



- Coeficiente da hora de maior consumo (K_2): 1,50
- Coeficiente da hora de menor consumo (K_3): 0,50

Assim, as vazões máxima e mínima de esgoto podem ser dadas pelas equações a seguir:

- Vazão máxima de esgotos

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{P \times K_1 \times K_2 \times q_m \times C}{86400} + Q_{inf} \quad (16)$$

- Vazão mínima de esgotos

$$Q_{m\acute{i}n} = \frac{P \times K_3 \times q_m \times C}{86400} \quad (17)$$

Em que:

$Q_{m\acute{a}x}$: vazão máxima de esgoto (l/s);

$Q_{m\acute{i}n}$: vazão mínima horária de esgoto (l/s);

P: população a ser atendida com abastecimento de água;

K_1 : coeficiente do dia de maior consumo = 1,20;

K_2 : coeficiente da hora de maior consumo = 1,50;

K_3 : coeficiente da hora de menor consumo = 0,50;

q_m : consumo *per capita* de água = 120 l/hab.dia (urbano) e 90 l/hab.dia (rural);

C: coeficiente de retorno = 0,80;

Q_{inf} : vazão de infiltração.

A contribuição de infiltração constitui-se de toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema e que penetra nas canalizações. A infiltração no sistema de esgotamento sanitário ocorre através de tubos defeituosos, conexões, juntas ou paredes de poços de visita, não sendo computadas as vazões advindas de ligações clandestinas de água de chuva na rede de coleta (VON SPERLING, 2014).

Segundo a NBR 9.649/1986, as taxas de contribuição de infiltração normalmente situam-se na faixa de 0,05 a 1,0 l/s.km de rede coletora, valores que dependem de condições locais tais como o nível da água do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado. Para este Plano fica adotado um coeficiente de infiltração de 0,5 l/s.km.

O município de São Bento do Trairí possui rede coletora de esgotos. Assim, a extensão da rede necessária foi estimada a partir da rede de esgoto atualmente existente,



sendo adotado um valor de 15 m/ligação. Assim, foi construída a projeção da extensão da rede coletora de esgoto para o horizonte temporal do projeto.

Na estimativa do número de ligações de esgoto considerou-se que a demanda é igual a de ligações de água. Na **Tabela 4.35** apresenta-se a projeção da extensão da rede coletora de esgoto da sede do município, do déficit da rede e de ligações para o horizonte temporal do projeto.

Para estimar a extensão de rede necessária para ampliação do esgotamento sanitário no Município de São Bento do Trairí, considerou-se 15 metros de rede/ligação na sede, conforme estimativa utilizada para projeção da demanda por rede do SAA. Faz-se ainda planejamento de ampliação da cobertura do esgotamento e tratamento sanitário na sede do município em 0% ao ano, do primeiro ao quarto ano, 10% ao ano, a partir do quinto ano até alcançar 100% de cobertura.



Tabela 4.35 – Projeção da extensão de rede coletora de esgoto e número de ligações estimadas para o horizonte de planejamento na sede do município.

ANO	POP. URBANA									
	SEDE									
	Nº atual de ligações (un)	575	Extensão Atual da Rede Coletora (km)	8,63	Estimativa de extensão de rede por nº de ligação	15	Cobertura atual (%)	100%		
Nº de ligações estimadas (un)	Déficit (-) de ligação a cada ano (un)	Extensão da rede coletora a ser instalada (km)	Déficit (-) da rede coletora (km)	Ampliação de atendimento com coleta e tratamento por ano (%)	Cobertura de coleta e tratamento (%)	Ligações a serem instaladas considerando cobertura (un)	Déficit (-) de ligação para atingir a cobertura cada ano (un)	Rede coletora a ser instalada considerando cobertura (km)	Déficit (-) da rede coletora para atingir a cobertura cada ano (km)	
2020	575	0	8,625	0	0%	100%	575	0,00	8,63	0,00
2021	578	-3	8,67	-0,045	0%	100%	578	-3,00	8,67	-0,04
2022	581	-3	8,715	-0,045	0%	100%	581	-3,00	8,72	-0,04
2023	584	-3	8,76	-0,045	0%	100%	584	-3,00	8,76	-0,04
2024	587	-3	8,805	-0,045	0%	100%	587	-3,00	8,81	-0,04
2025	589	-2	8,835	-0,03	0%	100%	589	-2,00	8,84	-0,03
2026	591	-2	8,865	-0,03	0%	100%	591	-2,00	8,87	-0,03
2027	593	-2	8,895	-0,03	0%	100%	593	-2,00	8,90	-0,03
2028	595	-2	8,925	-0,03	0%	100%	595	-2,00	8,93	-0,03
2029	596	-1	8,94	-0,015	0%	100%	596	-1,00	8,94	-0,01
2030	598	-2	8,97	-0,03	0%	100%	598	-2,00	8,97	-0,03
2031	599	-1	8,985	-0,015	0%	100%	599	-1,00	8,99	-0,01
2032	600	-1	9	-0,015	0%	100%	600	-1,00	9,00	-0,02
2033	601	-1	9,015	-0,015	0%	100%	601	-1,00	9,02	-0,02
2034	602	-1	9,03	-0,015	0%	100%	602	-1,00	9,03	-0,01
2035	603	-1	9,045	-0,015	0%	100%	603	-1,00	9,05	-0,02
2036	604	-1	9,06	-0,015	0%	100%	604	-1,00	9,06	-0,02
2037	605	-1	9,075	-0,015	0%	100%	605	-1,00	9,08	-0,01
2038	606	-1	9,09	-0,015	0%	100%	606	-1,00	9,09	-0,02
2039	607	-1	9,105	-0,015	0%	100%	607	-1,00	9,11	-0,02
2040	608	-1	9,12	-0,015	0%	100%	608	-1,00	9,12	-0,01

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



Destaca-se que as redes coletoras devem possuir cadastro técnico e comercial, com o intuito de viabilizar o conhecimento do perfil dos usuários, bem como resolver problemas operacionais com maior agilidade, deste modo, indica-se para ser realizado em prazo imediato, cadastramento das redes existentes, deve-se considerar na execução da infraestrutura do SES, a construção de um cadastro de rede bem estruturado e constantemente atualizado.

Outra informação importante para o planejamento das infraestruturas do SES é a vazão de esgoto produzida, o qual necessitará de coleta, tratamento e disposição final adequado. Considerando o consumo médio *per capita* do município 120 l/hab.dia, e o crescimento da população e do consumo de água para o horizonte de planejamento, obteve-se a estimativa da geração de esgoto para o município (**Tabela 4.36**).

Como já apresentado no Diagnóstico, o município de São Bento do Trairí dispõe dos serviços públicos de tratamento de esgoto, para a parte urbana do município, e na parte rural os efluentes recebem tratamento individual através de sistemas como fossa séptica e sumidouro ou somente fossa negra, e em grande parte dos casos as águas cinzas são lançadas a céu aberto, aumentando os riscos à saúde pública. Estima-se que até o ano de 2020 já esteja implantado o sistema público coletando a vazão máxima diária de 8,48 l/s, atingindo o índice de cobertura de 100% e propiciando a universalização do serviço na sede municipal.



Tabela 4.36 – Estimativa das vazões de esgoto em função do crescimento natural da população urbana.

ANO	POPULAÇÃO URBANA						
	SEDE						
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	120	Coefficiente de infiltração (l/s.km)	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	
	K1	1,2	K2	1,5	K3	0,5	
População (hab)	Cobertura de coleta e tratamento (%)	População atendida com coleta e tratamento	Vazão de infiltração (l/s)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	2083	100%	2083	4,31	8,48	1,16	6,63
2021	2094	100%	2094	4,34	8,52	1,16	6,66
2022	2105	100%	2105	4,36	8,57	1,17	6,70
2023	2115	100%	2115	4,38	8,61	1,17	6,73
2024	2124	100%	2124	4,40	8,65	1,18	6,76
2025	2133	100%	2133	4,42	8,68	1,18	6,79
2026	2141	100%	2141	4,43	8,71	1,19	6,81
2027	2148	100%	2148	4,45	8,74	1,19	6,83
2028	2154	100%	2154	4,46	8,77	1,20	6,86
2029	2159	100%	2159	4,47	8,79	1,20	6,87
2030	2164	100%	2164	4,49	8,81	1,20	6,89
2031	2168	100%	2168	4,49	8,83	1,20	6,90
2032	2170	100%	2170	4,50	8,84	1,21	6,91
2033	2172	100%	2172	4,51	8,85	1,21	6,92
2034	2174	100%	2174	4,52	8,86	1,21	6,93
2035	2174	100%	2174	4,52	8,87	1,21	6,94
2036	2174	100%	2174	4,53	8,88	1,21	6,95
2037	2172	100%	2172	4,54	8,88	1,21	6,95
2038	2170	100%	2170	4,55	8,89	1,21	6,96
2039	2167	100%	2167	4,55	8,89	1,20	6,96
2040	2163	100%	2163	4,56	8,89	1,20	6,96

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairi, 2020.



4.4.1.1 Projeção das demandas de esgoto da área rural e áreas especiais

O correto tratamento dos esgotos sanitários, antes do seu lançamento em qualquer corpo hídrico, visa como principais objetivos: Prevenir e reduzir a disseminação de doenças transmissíveis causadas pelos microrganismos patogênicos; conservar as fontes de abastecimento de água para uso doméstico, industrial e agrícola à jusante; manter as características da água necessária à piscicultura; para banho e outros propósitos recreativos; e preservar a fauna e a flora aquáticas.

Observa-se que devido à ausência de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, grande parte da população tende a lançar seus dejetos diretamente sobre o solo, criando, desse modo, situações favoráveis à transmissão de doenças.

A solução recomendada é a construção de dispositivos de veiculação hídrica, ligados a um sistema público de coleta e tratamento de esgotos, com adequada destinação final. No entanto, essa solução é impraticável no meio rural e áreas especiais, uma vez que não há viabilidade de se prover os serviços por meio de soluções coletivas, em função de se tratar de população difusa, cujo nível de dispersão geográfica inviabiliza a instalação de sistemas públicos de saneamento básico. Assim, a universalização no meio rural e áreas especiais será realizada através de soluções individuais sanitariamente corretas.

Entre as soluções individuais, uma alternativa é o uso de tanque séptico; por “tanque séptico” pressupõe-se o tanque séptico sucedido por pós-tratamento ou unidade de disposição final, adequadamente projetados e construídos.

Na **Tabela 4.37** apresenta-se a estimativa das vazões de contribuições para o sistema de esgotamento sanitário ao longo do horizonte de projeto na área rural e áreas especiais. Será adotado o *per capita* de água de 90 l/hab.dia, conforme utilizado para o abastecimento de água. Como a comunidade Sítio Capoeiras não apresentou informações, não foi possível inserir na estimativa.



Tabela 4.37 – Estimativa das vazões de esgoto em função do crescimento natural da população rural e áreas especiais.

ANO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	Sítio Telha				Sítio Remédio				Sítio Pinta Cachorro				Sítio Malhada			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	243	0,364	0,101	0,202	114	0,171	0,048	0,095	52	0,078	0,022	0,043	52	0,078	0,022	0,043
2021	246	0,369	0,103	0,205	116	0,174	0,048	0,096	53	0,079	0,022	0,044	53	0,079	0,022	0,044
2022	250	0,374	0,104	0,208	117	0,176	0,049	0,098	53	0,080	0,022	0,044	53	0,080	0,022	0,044
2023	253	0,379	0,105	0,211	119	0,178	0,050	0,099	54	0,081	0,023	0,045	54	0,081	0,023	0,045
2024	256	0,384	0,107	0,213	120	0,180	0,050	0,100	55	0,082	0,023	0,046	55	0,082	0,023	0,046
2025	259	0,389	0,108	0,216	122	0,183	0,051	0,101	55	0,083	0,023	0,046	55	0,083	0,023	0,046
2026	262	0,393	0,109	0,218	123	0,185	0,051	0,103	56	0,084	0,023	0,047	56	0,084	0,023	0,047
2027	265	0,398	0,110	0,221	125	0,187	0,052	0,104	57	0,085	0,024	0,047	57	0,085	0,024	0,047
2028	268	0,402	0,112	0,223	126	0,189	0,052	0,105	57	0,086	0,024	0,048	57	0,086	0,024	0,048
2029	271	0,406	0,113	0,226	127	0,191	0,053	0,106	58	0,087	0,024	0,048	58	0,087	0,024	0,048
2030	273	0,410	0,114	0,228	129	0,193	0,054	0,107	58	0,088	0,024	0,049	58	0,088	0,024	0,049
2031	276	0,414	0,115	0,230	130	0,195	0,054	0,108	59	0,088	0,025	0,049	59	0,088	0,025	0,049
2032	279	0,418	0,116	0,232	131	0,196	0,055	0,109	60	0,089	0,025	0,050	60	0,089	0,025	0,050
2033	281	0,421	0,117	0,234	132	0,198	0,055	0,110	60	0,090	0,025	0,050	60	0,090	0,025	0,050
2034	283	0,425	0,118	0,236	133	0,200	0,055	0,111	61	0,091	0,025	0,050	61	0,091	0,025	0,050
2035	285	0,428	0,119	0,238	134	0,201	0,056	0,112	61	0,091	0,025	0,051	61	0,091	0,025	0,051
2036	288	0,431	0,120	0,240	135	0,203	0,056	0,113	61	0,092	0,026	0,051	61	0,092	0,026	0,051
2037	290	0,434	0,121	0,241	136	0,204	0,057	0,113	62	0,093	0,026	0,052	62	0,093	0,026	0,052
2038	291	0,437	0,121	0,243	137	0,206	0,057	0,114	62	0,093	0,026	0,052	62	0,093	0,026	0,052
2039	293	0,440	0,122	0,244	138	0,207	0,057	0,115	63	0,094	0,026	0,052	63	0,094	0,026	0,052
2040	295	0,442	0,123	0,246	139	0,208	0,058	0,116	63	0,095	0,026	0,053	63	0,095	0,026	0,053



NO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	Baixa Verde				Camelo				Ipueira				Aroeiras			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	311	0,467	0,130	0,259	249	0,374	0,104	0,208	457	0,685	0,190	0,381	42	0,062	0,017	0,035
2021	316	0,473	0,132	0,263	253	0,379	0,105	0,210	463	0,694	0,193	0,386	42	0,063	0,018	0,035
2022	320	0,480	0,133	0,267	256	0,384	0,107	0,213	469	0,704	0,195	0,391	43	0,064	0,018	0,036
2023	324	0,486	0,135	0,270	259	0,389	0,108	0,216	475	0,713	0,198	0,396	43	0,065	0,018	0,036
2024	328	0,492	0,137	0,273	263	0,394	0,109	0,219	481	0,722	0,201	0,401	44	0,066	0,018	0,036
2025	332	0,498	0,138	0,277	266	0,399	0,111	0,221	487	0,731	0,203	0,406	44	0,066	0,018	0,037
2026	336	0,504	0,140	0,280	269	0,403	0,112	0,224	493	0,739	0,205	0,411	45	0,067	0,019	0,037
2027	340	0,510	0,142	0,283	272	0,408	0,113	0,227	498	0,748	0,208	0,415	45	0,068	0,019	0,038
2028	344	0,515	0,143	0,286	275	0,412	0,115	0,229	504	0,756	0,210	0,420	46	0,069	0,019	0,038
2029	347	0,521	0,145	0,289	278	0,417	0,116	0,231	509	0,764	0,212	0,424	46	0,069	0,019	0,039
2030	351	0,526	0,146	0,292	280	0,421	0,117	0,234	514	0,771	0,214	0,428	47	0,070	0,019	0,039
2031	354	0,531	0,147	0,295	283	0,425	0,118	0,236	519	0,779	0,216	0,433	47	0,071	0,020	0,039
2032	357	0,536	0,149	0,298	286	0,428	0,119	0,238	524	0,786	0,218	0,436	48	0,071	0,020	0,040
2033	360	0,540	0,150	0,300	288	0,432	0,120	0,240	528	0,792	0,220	0,440	48	0,072	0,020	0,040
2034	363	0,545	0,151	0,303	291	0,436	0,121	0,242	533	0,799	0,222	0,444	48	0,073	0,020	0,040
2035	366	0,549	0,152	0,305	293	0,439	0,122	0,244	537	0,805	0,224	0,447	49	0,073	0,020	0,041
2036	369	0,553	0,154	0,307	295	0,442	0,123	0,246	541	0,811	0,225	0,451	49	0,074	0,020	0,041
2037	371	0,557	0,155	0,309	297	0,445	0,124	0,247	544	0,817	0,227	0,454	49	0,074	0,021	0,041
2038	374	0,561	0,156	0,311	299	0,448	0,125	0,249	548	0,822	0,228	0,457	50	0,075	0,021	0,042
2039	376	0,564	0,157	0,313	301	0,451	0,125	0,251	551	0,827	0,230	0,460	50	0,075	0,021	0,042
2040	378	0,567	0,158	0,315	303	0,454	0,126	0,252	555	0,832	0,231	0,462	50	0,076	0,021	0,042



NO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	São Bento de Baixo				São Francisco				Logadouro				Volta			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	25	0,037	0,010	0,021	31	0,047	0,013	0,026	21	0,031	0,009	0,017	21	0,031	0,009	0,017
2021	25	0,038	0,011	0,021	32	0,047	0,013	0,026	21	0,032	0,009	0,018	21	0,032	0,009	0,018
2022	26	0,038	0,011	0,021	32	0,048	0,013	0,027	21	0,032	0,009	0,018	21	0,032	0,009	0,018
2023	26	0,039	0,011	0,022	32	0,049	0,014	0,027	22	0,032	0,009	0,018	22	0,032	0,009	0,018
2024	26	0,039	0,011	0,022	33	0,049	0,014	0,027	22	0,033	0,009	0,018	22	0,033	0,009	0,018
2025	27	0,040	0,011	0,022	33	0,050	0,014	0,028	22	0,033	0,009	0,018	22	0,033	0,009	0,018
2026	27	0,040	0,011	0,022	34	0,050	0,014	0,028	22	0,034	0,009	0,019	22	0,034	0,009	0,019
2027	27	0,041	0,011	0,023	34	0,051	0,014	0,028	23	0,034	0,009	0,019	23	0,034	0,009	0,019
2028	27	0,041	0,011	0,023	34	0,052	0,014	0,029	23	0,034	0,010	0,019	23	0,034	0,010	0,019
2029	28	0,042	0,012	0,023	35	0,052	0,014	0,029	23	0,035	0,010	0,019	23	0,035	0,010	0,019
2030	28	0,042	0,012	0,023	35	0,053	0,015	0,029	23	0,035	0,010	0,019	23	0,035	0,010	0,019
2031	28	0,042	0,012	0,024	35	0,053	0,015	0,029	24	0,035	0,010	0,020	24	0,035	0,010	0,020
2032	29	0,043	0,012	0,024	36	0,054	0,015	0,030	24	0,036	0,010	0,020	24	0,036	0,010	0,020
2033	29	0,043	0,012	0,024	36	0,054	0,015	0,030	24	0,036	0,010	0,020	24	0,036	0,010	0,020
2034	29	0,044	0,012	0,024	36	0,054	0,015	0,030	24	0,036	0,010	0,020	24	0,036	0,010	0,020
2035	29	0,044	0,012	0,024	37	0,055	0,015	0,030	24	0,037	0,010	0,020	24	0,037	0,010	0,020
2036	29	0,044	0,012	0,025	37	0,055	0,015	0,031	25	0,037	0,010	0,020	25	0,037	0,010	0,020
2037	30	0,045	0,012	0,025	37	0,056	0,015	0,031	25	0,037	0,010	0,021	25	0,037	0,010	0,021
2038	30	0,045	0,012	0,025	37	0,056	0,016	0,031	25	0,037	0,010	0,021	25	0,037	0,010	0,021
2039	30	0,045	0,013	0,025	38	0,056	0,016	0,031	25	0,038	0,010	0,021	25	0,038	0,010	0,021
2040	30	0,045	0,013	0,025	38	0,057	0,016	0,032	25	0,038	0,011	0,021	25	0,038	0,011	0,021



