com o objetivo de tratar a água proveniente de vasos sanitários de forma eficiente, sustentável e de baixo custo. O sistema é composto por três caixas d'água com capacidade mínima de 1.000 litros cada, conectadas em sequência. Através desse processo, ocorre a degradação da matéria

orgânica presente no esgoto, transformando-a em biofertilizante que pode ser utilizado em algumas culturas agrícolas, desde que respeitados os critérios de segurança sanitária estabelecidos pela Norma Técnica P4.230 da CETESB.

Figura 3: Desenho de fossa séptica biodigestora.



Fonte: Google - EMBRAPA (2025).

O princípio de funcionamento baseia-se na fermentação anaeróbia, realizada por microrganismos presentes no próprio esgoto. Esses microrganismos, sob condições adequadas de temperatura, tempo de retenção e nutrientes, consomem a matéria orgânica e convertem o esgoto bruto em efluente tratado. Este efluente pode ser aplicado no solo como fertilizante natural, contribuindo para o ciclo sustentável de nutrientes.

Para iniciar o sistema, é necessário aplicar mensalmente uma mistura de cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água. O esterco de ruminantes contém bactérias que aceleram o processo de biodigestão, reduzem odores e melhoram a qualidade do efluente final. O sistema é modular, permitindo ajustes para atender residências com mais de cinco pessoas. Cada módulo adicional de 1.000 litros pode ser dimensionado conforme a população da residência, garantindo a eficiência do tratamento.

As duas primeiras caixas do sistema funcionam como módulos de fermentação, onde ocorre intensamente a ação dos microrganismos anaeróbios. A terceira caixa, conhecida como caixa coletora, armazena o efluente tratado, que pode ser retirado e utilizado na agricultura como fertilizante para culturas como capim e milho. Todo o

processo ocorre de forma natural, sem necessidade de energia elétrica, tornando o sistema ideal para áreas rurais ou locais com infraestrutura limitada.

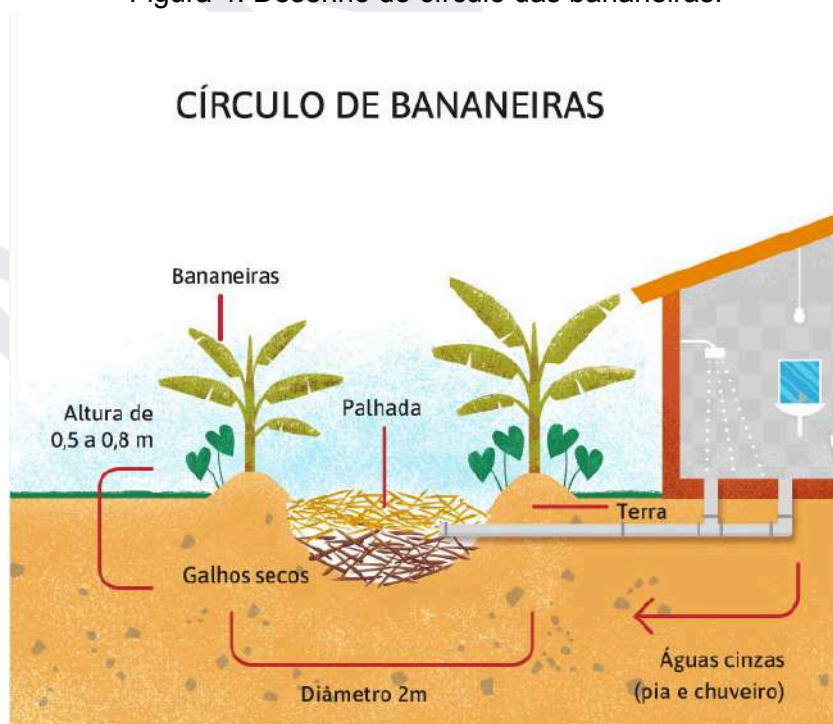
A instalação da fossa séptica biodigestora é simples e requer materiais acessíveis, como caixas de 1.000 litros, tubulações de 100 mm e conexões de vedação. O sistema também promove benefícios ambientais, ao reduzir a contaminação do solo e dos corpos hídricos por esgoto doméstico não tratado.

Além disso, o efluente final é livre de microrganismos causadores de doenças, desde que o sistema seja operado corretamente, promovendo ganhos significativos tanto na saúde pública quanto na preservação ambiental. Essa solução é uma excelente alternativa para comunidades rurais, pois alia simplicidade, eficiência e sustentabilidade, destacando-se como uma das principais tecnologias sociais para saneamento básico no Brasil.

5.2.4.1.2. Círculo de Bananeiras

O Círculo de Bananeiras é uma tecnologia social de baixo custo e baixo impacto ambiental, projetada para o tratamento de águas cinzas ou como complemento ao tratamento de esgoto doméstico. O sistema é simples, mas eficaz, sendo especialmente adequado para áreas rurais ou comunidades com infraestrutura de saneamento limitada.

Figura 4: Desenho do círculo das bananeiras.



Fonte: Google - CBH Rio das Velhas (2025).

A estrutura básica do Círculo de Bananeiras consiste em uma vala circular, com profundidade entre 0,5 e 1 metro e diâmetro interno de 1,4 a 2 metros. A escavação pode ser feita manualmente ou com o auxílio de maquinários, e o solo não deve ser impermeabilizado ou compactado. O fundo da vala é preenchido com galhos e palhada (como capim seco ou folhas de bananeira), criando um ambiente arejado que favorece a infiltração da água e a decomposição dos resíduos.