NO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	São Bento de Cima				Cupiras				Riacho das Varas				Megulão			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	25	0,037	0,010	0,021	17	0,025	0,007	0,014	21	0,031	0,009	0,017	21	0,031	0,009	0,017
2021	25	0,038	0,011	0,021	17	0,025	0,007	0,014	21	0,032	0,009	0,018	21	0,032	0,009	0,018
2022	26	0,038	0,011	0,021	17	0,026	0,007	0,014	21	0,032	0,009	0,018	21	0,032	0,009	0,018
2023	26	0,039	0,011	0,022	17	0,026	0,007	0,014	22	0,032	0,009	0,018	22	0,032	0,009	0,018
2024	26	0,039	0,011	0,022	18	0,026	0,007	0,015	22	0,033	0,009	0,018	22	0,033	0,009	0,018
2025	27	0,040	0,011	0,022	18	0,027	0,007	0,015	22	0,033	0,009	0,018	22	0,033	0,009	0,018
2026	27	0,040	0,011	0,022	18	0,027	0,007	0,015	22	0,034	0,009	0,019	22	0,034	0,009	0,019
2027	27	0,041	0,011	0,023	18	0,027	0,008	0,015	23	0,034	0,009	0,019	23	0,034	0,009	0,019
2028	27	0,041	0,011	0,023	18	0,027	0,008	0,015	23	0,034	0,010	0,019	23	0,034	0,010	0,019
2029	28	0,042	0,012	0,023	19	0,028	0,008	0,015	23	0,035	0,010	0,019	23	0,035	0,010	0,019
2030	28	0,042	0,012	0,023	19	0,028	0,008	0,016	23	0,035	0,010	0,019	23	0,035	0,010	0,019
2031	28	0,042	0,012	0,024	19	0,028	0,008	0,016	24	0,035	0,010	0,020	24	0,035	0,010	0,020
2032	29	0,043	0,012	0,024	19	0,029	0,008	0,016	24	0,036	0,010	0,020	24	0,036	0,010	0,020
2033	29	0,043	0,012	0,024	19	0,029	0,008	0,016	24	0,036	0,010	0,020	24	0,036	0,010	0,020
2034	29	0,044	0,012	0,024	19	0,029	0,008	0,016	24	0,036	0,010	0,020	24	0,036	0,010	0,020
2035	29	0,044	0,012	0,024	20	0,029	0,008	0,016	24	0,037	0,010	0,020	24	0,037	0,010	0,020
2036	29	0,044	0,012	0,025	20	0,029	0,008	0,016	25	0,037	0,010	0,020	25	0,037	0,010	0,020
2037	30	0,045	0,012	0,025	20	0,030	0,008	0,016	25	0,037	0,010	0,021	25	0,037	0,010	0,021
2038	30	0,045	0,012	0,025	20	0,030	0,008	0,017	25	0,037	0,010	0,021	25	0,037	0,010	0,021
2039	30	0,045	0,013	0,025	20	0,030	0,008	0,017	25	0,038	0,010	0,021	25	0,038	0,010	0,021
2040	30	0,045	0,013	0,025	20	0,030	0,008	0,017	25	0,038	0,011	0,021	25	0,038	0,011	0,021



NO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	Mudubim				Currais Velhos				Pau D'Arco				Paulista			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	25	0,037	0,010	0,021	17	0,025	0,007	0,014	31	0,047	0,013	0,026	33	0,050	0,014	0,028
2021	25	0,038	0,011	0,021	17	0,025	0,007	0,014	32	0,047	0,013	0,026	34	0,051	0,014	0,028
2022	26	0,038	0,011	0,021	17	0,026	0,007	0,014	32	0,048	0,013	0,027	34	0,051	0,014	0,028
2023	26	0,039	0,011	0,022	17	0,026	0,007	0,014	32	0,049	0,014	0,027	35	0,052	0,014	0,029
2024	26	0,039	0,011	0,022	18	0,026	0,007	0,015	33	0,049	0,014	0,027	35	0,053	0,015	0,029
2025	27	0,040	0,011	0,022	18	0,027	0,007	0,015	33	0,050	0,014	0,028	35	0,053	0,015	0,030
2026	27	0,040	0,011	0,022	18	0,027	0,007	0,015	34	0,050	0,014	0,028	36	0,054	0,015	0,030
2027	27	0,041	0,011	0,023	18	0,027	0,008	0,015	34	0,051	0,014	0,028	36	0,054	0,015	0,030
2028	27	0,041	0,011	0,023	18	0,027	0,008	0,015	34	0,052	0,014	0,029	37	0,055	0,015	0,031
2029	28	0,042	0,012	0,023	19	0,028	0,008	0,015	35	0,052	0,014	0,029	37	0,056	0,015	0,031
2030	28	0,042	0,012	0,023	19	0,028	0,008	0,016	35	0,053	0,015	0,029	37	0,056	0,016	0,031
2031	28	0,042	0,012	0,024	19	0,028	0,008	0,016	35	0,053	0,015	0,029	38	0,057	0,016	0,031
2032	29	0,043	0,012	0,024	19	0,029	0,008	0,016	36	0,054	0,015	0,030	38	0,057	0,016	0,032
2033	29	0,043	0,012	0,024	19	0,029	0,008	0,016	36	0,054	0,015	0,030	38	0,058	0,016	0,032
2034	29	0,044	0,012	0,024	19	0,029	0,008	0,016	36	0,054	0,015	0,030	39	0,058	0,016	0,032
2035	29	0,044	0,012	0,024	20	0,029	0,008	0,016	37	0,055	0,015	0,030	39	0,059	0,016	0,033
2036	29	0,044	0,012	0,025	20	0,029	0,008	0,016	37	0,055	0,015	0,031	39	0,059	0,016	0,033
2037	30	0,045	0,012	0,025	20	0,030	0,008	0,016	37	0,056	0,015	0,031	40	0,059	0,016	0,033
2038	30	0,045	0,012	0,025	20	0,030	0,008	0,017	37	0,056	0,016	0,031	40	0,060	0,017	0,033
2039	30	0,045	0,013	0,025	20	0,030	0,008	0,017	38	0,056	0,016	0,031	40	0,060	0,017	0,033
2040	30	0,045	0,013	0,025	20	0,030	0,008	0,017	38	0,057	0,016	0,032	40	0,061	0,017	0,034



NO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	Malhada Vermelha				Borges				Escondido				Mundo Novo			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	235	0,352	0,098	0,195	125	0,187	0,052	0,104	42	0,062	0,017	0,035	46	0,068	0,019	0,038
2021	238	0,357	0,099	0,198	126	0,189	0,053	0,105	42	0,063	0,018	0,035	46	0,069	0,019	0,039
2022	241	0,361	0,100	0,201	128	0,192	0,053	0,107	43	0,064	0,018	0,036	47	0,070	0,020	0,039
2023	244	0,366	0,102	0,203	130	0,194	0,054	0,108	43	0,065	0,018	0,036	48	0,071	0,020	0,040
2024	247	0,371	0,103	0,206	131	0,197	0,055	0,109	44	0,066	0,018	0,036	48	0,072	0,020	0,040
2025	250	0,375	0,104	0,209	133	0,199	0,055	0,111	44	0,066	0,018	0,037	49	0,073	0,020	0,041
2026	253	0,380	0,105	0,211	134	0,202	0,056	0,112	45	0,067	0,019	0,037	49	0,074	0,021	0,041
2027	256	0,384	0,107	0,213	136	0,204	0,057	0,113	45	0,068	0,019	0,038	50	0,075	0,021	0,042
2028	259	0,388	0,108	0,216	137	0,206	0,057	0,115	46	0,069	0,019	0,038	50	0,076	0,021	0,042
2029	261	0,392	0,109	0,218	139	0,208	0,058	0,116	46	0,069	0,019	0,039	51	0,076	0,021	0,042
2030	264	0,396	0,110	0,220	140	0,210	0,058	0,117	47	0,070	0,019	0,039	51	0,077	0,021	0,043
2031	267	0,400	0,111	0,222	142	0,212	0,059	0,118	47	0,071	0,020	0,039	52	0,078	0,022	0,043
2032	269	0,403	0,112	0,224	143	0,214	0,060	0,119	48	0,071	0,020	0,040	52	0,079	0,022	0,044
2033	271	0,407	0,113	0,226	144	0,216	0,060	0,120	48	0,072	0,020	0,040	53	0,079	0,022	0,044
2034	274	0,410	0,114	0,228	145	0,218	0,061	0,121	48	0,073	0,020	0,040	53	0,080	0,022	0,044
2035	276	0,414	0,115	0,230	146	0,220	0,061	0,122	49	0,073	0,020	0,041	54	0,081	0,022	0,045
2036	278	0,417	0,116	0,231	147	0,221	0,061	0,123	49	0,074	0,020	0,041	54	0,081	0,023	0,045
2037	280	0,419	0,117	0,233	148	0,223	0,062	0,124	49	0,074	0,021	0,041	54	0,082	0,023	0,045
2038	281	0,422	0,117	0,235	149	0,224	0,062	0,125	50	0,075	0,021	0,042	55	0,082	0,023	0,046
2039	283	0,425	0,118	0,236	150	0,226	0,063	0,125	50	0,075	0,021	0,042	55	0,083	0,023	0,046
2040	285	0,427	0,119	0,237	151	0,227	0,063	0,126	50	0,076	0,021	0,042	55	0,083	0,023	0,046



NO	POP. RURAL															
	DISPERSA															
	Cachoeira				Leandra				Remédio				Barra do Tamanduá			
	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2	Consumo per capita de água (l/hab.dia)	90	K1	1,2
			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5			K2	1,5
Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	Coefficiente de retorno	0,8	K3	0,5	
População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	População (hab)	Vazão máxima (l/s)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	
2020	39	0,059	0,016	0,033	17	0,025	0,007	0,014	114	0,171	0,048	0,095	19	0,028	0,008	0,016
2021	40	0,060	0,017	0,033	17	0,025	0,007	0,014	116	0,174	0,048	0,096	19	0,028	0,008	0,016
2022	41	0,061	0,017	0,034	17	0,026	0,007	0,014	117	0,176	0,049	0,098	19	0,029	0,008	0,016
2023	41	0,062	0,017	0,034	17	0,026	0,007	0,014	119	0,178	0,050	0,099	19	0,029	0,008	0,016
2024	42	0,062	0,017	0,035	18	0,026	0,007	0,015	120	0,180	0,050	0,100	20	0,030	0,008	0,016
2025	42	0,063	0,018	0,035	18	0,027	0,007	0,015	122	0,183	0,051	0,101	20	0,030	0,008	0,017
2026	43	0,064	0,018	0,035	18	0,027	0,007	0,015	123	0,185	0,051	0,103	20	0,030	0,008	0,017
2027	43	0,065	0,018	0,036	18	0,027	0,008	0,015	125	0,187	0,052	0,104	20	0,031	0,008	0,017
2028	44	0,065	0,018	0,036	18	0,027	0,008	0,015	126	0,189	0,052	0,105	21	0,031	0,009	0,017
2029	44	0,066	0,018	0,037	19	0,028	0,008	0,015	127	0,191	0,053	0,106	21	0,031	0,009	0,017
2030	44	0,067	0,019	0,037	19	0,028	0,008	0,016	129	0,193	0,054	0,107	21	0,032	0,009	0,018
2031	45	0,067	0,019	0,037	19	0,028	0,008	0,016	130	0,195	0,054	0,108	21	0,032	0,009	0,018
2032	45	0,068	0,019	0,038	19	0,029	0,008	0,016	131	0,196	0,055	0,109	21	0,032	0,009	0,018
2033	46	0,068	0,019	0,038	19	0,029	0,008	0,016	132	0,198	0,055	0,110	22	0,032	0,009	0,018
2034	46	0,069	0,019	0,038	19	0,029	0,008	0,016	133	0,200	0,055	0,111	22	0,033	0,009	0,018
2035	46	0,070	0,019	0,039	20	0,029	0,008	0,016	134	0,201	0,056	0,112	22	0,033	0,009	0,018
2036	47	0,070	0,019	0,039	20	0,029	0,008	0,016	135	0,203	0,056	0,113	22	0,033	0,009	0,018
2037	47	0,071	0,020	0,039	20	0,030	0,008	0,016	136	0,204	0,057	0,113	22	0,033	0,009	0,019
2038	47	0,071	0,020	0,039	20	0,030	0,008	0,017	137	0,206	0,057	0,114	22	0,034	0,009	0,019
2039	48	0,071	0,020	0,040	20	0,030	0,008	0,017	138	0,207	0,057	0,115	23	0,034	0,009	0,019
2040	48	0,072	0,020	0,040	20	0,030	0,008	0,017	139	0,208	0,058	0,116	23	0,034	0,009	0,019

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



No que se refere às comunidades rurais do município, considerando a forma de ocupação, prever-se no prazo imediato, estudo para a avaliação de quais comunidades possuem viabilidade de implantação de sistemas coletivos de coleta, tratamento e disposição final de esgoto.

Considerando a dificuldade de se implantar um sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários centralizado, em áreas com pouca densidade populacional, sugere-se que seja adotado o sistema individualizado naquelas comunidades em que seja identificada inviabilidade de sistema coletivo. Para as vazões das áreas rurais não foram consideradas as taxas de infiltração.

Propõe-se que todas as áreas rurais, bem como as áreas especiais, atinjam a cobertura de 100%, seja por sistema individual ou coletivo, de acordo com a viabilidade em médio prazo. Portanto, para a adequação do esgotamento sanitário na zona rural e nas áreas especiais, propõem-se as seguintes medidas:

- Estudo de viabilidade sobre o tipo de sistema mais sustentável para cada comunidade em prazo imediato;
- Estudo de um padrão ideal de fossas sépticas para as comunidades em que não se adequem sistemas coletivos, seguindo as normas técnicas vigentes;
- Auxílio técnico e financeiro para a instalação de fossas sépticas que atendam aos padrões especificados;
- Estudo de viabilidade de local adequado para criação de ETE específica para tratamento dos lodos de fossas sépticas;
- Limpeza/esgotamento periódico das fossas implantadas com caminhões limpa-fossa.

Contudo, para o atendimento da população rural e áreas especiais, o poder público, concessionária e/ou autarquia, deverá instruir e promover a assistência técnica para adoção de sistemas individuais adequados que minimizem os impactos ao meio ambiente e que assegurem a manutenção da saúde pública para população. Para isso deverá disponibilizar projetos padrão e assessoria para seus municípios, visando a correta implantação das alternativas individuais de tratamento de esgoto (fossa séptica e sumidouros, fossas de bananeiras, entre outros).

Dentre os estudos para identificar o padrão ideal de fossas sépticas para as comunidades em que não se adequem sistemas coletivos, deverá ser considerada a



possibilidade de implantação de sistema simplificado que propicie o reúso das águas cinzas para irrigação.

É importante ainda observar a necessidade de avaliação dos locais de implantação dos sistemas individuais nas localidades rurais. Tendo em vista o risco de contaminação dos mananciais subterrâneos pela disposição de esgoto bruto ou tratado, o local de implantação dos sistemas individuais de esgotamento sanitário precisa levar em consideração a existência de poços perfurados para captação e suprimento de água. De acordo com Brasil (2015), dependendo do tipo do solo (condutividade hidráulica do terreno) e por medida de segurança, é necessário respeitar a distância mínima de 15 metros entre o poço e a fossa do tipo seca, desde que seja construída dentro dos padrões técnicos, e de 100 metros para os demais focos de contaminação, como chiqueiros, estábulos, valões de esgoto, galerias de infiltração e outros que possam comprometer o lençol d'água que alimenta o poço, sempre observando que a execução dos pontos de contaminação necessita ser localizadas a jusante do ponto de perfuração de poços.

4.4.2 Previsão das estimativas de carga e concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes

Uma das maneiras de avaliar o impacto da poluição bem como a eficiência das medidas de controle é através da quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água. A carga afluente a uma estação de tratamento de esgotos corresponde à quantidade de poluente (massa) por unidade de tempo. Assim, a carga afluente a uma ETE pode ser estimada por meio da seguinte relação:

$$\mathbf{carga = população \times carga\ per\ capita} \quad (18)$$

A carga per capita, por sua vez, representa a contribuição de cada indivíduo (expressa em termos de massa do poluente) por unidade de tempo. Relacionando-se a carga com a vazão de esgotos, é possível obter a concentração do despejo conforme a Equação 19.

$$\mathbf{concentração = carga/vazão} \quad (19)$$

As unidades de carga e concentração comumente utilizadas são kg/d e g/m³ ou mg/l, respectivamente.



De acordo com Nuvolari (2003), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio dissolvido, necessária aos microrganismos, na estabilização da matéria orgânica em decomposição sob condições aeróbicas. Von Sperling (2014) estabelece que a carga per capita de DBO usualmente adotada é de 54 g/hab.dia, valor também adotado neste Plano.

A DBO indica a quantidade de matéria orgânica presente e é importante para se conhecer o grau de poluição do esgoto afluente e tratado, para se dimensionar as estações de tratamento de esgotos, e medir a sua eficiência (JORDÃO, 2005). Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior a DBO do corpo d'água.

Outro parâmetro utilizado para identificar a situação das condições de saneamento da região são os organismos indicadores de contaminação fecal, os quais são predominantemente não patogênicos, contudo, são capazes de fornecer satisfatoriamente uma indicação de quando a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais. Os organismos mais comumente utilizados são as bactérias do grupo *coliforme*.

Os coliformes fecais, preferencialmente denominados de *coliformes termotolerantes*, são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originados predominantemente do trato intestinal humano e outros animais, resistentes às altas temperaturas. A *Escherichia coli* (*E. coli*) é a principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes, sendo abundante nas fezes humanas e animais, e a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal.

O esgoto bruto doméstico apresenta tipicamente valores da ordem de 10^9 a 10^{13} org/hab.dia de coliformes totais, 10^9 a 10^{12} org/hab.dia de coliformes termotolerantes e de 10^9 a 10^{12} org/hab.dia de *E. coli* (VON SPERLING, 2014), sendo adotado o valor de 10^{11} org/hab.dia de coliformes termotolerantes para efeitos de cálculo neste PMSB.

A remoção destes e de outros poluentes no tratamento de esgotos, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente, está associada aos conceitos de nível de tratamento e eficiência do tratamento. O nível de tratamento classifica-se em preliminar, primário, secundário e terciário (**Tabela 4.38**).

A definição do nível de tratamento de uma ETE está associada ao maior nível existente nela. Por exemplo, uma ETE que apresenta o tratamento preliminar, o tratamento primário (decantadores primários) e o tratamento secundário (processos biológicos) é classificada como ETE em nível secundário (VON SPERLING, 2014). O

nível terciário geralmente é raro em países em desenvolvimento, sendo observada apenas em estações que tratam efluentes industriais, para que se ajustem à legislação vigente.

Tabela 4.38 - Níveis de tratamento dos esgotos

Nível	Remoção
Preliminar	Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de grande dimensão e areia).
Primário	Sólidos em suspensão sedimentáveis; DBO em suspensão associada à matéria orgânica dos sólidos em suspensão sedimentáveis.
Secundário	DBO em suspensão (caso não haja tratamento primário, refere-se à DBO associada à matéria orgânica em suspensão); DBO em suspensão finamente particulada não sedimentável (não removida no tratamento primário); DBO solúvel (associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos).
Terciário	Remoção de: nutrientes*, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos em suspensão remanescente.

Fonte: Von Sperling, 2014.

* A remoção de nutrientes por processos biológicos e organismos patogênicos pode ser considerada como integrante do nível secundário, dependendo do processo adotado.

Dentre os diversos sistemas de tratamento de esgotos domésticos existentes, apresenta-se uma breve descrição dos principais sistemas em nível secundário na **Tabela 4.39**.

Tabela 4.39 - Breve descrição dos principais sistemas de tratamento de esgotos em nível secundário
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Lagoa facultativa	Os esgotos fluem continuamente em lagoas especialmente construídas para o tratamento de águas residuárias. O líquido permanece na lagoa por vários dias. A DBO solúvel e a DBO finamente particulada são estabilizadas aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo convertida anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	A DBO é em torno de 50 a 65% removida (convertida a líquidos e gases) na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única.
Lagoa aerada facultativa	Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta, sendo decomposta anaerobiamente no fundo.
Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação	A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersas no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior



	ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa de decantação a jusante proporciona condições para esta remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.
Lagoas de maturação	O objetivo principal das lagoas de maturação é a remoção de organismos patogênicos. Nas lagoas de maturação predominam condições ambientais adversas para estes microrganismos, como radiação ultravioleta, elevado pH, elevado oxigênio dissolvido, temperatura mais baixa que a trato intestinal humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos. As lagoas de maturação constituem um pós-tratamento de processos que objetivem a remoção da DBO, sendo usualmente projetadas como uma série de lagoas, ou como lagoas com divisões por chicanas*. A eficiência da remoção de coliformes é elevadíssima.
DISPOSIÇÃO NO SOLO	
Infiltração lenta	Os esgotos são aplicados no solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior parte é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas.
Infiltração rápida	Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo.
Infiltração subsuperficial	O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros.
Escoamento superficial	Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente.
SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS (WETLANDS)	
Sistemas alagados construídos	Os sistemas consistem de lagoas ou canais rasos, que abrigam plantas aquáticas flutuantes e/ou enraizadas (emergentes e submersas) numa camada de solo no fundo. Terras úmidas construídas, banhados artificiais, alagados artificiais, <i>wetlands</i> são denominações equivalentes.
SISTEMAS ANAERÓBIOS	
Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)	A DBO é convertida anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o lodo já sai adensado e estabilizado.
Filtro anaeróbio	A DBO é convertida anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa e o lodo já sai estabilizado.
LODOS ATIVADOS	



Lodos ativados convencional	Compreende o tanque aerado por difusores de ar, chamado de reator biológico e o decantador secundário. A produção de lodo é elevada, e a biomassa permanece no tanque por mais tempo que o líquido, o que assegura a elevada eficiência na remoção de DBO. Uma parte do lodo é removida constantemente e é destinada ao tratamento.
Lodos ativados por aeração prolongada	Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa permanece por mais tempo no sistema. O lodo excedente retirado já sai estabilizado e usualmente não se incluem unidades de decantação primária.
Lodos ativados de fluxo intermitente	Em um mesmo tanque ocorre a aeração e posteriormente a sedimentação quando são desligados os aeradores. Dispensa os decantadores secundários.
Lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio	É incorporada uma zona anóxica (ausência de oxigênio, mas presença de nitrogênio) antes ou após o reator biológico, onde os nitratos formados pela nitrificação (que ocorreu na zona aeróbia) são convertidos a nitrogênio gasoso (desnitrificação) e se dispersam para a atmosfera.
Lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio e fósforo	Além das zonas aeróbias e anaeróbias, também é incorporada uma zona anaeróbia na extremidade à montante com a produção de biomassa capaz de absorver o fósforo. Os microrganismos são retirados e, assim, ocorre a remoção de fósforo do reator biológico.
REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES	
Filtro de baixa carga	O esgoto é aplicado na superfície de tanques aeróbios através de distribuidores rotativos, percola pelo tanque e sai no fundo, sendo retida a matéria orgânica. As placas de bactérias que se desprendem e saem do sistema são removidas no decantador secundário.
Filtro de alta carga	Similar à descrição anterior, no entanto a carga de DBO é maior, e assim as bactérias (lodo excedente) necessita ser estabilizado e tratado.
Biofiltro aerado submerso	Constitui em um tanque preenchido com material poroso (geralmente submerso) por onde o esgoto e o ar fluem permanentemente. O ar é ascendente e o líquido a ser tratado pode ser ascendente ou descendente.
Biodisco	A biomassa encontra-se aderida a um meio suporte na forma de discos parcialmente submersos no líquido, os quais giram e expõe de forma intermitente os micro-organismos ao líquido.

Fonte: Von Sperling, 2014.

* Chicanas: correspondem a suportes fixos ou móveis instalados em tanques de tratamento de efluentes por onde o líquido é direcionado, produzindo trechos por onde se processe certa turbulência e mistura.

Na **Tabela 4.40** apresentam-se as eficiências típicas de diversos sistemas de tratamento aplicados a esgotos predominantemente domésticos.

Tabela 4.40 - Eficiências típicas de diversos sistemas de tratamento de esgotos na remoção de DBO e Coliformes.

SISTEMAS DE TRATAMENTO	EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO (%)	
	DBO	Coliformes termotolerantes
Tratamento preliminar	0-5	-
Tratamento primário	25-40	30-40
Tratamento secundário – Lagoas		
Lagoa facultativa	75-85	90-99
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	75-85	90-99,9
Lagoa aerada facultativa	75-85	90-95
Lagoa aer. mist. comp.– lagoa de decant.	75-85	90-99
Tratamento secundário – Lodos		
Lodos ativados convencional	85-93	85-99
Lodos ativados (aeração prolongada)	93-97	85-99
Tratamento secundário – Filtro		
Filtro biológico (baixa carga)	85-93	70-90
Filtro biológico (alta carga)	80-90	70-90
Biodiscos	85-93	75-90
Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB)	60-80	70-90
Fossa séptica – filtro anaeróbio	70-80	70-90
Infiltração lenta	*	> 99
Infiltração rápida	*	> 99
Infiltração subsuperficial	*	> 99
Escoamento superficial	80-90	90 - 99

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2014.

* Os processos de infiltração no solo não geram efluentes superficiais, uma vez que o mesmo infiltra-se no terreno. Medições no subsolo, próximas ao local de infiltração, usualmente indicam eficiências superiores a 90%. Das variantes de infiltração, a mais eficiente é a infiltração lenta.

Em um estudo realizado em 72 estações de tratamento de esgoto em operação no Rio Grande do Norte, foi diagnosticado que os principais sistemas de tratamento adotados no Estado são configurados como lagoa facultativa seguida de duas lagoas de maturação (LF+LM1+LM2) (46%), e 22% são configuradas como lagoa facultativa seguida de apenas uma lagoa de maturação (LF+LM1), as demais sendo utilizados outros sistemas de tratamento (SILVA FILHO, 2007). Esses sistemas são frequentemente adotados devido à economia de custo e simplicidade operacional, além do clima ser favorável (temperatura e insolação elevada) durante todo o ano.

Nesse mesmo estudo, foram avaliadas as eficiências médias de remoção de DBO e Coliformes Termotolerantes resultantes dos sistemas de tratamento por combinação de lagoas, sendo obtidos valores da ordem de 69% e 99,34%, respectivamente para LF+LM1+LM2 e 69% e 96,97%, respectivamente, para LF+LM1. Esses valores encontram-se abaixo dos encontrados na literatura para sistemas com essa configuração.

No entanto, esta baixa eficiência é mais realística, pois considera os aspectos operacionais e de manutenção das lagoas.

Nesse sentido, as eficiências de remoção diagnosticadas no referido estudo foram utilizadas buscando-se demonstrar uma alternativa que estivesse mais de acordo com os sistemas frequentemente utilizados no Estado.

Assim, para fins de cálculo das estimativas de carga e concentração de DBO e coliformes termotolerantes, do município de São Bento do Trairí, utilizaram-se as eficiências médias típicas de remoção e parâmetros bibliográficos, como a concentração de organismos em esgotos (**Tabela 4.41**). Ressalta-se que na situação em que se estiver investigando o lançamento de um efluente tratado, deve-se considerar a redução da DBO proporcionada pela eficiência do tratamento. Para tanto, foram levadas em consideração as alternativas do lançamento de esgotos sem tratamento e com tratamento, tanto para a área urbana quanto rural, incluindo áreas especiais.

Tabela 4.41 - Parâmetros de eficiência adotados no PMSB de São Bento do Trairí.

Tipo de Tratamento	Eficiência na Remoção de DBO	Eficiência na Remoção de Coliformes Termotolerantes
Preliminar	5%	0%
Primário	35%	35%
Lagoa facultativa seguida de uma lagoa de maturação	69%	96,97%
Lagoa facultativa seguida de duas lagoas de maturação	69%	99,34%
Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa	80%	99%
Lodo ativado	90%	90%
Filtro biológico	90%	80%
UASB	70%	80%
UASB seguido de Lagoa	90%	99%

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

A previsão de carga orgânica diária de DBO e de coliformes termotolerantes para o município de São Bento do Trairí foi estimada conforme a projeção populacional e as cargas *per capita*. Estimaram-se também os valores de DBO e de coliformes termotolerantes diários sem e com tratamento (de acordo com a porcentagem de eficiência do tratamento) – **Tabela 4.42**. No cálculo das concentrações de DBO e de coliformes



termotolerantes, considerou-se a vazão média e a carga orgânica diária, conforme Equação 19 (**Tabela 4.43**).



Tabela 4.42 – Estimativa da carga orgânica e remoção de DBO e Coliformes Termotolerantes, sem tratamento e com diferentes tipos de tratamento para área urbana.

ANO	POPULAÇÃO URBANA												
	População (hab)	Vazão média de esgoto (m³/dia)	Percentual de atendimento com coleta e tratamento anual	População atendida com coleta e tratamento (hab)	Vazão média de esgoto da População atendida (m³/dia)	Carga per capita DBO (g/hab.dia)	Carga per capita de coliformes termotolerantes (org/hab.dia)	Esgoto Bruto (Carga)		Tratamento Preliminar		Tratamento Primário	
								DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)
2020	2083	572,54	100%	2083	572,54	54	1,00E+11	112468,76	2,08E+14	106845,32	2,08E+14	73104,69	1,35E+14
2021	2094	575,58	100%	2094	575,58	54	1,00E+11	113080,77	2,09E+14	107426,73	2,09E+14	73502,50	1,36E+14
2022	2105	578,55	100%	2105	578,55	54	1,00E+11	113659,92	2,10E+14	107976,92	2,10E+14	73878,95	1,37E+14
2023	2115	581,46	100%	2115	581,46	54	1,00E+11	114202,69	2,11E+14	108492,56	2,11E+14	74231,75	1,37E+14
2024	2124	584,30	100%	2124	584,30	54	1,00E+11	114707,61	2,12E+14	108972,23	2,12E+14	74559,94	1,38E+14
2025	2133	586,42	100%	2133	586,42	54	1,00E+11	115172,81	2,13E+14	109414,17	2,13E+14	74862,33	1,39E+14
2026	2141	588,47	100%	2141	588,47	54	1,00E+11	115596,49	2,14E+14	109816,67	2,14E+14	75137,72	1,39E+14
2027	2148	590,45	100%	2148	590,45	54	1,00E+11	115976,98	2,15E+14	110178,13	2,15E+14	75385,03	1,40E+14
2028	2154	592,34	100%	2154	592,34	54	1,00E+11	116312,49	2,15E+14	110496,86	2,15E+14	75603,12	1,40E+14
2029	2159	593,50	100%	2159	593,50	54	1,00E+11	116602,49	2,16E+14	110772,37	2,16E+14	75791,62	1,40E+14
2030	2164	595,23	100%	2164	595,23	54	1,00E+11	116847,50	2,16E+14	111005,13	2,16E+14	75950,88	1,41E+14
2031	2168	596,24	100%	2168	596,24	54	1,00E+11	117047,84	2,17E+14	111195,45	2,17E+14	76081,10	1,41E+14
2032	2170	597,16	100%	2170	597,16	54	1,00E+11	117203,09	2,17E+14	111342,94	2,17E+14	76182,01	1,41E+14
2033	2172	598,00	100%	2172	598,00	54	1,00E+11	117313,25	2,17E+14	111447,58	2,17E+14	76253,61	1,41E+14
2034	2174	598,77	100%	2174	598,77	54	1,00E+11	117378,53	2,17E+14	111509,61	2,17E+14	76296,05	1,41E+14
2035	2174	599,45	100%	2174	599,45	54	1,00E+11	117398,75	2,17E+14	111528,81	2,17E+14	76309,19	1,41E+14
2036	2174	600,06	100%	2174	600,06	54	1,00E+11	117373,57	2,17E+14	111504,89	2,17E+14	76292,82	1,41E+14
2037	2172	600,58	100%	2172	600,58	54	1,00E+11	117302,84	2,17E+14	111437,70	2,17E+14	76246,85	1,41E+14
2038	2170	601,02	100%	2170	601,02	54	1,00E+11	117186,88	2,17E+14	111327,53	2,17E+14	76171,47	1,41E+14
2039	2167	601,38	100%	2167	601,38	54	1,00E+11	117026,14	2,17E+14	111174,84	2,17E+14	76066,99	1,41E+14
2040	2163	601,67	100%	2163	601,67	54	1,00E+11	116820,87	2,16E+14	110979,83	2,16E+14	75933,57	1,41E+14



Tabela 4.42 – Estimativa da carga orgânica e remoção de DBO e Coliformes Termotolerantes, sem tratamento e com diferentes tipos de tratamento para área urbana. (Continuação).

ANO	POPULAÇÃO URBANA													
	Lagoa facultativa seguida de uma lagoa de maturação		Lagoa facultativa seguida de duas lagoas de maturação		Lagoa anaeróbia facultativa		Lodo ativado		Reator Biológico		UASB		UASB seguido de Lagoa	
	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)	DBO (g/dia)	Coliformes Termotolerantes (org/dia)
2020	34865,32	6,31E+12	34865,32	1,37E+12	22493,75	2,08E+12	11246,88	2,08E+13	11246,88	4,17E+13	33740,63	4,17E+13	11246,88	2,08E+12
2021	35055,04	6,35E+12	35055,04	1,38E+12	22616,15	2,09E+12	11308,08	2,09E+13	11308,08	4,19E+13	33924,23	4,19E+13	11308,08	2,09E+12
2022	35234,57	6,38E+12	35234,57	1,39E+12	22731,98	2,10E+12	11365,99	2,10E+13	11365,99	4,21E+13	34097,98	4,21E+13	11365,99	2,10E+12
2023	35402,84	6,41E+12	35402,84	1,40E+12	22840,54	2,11E+12	11420,27	2,11E+13	11420,27	4,23E+13	34260,81	4,23E+13	11420,27	2,11E+12
2024	35559,36	6,44E+12	35559,36	1,40E+12	22941,52	2,12E+12	11470,76	2,12E+13	11470,76	4,25E+13	34412,28	4,25E+13	11470,76	2,12E+12
2025	35703,57	6,46E+12	35703,57	1,41E+12	23034,56	2,13E+12	11517,28	2,13E+13	11517,28	4,27E+13	34551,84	4,27E+13	11517,28	2,13E+12
2026	35834,91	6,49E+12	35834,91	1,41E+12	23119,30	2,14E+12	11559,65	2,14E+13	11559,65	4,28E+13	34678,95	4,28E+13	11559,65	2,14E+12
2027	35952,86	6,51E+12	35952,86	1,42E+12	23195,40	2,15E+12	11597,70	2,15E+13	11597,70	4,30E+13	34793,09	4,30E+13	11597,70	2,15E+12
2028	36056,87	6,53E+12	36056,87	1,42E+12	23262,50	2,15E+12	11631,25	2,15E+13	11631,25	4,31E+13	34893,75	4,31E+13	11631,25	2,15E+12
2029	36146,77	6,54E+12	36146,77	1,43E+12	23320,50	2,16E+12	11660,25	2,16E+13	11660,25	4,32E+13	34980,75	4,32E+13	11660,25	2,16E+12
2030	36222,73	6,56E+12	36222,73	1,43E+12	23369,50	2,16E+12	11684,75	2,16E+13	11684,75	4,33E+13	35054,25	4,33E+13	11684,75	2,16E+12
2031	36284,83	6,57E+12	36284,83	1,43E+12	23409,57	2,17E+12	11704,78	2,17E+13	11704,78	4,34E+13	35114,35	4,34E+13	11704,78	2,17E+12
2032	36332,96	6,58E+12	36332,96	1,43E+12	23440,62	2,17E+12	11720,31	2,17E+13	11720,31	4,34E+13	35160,93	4,34E+13	11720,31	2,17E+12
2033	36367,11	6,58E+12	36367,11	1,43E+12	23462,65	2,17E+12	11731,32	2,17E+13	11731,32	4,34E+13	35193,97	4,34E+13	11731,32	2,17E+12
2034	36387,35	6,59E+12	36387,35	1,43E+12	23475,71	2,17E+12	11737,85	2,17E+13	11737,85	4,35E+13	35213,56	4,35E+13	11737,85	2,17E+12
2035	36393,61	6,59E+12	36393,61	1,43E+12	23479,75	2,17E+12	11739,87	2,17E+13	11739,87	4,35E+13	35219,62	4,35E+13	11739,87	2,17E+12
2036	36385,81	6,59E+12	36385,81	1,43E+12	23474,71	2,17E+12	11737,36	2,17E+13	11737,36	4,35E+13	35212,07	4,35E+13	11737,36	2,17E+12
2037	36363,88	6,58E+12	36363,88	1,43E+12	23460,57	2,17E+12	11730,28	2,17E+13	11730,28	4,34E+13	35190,85	4,34E+13	11730,28	2,17E+12
2038	36327,93	6,58E+12	36327,93	1,43E+12	23437,38	2,17E+12	11718,69	2,17E+13	11718,69	4,34E+13	35156,06	4,34E+13	11718,69	2,17E+12
2039	36278,10	6,57E+12	36278,10	1,43E+12	23405,23	2,17E+12	11702,61	2,17E+13	11702,61	4,33E+13	35107,84	4,33E+13	11702,61	2,17E+12
2040	36214,47	6,55E+12	36214,47	1,43E+12	23364,17	2,16E+12	11682,09	2,16E+13	11682,09	4,33E+13	35046,26	4,33E+13	11682,09	2,16E+12

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



Tabela 4.43 – Estimativa da concentração e remoção de DBO e Coliformes Termotolerantes, sem tratamento e com diferentes tipos de tratamento para área urbana.

ANO	POPULAÇÃO URBANA												
	População (hab)	Vazão média de esgoto (m³/dia)	Percentual de atendimento com coleta e tratamento anual	População atendida com coleta e tratamento (hab)	Vazão média de esgoto da População atendida (m³/dia)	Carga per capita DBO (g/hab.dia)	Carga per capita de coliformes termotolerantes (org/hab.dia)	Esgoto Bruto (Concentração)		Tratamento Preliminar		Tratamento Primário	
								DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)
2020	2083	573	100%	2083	572,54	54	1,00E+11	196,44	363771,72	186,61	363771,72	127,68	236451,62
2021	2094	576	100%	2094	575,58	54	1,00E+11	196,47	363824,51	186,64	363824,51	127,70	236485,93
2022	2105	579	100%	2105	578,55	54	1,00E+11	196,46	363808,32	186,63	363808,32	127,70	236475,41
2023	2115	581	100%	2115	581,46	54	1,00E+11	196,41	363716,90	186,59	363716,90	127,66	236415,99
2024	2124	584	100%	2124	584,30	54	1,00E+11	196,32	363548,28	186,50	363548,28	127,61	236306,38
2025	2133	586	100%	2133	586,42	54	1,00E+11	196,40	363701,19	186,58	363701,19	127,66	236405,77
2026	2141	588	100%	2141	588,47	54	1,00E+11	196,43	363767,96	186,61	363767,96	127,68	236449,18
2027	2148	590	100%	2148	590,45	54	1,00E+11	196,42	363746,11	186,60	363746,11	127,67	236434,97
2028	2154	592	100%	2154	592,34	54	1,00E+11	196,36	363632,90	186,54	363632,90	127,64	236361,38
2029	2159	594	100%	2159	593,50	54	1,00E+11	196,47	363824,87	186,64	363824,87	127,70	236486,16
2030	2164	595	100%	2164	595,23	54	1,00E+11	196,31	363528,75	186,49	363528,75	127,60	236293,68
2031	2168	596	100%	2168	596,24	54	1,00E+11	196,31	363538,74	186,50	363538,74	127,60	236300,18
2032	2170	597	100%	2170	597,16	54	1,00E+11	196,27	363457,67	186,45	363457,67	127,57	236247,49
2033	2172	598	100%	2172	598,00	54	1,00E+11	196,17	363285,92	186,37	363285,92	127,51	236135,85
2034	2174	599	100%	2174	598,77	54	1,00E+11	196,03	363024,26	186,23	363024,26	127,42	235965,77
2035	2174	599	100%	2174	599,45	54	1,00E+11	195,84	362672,52	186,05	362672,52	127,30	235737,14
2036	2174	600	100%	2174	600,06	54	1,00E+11	195,60	362230,22	185,82	362230,22	127,14	235449,64
2037	2172	601	100%	2172	600,58	54	1,00E+11	195,32	361697,14	185,55	361697,14	126,96	235103,14
2038	2170	601	100%	2170	601,02	54	1,00E+11	194,98	361073,93	185,23	361073,93	126,74	234698,05
2039	2167	601	100%	2167	601,38	54	1,00E+11	194,60	360361,48	184,87	360361,48	126,49	234234,96
2040	2163	602	100%	2163	601,67	54	1,00E+11	194,16	359560,13	184,45	359560,13	126,21	233714,09



Tabela 4.43 – Estimativa da concentração e remoção de DBO e Coliformes Termotolerantes, sem tratamento e com diferentes tipos de tratamento para área urbana.
 (Continuação).