A água cinza é direcionada para o círculo por meio de uma tubulação, com a extremidade final equipada com um joelho, que permite a distribuição uniforme da água sobre a camada de palha, evitando o contato direto da água com o solo. As plantas, especialmente as bananeiras, que são colocadas ao redor da vala, absorvem os nutrientes presentes na água cinza e ajudam no processo de evapotranspiração, transferindo a umidade do solo para a atmosfera. Isso reduz a quantidade de água que fica no solo, prevenindo o acúmulo de resíduos e promovendo a degradação dos compostos orgânicos.

Além de promover o tratamento das águas residuais, o Círculo de Bananeiras contribui para o enriquecimento do solo, pois as plantas utilizam os nutrientes presentes na água para o seu crescimento. Esse processo ajuda a reciclar os nutrientes e a melhorar a qualidade do solo, favorecendo o cultivo de plantas como a bananeira e outras que se beneficiam de solos ricos em matéria orgânica e com boa capacidade de retenção de umidade.

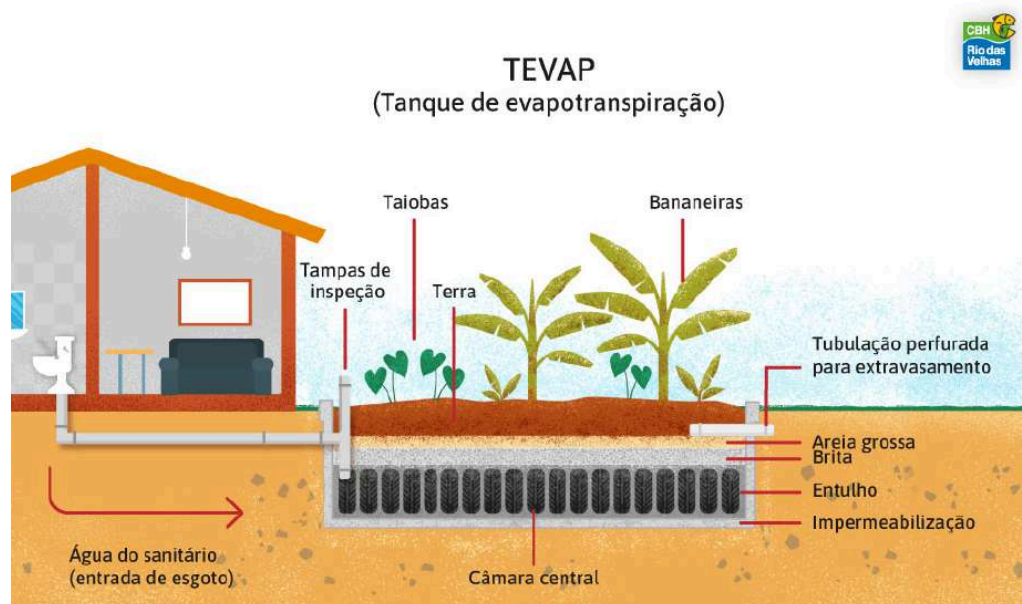
Essa tecnologia tem se mostrado eficaz, sustentável e de fácil implementação, oferecendo uma alternativa viável para comunidades com pouca infraestrutura de saneamento básico. Sua adoção pode reduzir os impactos ambientais causados pelo lançamento inadequado de águas residuais e promover a reutilização de recursos naturais de forma eficiente e ecológica.

5.2.4.1.3. Tanques de Evapotranspiração - TEvap

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é uma tecnologia sustentável voltada para o tratamento das águas residuais provenientes de vasos sanitários, oferecendo uma solução prática e ecológica para o saneamento básico. Ele é composto por um reservatório hermético e impermeável, que possui diversas camadas de materiais como entulho, brita, areia e terra. O sistema é adornado com plantas de crescimento

rápido e alta exigência hídrica, como bananeiras, taiobas, inhames ou mamoeiros, que desempenham papel essencial no processo de evapotranspiração.

Figura 5: Desenho do TEVAP.



Fonte: Google - CBH Rio das Velhas (2025).

O funcionamento do TEvap começa com a entrada do esgoto, que é direcionado para uma câmara central localizada no fundo do tanque através de uma tubulação de 100 mm. Essa câmara é responsável pela sedimentação dos sólidos e pelo início da digestão anaeróbica. A partir daí, o esgoto sobe pelas camadas filtrantes compostas por materiais como entulho, brita e areia, onde microrganismos realizam a digestão da matéria orgânica. Na parte inferior do sistema, esse processo ocorre de forma anaeróbica, enquanto nas camadas centrais e superiores há decomposição aeróbica, mineralização e absorção de nutrientes.

Na camada superior do reservatório, composta por terra, são cultivadas as plantas que utilizam os nutrientes presentes no esgoto para o crescimento de folhas e frutos. Paralelamente, a água é transferida para a atmosfera por meio do processo de evapotranspiração, concluindo o ciclo de tratamento. O TEvap apresenta várias vantagens em relação a tecnologias convencionais, como a ausência de saída de efluentes líquidos, eliminando riscos de contaminação ambiental. Além disso, o sistema não exige etapas de pré-tratamento para remoção de sólidos grosseiros ou pós-tratamento para redução de matéria orgânica e eliminação de patógenos, pois essas funções são integradas ao processo.