ANO	POPULAÇÃO URBANA													
	Lagoa facultativa seguida de uma lagoa de maturação		Lagoa facultativa seguida de duas lagoas de maturação		Lagoa anaeróbia facultativa		Lodo ativado		Reator Biológico		UASB		UASB seguido de Lagoa	
	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)	DBO (mg/l)	Coliformes Termotolerantes (org/ml)
2020	60,90	11022,28	60,90	2400,89	39,29	3637,72	19,64	36377,17	19,64	72754,34	58,93	72754,34	19,64	3637,72
2021	60,90	11023,88	60,90	2401,24	39,29	3638,25	19,65	36382,45	19,65	72764,90	58,94	72764,90	19,65	3638,25
2022	60,90	11023,39	60,90	2401,13	39,29	3638,08	19,65	36380,83	19,65	72761,66	58,94	72761,66	19,65	3638,08
2023	60,89	11020,62	60,89	2400,53	39,28	3637,17	19,64	36371,69	19,64	72743,38	58,92	72743,38	19,64	3637,17
2024	60,86	11015,51	60,86	2399,42	39,26	3635,48	19,63	36354,83	19,63	72709,66	58,89	72709,66	19,63	3635,48
2025	60,88	11020,15	60,88	2400,43	39,28	3637,01	19,64	36370,12	19,64	72740,24	58,92	72740,24	19,64	3637,01
2026	60,89	11022,17	60,89	2400,87	39,29	3637,68	19,64	36376,80	19,64	72753,59	58,93	72753,59	19,64	3637,68
2027	60,89	11021,51	60,89	2400,72	39,28	3637,46	19,64	36374,61	19,64	72749,22	58,93	72749,22	19,64	3637,46
2028	60,87	11018,08	60,87	2399,98	39,27	3636,33	19,64	36363,29	19,64	72726,58	58,91	72726,58	19,64	3636,33
2029	60,90	11023,89	60,90	2401,24	39,29	3638,25	19,65	36382,49	19,65	72764,97	58,94	72764,97	19,65	3638,25
2030	60,85	11014,92	60,85	2399,29	39,26	3635,29	19,63	36352,87	19,63	72705,75	58,89	72705,75	19,63	3635,29
2031	60,86	11015,22	60,86	2399,36	39,26	3635,39	19,63	36353,87	19,63	72707,75	58,89	72707,75	19,63	3635,39
2032	60,84	11012,77	60,84	2398,82	39,25	3634,58	19,63	36345,77	19,63	72691,53	58,88	72691,53	19,63	3634,58
2033	60,81	11007,56	60,81	2397,69	39,23	3632,86	19,62	36328,59	19,62	72657,18	58,85	72657,18	19,62	3632,86
2034	60,77	10999,64	60,77	2395,96	39,21	3630,24	19,60	36302,43	19,60	72604,85	58,81	72604,85	19,60	3630,24
2035	60,71	10988,98	60,71	2393,64	39,17	3626,73	19,58	36267,25	19,58	72534,50	58,75	72534,50	19,58	3626,73
2036	60,64	10975,58	60,64	2390,72	39,12	3622,30	19,56	36223,02	19,56	72446,04	58,68	72446,04	19,56	3622,30
2037	60,55	10959,42	60,55	2387,20	39,06	3616,97	19,53	36169,71	19,53	72339,43	58,59	72339,43	19,53	3616,97
2038	60,44	10940,54	60,44	2383,09	39,00	3610,74	19,50	36107,39	19,50	72214,79	58,49	72214,79	19,50	3610,74
2039	60,32	10918,95	60,32	2378,39	38,92	3603,61	19,46	36036,15	19,46	72072,30	58,38	72072,30	19,46	3603,61
2040	60,19	10894,67	60,19	2373,10	38,83	3595,60	19,42	35956,01	19,42	71912,03	58,25	71912,03	19,42	3595,60

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



Pela análise da **Tabela 4.42**, verifica-se que a carga de DBO e coliformes totais para início de plano é de 112468,76 g/dia e 2,08E+14 de organismo/dia, respectivamente, e para final de plano é 116820,87 g/dia e 2,16E+14 de organismo/dia de coliformes fecais sem tratamento.

Analisando-se a **Tabela 4.43**, observa-se que as concentrações de DBO e coliformes fecais sem tratamento para início de plano são de 196,44 mg/l e 363771,72 organismo/ml, respectivamente, e para final de plano 194,16 mg/l e 359560,13 organismo/ml.

Constata-se que o sistema de tratamento com melhor eficiência para remoção de DBO são Lodo Ativado, Reator Biológico e o UASB seguido de Lagoa, uma vez que eles apresentaram igualmente as menores concentrações de DBO no esgoto tratado. Vale ressaltar, que estes sistemas necessitam de maiores investimentos para implantação e operação.

Sugere-se que o município contrate um profissional habilitado para elaboração do projeto executivo onde deverá tomar como base os estudos ora realizados e apontar a melhor alternativa técnica, econômica e financeira conforme a realidade local.

4.4.3 Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada

A universalização da prestação do serviço de esgotamento sanitário pode ser garantida a partir da coleta e tratamento dos esgotos e disposição final do efluente e lodo gerados em quantidade e qualidade satisfatórias para a população de todo o município, abrangendo tanto a área urbana quanto a rural, incluindo áreas especiais. Comumente observa-se que a realidade da zona urbana do município difere acentuadamente da zona rural e áreas especiais, assim é necessário que estudos distintos sejam realizados para o atendimento das necessidades identificadas no Diagnóstico técnico-Participativo.

A escolha de um sistema de tratamento de esgoto deve ser baseada em estudo técnico criterioso das alternativas, uma vez que não há um sistema único que atenda a todas as condições técnicas e econômicas, qualquer que seja a população de projeto e as condições locais (FORESTI, 2013). Contudo, faz-se necessário observar algumas considerações na escolha da melhor tecnologia a ser adotada para tratamento de esgotos, sendo estas:

- Eficiência do tratamento: se este será capaz de enquadrar o esgoto nos parâmetros de lançamento estabelecidos pelas Resoluções Conama nº 357/2005, 410/2009 e 430/2011;



- Área disponível para implantação da ETE: dependendo do sistema de tratamento escolhido há um requisito de área para implantação;
- Demanda de energia;
- Custos de implantação e operação dos sistemas;
- Quantidade de lodo gerado para um posterior tratamento;
- Facilidade operacional.

No que se refere à área para locação da ETE, por exemplo, devem-se avaliar tecnicamente diversos fatores, entre os quais estão: características do solo, topografia e declividade do terreno, geologia e hidrogeologia do local, controle da poluição da água superficial, legislação vigente acerca do uso e ocupação do solo. De acordo com Von Sperling (2014), na fase de estudos preliminares para seleção do local para a ETE, além dos fatores citados anteriormente, devem ser considerados nível de cheia, distância de interceptação, acessibilidade, proximidade de residências, impactos ambientais, economia, direção do vento, etc.

Além disso, no Estado do Rio Grande do Norte a escolha da área para implantação de uma ETE deve-se observar as distâncias mínimas previstas na Resolução CONEMA nº 02/2009, para estabelecimento das Faixas de Proteção e de Uso Restrito do Solo no entorno de ETE do tipo lagoas de estabilização, com vistas a minimizar a possibilidade de percepção de odores provenientes das mesmas nas áreas circunvizinhas, bem como controlar os impactos das referidas ETE sobre o meio ambiente. Tais distâncias, que variam em função do porte da ETE são apresentadas na **Tabela 4.44**.

Tabela 4.44 - Faixas de uso do solo no entorno da ETE (Lagoas de estabilização)

Faixa de proteção sanitária (Z) no entorno das unidades* da ETE, incorporada à área da mesma	Faixa de uso restrito no entorno da área da ETE	
	À montante ou paralelo do sentido dos ventos dominantes (X1)	À jusante do sentido dos ventos dominantes (X2)
Micro ou pequeno porte**	50m	100 m
Médio, grande ou excepcional porte**	100 m	200 m

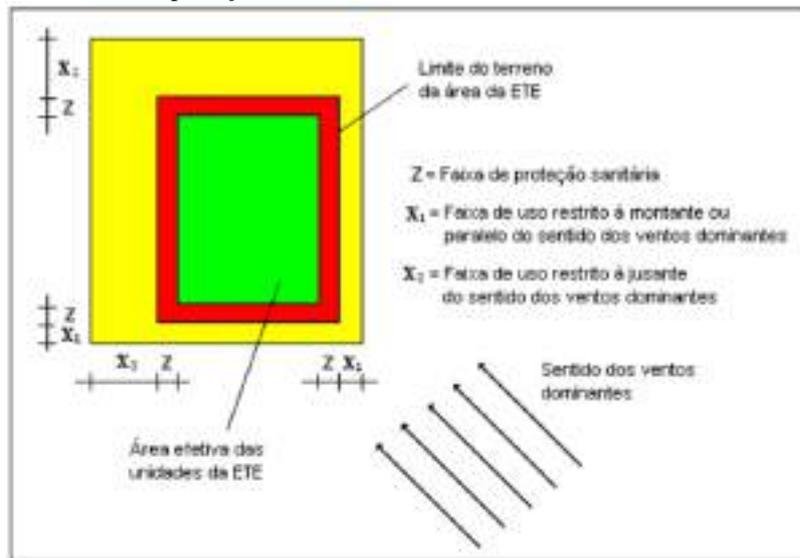
*Unidades da ETE: unidades do tratamento preliminar + leito de secagem + lagoas de estabilização.

**Classificação de acordo com a Tabela VII. Atividades de Saneamento Básico, constante na Resolução CONEMA N.º 04/2006, alterada pela Resolução CONEMA N.º 01/2009.

Fonte: Rio Grande do Norte, 2009.

Para melhor entendimento da forma de delimitação das faixas supracitadas, apresenta-se na **Figura 4.12** um esquema demonstrativo, extraído da Resolução CONEMA nº 02/2009.

Figura 4.12 - Faixa de proteção sanitária e Faixa de uso restrito no entorno da área da ETE.



Fonte: Rio Grande do Norte, 2009.

Com relação a faixa de uso registro, a referida resolução estabelece permissões e proibições de acordo com o tipo de atividade a ser desenvolvida, sendo essas definições expostas na **Tabela 4.45**.

Tabela 4.45 – Tipos de usos para a faixa de uso restrito.

Faixa de proteção sanitária no entorno das unidades da ETE, incorporada à área da mesma
Uso interno para atividades de operação e manutenção das unidades da ETE. Fica proibida a ocupação com novas unidades de tratamento dentro da faixa de proteção

Faixa de uso restrito no entorno da área da ETE

À montante ou paralelo do sentido dos ventos dominantes

À jusante do sentido dos ventos dominantes

- Usos permitidos:
 - ✓ agricultura
 - ✓ pecuária
 - ✓ cemitério
 - ✓ lagoas de captação/infiltração de águas pluviais
- Usos não permitidos
 - ✓ residencial/comercial
 - ✓ hospitais/clínicas
 - ✓ colégios, hotéis/pousadas
 - ✓ igrejas

Obs.: Outras alternativas de uso o IDEMA analisará cada caso.

Fonte: Rio Grande do Norte, 2009.

Destaca-se ainda que durante a fase de estudo de concepção de sistemas de esgotamento sanitário, deve ser obedecido, entre outras normas e legislações, a ABNT NBR 9648:1986 que fixa as condições exigíveis no desenvolvimento de projeto de todas ou qualquer das partes que constituem o sistema, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.



A partir da análise das alternativas para os sistemas de tratamento de esgotos que atendem às restrições quanto à qualidade do efluente a ser produzido, é realizada a análise dos custos de implantação e operação de cada uma das alternativas, uma vez que a seleção do sistema adotado será baseada principalmente na análise financeira. Ressalta-se que todas as alternativas deverão ser similares quanto ao desempenho técnico.

Von Sperling (2014) apresenta uma comparação quantitativa em relação aos principais sistemas de tratamento de esgotos, expressos em valores *per capita* (**Tabela 4.46**).



Tabela 4.46 - Características típicas de diversos sistemas de tratamento de esgotos, expressos em valores per capita.

SISTEMAS DE TRATAMENTO	Demanda de área (m ² /hab)	Potência para aeração		Volume de lodo		Custos	
		Potência instalada (W/hab)	Potência consumida (kWh/hab.ano)	Lodo líquido a ser tratado (L/hab.ano)	Lodo desidratado a ser disposto (L/hab.ano)	Implantação (R\$/hab)	Operação e manutenção (RS/hab.ano)
Tratamento primário (tanques sépticos)	0,03-0,05	0	0	110-360	15-35	80-150	4-8
Tratamento primário convencional	0,02-0,04	0	0	330-730	15-40	80-150	4-8
Lagoa facultativa	2-4	0	0	35-90	15-30	100-160	5-8
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	1,5-3,0	0	0	55-160	20-60	90-140	5-8
Lagoa aerada facultativa	0,25-0,5	1,2-2,0	11-18	30-220	7-30	120-200	10-20
Lagoa aer. mist. comp.– lagoa de decantação	0,2-0,4	1,8-2,5	16-22	55-360	10-35	120-200	10-20
Infiltração lenta	10-50	0	0	-	-	50-200	2-6
Infiltração rápida	1,0-6,0	0	0	-	-	50-200	3-8
Escoamento superficial	2,0-3,5	0	0	-	-	80-200	5-10
Sistemas alagados construídos (<i>wetlands</i>)	1,0-5,0	0	0	-	-	100-200	5-10
Tanque séptico + filtro anaeróbio	0,2-0,35	0	0	180-1000	25-50	160-300	12-20
Reator UASB	0,03-0,10	0	0	70-220	10-35	40-120	6-10
UASB + lodos ativados	0,08-0,2	1,8-3,5	14-20	180-400	15-60	120-250	15-30
UASB + biofiltro aerado submerso	0,05-0,15	1,8-3,5	14-20	180-400	15-55	120-250	15-30
UASB + filtro anaeróbio	0,05-0,15	0	0	150-300	10-50	140-220	8-15
UASB + lagoas de polimento/maturação	1,5-2,5	0	0	150-250	10-35	180-450	7-14
Lodos ativados convencional	0,12-0,25	2,5-4,5	18-26	1100-3000	35-90	240-300	20-40
Lodos ativados - aeração prolongada	0,12-0,25	3,5-5,5	20-35	1200-2000	40-105	200-270	20-40
Filtro biológico de baixa carga	0,15-0,3	0	0	360-1100	35-80	150-300	20-30
Filtro biológico de alta carga	0,12-0,25	0	0	500-1900	35-80	150-300	20-30

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2014.

Nota: Os custos per capita aplicam-se dentro das faixas populacionais típicas de utilização de cada sistema de tratamento. Naturalmente que os custos variam sobremaneira em função das condições locais, e são colocados na Tabela apenas para se ter uma noção da ordem de grandeza.



A partir dos dados e informações coletados no diagnóstico, e ainda de acordo com os estudos realizados nos tópicos anteriores, recomenda-se as seguintes intervenções listadas na **Tabela 4.47**, para o município de São Bento do Trairí.

Tabela 4.47 - Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada para a Zona Urbana, em relação ao sistema de esgotamento sanitário.

Zona Urbana – Sede			
Componentes do Sistema de esgotamento sanitário	Cenário Prognosticado	Intervenção	Meta
Definição de alternativas de tratamento	1. Tratamento de esgoto por meio de lagoas de estabilização.	1. Elaborar projeto para instalação sistema de tratamento; 2. Proibir os sistemas de tratamentos individuais inadequados para a região; 3. Proibir o uso de fossas rudimentares; 4. Regularizar a operação da ETE;	1. Curto prazo (até 2028) 2. Curto prazo (até 2028) 3. Médio prazo (até 2032) 4. Médio prazo (até 2032)
Ligações de esgoto	2023 – 584 Ligações 2028 – 595 Ligações 2032 – 600 Ligações 2040 – 608 Ligações	1. Realizar e manter atualizado o cadastro técnico e comercial das ligações existentes; 2. Incentivar a execução de ligações na rede coletora.	1. Curto prazo (até 2028) 2. Médio Prazo (até 2032)
Rede de coleta	2023 – 8,76 Km de rede 2028 – 8,93 Km de rede 2032 – 9,00 Km de rede 2040 – 9,12 Km de rede	1. Realizar e manter atualizado o cadastro técnico e comercial da rede existente; 2. Ampliar a infraestrutura da rede coletora; 3. Planejar e realizar manutenções regulares na rede coletora.	1. Médio prazo (até 2032) 2. Longo prazo (até 2040) 3. Médio prazo (até 2032)
Poços de visita	-	1. Realizar e manter atualizado o cadastro técnico e comercial dos poços de visita existentes; 2. Planejar e realizar manutenções regulares nos poços de visita; 3. Implantar poços de visita nas áreas em que houver ampliação da rede coletora.	1. Curto (até 2028) 2. Curto (até 2028) 3. Curto prazo (até 2028)
Estação elevatória de esgoto bruto	-	1. Realizar estudo para verificar a necessidade de implantação de uma estação elevatória de	1. Curto prazo (até 2028)



		esgoto bruto para o SES da sede.	
Estação elevatória de esgoto tratado	-	1. Realizar estudo para verificar a necessidade de implantação de uma estação elevatória de esgoto tratado para o SES da sede.	1. Curto (até 2028)
Produção de esgoto tratado	1. Tratamento de esgoto por meio de lagoas de estabilização.	1. Elaborar projeto para ampliação da capacidade do sistema de tratamento atual; 2. Proibir os sistemas de tratamentos individuais inadequados para a região; 3. Proibir o uso de fossas rudimentares; 4. Regularizar a operação da ETE; 5. Avaliar as condições estruturais das lagoas de estabilização.	1. Curto prazo (até 2028) 2. Curto prazo (até 2028) 3. Curto prazo (até 2028) 4. Curto prazo (até 2028) 5. Imediato (até 2023)

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Nas áreas rurais de São Bento do Trairí a indicação é para que sejam feitas soluções individuais que tenham como principais características os baixos custos de implantação e fácil manutenção, com exceção nos distritos, para os quais devem ser elaborados estudos em prazo imediato para se avaliar qual a melhor alternativa de sistema para atendimento das demandas.

A literatura especializada em saneamento básico apresenta uma diversidade de técnicas de dimensionamento e tratamento de esgotos domésticos capazes de atender sistemas descentralizados, direcionadas para pequenas unidades de tratamento, abrangendo sistemas individuais e de pequenas comunidades, possíveis de oferecer solução às realidades existentes no município aliadas a bom desempenho, segurança sanitária e baixo custo.

Segundo o Manual de Saneamento da Funasa (2006), para atendimento unifamiliar podem ser adotados sistemas individuais que consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em fossa séptica, seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro, irrigação subsuperficial) e wetlands. Tais sistemas podem funcionar satisfatória e economicamente se as habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre e/ou em meio rural), se o solo apresentar boas condições de infiltração e, ainda, se o nível de água subterrânea

se encontrar a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças.

A **Tabela 4.48** mostra a eficiência do uso combinado entre o tanque séptico e demais tipos de tratamentos. A **Tabela 4.49**, por sua vez, mostra as principais características dos processos de tratamento, excluindo-se tanque séptico. Essas informações são necessárias para subsidiar a escolha da melhor solução para as comunidades rurais.

Tabela 4.48 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico.

PARÂMETRO	REMOÇÃO DE POLUENTES EM PROCESSO COMBINADO (%)					
	Filtro anaeróbio submerso	Filtro de areia	Filtro aeróbio	Vala de filtração	Lodo ativado por batelada	Lagoa com plantas
DBO _{5,20}	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
Sólidos Não Filtráveis	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos Sedimentáveis	70 ou mais	99 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio Amoniacal	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes Fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

Fonte: NBR 13.969/1997.

Tabela 4.49 - Algumas características dos processos de tratamento recomendados para áreas rurais (exclui tanque séptico).