Outro benefício é o baixo custo, já que o TEvap utiliza materiais acessíveis como areia, brita e entulho, além de possibilitar o reaproveitamento de materiais recicláveis, como pneus usados. Os nutrientes presentes no esgoto são reaproveitados pelas plantas, funcionando como adubo natural, o que torna o sistema ainda mais sustentável e eficiente. Por essas características, o Tanque de Evapotranspiração é uma solução ideal para áreas rurais ou locais onde o saneamento convencional é inviável, promovendo o tratamento eficaz dos resíduos, a preservação do meio ambiente e o reaproveitamento de recursos naturais.

5.2.4.1.4. Banheiro Seco

O banheiro seco é uma tecnologia sustentável que visa o tratamento e o reaproveitamento de resíduos humanos sem a necessidade de água. Esse sistema é especialmente útil em áreas rurais ou locais onde o acesso a sistemas convencionais de saneamento e ao abastecimento de água é limitado. Além de promover a economia de água, o banheiro seco transforma os resíduos em compostagem, podendo ser utilizada como adubo natural para agricultura ou paisagismo, desde que respeitadas as normas sanitárias.

O funcionamento do banheiro seco é baseado no princípio da separação dos resíduos líquidos e sólidos. Geralmente, o banheiro conta com dois compartimentos: um destinado às fezes e outro para a urina. Os resíduos sólidos são depositados em um reservatório e, após cada uso, são cobertos com materiais orgânicos secos, como serragem, cinzas, palha ou folhas secas. Esses materiais ajudam a controlar odores, evitam a proliferação de insetos e promovem a decomposição dos resíduos.

O processo de compostagem ocorre naturalmente no reservatório, onde os microrganismos decompõem a matéria orgânica em condições aeróbicas. Em um período de meses, dependendo do clima e da manutenção do sistema, os resíduos se transformam em um composto seguro e rico em nutrientes, podendo ser utilizado como fertilizante em áreas agrícolas ou jardins. A urina, por sua vez, pode ser coletada separadamente e diluída para ser utilizada como adubo líquido rico em nitrogênio.

Os banheiros secos possuem diversas vantagens, como a redução do consumo de água, a prevenção da contaminação do solo e das águas subterrâneas e a reutilização dos resíduos humanos como recurso útil. Além disso, o sistema é

econômico, de fácil construção e manutenção, podendo ser adaptado a diferentes realidades e necessidades locais.

Essa tecnologia é uma solução eficaz e sustentável para o saneamento básico, promovendo a preservação ambiental e a valorização de recursos naturais, especialmente em contextos de vulnerabilidade hídrica ou ausência de infraestrutura sanitária convencional.

5.3. Prognóstico do Sistema de Resíduos Sólidos

5.3.1. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O município dispõe atualmente de uma estrutura de gerenciamento de resíduos sólidos que apresenta limitações quanto à sua abrangência e eficiência operacional. A coleta é realizada de forma convencional, atendendo à área urbana e parte da zona rural, porém sem cobertura total da população.

Devido à ausência de informações atualizadas fornecidas pelo município, este diagnóstico utilizou fontes secundárias, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para o levantamento de dados referentes ao sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Ainda assim, observam-se lacunas quanto ao detalhamento sobre frota, rotas, frequência e capacidade operacional dos veículos, o que dificulta a avaliação minuciosa da infraestrutura existente.

No que se refere ao tratamento, observa-se a inexistência de uma unidade de triagem e reciclagem devidamente estruturada, o que compromete a segregação dos resíduos na origem e a recuperação de materiais recicláveis. A coleta seletiva ocorre de maneira incipiente, não alcançando a totalidade da população e dependendo, em grande parte, da atuação de catadores informais e associações locais.

A disposição final é realizada em aterro sanitário, porém sem evidências de aproveitamento energético ou de tecnologias complementares de valorização dos resíduos. Essa condição aponta para a necessidade de investimentos futuros em infraestrutura de triagem, reaproveitamento de recicláveis e educação ambiental, a fim de reduzir a pressão sobre a destinação final.

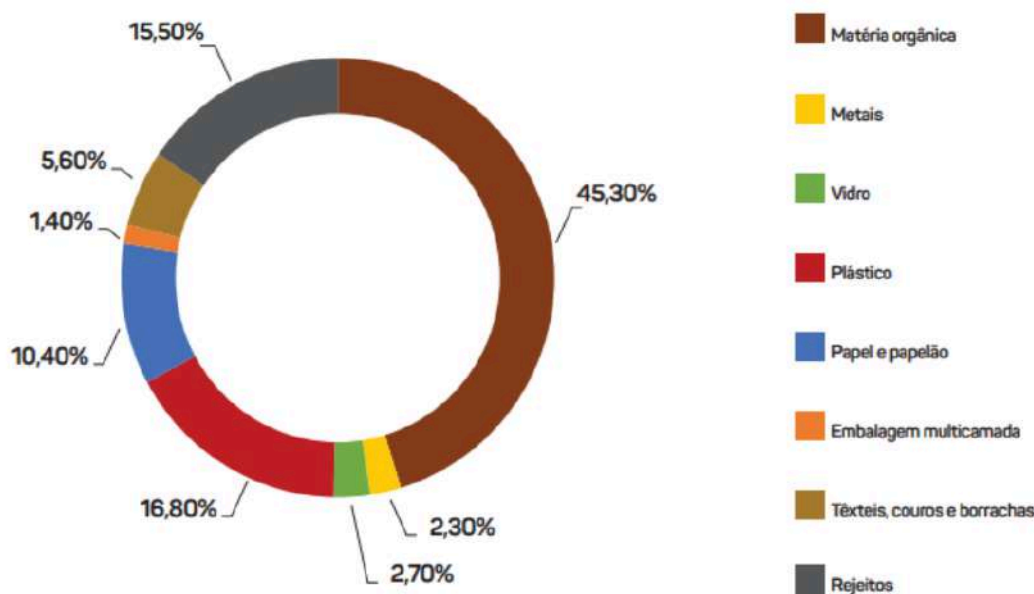
5.3.2. Produção de Resíduos Sólidos

A estimativa da produção de resíduos sólidos urbanos do município de Palmeira/PR foi realizada com base em dados do SNIS (2022) para geração per