Característica	Processo					
	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	Lodo ativado por batelada	Lagoa com plantas
Área necessária	Reduzida	Reduzida	Média	Média	Média	Média
Operação	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
Custo operacional	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo
Manutenção	Simple	Simple	Simple	Simple	Média complexidade	Simple
Odor/cor no efluente	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: NBR 13.969/1997.



Sendo assim, com base nos dados e informações coletados no diagnóstico, e ainda de acordo com o apresentado na **Tabela 4.48** e **Tabela 4.49**, recomenda-se as seguintes intervenções listadas na **Tabela 4.50**, para a zona rural e áreas especiais do município de São Bento do Trairí.

Tabela 4.50 - Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada para a Zona Rural e Áreas Especiais, em relação ao sistema de esgotamento sanitário.

Zona Rural e Áreas Especiais - Comunidades: Sítio Telha, Sítio Remédio, Sítio Pinta Cachorro, Sítio Malhada, Baixa Verde, Camelo, Ipueira, Aroeiras, São Bento de Baixo, São Francisco, Logadouro, Volta, São Bento de Cima, Cupiras, Riacho das Varas, Megulão, Mudubim, Currais Velhos, Pau D'Arco, Paulista, Malhada Vermelha, Borges, Escondido, Mundo Novo, Cachoeira, Leandra, Remédio, Barra do Tamanduá.			
Componentes do Sistema de esgotamento sanitário	Cenário Prognosticado	Intervenção	Meta
Definição de alternativas de tratamento	1. Ausência de sistema de tratamento público de esgoto; 2. Baixa existência de tratamentos individuais (fossa séptica); 3. Elevada existência de fossas rudimentares; 4. Precariedade nas estruturas sanitárias dos domicílios.	1. Realizar estudo de viabilidade para implantação de soluções individuais e/ou coletivas nas comunidades rurais, considerando as particularidades de cada uma delas; 2. Coibir o uso de fossas rudimentares; 3. Participar de editais para obtenção de recursos financeiros para implantação de projeto de melhorias sanitárias; 4. Oferecer auxílio técnico e financeiro para a instalação de fossas sépticas que atendam aos padrões das normas vigentes; 5. Realizar estudo de viabilidade para construção de ETE para tratamento dos lodos de fossas sépticas.	1. Imediato (até 2023). 2. Curto prazo (até 2028). 3. Imediato (até 2023). 4. Imediato (até 2023). 5. Imediato (até 2023).

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Destaca-se que na revisão do PMSB deve-se reavaliar as alternativas técnicas adotadas, uma vez que haverá maior disponibilidade de dados, o que tornará possível a realização de uma avaliação mais minuciosa acerca da eficiência do sistema planejado e instalado até o momento de cada revisão.



4.4.4 Comparação das alternativas de tratamento local ou centralizado dos esgotos

A avaliação e seleção da tecnologia mais adequada para o tratamento de esgotos domésticos devem considerar a concepção do sistema de tratamento, os custos relativos à construção, operação e manutenção, assim como a reparação e substituição do sistema nos casos em que for preciso. As técnicas existentes para o tratamento de esgotos domésticos incluem duas abordagens básicas: centralizadas ou descentralizadas (MOUSSAVI et al., 2010).

Quando se fala em “saneamento descentralizado” entende-se que não existe apenas uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) destinada a uma população de uma área específica, mas uma variedade de sistemas que servem a mais de uma área ou população (LIBRALATO et al., 2012). Estes sistemas são geralmente mais acessíveis, socialmente responsáveis e ambientalmente benéficos (NAPHI, 2004).

As formas de tratamento de esgotos de maneira descentralizada podem ser entendidas como “*on site*” (no local) ou ainda como sistemas “*cluster*” (em grupo). No sistema *on site* ocorre a coleta, transporte, tratamento, destinação final e reutilização de águas residuárias provenientes de uma única residência ou edifício. Por sua vez, o sistema *cluster* caracteriza-se por coletar as águas residuárias provenientes de duas ou mais residências ou edifícios, e posteriormente, transportar para um local adequado para o seu tratamento e disposição final (USEPA, 2004).

Os sistemas de tratamento de esgoto sanitário descentralizados partem de uma lógica diferente do paradigma técnico corrente, uma vez que exigem a participação das comunidades usuárias, as quais assumem a responsabilidade pela construção ou operação de métodos tradicionais de tratamento, tais como, fossas, tanques sépticos e poços de infiltração (ORTUSTE, 2012).

Em relação aos sistemas de esgotos centralizados, observa-se que estes são sistemas de esgotamento sanitário públicos e coletivos, que possuem uma ETE como sua unidade de referência centralizada que recebem todos os esgotos coletados e transportados, sendo assim denominados “sistemas centralizados”. Em seus limites insere-se uma ou mais bacias de esgotamento sanitário e toda a abrangência da área urbana atendida pela rede coletora de esgotos. Para a ETE convergem todos os esgotos gerados nos limites do sistema de esgotamento sanitário.



Geralmente nos sistemas centralizados as estações de tratamento são construídas nas regiões periféricas das cidades. Trata-se de um sistema de tratamento que envolve um conjunto de equipamentos e instalações destinados a coletar, transportar, tratar e destinar de maneira segura grandes volumes de esgotos domésticos (SURIYACHAN et al., 2012). Com isso, gera-se um mecanismo de exportação do esgoto de uma região para outra, os quais, normalmente, são gerenciados por órgãos públicos.

A falta de terrenos adequados e o custo de implementação e operação de unidades de maior porte tem trazido questionamentos sobre os limites dessa abordagem, especialmente em área cuja densidade populacional não justifique os ganhos em escala alcançados pela operação de sistemas complexos. Ademais, destaca-se o potencial conflito social gerado pela instalação de uma unidade de tratamento de grande porte em determinado local, ou a consequente desvalorização imobiliária que esta localidade venha a receber.

No Brasil, devido às baixas taxas de tratamento de esgotamento sanitário e à falta de investimentos, procurou-se minimizar estes problemas, através da construção das estações em etapas ou módulos, reduzindo os custos e a necessidade de contrair empréstimos para a implantação de sistemas de tratamento. Essa solução, no entanto, depende de um forte comprometimento dos gestores públicos para que os investimentos sejam continuados (ROQUE, 1997).

São conhecidos vários processos de tratamento que podem ser utilizados pelas comunidades. Sua adoção dependerá das características socioeconômicas locais e das políticas públicas vigentes. No entanto, considerando os critérios abordados, o uso de sistemas de baixo *input* energético e tecnológico, tais como, tanques sépticos e lagoas (anaeróbias e/ou facultativa), tem se destacado devido a facilidade operacional, em países como Colômbia, Brasil e Índia (MASSOUD, 2008). De acordo com Rodriguez (2009), a decisão da melhor alternativa deve ser ponderada através de critérios técnicos (eficiência de remoção do processo, necessidade de área e construção, consumo energético), econômicos, (custo de reversão, operação, energético, operação e manutenção, vida útil) e ambientais (subprodutos gerados e possível reutilização).

Os sistemas centralizados exigem menos participação e conscientização pública, porém o seu tratamento requer mais energia e materiais, aumentando o custo. Por outro lado, os sistemas descentralizados tratam as águas residuárias de casas e prédios



individualmente, realizando o tratamento e o descarte próximo ao ponto de geração (USEPA, 2004).

Estudos comparativos entre gestão centralizada e descentralizada em comunidades rurais revelam que os sistemas descentralizados são geralmente mais eficazes para essas localidades do que os sistemas centralizados (MASSOUD et al., 2009).

No tratamento centralizado existe a vantagem de que os sistemas não exigirem participação direta do usuário, pois se encontram longe do local de geração e a rotina operacional funciona através de uma companhia de saneamento. O tratamento descentralizado por sua vez requer maior participação do usuário e a operação não adequada pode causar impacto e riscos à saúde em localidades vizinhas.

A escolha do tipo de tratamento dependerá de uma análise específica para cada caso, com a possibilidade de coexistência entre os sistemas, com vários níveis de aplicabilidade. A gestão descentralizada do tratamento oferece muitos benefícios, que podem ser alcançados através da incorporação de tecnologias avançadas e inovadoras dos sistemas de tratamento biológico que, muitas vezes, não são rentáveis para os sistemas centralizados.

No município de São Bento do Trairí, em virtude de estrutura do município, entende-se que a opção pelo tratamento a ser adotada será o de forma centralizada para a área urbana.

Conforme descrito no diagnóstico, 100% da área urbana do município tem o sistema implantado. No entanto, verifica-se que as áreas rurais sem coleta de esgoto têm algumas unidades de fossa séptica e a grande maioria das edificações utilizam fossas negras (rudimentares), inclusive com lançamento das águas cinzas a céu aberto, não apresentando, portanto, exatamente o formato do sistema descentralizado. Não há a inspeção pelo município nos sistemas adotados, bem como não há manutenção do sistema pelo usuário.

Ressalta-se a importância de considerar a oportunidade de implantação de reúso do efluente das estações de tratamento de esgoto a ser implantadas no município. Tendo em vista as características dos corpos hídricos (intermitentes), a constante escassez hídrica que causa pressões sobre os diversos usos da água, a importância econômica das atividades agropecuárias para o município, e a capacidade de remoção de nutrientes (prejudiciais aos corpos hídricos e necessários ao cultivo) possibilitado pelo reúso,



identifica-se o potencial desta ação e os grandes benefícios que podem ser alcançados. Não deixando de ponderar sobre a necessidade de estudos que embasem sua aplicação da maneira mais viável do ponto de vista social, ambiental e econômico, indicando todas as demandas técnicas para correta aplicação e as barreiras sanitárias para cada tipo de reúso.

No caso das áreas rural e especial, entende-se que o melhor sistema a ser adotado é o descentralizado, pois são tecnologias mais baratas e, dependendo da tecnologia de tratamento, pode-se fazer o reúso do efluente na agricultura. Dessa forma, na zona rural e áreas especiais do município de São Bento do Trairí o sistema adotado será o descentralizado.

É recomendado que o poder público disponibilize assistência técnica para elaboração de projetos e execução de sistemas individuais mais eficiente de acordo com as características da região e inspecione os sistemas implantados.

Quando não houver a rede pública coletora de esgoto e/ou as habitações forem esparsas, o poder público deve solicitar a implantação temporária de sistemas individuais de tratamento do esgoto sanitário (fossa séptica/filtro e sumidouro) para área urbana. Para as áreas rural e especial deve-se considerar alternativas sustentáveis, pois o uso de fossas negras como alternativa de disposição final de esgoto pode acarretar na contaminação do lençol freático. Para isso recomenda-se que o poder público disponibilize assistência técnica para elaboração de projetos e execução de sistemas individuais e alternativos de tratamento de esgoto.

4.4.5 Previsão dos eventos de emergência e contingência

Os planos de ações de contingência e emergência tratam dos principais instrumentos de operação e manutenção dos sistemas de tratamento de esgotamento sanitário, ou seja, estabelecem a forma de atuação do responsável pelo sistema de esgotamento sanitário, de modo que contemple ações preventivas e corretivas, para garantir a segurança e a continuidade operacional das instalações de esgotamento sanitário, bem como minimizar os efeitos de eventos indesejados e interrupções na prestação dos serviços. As principais ocorrências adversas e suas ações de correção são apresentadas na **Tabela 4.51**.



Tabela 4.51 - Principais eventos que possam desencadear situações de emergência e contingência para o sistema de esgotamento sanitário e suas respectivas ações.

Evento	Origem Possível
Interrupção ou colapso na operação da ETE	<ol style="list-style-type: none">1. Colapso do sistema devido a produção de esgoto excedente à demanda média diária em função de eventos temporários;2. Colapso do sistema devido a produção de esgoto excedente à demanda média diária em função de precipitações intensas e lançamento indevido de águas pluviais na rede de esgotamento sanitário;3. Incêndio4. Interrupção no fornecimento de energia elétrica;5. Qualidade inadequada do esgoto, por ocasião de lançamento de efluente na rede, de origem não doméstica;6. Rompimento de redes;7. Equipamento eletromecânico/estrutura danificada;8. Greve9. Sabotagem10. Acidente ambiental11. Depredação
Extravasamento de esgotos em estações elevatórias	<ol style="list-style-type: none">1. Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de bombeamento;2. Danificação de equipamentos eletromecânicos/estruturas;3. Ações de vandalismo;4. Acúmulo de material particulado nos pré-tratamento;5. Precipitação intensa
Rompimento de linhas de recalque, coletores tronco, interceptores e emissários	<ol style="list-style-type: none">1. Desmoronamentos de taludes/paredes de canais;2. Erosões de fundo de vale;3. Rompimento de travessias.
Ocorrência de retorno de esgotos em imóveis	<ol style="list-style-type: none">1. Lançamento de águas pluviais em redes de coleta de esgoto;2. Obstruções em coletores de esgoto.
Acidente na operação e manutenção do sistema	<ol style="list-style-type: none">1. Vazamento de produtos químicos nas instalações do sistema2. Acidente de trabalho na operação e manutenção do sistema

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



4.5 INFRAESTRUTURA DE ÁGUAS PLUVIAIS

O processo de crescimento populacional merece atenção por parte dos gestores, principalmente quanto às questões que envolvem a ocupação de áreas possíveis de alagamento. Isso porque a urbanização desordenada de uma bacia hidrográfica pode acarretar, por exemplo, o aumento das superfícies impermeáveis, como telhados, ruas e pisos, aumentando a velocidade do escoamento superficial.

Assim, a ideia de planejar uma bacia urbana com vistas à questão das inundações nasce da percepção de que tanto existem problemas a serem resolvidos quanto oportunidades a serem exploradas (SMDU, 2012).

Enchentes, de uma maneira geral, são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido a chuvas de magnitude elevada. Em áreas urbanas, conforme Pompêu (2000), as enchentes são decorrentes destas chuvas intensas de largo período de retorno; ou devidas a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio do ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devidas à própria urbanização.

A gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda não é vislumbrada com a devida importância pelos gestores, dada à ausência de um planejamento específico para o setor. De forma geral, o gerenciamento da drenagem urbana é realizado pelas secretarias de obras municipais e apresenta-se desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como água, esgoto e resíduos sólidos. Iniciativas isoladas de algumas cidades têm sido observadas no sentido de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo. No entanto, estas iniciativas ainda carecem de uma visão mais integrada dos processos urbanos e da consideração de conceitos que os aproximem à sustentabilidade (TUCCI, 2007).

O planejamento da drenagem urbana deve priorizar medidas de convivência com o regime hídrico, através de medidas estruturais e não estruturais para que a cidade possa se adaptar à dinâmica hídrica. Sendo assim, um plano de drenagem urbana é uma peça técnica, voltada para o futuro, que tem como escopo orientar as ações e o processo decisório a respeito dos problemas de inundações de uma bacia (SMDU, 2012).



Nesse sentido, as intervenções recomendadas para o serviço de drenagem e manejo das águas pluviais do município de São Bento do Trairí serão a elaboração e implantação de um projeto do sistema de drenagem pluvial que atenda toda área urbana do município. Este deve estar de acordo com o estudo de concepção a ser elaborado pela Prefeitura Municipal em curto prazo, observadas as considerações do Plano Municipal de Saneamento Básico, e a integralidade e universalização dos serviços, avaliando que o sistema de drenagem urbana deverá atender toda a população com eficiência, e reduzir o escoamento superficial.

4.5.1 Projeção da demanda de drenagem urbana e manejo de águas pluviais

4.5.1.1 Hietogramas de Chuvas Máximas

Para dimensionamento dos elementos básicos constituintes do sistema de drenagem, faz-se necessário a utilização de modelos matemáticos que possam descrever o comportamento hidrológico da cidade. O método racional é o mais utilizado, o qual se encontra descrito na Equação 20.

$$Q = C . i . A \quad (20)$$

Em que:

Q = Vazão de projeto no exutório de uma bacia de drenagem;

C = Coeficiente de escoamento;

i = Intensidade da precipitação de projeto,

A = Área da bacia.

Para utilização do método racional é preciso conhecer as intensidades de precipitação, que podem ser representadas através das curvas i-d-f (intensidade – duração – frequência). Porém as curvas i-d-f estão disponíveis apenas para as maiores cidades do país, geralmente as capitais, sendo escasso esse tipo de informação para cidades do interior. Para a construção da curva é necessário que haja o monitoramento das intensidades de precipitação, ou seja, as estações de monitoramento precisam de pluviógrafos. O Rio Grande do Norte possui esse tipo de equipamento apenas nas cidades de Apodi, Ceará-Mirim, Cruzeta, Florânia, Macau, Natal e Caicó, contudo, atualmente só encontram-se em funcionamento as de Apodi, Cruzeta, Florânia e Caicó, o que representa

2,4% do Estado, ressaltando-se ainda que nas existentes os dados são de difícil acesso e possuem um curto período de monitoramento.

Para o estudo das intensidades de precipitação, foi necessário buscar modelos empíricos para a construção dos hietogramas, já que não há dados de intensidade de precipitação disponíveis. O modelo adotado foi desenvolvido com base nos coeficientes apresentados por Tucci (1993), utilizando os dados de precipitação fornecidos pela EMPARN. Com a série histórica de dados de precipitação, foi retirada de cada ano a precipitação máxima diária. Os resultados obtidos estão representados na **Tabela 4.52**.

Tabela 4.52 - Precipitações máximas diárias anuais do município de São Bento do Trairí.

Ano	Precipitação máxima diária (mm)	Ano	Precipitação máxima diária (mm)
1963	75,4	1987	32,7
1964	97,6	1988	34,5
1965	78,2	1989	38,3
1966	39,4	1990	36,7
1967	119,8	1991	51,6
1968	76,6	1992	30,1
1969	46,8	1993	32,2
1970	31,3	1994	49,2
1971	46,8	1995	48,4
1972	65,6	1996	84,1
1973	45,7	1997	45,0
1974	90,4	1998	12,7
1975	65,9	1999	42,0
1976	55,3	2000	94,7
1977	108,6	2001	64,3
1978	38,3	2002	30,0
1979	22,8	2003	83,8
1980	31,6	2004	64,1
1981	83,8	2005	92,8
1982	24,0	2006	72,6
1983	24,3	2007	40,1
1984	43,3	2008	164,3
1985	63,8	2009	76,0
1986	80,2	2010	58,7
Média		Desvio-padrão	
59,0 mm		29,4 mm	

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Os dados de precipitação máxima diária anual do município de São Bento do Trairí foram organizados de forma decrescente, para realização do cálculo das probabilidades. Com isso, foi encontrado o tempo de retorno respectivo para cada precipitação. O tempo de retorno está associado aos riscos e incertezas que envolvem o sistema de drenagem, o que significa a probabilidade de falhas do sistema e pode ser definido como o período de tempo em que um valor de precipitação será igualado ou superado. O seu valor está associado aos investimentos envolvidos e o grau de prejuízos caso o sistema venha a falhar. Os valores recomendados estão detalhados na **Tabela 4.53**.

Tabela 4.53 - Períodos de retorno recomendados para obras de drenagem.

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Tempo de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2 a 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10
Macro-drenagem	Áreas residenciais e comerciais	50 a 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Adaptado de FUJITA, 1980.

Os valores de precipitações máximas diárias, probabilidade e tempo de retorno para a série histórica de 48 anos do município de São Bento do Trairí estão detalhados na **Tabela 4.54**.

Tabela 4.54 - Cálculo do período de retorno.