capita e na composição gravimétrica de referência nacional (ABRELPE/2020), devido à indisponibilidade de informações detalhadas fornecidas pelo município. Considerando a população de referência de 33.855 habitantes e uma taxa de geração de 0,71 kg/hab·dia, a produção total diária de resíduos sólidos é de aproximadamente 17.943 kg/dia, o que equivale a cerca de 17,94 toneladas por dia. Anualmente, essa produção corresponde a 6.549 toneladas de resíduos sólidos urbanos.

Como o município não apresenta uma análise gravimétrica de seus resíduos, considera-se que a sua composição dos resíduos sólidos acompanha a estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil, sendo de 45,3% são resíduos orgânicos, 33,6% recicláveis secos (papel, plástico, vidro e metal, além de embalagens multicamadas), 5,6% de resíduos têxteis, couro e de borrachas, e 15,5% rejeitos. A figura a seguir da ABRELPE de 2022 apresenta essa estimativa média da composição gravimétrica no Brasil, no qual conforme informações do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, os dados apresentados foram obtidos a partir da análise e consolidação de aproximadamente 200 estudos, entre eles publicações acadêmicas, científicas e dados primários. Esses materiais seguiam metodologias semelhantes e abordavam períodos de tempo compatíveis. A composição gravimétrica nacional foi estimada utilizando a média ponderada, considerando a geração total de resíduos sólidos urbanos conforme as faixas de renda dos municípios e suas respectivas composições, levando-se em conta a população e a geração per capita (ABRELPE, 2020).

Figura 6: Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil.



Fonte: ABRELPE (2020).

Esses dados indicam que a cidade possui potencial significativo para a valorização de resíduos, tanto no que se refere à reciclagem de materiais quanto ao aproveitamento de resíduos orgânicos por meio de compostagem ou outras tecnologias de tratamento biológico. A elevada fração de recicláveis evidencia a necessidade de fortalecer programas de coleta seletiva, triagem e reaproveitamento, enquanto a predominância de matéria orgânica reforça a importância de soluções voltadas à redução de impactos ambientais e ao aproveitamento energético ou agrônômico dos resíduos biodegradáveis.

Portanto, a caracterização da produção de resíduos sólidos do município fornece elementos essenciais para o planejamento do sistema, permitindo o dimensionamento adequado da infraestrutura de coleta, transporte, triagem e disposição final, bem como a definição de estratégias de educação ambiental e gestão integrada voltadas à sustentabilidade do sistema de resíduos sólidos urbanos.

5.3.3. Metodologia de Cálculo

Para a determinação das demandas por serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, foi considerada, para cada tipo de resíduo, a relação entre a produção per capita e a "população projetada". Como em Palmeira não há análise gravimétrica dos resíduos, foram utilizados dados da estimativa geral da composição

gravimétrica nacional. Esses valores servem de base para a definição das metas e a elaboração dos projetos do sistema de coleta e tratamento desses resíduos.

De acordo com o SNIS (2022), a massa de resíduos domiciliares e públicos coletados per capita em relação à população total atendida no município é de 0,71kg/hab./dia. As estimativas de geração nos cenários tendencial e alternativo podem ser observadas na Tabela 11 e Tabela 12, respectivamente.

Para os resíduos das atividades agrossilvopastoris e das atividades que utilizam óleo e lubrificantes, as demandas não serão calculadas, pois não há dados suficientes, como o número e o porte dos estabelecimentos/produtores. Essa falta de dados é considerada uma carência do município de Palmeira. Da mesma forma, para os resíduos de serviços de saúde, serão apresentadas as carências, mas não serão feitas projeções de geração a longo prazo, uma vez que não foi possível estimar o número de atendimentos realizados nas unidades de saúde ao longo dos anos.

De acordo com os dados da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil, a soma dos percentuais de resíduos recicláveis (plástico, papel, metais e vidro) é de aproximadamente 33,6% da amostra, sendo um terço dos resíduos analisados com potencial de reciclagem.

Para a realização dos cálculos de demandas, utiliza-se os seguintes dados da tabela abaixo, considerando dados fornecidos pelo SNIS (2022) e ABRELPE (2020) dos Resíduos Sólidos Urbanos nacionais.

Tabela 11: Dados de referência para cálculos de demanda de resíduos.

Dados de Referência de Palmeira/PR	
Geração Per Capita - SNIS (2022)	0.71 kg/hab./dia
Percentual de recicláveis	33.6 %
Percentual Não recicláveis	66.4 %
Papel e Papelão	10.4 %
Plástico	16.8 %
Metais	2.3 %
Vidro	2.7 %
Embalagem multicamada	1.4 %
Têxteis, couro e borrachas	5.6 %
Rejeitos	15.5 %

Dados de Referência de Palmeira/PR	
Matéria orgânica	45.3 %

Fonte: Saneplan (2025).

5.3.4. Demanda no Cenário Tendencial e Alternativo

Com relação a demanda anual de esgotamento sanitário para uma projeção populacional de 20 anos, pode-se analisar os quadros de demandas de gestão de resíduos no município, considerando a projeção populacional tendencial o método geométrico e a projeção populacional alternativa o método aritmético, como identificado no diagnóstico.

- **Projeções no Cenário Tendencial**

Na Tabela 12 são apresentadas as projeções de geração de resíduo, considerado sua parcela reciclável, tendo como referência a projeção populacional no cenário tendencial, abrangendo o horizonte de planejamento do PMSB.

Tabela 12: Demanda de resíduos sólidos para projeção tendencial do PMSB de Palmeira/PR.

Ano	População (CL)	RSU (ton/dia)	RSU (ton/mês)	RSR (ton/dia)	RSR (ton/mês)	Papel/Papelão (ton/dia)	Plásticos (ton/dia)	Metais (ton/dia)	Vidro (ton/dia)	Embalagem multicamada (ton/dia)	RSNR (ton/dia)	Rejeitos (ton/dia)	Matéria orgânica (ton/dia)	Têxteis, couro, borracha (ton/dia)
2025	33871	24.05	721.45	8.08	242.41	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.97	2.48	2.48	0.89
2026	33887	24.06	721.79	8.08	242.52	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.98	2.48	2.48	0.89
2027	33903	24.07	722.12	8.09	242.63	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.98	2.48	2.48	0.90
2028	33918	24.08	722.46	8.09	242.75	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.99	2.48	2.48	0.90
2029	33934	24.09	722.80	8.10	242.86	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	16.00	2.48	2.48	0.90
2030	33950	24.10	723.14	8.10	242.97	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.01	2.48	2.48	0.90
2031	33966	24.12	723.48	8.10	243.09	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.01	2.48	2.48	0.90
2032	33982	24.13	723.82	8.11	243.20	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.02	2.48	2.48	0.90
2033	33998	24.14	724.15	8.11	243.32	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.03	2.48	2.48	0.90
2034	34014	24.15	724.49	8.11	243.43	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.04	2.49	2.49	0.90
2035	34030	24.16	724.83	8.12	243.54	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.04	2.49	2.49	0.90
2036	34046	24.17	725.17	8.12	243.66	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.05	2.49	2.49	0.90
2037	34062	24.18	725.51	8.13	243.77	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.06	2.49	2.49	0.90
2038	34077	24.19	725.85	8.13	243.89	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.07	2.49	2.49	0.90
2039	34093	24.21	726.19	8.13	244.00	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.07	2.49	2.49	0.90
2040	34109	24.22	726.53	8.14	244.11	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.08	2.49	2.49	0.90
2041	34125	24.23	726.87	8.14	244.23	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.09	2.49	2.49	0.90
2042	34141	24.24	727.21	8.14	244.34	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.10	2.49	2.49	0.90
2043	34157	24.25	727.55	8.15	244.46	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.10	2.50	2.50	0.90
2044	34173	24.26	727.89	8.15	244.57	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.11	2.50	2.50	0.90

Ano	População (CL)	RSU (ton/dia)	RSU (ton/mês)	RSR (ton/dia)	RSR (ton/mês)	Papel/Papelão (ton/dia)	Plásticos (ton/dia)	Metais (ton/dia)	Vidro (ton/dia)	Embalagem multilaminada (ton/dia)	RSNR (ton/dia)	Rejeitos (ton/dia)	Matéria orgânica (ton/dia)	Têxteis, couro, borracha (ton/dia)
2045	34189	24.27	728.23	8.16	244.69	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.12	2.50	2.50	0.90

Fonte: Saneplan (2025).

- **Projeções no Cenário Alternativo**

Na Tabela 13 são apresentadas as projeções de geração de resíduo, considerado sua parcela reciclável, tendo como referência a projeção populacional no cenário alternativo, abrangendo o horizonte de planejamento do PMSB.

Tabela 13: Demanda de resíduos sólidos para projeção alternativa do PMSB de Palemira/PR.

Ano	População (CL)	RSU (ton/dia)	RSU (ton/mês)	RSR (ton/dia)	RSR (ton/mês)	Papel/Papelão (ton/dia)	Plásticos (ton/dia)	Metais (ton/dia)	Vidro (ton/dia)	Embalagem multilaminada (ton/dia)	RSNR (ton/dia)	Rejeitos (ton/dia)	Matéria orgânica (ton/dia)	Têxteis, couro, borracha (ton/dia)
2024	33855	24.04	721.11	8.08	242.29	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.96	2.47	2.47	0.89
2025	33871	24.05	721.45	8.08	242.41	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.97	2.48	2.48	0.89
2026	33887	24.06	721.78	8.08	242.52	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.98	2.48	2.48	0.89
2027	33902	24.07	722.12	8.09	242.63	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.98	2.48	2.48	0.90
2028	33918	24.08	722.46	8.09	242.75	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	15.99	2.48	2.48	0.90
2029	33934	24.09	722.79	8.10	242.86	0.84	1.36	0.19	0.22	1.25	16.00	2.48	2.48	0.90
2030	33950	24.10	723.13	8.10	242.97	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.01	2.48	2.48	0.90
2031	33966	24.12	723.47	8.10	243.08	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.01	2.48	2.48	0.90
2032	33981	24.13	723.80	8.11	243.20	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.02	2.48	2.48	0.90
2033	33997	24.14	724.14	8.11	243.31	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.03	2.48	2.48	0.90