Ordem "m"	Precipitação máxima diária anual em ordem decrescente (mm)	Probabilidade acumulada $P=m/(n+1)$	Período de retorno $T=1/P$ (anos)
1	164,30	0,020	49,000
2	119,80	0,041	24,500
3	108,60	0,061	16,333
4	97,60	0,082	12,250
5	94,70	0,102	9,800
6	92,80	0,122	8,167
7	90,37	0,143	7,000
8	84,10	0,163	6,125
9	83,80	0,184	5,444
10	83,80	0,204	4,900
11	80,20	0,224	4,455
12	78,20	0,245	4,083
13	76,60	0,265	3,769
14	76,00	0,286	3,500
15	75,40	0,306	3,267
16	72,60	0,327	3,063
17	65,90	0,347	2,882



Ordem "m"	Precipitação máxima diária anual em ordem decrescente (mm)	Probabilidade acumulada $P=m/(n+1)$	Período de retorno $T=1/P$ (anos)
18	65,57	0,367	2,722
19	64,30	0,388	2,579
20	64,07	0,408	2,450
21	63,80	0,429	2,333
22	58,70	0,449	2,227
23	55,27	0,469	2,130
24	51,60	0,490	2,042
25	49,20	0,510	1,960
26	48,40	0,531	1,885
27	46,80	0,551	1,815
28	46,77	0,571	1,750
29	45,67	0,592	1,690
30	45,00	0,612	1,633
31	43,30	0,633	1,581
32	42,00	0,653	1,531
33	40,10	0,673	1,485
34	39,37	0,694	1,441
35	38,30	0,714	1,400
36	38,30	0,735	1,361
37	36,70	0,755	1,324
38	34,50	0,776	1,289
39	32,70	0,796	1,256
40	32,20	0,816	1,225
41	31,60	0,837	1,195
42	31,27	0,857	1,167
43	30,10	0,878	1,140
44	30,00	0,898	1,114
45	24,27	0,918	1,089
46	24,00	0,939	1,065
47	22,80	0,959	1,043
48	12,67	0,980	1,021

Fonte: Comitê executivo PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Visando a análise de precipitações máximas e tempo de retorno correspondente aos valores da **Tabela 4.54**, foi utilizada a distribuição de Gumbel conforme Righetto (1998), os valores dos coeficientes são dados pelas Equações 21 e 22.

$$\beta = 6^{0,5} \cdot S/\pi \quad (21)$$

$$\alpha = (\mu - 0,577 \cdot \beta) \quad (22)$$

Nas quais:

S = Desvio padrão dos valores máximos de precipitação diária para a série histórica de 48 anos;

μ = Média dos valores máximos de precipitação diária.

Para encontrar os valores de precipitação para os tempos de retorno utilizados, foi adotada a equação 23.

$$P(1 \text{ dia}, T) = \left[\left[-\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - (1/T)} \right) \right] \right] \cdot \alpha \right] - \beta \quad (23)$$

Na qual:

α e β são os coeficientes das Equações 21 e 22.

T = Tempo de retorno.

Os valores encontrados estão representados na **Tabela 4.55**.

Tabela 4.55 - Cálculo das precipitações máximas diárias através da distribuição de Gumbel.

Variáveis	Valores obtidos usando a distribuição de Gumbel							
β	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95
α	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80
Período de retorno T	2,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	50,0	100,0
F (1 dia; T)	0,50	0,80	0,90	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99
P (1 dia; T) mm	54,21	80,22	97,44	107,16	113,96	119,20	135,34	151,36

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Até o momento os dados de precipitação utilizados são dados diários, sendo que para a construção dos hietogramas se faz necessário dados de precipitação de curta e longa duração, 60 minutos e 24 horas, respectivamente. Para isto foi adotado o método das relações de durações descrito por Tucci (1993), onde valores diários de precipitação podem ser estimados em intervalos de tempo menores através da adoção de coeficientes (**Tabela 4.56**).

Tabela 4.56 - Relações entre durações.

Relação	Coefficiente
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,7
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,82
12h/24h	0,85
24h/1dia	1,14

Fonte: TUCCI, 1993.

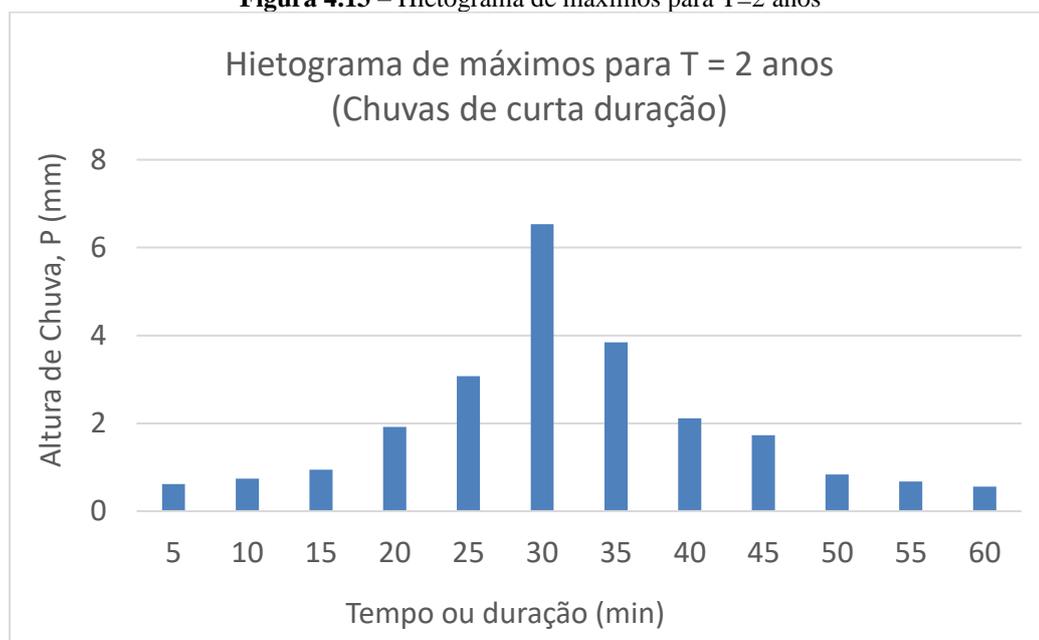
Os coeficientes utilizados apresentam certa limitação, uma vez que para a construção do hietograma é necessário o valor da precipitação de 5 a 60 minutos, com intervalos de 5 minutos para as chuvas de curta duração. Enquanto que para as chuvas de longa duração, é necessário que se tenha dados de precipitação de 1 a 24 horas, com intervalos de hora em hora. Verificou-se que a relação entre o tempo e o coeficiente apresentava comportamento logarítmico, apresentando o valor de correlação (R^2) de 0,99. Desta forma, utilizou-se da interpolação para encontrar os coeficientes que atendessem ao intervalo de tempo desejado. E com os coeficientes e os dados diários de precipitação, foram construídos os hietogramas críticos para projetos e estudos hidrológicos, sendo considerados em duas situações:

- Microdrenagem ($t < 60$ min);
- Macrodrenagem ($t < 24$ horas).

4.5.1.2 Chuvas de curta duração (microdrenagem)

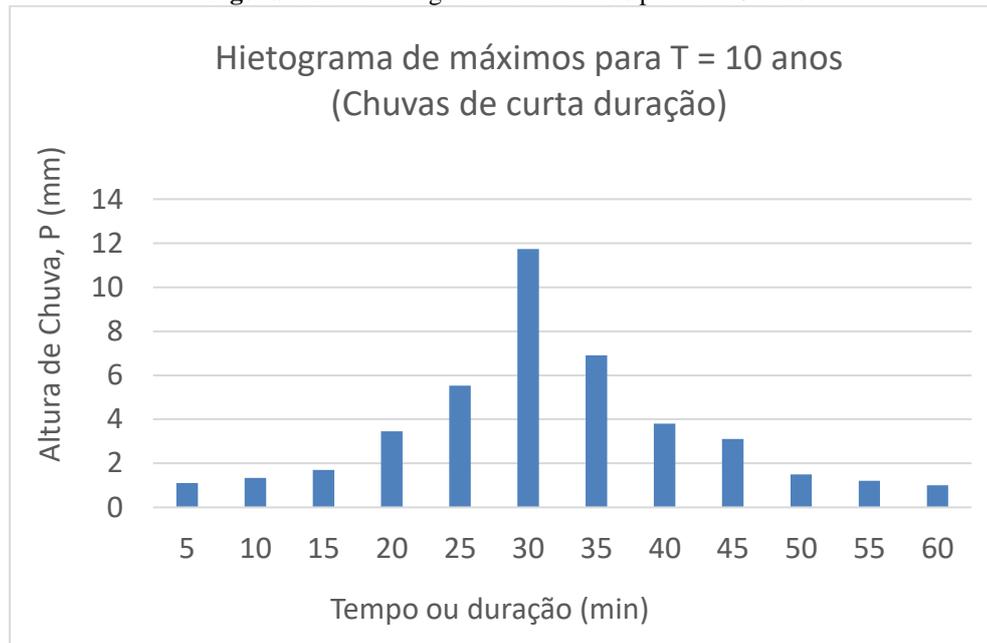
A **Figura 4.13**, **Figura 4.14** e **Figura 4.15**, apresentam os hietogramas críticos para projetos e estudos hidrológicos para as durações de até 60 minutos para os tempos de retorno de 2, 10 e 25 anos. A chuva máxima dos 60 minutos contempla todas as chuvas máximas inferiores a 60 minutos.

Figura 4.13 – Hietograma de máximos para T=2 anos



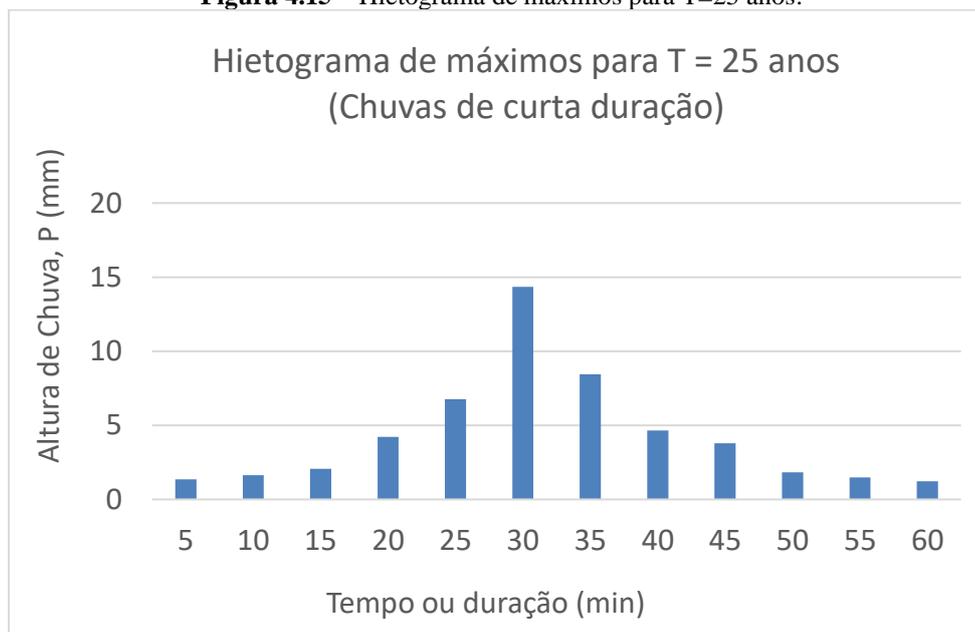
Fonte: Equipe de apoio técnico UFRN, 2020.

Figura 4.14 – Hietograma de máximos para T=10 anos



Fonte: Equipe de apoio técnico UFRN, 2020

Figura 4.15 – Hietograma de máximos para T=25 anos.

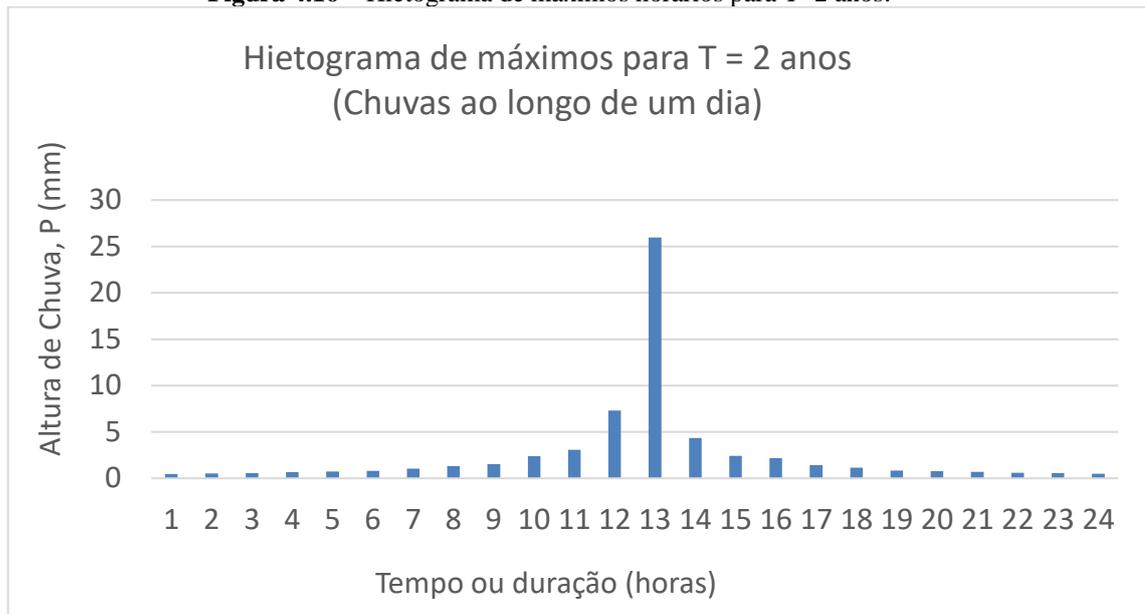


Fonte: Equipe de apoio técnico UFRN, 2020.

4.5.1.3 Chuvas críticas horárias ao longo de um dia (macrodrenagem)

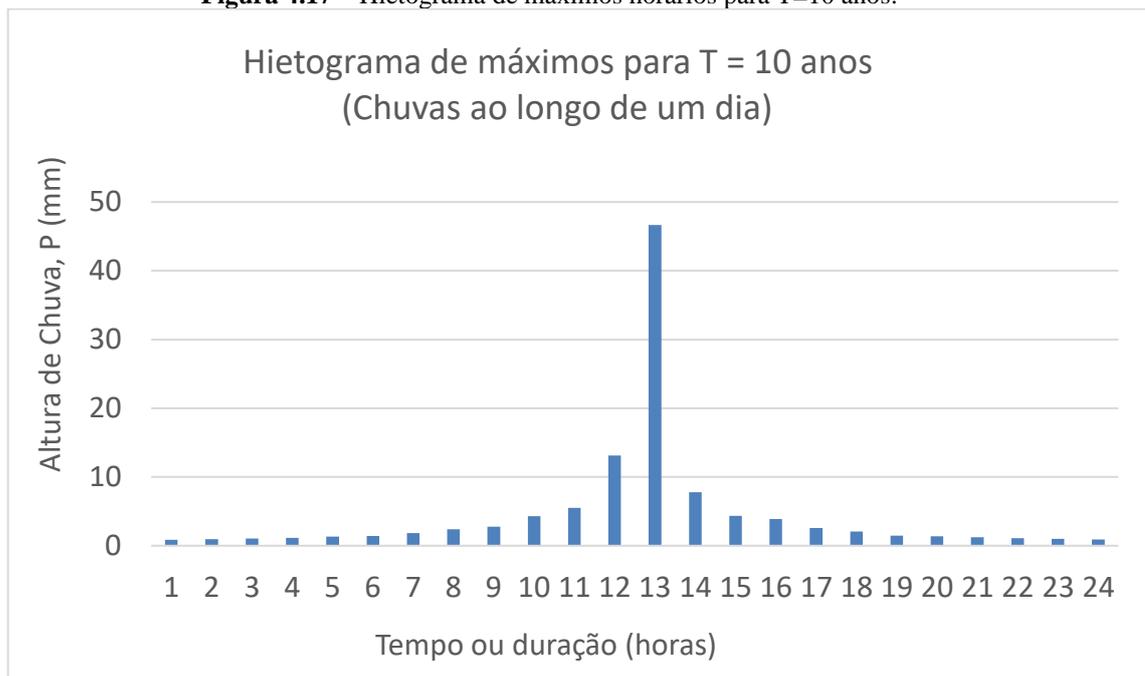
A **Figura 4.16**, **Figura 4.17** e **Figura 4.18** apresentam os hietogramas críticos para projetos e estudos hidrológicos para as durações de até 24 horas para os tempos de retorno de 2, 10 e 25 anos. A chuva máxima de 24 horas contempla todas as chuvas máximas inferiores a 24 horas.

Figura 4.16 – Hietograma de máximos horários para T=2 anos.



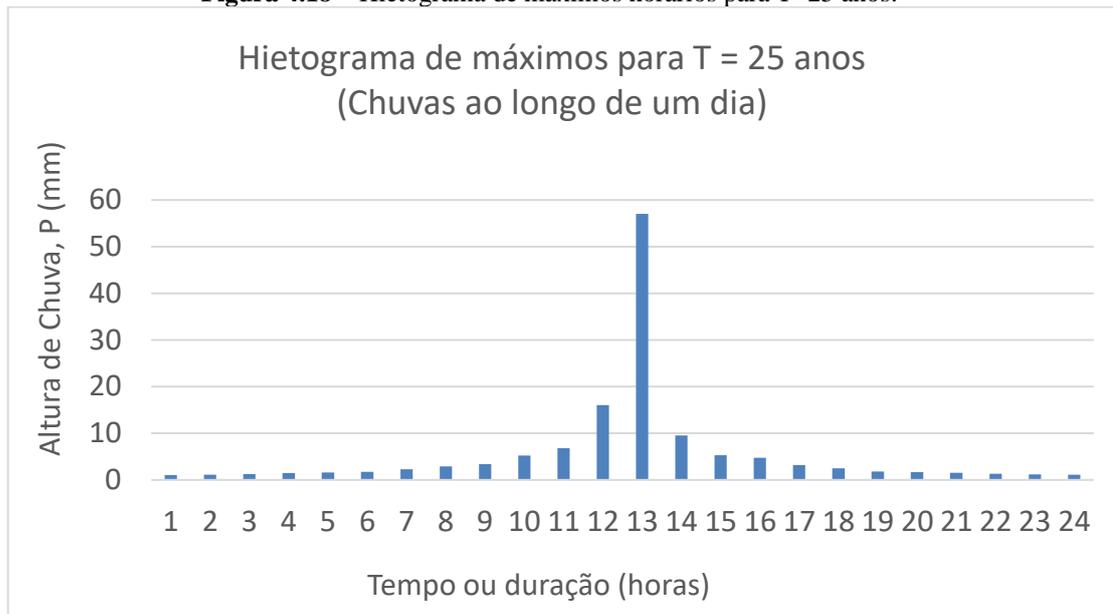
Fonte: Equipe de apoio técnico UFRN, 2020.

Figura 4.17 – Hietograma de máximos horários para T=10 anos.



Fonte: Equipe de apoio técnico UFRN, 2020.

Figura 4.18 – Hietograma de máximos horários para T=25 anos.



Fonte: Equipe de apoio técnico UFRN, 2020.

4.5.2 Proposta de medidas mitigadoras para os principais impactos identificados

De acordo com o diagnóstico do sistema de drenagem urbana, o atual serviço de manejo de águas pluviais no município de São Bento do Trairí apresenta alguns problemas que dificultam o atendimento da demanda atual pelo serviço, tais como pontos de alagamento, presença de resíduos sólidos e lançamento de águas servidas nas estruturas de drenagem etc.

Segundo Tucci (1995), as medidas de controle adotadas para a prevenção e/ou correção que objetivam minimizar os impactos causados por inundações são classificadas de acordo com sua natureza em medidas estruturais e não-estruturais. De maneira geral, elas correspondem às ações que podem ser implementadas visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes.

As medidas estruturais são constituídas por medidas físicas de engenharia destinadas a desviar, deter, reduzir ou escoar com maior rapidez e menores níveis as águas pluviais, evitando assim os danos e interrupções das atividades causadas pelas inundações. As não-estruturais, por sua vez, não utilizam estruturas que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São representadas por medidas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo (nas áreas de várzeas e nas bacias) ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos efeitos



das inundações. As medidas não-estruturais envolvem muitas vezes aspectos de natureza cultural, que podem dificultar sua implantação em curto prazo, por isso, o envolvimento da comunidade é indispensável para o sucesso de sua aplicação, bem como ações normativas para adequar o uso e ocupação do solo, e controlar o avanço das áreas impermeáveis em cada lote, por exemplo.

Nessa perspectiva, a própria população do município pode contribuir com ações de manutenção de áreas permeáveis como gramados em vez de calçadas, instalação de calçadas ecológicas que propiciem melhor infiltração, construção de dispositivos de infiltração nas áreas verdes do município, construção de reservatórios de amortecimento e ainda colaborar na manutenção da limpeza pública. Ressalta-se que tais ações necessitam de apoio institucional para acontecerem de forma significativa.

A seguir serão apresentadas algumas medidas estruturais e não-estruturais de controle do assoreamento e da gestão dos resíduos sólidos que contribuem para evitar as inundações e que podem ser utilizadas no município de São Bento do Trairí.

4.5.2.1 Medidas de controle para reduzir o assoreamento de cursos d'água e de bacias de detenção

As principais causas do assoreamento dos cursos d'água são o carreamento de sedimentos provenientes da bacia, como consequência do desmatamento que expõe o solo à erosão; a erosão hídrica das margens dos rios resultante do aumento da velocidade de escoamento das águas; e o lançamento de resíduos sólidos nos canais, ação que contribui também para a poluição da água.

As medidas mitigadoras que podem ser adotadas para prevenir os impactos negativos e/ou reduzir a magnitude do assoreamento dos cursos d'água normalmente incluem:

- Dissipadores de energia: São dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo, conseqüentemente, a sua velocidade no deságue no terreno natural.
- Bacia de retenção: Consiste em um tanque com espelho d'água permanente, construído com os objetivos de reduzir o volume das enxurradas, sedimentar cerca de 80% dos sólidos em suspensão e promover o controle biológico dos nutrientes (CANHOLI, 2005).



- Bacia de retenção e infiltração: Construídos com os objetivos de reduzir o volume das enxurradas, sedimentar cerca de 80% dos sólidos em suspensão, promover o controle biológico dos nutrientes e infiltrar parcela considerada das águas que nela chegam, recarregando inclusive o lençol freático.
- Recuperação e preservação da mata ciliar: Entende-se por mata ciliar aquela que margeia as nascentes e os cursos de água. Essa vegetação marginal auxilia a manutenção da qualidade da água, estabilidade dos solos, regularização dos ciclos hidrológicos, conservação da biodiversidade e protege os rios do assoreamento, funcionando como obstáculo aos sedimentos.

Para o município de São Bento do Trairí, em virtude de suas características geográficas e de urbanização, entende-se que as medidas mais adequadas são:

- Implantar equipe de fiscalização e manutenção preventiva e periódica das estruturas do sistema de drenagem ou estabelecer programas para desassorear, limpar e manter desobstruídos os cursos d'água, os canais e as galerias do sistema de drenagem;
- Realizar a revitalização da área de preservação permanente de todos os cursos d'água que possuem o seu leito natural;
- Construir bacias de retenção e infiltração nos talwegues urbanos e rurais, onde ocorrem transporte de sedimentos;
- Construir dissipadores de energia no lançamento das galerias de microdrenagem nos cursos d'água;
- Nas áreas rurais garantir o manejo adequado do solo pelos agricultores e pecuaristas com acompanhamento de técnicos e profissionais habilitados;
- Fiscalizar e fazer cumprir as diretrizes das legislações federais (ex: Lei Federal nº12.651/2012) e estaduais referentes à manutenção das faixas ciliares em córregos, rios e nascentes.

4.5.2.2 Medidas de controle para reduzir o lançamento de resíduos sólidos nos corpos d'água

O funcionamento dos sistemas de drenagem está diretamente ligado à gestão de resíduos sólidos na área urbana, uma vez que a disposição irregular dos resíduos sólidos pode provocar graves consequências, diretas e indiretas, à drenagem, à saúde pública e ao meio ambiente.



Os resíduos que não são gerenciados e destinados de forma adequada tendem a ser carregados pelas chuvas chegando a córregos, rios e bocas de lobo, impedindo ou dificultando a passagem de água por esses locais e causando o assoreamento de valas, canais, sistemas de microdrenagem, bem como poluição e disseminação de vetores causadores de doenças.

Além disso, são comuns situações de ocorrência de presença de folhas, galhos e rejeitos diversos localizados junto às sarjetas que acabam sendo depositados nas redes de microdrenagem.

Como medida de controle de tais situações deve-se elaborar um cronograma efetivo e com abrangência significativa para que os sistemas de microdrenagem e macrodrenagem não sejam interferidos negativamente pela má gestão dos resíduos sólidos do município.

Sabe-se que a presença de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana e nos cursos d'água está ligada a fatores socioambientais inerentes ao município, mas em escala maior está principalmente ligada ao nível de educação e conscientização ambiental de sua população.

Sendo assim, para que ocorra o efetivo controle de resíduos nos dispositivos de drenagem faz-se necessário implantar em prazo imediato programas e campanhas educacionais, envolvendo a comunidade de forma participativa e atuante, sensibilizando-a sobre os impactos decorrentes da disposição inadequada destes resíduos.

Ademais, são imprescindíveis ações por parte da prefeitura como a instalação de dispositivos de coleta em locais públicos, principalmente onde há maior circulação de pedestres; bem como fiscalização das áreas de deposição ilegais a fim de conter essas atividades. Da mesma forma, o sistema de limpeza urbana deve ser regular, contínuo e abrangente.

4.5.3 Diretrizes para o controle de escoamentos na fonte

A crescente necessidade de enfrentar os problemas de água pluvial no meio urbano fez surgir o conceito de sistemas não convencionais de controle na fonte, com ênfase no manejo sustentável da água de drenagem (RIGHETTO et al., 2009). Assim, o objetivo dos sistemas de controle na fonte é preservar as condições hidrológicas da bacia pré-urbanizada, reduzindo os impactos para um nível aceitável.



De acordo com Baptista (2005), o controle do escoamento na fonte é realizado através de práticas de gerenciamento da água que imitam os processos naturais, no âmbito dos chamados Sistemas Alternativos de Drenagem, também conhecido como Compensatórios ou Sustentáveis, recuperando a capacidade de infiltração e de detenção do escoamento adicional gerado pelas superfícies urbanas.

Nesse contexto, as medidas compensatórias de controle na fonte envolvem quatro tipos de ações (RIGHETTO et al., 2009):

- Planejamento, projeto e implantação de estruturas de retenção e armazenamento;
- Manutenção adequada das superfícies permeáveis e impermeáveis;
- Educação e treinamento como forma de conscientizar a população para os problemas ambientais, e sua relação com a água;
- Regulamentação, vigilância e mecanismos de sanções.

Em relação aos dispositivos técnicos utilizados para reduzir o escoamento superficial das águas de chuva no ambiente urbano, tem-se:

- Utilização de reservatórios para acumulação e infiltração de águas de chuva em prédios, empreendimentos comerciais, industriais, esportivos, de lazer (bacias de detenção);
- Implantação de valetas, trincheiras e poços drenantes;
- Implantação de calçadas e sarjetas permeáveis;
- Implantação de pátios e estacionamentos permeáveis;
- Multiplicação de áreas verdes em espaços públicos e privados livres da cidade.

A seguir apresentam-se alguns exemplos de soluções de baixo impacto para o manejo de águas pluviais do tipo de controle na fonte, com suas respectivas características e aplicações.

Bacias de detenção:

As bacias de detenção são projetadas para reter parte do volume escoado na bacia a montante, permitindo amortecer a vazão máxima escoada em decorrência da chuva na bacia. O objetivo é impedir a inundação de áreas situadas à jusante. Esses sistemas são concebidos para funcionar “em série” com a rede de drenagem, esvaziando-se completamente entre eventos. Devido ao tempo de detenção curto desses sistemas, eles



não são eficientes na remoção de matéria sólida ou substâncias poluentes; são estruturas de amortecimento da vazão máxima lançada no corpo receptor, atenuando os efeitos da inundação e protegendo a rede de drenagem à jusante. Normalmente, são projetados para esvaziar completamente em menos de 24 horas. A detenção do escoamento reduz o potencial erosivo na bacia e atua como prevenção dos impactos sobre a vida aquática no corpo receptor (RIGHETTO et al., 2009).

Trincheira de infiltração e detenção

As trincheiras de infiltração constituem outra solução de controle na fonte e tem como princípio de funcionamento o armazenamento da água por tempo suficiente para promover sua infiltração no solo (AGRA, 2001).

Estes dispositivos são lineares, ou seja, possuem comprimento superior em relação à largura e profundidade, e funcionam como um reservatório de amortecimento de cheias, possuindo um desempenho melhorado devido ao favorecimento da infiltração e consequente redução dos volumes escoados e das vazões máximas de enchentes (SUDERHSA, 2000).

As trincheiras geralmente são valas compostas por material granular (seixo, brita ou outro), com um tubo drenante instalado no fundo da vala, de baixa declividade e com impermeabilização no fundo através de uma membrana geotêxtil.

Algumas dificuldades se apresentam quanto à utilização desta tecnologia, indo desde o desconhecimento dos processos hidrológicos envolvidos até aspectos de planejamento e estratégia de implantação, como, por exemplo, lacuna de estudos referentes à implantação, operação e manutenção que possibilitem a avaliação do interesse econômico (BAPTISTA et al., 1998).

Valas, valetas e planos de detenção e infiltração

As valas e valetas de infiltração são simples depressões escavadas no solo com o objetivo de recolher a água do escoamento superficial e promover o armazenamento temporário juntamente com a infiltração de parte dessa água. O que diferencia uma vala ou valeta de planos é a dimensão dessas estruturas.

As valas ou valetas possuem dimensões longitudinais significativamente maiores que suas dimensões transversais. Os planos de detenção e infiltração, por sua vez, não possuem dimensões longitudinais muito maiores do que as transversais e as



profundidades são reduzidas (BAPTISTA et al., 2005). No entanto, o objetivo destas soluções é o mesmo: reter e infiltrar parte da água de escoamento.

Pavimento permeável

A superfície de um pavimento permeável facilita a infiltração do deflúvio na camada inferior do pavimento, que funciona como uma espécie de reservatório. Atualmente existem várias possibilidades para implantação de pavimentos permeáveis, que podem ser agrupados em: concretos permeáveis, blocos intertravados ou ecoblocos (com grama).

Nesse sistema, os blocos são assentados numa camada de areia e os espaços vazios preenchidos com material granular ou grama. Em geral, são projetados para suportar cargas dinâmicas de veículos leves em áreas de estacionamentos. Constitui uma boa alternativa não convencional para redução do efeito da impermeabilização sobre a drenagem, atuando como um reservatório. Além disso, a utilização do pavimento permeável pode resultar em menores custos e um sistema de drenagem mais eficiente (CRUZ et al., 1999).

No entanto, o pavimento permeável exige manutenção periódica para a retirada do sedimento fino retido na superfície (espaços entre os blocos), que dificulta ou prejudica a infiltração. A limpeza e a retirada desse material podem ser feitas por jateamento ou varredura a vácuo.

A **Tabela 4.57** resume as principais características das medidas de controle de escoamento na fonte apresentadas anteriormente. Destaca-se que não é possível a padronização das intervenções, sendo necessário adequá-las à realidade local do município. A análise das características físicas, das condições de ocupação de cada bacia e da infraestrutura de drenagem existente permitirá a indicação e o detalhamento de medidas e ações específicas para cada realidade, no que diz respeito ao controle dos espaços das águas e dos impactos no sistema de drenagem dessas bacias.



Tabela 4.57 – Principais características das medidas de controle de escoamento na fonte.

Tipo	Característica	Variantes	Função	Efeito
Reservatórios de detenção	Reservatório que ocupa o espaço disponível no lote.	Reservatório tradicional, volume disponível com limitação de drenagem.	Retenção do volume temporário.	Amortecimento do escoamento superficial.
Trincheira de infiltração	Reservatório linear escavado no solo, preenchido com material poroso.	Com ou sem drenagem e infiltração no solo.	Armazenamento no solo e infiltração, drenagem eventual.	Redução do escoamento superficial, amortecimento, melhoria da qualidade da água.
Vala de infiltração	Depressões lineares em terreno permeável.	Gramadas e com proteção à erosão com pedras ou seixos.	Redução da velocidade e infiltração.	Retardo do escoamento superficial, infiltração e melhoria da qualidade da água.
Plano de infiltração	Faixas de terreno com grama ou cascalho com capacidade de infiltração.	Com ou sem drenagem, gramado ou com seixos.	Infiltração e armazenamento temporário.	Infiltração, melhoria da qualidade da água.
Poços de Infiltração	Reservatório cilíndrico escavado no solo, preenchido ou não com material poroso.	Poço de infiltração ou de injeção; alimentação direta ou com tubo coletor; com ou sem enchimento.	Infiltração e armazenamento temporário.	Redução do escoamento superficial, amortecimento, possível piora da qualidade da água subterrânea.
Pavimento permeável	Base porosa e reservatório.	Concreto, asfalto poroso, blocos vazados.	Armazenamento temporário no solo e infiltração.	Redução do escoamento superficial, amortecimento, melhoria da qualidade da água.

Fonte: TUCCI e BERTONI, 2003.



Dessa forma, para o município de São Bento do Trairí, considerando suas características topográficas, sugerem-se as seguintes soluções a serem adotadas como forma de controle do escoamento:

- Educação e treinamento como forma de conscientizar a população para os problemas ambientais, e sua relação com a água;
- Manutenção adequada das superfícies permeáveis e impermeáveis;
- Implantação de valetas, trincheiras e poços drenantes;
- Regulamentação, vigilância e mecanismos de sanções.
- Multiplicação de áreas verdes em espaços públicos e privados livres da cidade.
- Planejamento para utilização de bacias de retenção nas áreas em que as condições topográficas não favorecem o escoamento das águas por gravidade até a rede de macrodrenagem, propiciando a ocorrência de alagamentos;
- Implantação de pátios e estacionamentos permeáveis;
- Planejamento para utilização e manutenção adequada de pavimento permeável, juntamente com implantação de calçadas e sarjetas permeáveis nos locais onde não há pavimentação e onde está havendo ocupação em novos lotes.

4.5.4 Diretrizes para o tratamento de fundos de vale

Os fundos de vale são espaços que dispõem de cota altimétrica inferior, geralmente com relevo acidentado, formando uma calha por onde as águas pluviais escoam. Em decorrência da urbanização, é comum a degradação destes ambientes, resultando no afastamento físico, social e cultural da população em relação aos rios e córregos urbanos (MORETTI, 2000).

Além disso, muitas vezes estas calhas são canalizadas e ocultadas sob a pavimentação das ruas. Assim, durante os períodos de intensa precipitação, as canalizações não conseguem dar vazão suficiente ao escoamento, acarretando alagamentos e enchentes. Outra situação recorrente em relação às áreas de fundo de vale é a supressão da vegetação, favorecendo a formação de processos erosivos e o assoreamento de algumas seções dos corpos hídricos.

Nessa perspectiva, as diretrizes para tratamento destas áreas incluem o isolamento da área com medidas de reflorestamento, a implantação de parques lineares, bem como a limpeza e manutenção regulares. A seguir apresenta-se uma breve descrição dessas medidas de tratamento.



Reflorestamento

O reflorestamento é indicado para a maioria das áreas marginais aos cursos d'água, como forma de recuperação da mata ciliar e contenção do processo erosivo. Isso porque a presença da vegetação promove maior infiltração das águas da chuva e protege as margens dos canais e a camada superficial do solo da erosão associada ao escoamento concentrado e ao efeito *splash* (desprendimento de partículas do solo, em virtude do impacto das gotículas de chuva com o solo), além de manter o equilíbrio ecológico.

Deve-se estudar a metodologia de reflorestamento mais adequada à área, prevendo as condições do solo, o grau de desmatamento e a vegetação nativa. A área deve ser mantida isolada, impedindo a entrada de possíveis agentes degradadores.

Parques Lineares

Parques lineares são intervenções urbanísticas que criam ou recuperam áreas verdes associadas à rede hídrica, utilizados como instrumentos estruturadores de programas ambientais em áreas urbanas para o planejamento e gestão de áreas degradadas.

Há exemplos de criação de parques lineares urbanos, ao longo dos corpos hídricos, juntos as áreas urbanas consolidadas, situações as quais, quando bem planejadas e devidamente licenciadas pelos órgãos competentes, mostram-se como boas alternativas conservacionistas, as quais, também, proporcionam atividades recreativas.

Os parques lineares podem ser constituídos de áreas de praças, campos de futebol, ciclovias, caminhos para pedestres, arborização paisagística, entre outros exemplos.

Limpeza e Manutenção

Devido à disposição e gerenciamentos dos resíduos urbanos de forma inadequada, durante chuvas de grande magnitude, as áreas de fundo de vale recebem diversas espécies de resíduos e sedimentos, provenientes do escoamento superficial e das tubulações da rede drenagem. Além disso, as áreas de fundo de vale são geralmente locais onde há disposição irregular de resíduos urbanos.

A manutenção dos fundos de vale, principalmente após os períodos de precipitações, é de grande importância na preservação de tais localidades, procurando manter as características naturais de escoamento das águas. Uma equipe de funcionários deve verificar a necessidade e a urgência de cada fundo de vale e efetuar a limpeza dos resíduos e sedimentos que são carregados pelo escoamento e ficam depositados, provocando mau cheiro, proliferação de vetores e alagamentos.

Ainda podem ser listadas como medidas para tratamento de fundo de vale:



- Remoção e reassentamento de famílias que moram em áreas ribeirinhas irregularmente e desapropriação de áreas e imóveis particulares em áreas sujeitas à inundação;
- Recuperação e revitalização de áreas ribeiras e das matas ciliares ao longo de cursos d'água naturais;
- Na impossibilidade da recuperação das matas ciliares, adotar adequados materiais de revestimento e estabilização de leito e margens, reduzindo os processos erosivos de modo a influenciar o mínimo possível no regime hidráulico e hidrológico original;
- Identificação de áreas de restrição de ocupação em fundos de vale, com vistas à proteção de ecossistemas e redução dos riscos causados por inundações;
- Desenvolvimento de instrumentos legais para regulamentação de soluções em drenagem pluvial.

Dessa forma, para o município de São Bento do Trairí, considerando suas características topográficas, sugerem-se as seguintes soluções a serem adotadas como diretrizes para o tratamento de fundos de vale:

- Realizar mapeamento e caracterização das áreas de restrição de ocupação em fundos de vale;
- Realizar o cadastramento das moradias e moradores estabelecidos nas áreas de risco;
- Proceder à desapropriação das áreas e imóveis particulares em áreas sujeitas à inundação e no entorno dos corpos hídricos, obedecendo aos limites previstos no Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/1965), com a realocação dessa população em outras áreas que contemplem os serviços de infraestrutura básica;
- Implantar programas de acompanhamento psicossocial da população realocada no sentido de evitar que estas voltem a ocupar áreas de risco, sujeitas a inundações;
- Planejar a recuperação e revitalização de áreas ribeiras e das matas ciliares ao longo de cursos d'água naturais;
- Realizar a limpeza e manutenção dos fundos de vale regularmente de forma planejada, para evitar os problemas ocasionados nos dias chuvosos;
- Desenvolvimento de instrumentos legais para regulamentação de soluções em drenagem pluvial;



- Implantar parques lineares nas áreas desapropriadas contribuindo para o controle de cheias, retardando e reduzindo os escoamentos gerados na bacia através de medidas de armazenamento e infiltração.
- Implantar um programa de educação ambiental junto à comunidade, de forma a sensibilizá-la para a necessidade de conservação da drenagem e dos recursos hídricos e informá-la a respeito dos possíveis impactos na vida

Deste modo, considerando os aspectos observados no diagnóstico, bem como de acordo com o discutido neste estudo, recomenda-se as seguintes intervenções listadas na **Tabela 4.58**, para a zona urbana e da

Tabela 4.59 para a zona rural e áreas especiais do município de São Bento do Trairí.

Tabela 4.58 - Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda observada para a Zona Urbana, em relação à Infraestrutura de Drenagem de Águas Pluviais.