Ano	População (CL)	RSU (ton/dia)	RSU (ton/mês)	RSR (ton/dia)	RSR (ton/mês)	Papel/Papelão (ton/dia)	Plásticos (ton/dia)	Metais (ton/dia)	Vidro (ton/dia)	Embalagem multicamada (ton/dia)	RSNR (ton/dia)	Rejeitos (ton/dia)	Matéria orgânica (ton/dia)	Têxteis, couro, borracha (ton/dia)
2034	34013	24.15	724.47	8.11	243.42	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.04	2.49	2.49	0.90
2035	34029	24.16	724.81	8.12	243.54	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.04	2.49	2.49	0.90
2036	34044	24.17	725.15	8.12	243.65	0.84	1.36	0.19	0.22	1.26	16.05	2.49	2.49	0.90
2037	34060	24.18	725.48	8.13	243.76	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.06	2.49	2.49	0.90
2038	34076	24.19	725.82	8.13	243.88	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.06	2.49	2.49	0.90
2039	34092	24.21	726.16	8.13	243.99	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.07	2.49	2.49	0.90
2040	34108	24.22	726.49	8.14	244.10	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.08	2.49	2.49	0.90
2041	34123	24.23	726.83	8.14	244.21	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.09	2.49	2.49	0.90
2042	34139	24.24	727.16	8.14	244.33	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.09	2.49	2.49	0.90
2043	34155	24.25	727.50	8.15	244.44	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.10	2.50	2.50	0.90
2044	34171	24.26	727.84	8.15	244.55	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.11	2.50	2.50	0.90
2045	34187	24.27	728.17	8.16	244.67	0.85	1.37	0.19	0.22	1.26	16.12	2.50	2.50	0.90

Fonte: Saneplan (2025).

- **Resultados**

A análise dos resultados apresentados nas Tabelas evidencia que a geração de resíduos sólidos urbanos em Palmeira/PR apresenta crescimento moderado ao longo do horizonte de 2024 a 2045. Os cálculos foram realizados a partir da projeção populacional, utilizando-se tanto o método geométrico quanto o aritmético, os quais resultaram em valores bastante próximos, indicando estabilidade no padrão de geração.

Pelo cenário geométrico, adotado como referência para o município, a produção diária de resíduos sólidos urbanos (RSU) evolui de 24,04 t/dia em 2024 para 24,27 t/dia em 2045, o que corresponde a um incremento total de apenas 0,23 t/dia ao longo de 21 anos. Em termos mensais, essa produção passa de cerca de 721 t/mês para 728 t/mês no mesmo período. Esses números refletem a baixa variação populacional estimada, com crescimento de 33.855 habitantes em 2024 para 34.189 em 2045.

Do total gerado, aproximadamente 33,6% correspondem a resíduos sólidos recicláveis (RSR), o que equivale a cerca de 8,08 t/dia em 2024 e 8,16 t/dia em 2045. Já os resíduos não recicláveis (RSNR) representam em torno de 15,9 t/dia no início do período, chegando a 16,12 t/dia em 2045. Essa proporção se mantém estável ao longo do tempo, refletindo a constância da composição gravimétrica adotada.

Em relação à composição específica, verifica-se que a fração orgânica permanece como a mais representativa, atingindo cerca de 2,47 t/dia em 2024 e 2,50 t/dia em 2045, seguida por rejeitos (2,47 a 2,50 t/dia), plásticos (cerca de 1,36 t/dia), papel e papelão (0,84 a 0,85 t/dia), metais (0,19 t/dia), vidro (0,22 t/dia) e embalagens multicamadas (1,25 a 1,26 t/dia). Têxteis, couro e borrachas representam cerca de 0,89 a 0,90 t/dia.

Quando comparados os dois métodos, geométrico e aritmético, observa-se que as diferenças são pouco expressivas, mantendo praticamente as mesmas proporções de geração diária e mensal. Entretanto, optou-se pela adoção do método geométrico por refletir de forma mais adequada a tendência de crescimento proporcional da população local.

Diante desse cenário, constata-se que a geração de resíduos sólidos em Palmeira/PR permanecerá estável no horizonte de 20 anos, com pequenas variações decorrentes do crescimento populacional. Isso reforça a importância de se investir em ações de aprimoramento da coleta seletiva, criação ou fortalecimento de estruturas de triagem e reciclagem, além da implantação de alternativas para a valorização da fração orgânica, responsável por quase metade dos resíduos gerados. Essas medidas poderão reduzir a pressão sobre a disposição final e alinhar o sistema municipal às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

5.3.5. Formas de Coleta e Transporte dos Resíduos

5.3.5.1. Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

A coleta convencional de resíduos sólidos urbanos em Palmeira/PR representa o principal mecanismo de remoção de resíduos domiciliares e comerciais de natureza não perigosa. O serviço é realizado por veículos coletores compactadores, que percorrem rotas previamente estabelecidas, recolhendo os resíduos acondicionados pelos munícipes e transportando-os até o ponto de disposição final. De acordo com levantamentos complementares junto ao SNIS (2022), a cobertura da coleta domiciliar é significativa na área urbana, garantindo que a maior parte da população urbana seja atendida de forma contínua.

No entanto, a cobertura no meio rural ainda é limitada, com diversas comunidades dependendo de soluções individuais, como queima, enterramento ou transporte próprio até pontos de coleta mais próximos. Tal cenário revela a necessidade de expansão do serviço, com estratégias que contemplem a criação de pontos de entrega voluntária (PEVs) e a ampliação gradual das rotas rurais, de forma a aproximar o município da meta de universalização estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

5.3.5.2. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

A regularidade e a frequência da coleta de resíduos em Palmeira/PR seguem padrões definidos pela administração municipal e pelo prestador do serviço, visando atender de maneira equilibrada a demanda gerada em cada bairro. Em áreas centrais e de maior adensamento populacional, a coleta ocorre em dias alternados, geralmente três vezes por semana, garantindo a manutenção da limpeza pública e evitando o acúmulo de resíduos nas vias. Já em áreas periféricas e de menor geração, a frequência tende a ser reduzida, ocorrendo duas vezes por semana, o que, em alguns casos, gera reclamações de moradores devido à demora no recolhimento.

A setorização da coleta tem como objetivo otimizar a utilização da frota e dos recursos humanos, estabelecendo áreas de cobertura definidas para cada veículo e equipe. Contudo, observa-se que ainda há espaço para avanços no planejamento logístico, de forma a reduzir sobreposições de rotas e ampliar a eficiência

operacional. Outro desafio identificado refere-se à ausência de indicadores locais sistematizados de desempenho da coleta (como quilometragem percorrida, consumo de combustível, produtividade por tonelada coletada), que poderiam subsidiar ajustes mais precisos na operação.

5.3.5.3. Acondicionamento e Apresentação para a Coleta

O acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares em Palmeira/PR é realizado, em sua maioria, em sacos plásticos fornecidos pelos próprios moradores e dispostos diretamente nas calçadas no horário próximo ao da coleta. Em alguns pontos comerciais, são utilizados contêineres individuais ou comunitários, mas de forma não padronizada. Essa ausência de padronização, somada à prática pouco difundida de segregação de materiais recicláveis na origem, compromete a eficiência do processo de reaproveitamento de resíduos.

Verifica-se, portanto, a necessidade de intensificar as ações de educação ambiental voltadas à população, de modo a orientar sobre a correta forma de acondicionamento e apresentação dos resíduos, incentivando especialmente a separação entre recicláveis e não recicláveis. Além disso, a implantação de contêineres padronizados em pontos estratégicos e a distribuição de sacos diferenciados para coleta seletiva poderiam contribuir para reduzir perdas de recicláveis e facilitar o trabalho de triagem em eventuais unidades de reciclagem a serem estruturadas no município.

5.3.6. Disposição Final dos Resíduos

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados em Palmeira/PR é realizada em aterro sanitário, que recebe a totalidade do material coletado pela coleta convencional. Embora essa prática esteja de acordo com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que determina a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos, verifica-se que a dependência exclusiva do aterro sanitário representa uma limitação para a sustentabilidade do sistema municipal.

De acordo com a caracterização gravimétrica estimada, cerca de 33,6% dos resíduos gerados em Palmeira possuem potencial de reciclagem (papel, papelão, plásticos, metais, vidro e embalagens multicamadas) e 45,3% correspondem a

matéria orgânica, que poderia ser aproveitada por meio de processos de compostagem ou biodigestão. No entanto, na prática, todo esse volume é encaminhado ao aterro, o que reduz a vida útil da célula em operação e gera custos adicionais para o município.

Nesse contexto, torna-se fundamental avançar em estratégias que reduzam a destinação final em aterro, priorizando a implantação de coleta seletiva em maior escala, a criação de uma unidade de triagem e reciclagem em parceria com associações de catadores e o desenvolvimento de projetos para o tratamento da fração orgânica. A adoção progressiva dessas medidas permitirá não apenas ampliar a vida útil do aterro, mas também alinhar a gestão de resíduos de Palmeira às metas de sustentabilidade e universalização estabelecidas em âmbito federal.

5.4. Prognóstico do Sistema de Drenagem Pluvial

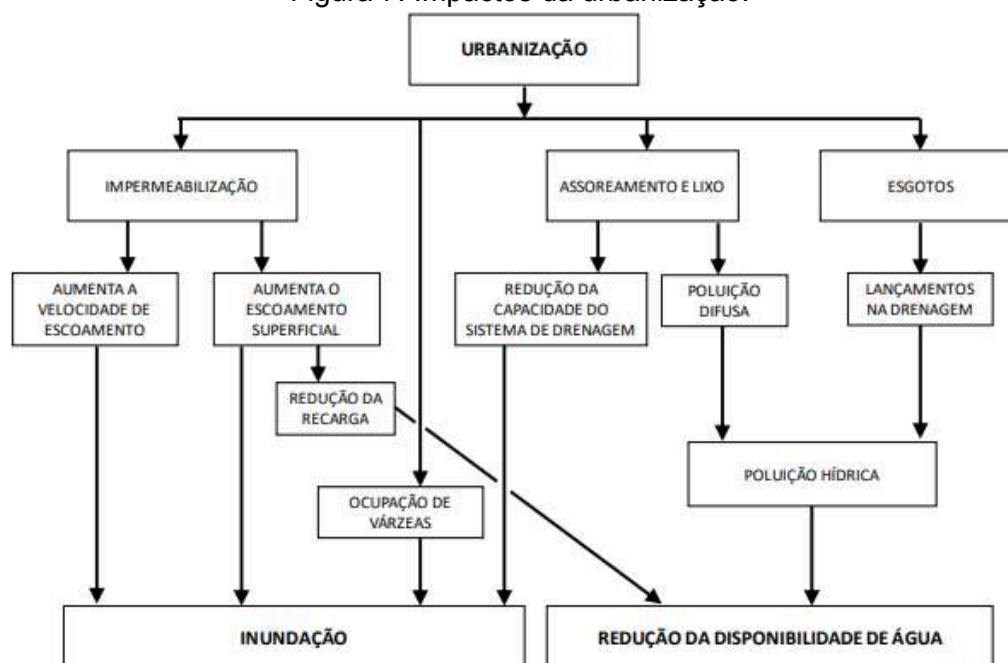
O sistema de drenagem urbana de Palmeira/PR apresenta cobertura limitada, com aproximadamente de 76,10% de canais subterrâneos, sem registro de canais abertos ou fechados adicionais. A cidade apresenta densidade urbana média de 4,00 domicílios/ha, alta taxa de pavimentação (94,2%) e grande número de captações (221/unidades/km²), o que evidencia a necessidade de planejamento estratégico do escoamento pluvial, considerando o aumento de eventos extremos e a expansão urbana.

A análise do prognóstico considera medidas estruturais e não estruturais, buscando garantir segurança hídrica urbana, reduzir riscos de alagamentos e preservar a qualidade ambiental das águas pluviais.

A ausência de um plano de drenagem específico e a inexistência de um fundo municipal para captação de recursos limitam a execução de projetos robustos. Embora o município conte com um Plano de Contingência atualizado para situações de desastres naturais, a atuação preventiva ainda precisa ser fortalecida. O prognóstico aponta a necessidade de investimentos contínuos na expansão e modernização do sistema de drenagem, na integração do planejamento urbano com o manejo de águas pluviais e no fortalecimento institucional para garantir a sustentabilidade do sistema.

Conforme a imagem a seguir da FUNDACE (2023), pode-se analisar quais são os impactos que a urbanização pode acarretar no sistema de drenagem e manejo das águas pluviais.

Figura 7: Impactos da urbanização.



Fonte: FUNDACE (2023).

5.4.1. Medidas Estruturais

Para o fortalecimento do sistema de drenagem pluvial de Palmeira/PR, propõe-se a ampliação e modernização da rede existente, com a instalação de novas galerias de águas pluviais em regiões críticas e em áreas de expansão urbana. Esta medida visa garantir maior capacidade de escoamento, reduzindo os riscos de alagamentos e erosões. Recomenda-se também a implantação de dispositivos adicionais de captação, como bocas de lobo, sarjetas e poços de visita em pontos estratégicos, de modo a promover o adequado direcionamento das águas pluviais.

Além da expansão da rede, é fundamental a construção de reservatórios de detenção e retenção (conhecidos como "piscinões") em áreas suscetíveis a alagamentos. Estes dispositivos possibilitam o armazenamento temporário do volume excedente de água durante eventos de chuvas intensas, liberando o escoamento de forma controlada e evitando sobrecargas no sistema existente.

A adoção de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) também se mostra essencial, incorporando práticas como jardins de chuva, valas de infiltração e trincheiras drenantes nas áreas urbanas. Estas soluções baseadas na natureza ampliam a capacidade de infiltração local das águas pluviais, auxiliando na recarga de aquíferos e na mitigação de enchentes urbanas.

Para a preservação dos recursos hídricos, propõe-se a instalação de dispositivos de controle de poluição, como caixas de retenção de resíduos sólidos e separadores de óleo e areia, em pontos de captação. Essas estruturas são fundamentais para a proteção da qualidade da água dos corpos receptores, evitando a introdução de poluentes oriundos do escoamento superficial urbano.

5.4.2. Medidas Não Estruturantes

Como medidas não estruturantes, destaca-se a necessidade de implantação de um planejamento integrado e permanente para o sistema de drenagem urbana. A elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, alinhado ao Plano Diretor Municipal e ao Plano de Saneamento Básico, permitirá a organização eficiente das ações, considerando as dinâmicas de crescimento urbano, as áreas de risco e a capacidade de absorção natural do solo.

Paralelamente, sugere-se a criação de um Fundo Municipal de Saneamento Básico, que poderá captar e gerenciar recursos destinados a investimentos em infraestrutura de drenagem e manutenção preventiva. Também é recomendada a instituição de normas municipais específicas que exijam, em novos empreendimentos imobiliários e comerciais, a implantação de sistemas de retenção e infiltração de águas pluviais, de forma a reduzir o volume de escoamento superficial lançado diretamente no sistema público.

A educação ambiental e a mobilização comunitária são componentes indispensáveis para a sustentabilidade do sistema. Propõe-se o desenvolvimento de campanhas educativas permanentes, visando conscientizar a população sobre o descarte correto de resíduos sólidos, a importância da conservação das bocas de lobo e dos sistemas de drenagem, e os cuidados preventivos durante os períodos chuvosos.

Finalmente, destaca-se a necessidade de implantação de um programa contínuo de manutenção e monitoramento da infraestrutura existente. Este programa deverá

contemplar a inspeção periódica de galerias, bocas de lobo, canais e demais dispositivos de drenagem, a limpeza sistemática das redes para evitar entupimentos e o treinamento técnico das equipes operacionais para garantir a correta operação e manutenção dos sistemas implantados.

MANUTENÇÃO

6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Diagnóstico Temático do Setor Água: Abastecimento Urbano de Água*. Brasília: ANA, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, R. C. *Hidráulica aplicada à engenharia sanitária*. São Paulo: CETESB, 1977.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 8 jan. 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 3 ago. 2010.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 16 jul. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Manual de orientações para elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico*. Brasília: MCIDADES, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 10 maio 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 maio 2005.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Perdas de água: avaliação e controle em sistemas de abastecimento*. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 2010 e 2022*. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.

QASIM, S. R. *Wastewater treatment plants: planning, design and operation*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2022*. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/snis>. Acesso em: 20 jun. 2025.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2014.

MINUTA