Zona Urbana			
Componentes da Infraestrutura de Drenagem de Águas Pluviais	Cenário Prognosticado	Intervenção	Meta
Áreas de risco	1. Mapeamento das áreas de risco.	1. Realizar o mapeamento e caracterização das áreas de risco; 2. Realizar o cadastramento das moradias e moradores estabelecidos nas áreas de risco; 3. Elaborar estudo para avaliar a necessidade de desapropriação e relocação dos moradores e imóveis particulares existentes nas áreas de riscos; 4. Avaliar a necessidade de implantação de programas de acompanhamento psicossocial da população realocada.	1. Imediato (até 2023) 2. Imediato (até 2023) 3. Curto prazo (até 2028) 4. Médio prazo (até 2032)
Infraestrutura existente	1. Cadastro atualizado da infraestrutura de drenagem; 2. Elementos da drenagem adequados e suficientes, para o atendimento das vias públicas; 3. Manutenção regular do sistema de drenagem existente.	1. Realizar cadastro detalhado da infraestrutura de drenagem do município; 2. Avaliar a eficiência dos elementos da microdrenagem; 3. Ampliar o sistema e serviços de drenagem existentes; 4. Planejar e realizar a limpeza e manutenção do sistema de drenagem. 5. Realizar levantamento e desativação de ligações clandestinas de esgoto nas estruturas de drenagem.	1. Imediato (até 2023) 2. Imediato (até 2023) 3. Curto prazo (até 2028) 4. Imediato (até 2023) 5. Curto prazo (até 2028)
Pavimentação	1. 100% das ruas pavimentadas na sede.	1. Implementar pavimentação permeável nas ruas sem pavimento	1. Médio prazo (até 2032)
Medidas de controle para o assoreamento de cursos d'água e de bacias de retenção	1. Controle de assoreamento de cursos d'água e de bacias de retenção.	1. Planejar a recuperação e revitalização de áreas ribeiras e das matas	1. Médio prazo (até 2032) 2. Médio prazo (até 2032)



		<p>ciliares ao longo de cursos d'água naturais;</p> <p>2. Implantar parques lineares ao longo dos corpos hídricos;</p> <p>3. Implantar planos de infiltração em pontos estratégicos do município.</p>	<p>3. Imediato (até 2023)</p>
<p>Medidas de controle para reduzir o lançamento de resíduos sólidos no corpo d'água</p>	<p>1. Ausência de resíduos nas vias públicas e nos corpos d'água</p>	<p>1. Implantação das ações previstas no Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Mato Grande.</p>	<p>1. Imediato (até 2023)</p>
<p>Diretrizes de controle do escoamento na fonte</p>	<p>1. Implantação de diretrizes de controle de escoamento na fonte.</p>	<p>1. Aprovação de instrumentos legais que estabeleçam diretrizes de controle de escoamento na fonte;</p> <p>2. Estabelecer padrões para criação de áreas de infiltrações nos terrenos públicos e privados;</p> <p>3. Estabelecer critérios para implantação de medidas de controle que assegurem as condições de qualidade da água.</p>	<p>1. Imediato (até 2023)</p> <p>2. Curto prazo (até 2028)</p> <p>3. Imediato (até 2023)</p>
<p>Diretrizes para o tratamento de fundos de vale</p>	<p>1. Mapeamento das áreas de risco.</p>	<p>1. Realizar o mapeamento e caracterização das áreas de risco;</p> <p>2. Realizar o cadastramento das moradias e moradores estabelecidos nas áreas de risco;</p> <p>3. Elaborar estudo para avaliar a necessidade de desapropriação e relocação dos moradores e imóveis particulares existentes nas áreas de riscos;</p> <p>4. Avaliar a necessidade de implantação de programas de acompanhamento psicossocial da população realocada.</p>	<p>1. Imediato (até 2023)</p> <p>2. Imediato (até 2023)</p> <p>3. Curto prazo (até 2028)</p> <p>4. Médio prazo (até 2032)</p>



Tabela 4.59 - Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda observada para a Zona Rural e Áreas Especiais, em relação à Infraestrutura de Drenagem de Águas Pluviais.

Zona Rural e Áreas Especiais			
Componentes da Infraestrutura de Drenagem de Águas Pluviais	Cenário Prognosticado	Intervenção	Meta
Áreas de risco	1. Mapeamento das áreas de risco.	1. Realizar o mapeamento e caracterização das áreas de risco; 2. Implantar elementos de drenagem que facilite a infiltração da água no solo e/ou possibilite a travessia de forma segura nestes locais.	1. Imediato (até 2023) 2. Imediato (até 2023)
Infraestrutura existente	1. Implantação de infraestrutura de drenagem que atenda as comunidades rurais em 100%	1. Realizar estudo para verificar a necessidade e viabilidade da implementação de elementos de drenagem nas comunidades rurais.	1. Imediato (até 2023)
Pavimentação	1. Implantação de pavimentação na área central das comunidades rurais, atentando para a drenagem local.	1. Implementar pavimentação permeável na área central das comunidades. 2. Realizar o abaulamento das estradas para melhoria do escoamento da água e redução do assoreamento. 3. Construir passagens molhadas para permitir a passagem dos transeuntes.	1. Curto prazo (até 2028) 2. Curto prazo (até 2028). 3. Imediato (até 2023).
Medidas de controle para o assoreamento de cursos d'água e de bacias de detenção	1. Implantação de medidas de controle de assoreamento de cursos d'água e de bacias de detenção	1. Planejar a recuperação das matas ciliares ao longo dos cursos d'água naturais.	1. Curto prazo (até 2023)
Medidas de controle para reduzir o lançamento de resíduos sólidos no corpo d'água	1. Eliminar o descarte de resíduos diretamente nos corpos d'água.	1. Realizar coleta de resíduos regularmente; 2. Promover ações de educação ambiental que estimulem a população a colaborar com a coleta e evitar a poluição dos corpos d'água.	1. Imediato (até 2023) 2. Imediato (até 2023)
Diretrizes de controle do escoamento na fonte	1. Implantação de diretrizes para o tratamento de fundos de vale.	-	-
Diretrizes para o tratamento de fundos de vale	1. Mapeamento pontos críticos com de risco de alagamento	1. Aprovação de instrumentos legais que estabeleçam diretrizes de	1. Imediato (até 2023) 2. Imediato (até 2023)



- para o tratamento de fundos de vale;
2. Realizar mapeamento e caracterização das áreas de restrição de ocupação em fundos de vale;
3. Realizar a limpeza e manutenção dos fundos de vale regularmente de forma planejada.
3. Imediato (até 2022)

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Destaca-se ainda a necessidade de em ocasião da revisão do PMSB reavaliar as alternativas técnicas adotadas, uma vez que haverá condições de realizar uma avaliação mais minuciosa acerca da eficiência do sistema planejado e instalado até o momento de cada revisão.



4.5.5 Previsão de eventos de emergência e contingência

A falta de sistema de drenagem ou a existência de sistemas subdimensionados ou ainda a falta de manutenção em redes, galerias e bocas de lobo constituem-se em elementos normalmente responsáveis pelas condições de alagamentos em situações de chuvas intensas e que acarretam perdas materiais significativas à população, além de riscos quanto à salubridade.

Nesse sentido, os principais eventos emergenciais e suas respectivas origens previstas com relação à drenagem urbana e manejo das águas das chuvas estão descritos na **Tabela 4.60**.

Tabela 4.60 - Principais eventos que possam desencadear situações de emergência e contingência para o sistema de drenagem de águas pluviais.

Evento	Origem Possível
Alagamentos localizados	<ol style="list-style-type: none">1. Boca de lobo e ramal assoreado e/ou entupido;2. Deficiência de escoamento da água pluvial na boca de lobo;3. Inexistência ou ineficiência de rede de drenagem urbana;4. Assoreamento do córrego;5. Ações de vandalismo.
Eventos de processos erosivos	<ol style="list-style-type: none">1. Inexistência ou ineficiência de rede de drenagem urbana;2. Inexistência ou ineficiência de dissipadores de energia;3. Inexistência de APP/áreas protegidas.
Eventos de mau cheiro na rede pluvial e entupimentos	<ol style="list-style-type: none">1. Interligações irregulares de esgoto nas galerias pluviais;2. Resíduos lançados nas bocas de lobo;3. Ineficiência da limpeza das bocas de lobo.
Eventos extremos	<ol style="list-style-type: none">1. Destruição de moradias por inundações/alagamentos;2. População desabrigada.

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



4.6 INFRAESTRUTURA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Promulgadas as Leis nº 11.445/2007 (Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB), e posteriormente a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS), ficou estabelecida a obrigatoriedade dos municípios planejarem a gestão integrada dos resíduos sólidos, considerando as diversas atividades da limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, e de maneira integrada com os demais componentes do saneamento básico, buscando perseguir como principais objetivos a hierarquia de não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos (PNRS), e a universalização dos serviços (PNSB).

A PNRS define gerenciamento de resíduos sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Para estruturação do planejamento, é necessário realizar a projeção das demandas para atendimento da população no horizonte de planejamento, com vistas a suprir as deficiências atuais e futuras do serviço, sendo esta etapa a base para definição dos objetivos e metas que demandarão as ações, projetos e programas, os quais serão priorizados com avaliação técnica em compatibilidade com os anseios da população.

4.6.1 Estimativas dos volumes de produção de resíduos sólidos e cobertura do sistema de limpeza urbana

Para planejar a gestão dos resíduos sólidos é necessário inicialmente conhecer os tipos e os volumes dos resíduos gerados no município. Para tanto, é necessário estimar a projeção populacional para o horizonte de planejamento, bem como observar as informações diagnosticadas que indicam a composição gravimétrica do resíduo gerado e a produção per capita municipal.

O Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos da Região Agreste Trairí do Estado do Rio Grande do Norte (PIRS – Agreste Trairí/RN), de 2016, fornece a composição gravimétrica de resíduos sólidos para o Município de São Bento do Trairí, a partir dela é possível observar o percentual em peso por tipo de resíduos sólidos em relação ao total da amostra, dos quais 33,78% se refere a resíduos recicláveis, 20,27% a matéria orgânica, e, 37,84% a rejeitos.

A média de geração diária de resíduos sólidos urbanos diagnosticada para o município é de 4.433,52 kg/dia. A geração per capita de resíduos sólidos urbanos do município é de 0,98



kg/hab.dia. É importante considerar também a média regional e estadual que são 0,80 kg/hab.dia e 0,74 kg/hab.dia, respectivamente (RIO GRANDE DO NORTE, 2015).

Observando-se a média regional e estadual percebe-se uma convergência de aumento da geração de resíduos, caso siga a tendência dos municípios similares. Para cumprir as diretrizes da PNRS, as quais indicam a necessidade de reduzir a produção e aumentar a destinação adequada dos resíduos sólidos gerados, para o município de São Bento do Trairí será adotada a regressão de 1% ao ano na geração. Foi estimado ainda meta de ampliação progressiva de cobertura da coleta seletiva em 10% ao ano, nos quatro primeiros anos, e de 7% ao ano até alcançar 100%, nos demais anos. Estas metas precisam ser reavaliadas nas revisões do PMSB. Foi considerado, neste cenário, que 75% do resíduo sólido coletado de forma seletiva estará passível de ser reintroduzido na cadeia de produção, o que deixa 25% do volume com destinação necessária em aterro sanitário.

Atualmente todo o resíduo sólido urbano coletado tem sua disposição final realizada em um lixão, fato que vai de encontro com as prerrogativas da PNRS, deste modo, é necessária uma ação de prazo imediato para consolidar o consorciamento do município de forma a viabilizar a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme cenários propostos em estudo realizado no Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PEGIRS).

Na **Tabela 4.61** é apresentada a projeção do cenário acima proposto para a geração e destinação final dos resíduos sólidos para o Município de São Bento do Trairí. É possível observar o benefício das metas de redução de geração, aumento da cobertura e destinação adequada dos resíduos passíveis de reciclagem e compostagem, pelo qual se percebe a redução dos resíduos enviados para disposição final como rejeitos, mesmo com a projeção populacional integrada ao estudo.



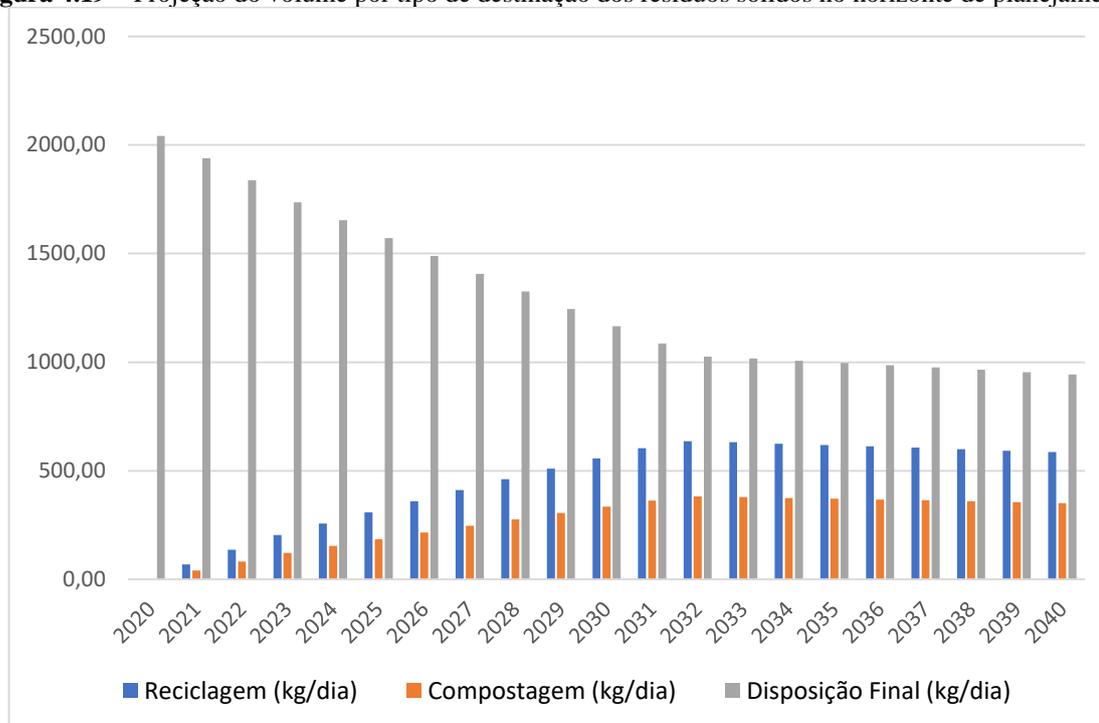
Tabela 4.61 – Projeção do cenário para a geração e destinação final dos resíduos sólidos para a Zona Urbana do Município de São Bento do Trairí.

ANO	POPULAÇÃO URBANA												
	Recicláveis	34%	Matéria Orgânica	20%	Índice de recuperação dos recicláveis	75%	Cobertura da Coleta		Destinação ambientalmente adequada				
	População (hab)	Geração						Convencional (%)	Seletiva (%)	Reciclagem (kg/dia)	Passíveis de recuperação para reciclagem	Compostagem (kg/dia)	Disposição Final (kg/dia)
Per capita (kg/hab.dia)		Total Diária (kg/dia)	Total Anual (ton/ano)	Recicláveis (kg/dia)	Matéria Orgânica (kg/dia)	Rejeito (kg/dia)							
2020	2083	0,98	2041,10	745,00	689,48	413,73	937,89	100%	0%	0,00	0,00	0,00	2041,10
2021	2094	0,97	2031,68	741,56	686,30	411,82	933,56	100%	10%	68,63	51,47	41,18	1939,03
2022	2105	0,96	2021,67	737,91	682,92	409,79	928,96	100%	20%	136,58	102,44	81,96	1837,27
2023	2115	0,95	2011,01	734,02	679,32	407,63	924,06	100%	30%	203,80	152,85	122,29	1735,87
2024	2124	0,94	1999,70	729,89	675,50	405,34	918,86	100%	38%	256,69	192,52	154,03	1653,16
2025	2133	0,93	1987,73	725,52	671,46	402,91	913,36	100%	46%	308,87	231,65	185,34	1570,74
2026	2141	0,92	1975,10	720,91	667,19	400,35	907,56	100%	54%	360,28	270,21	216,19	1488,69
2027	2148	0,91	1961,78	716,05	662,69	397,65	901,44	100%	62%	410,87	308,15	246,54	1407,09
2028	2154	0,90	1947,78	710,94	657,96	394,82	895,01	100%	70%	460,57	345,43	276,37	1325,98
2029	2159	0,90	1933,11	705,59	653,01	391,84	888,26	100%	78%	509,34	382,01	305,64	1245,47
2030	2164	0,89	1917,80	700,00	647,83	388,74	881,23	100%	86%	557,14	417,85	334,32	1165,63
2031	2168	0,88	1901,88	694,19	642,45	385,51	873,91	100%	94%	603,91	452,93	362,38	1086,57
2032	2170	0,87	1885,36	688,16	636,87	382,16	866,32	100%	100%	636,87	477,66	382,16	1025,54
2033	2172	0,86	1868,26	681,91	631,10	378,70	858,46	100%	100%	631,10	473,32	378,70	1016,24
2034	2174	0,85	1850,60	675,47	625,13	375,12	850,35	100%	100%	625,13	468,85	375,12	1006,64
2035	2174	0,84	1832,41	668,83	618,99	371,43	841,99	100%	100%	618,99	464,24	371,43	996,74
2036	2174	0,83	1813,70	662,00	612,67	367,64	833,40	100%	100%	612,67	459,50	367,64	986,56
2037	2172	0,83	1794,48	654,99	606,18	363,74	824,56	100%	100%	606,18	454,63	363,74	976,11
2038	2170	0,82	1774,78	647,80	599,52	359,75	815,51	100%	100%	599,52	449,64	359,75	965,39
2039	2167	0,81	1754,62	640,44	592,71	355,66	806,25	100%	100%	592,71	444,53	355,66	954,43
2040	2163	0,80	1734,03	632,92	585,76	351,49	796,79	100%	100%	585,76	439,32	351,49	943,23

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Na **Figura 4.19** pode-se melhor visualizar a evolução dos resultados das metas estabelecidas, no horizonte de planejamento, para o volume de resíduos sólidos gerados, por tipo de destinação.

Figura 4.19 – Projeção do volume por tipo de destinação dos resíduos sólidos no horizonte de planejamento.



Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.

Para o sucesso no alcance das metas estabelecidas é imprescindível que sejam implantadas, em prazo imediato, meta de desenvolvimento de ações de educação sanitária e ambiental para a população, com vistas tanto à mudança de hábitos de consumo (reduzir o volume de resíduos gerados), quanto à prática de separação de resíduos para possibilitar sua coleta seletiva. Prevê-se a necessidade de estudo, a ser elaborado em prazo imediato, para avaliar qual a melhor forma de coleta seletiva que se adequa a realidade do município, se porta a porta ou através da implantação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV).

No que se refere à Zona Rural e Áreas Especiais do município, na **Tabela 4.62** apresenta-se a projeção de geração dos resíduos sólidos. Adotou-se a estimativa que em localidades com menos de 20 mil habitantes há um potencial de gerar, em média, 0,44 kg de resíduos sólidos por pessoa ao dia. Como a comunidade Sítio Capoeiras não apresentou informações, não foi possível inserir na estimativa.



Tabela 4.62 – Projeção do cenário para a geração de resíduos sólidos para a Zona Rural e Áreas Especiais do Município São Bento do Trairí.

POPULAÇÃO RURAL					
Localidade	População (hab)	Geração			
		Per capita (kg/hab.dia)	Total Diária (kg/dia)	Total Anual (ton/ano)	
DISPERSAS	Sítio Telha	295	0,44	129,78	47,37
	Sítio Remédio	139	0,44	61,01	22,27
	Sítio Pinta Cachorro	63	0,44	27,73	10,12
	Sítio Malhada	63	0,44	27,73	10,12
	Baixa Verde	378	0,44	166,38	60,73
	Camelo	303	0,44	133,11	48,58
	Ipueira	555	0,44	244,03	89,07
	Aroeiras	50	0,44	22,18	8,10
	São Bento de Baixo	30	0,44	13,31	4,86
	São Francisco	38	0,44	16,64	6,07
	Logadouro	25	0,44	11,09	4,05
	Volta	25	0,44	11,09	4,05
	São Bento de Cima	30	0,44	13,31	4,86
	Cupiras	20	0,44	8,87	3,24
	Riacho das Varas	25	0,44	11,09	4,05
	Megulão	25	0,44	11,09	4,05
	Mudubim	30	0,44	13,31	4,86
	Currais Velhos	20	0,44	8,87	3,24
	Pau D'Arco	38	0,44	16,64	6,07
	Paulista	40	0,44	17,75	6,48
	Malhada Vermelha	285	0,44	125,34	45,75
	Borges	151	0,44	66,55	24,29
	Escondido	50	0,44	22,18	8,10
	Mundo Novo	55	0,44	24,40	8,91
	Cachoeira	48	0,44	21,07	7,69
	Leandra	20	0,44	8,87	3,24
Remédio	139	0,44	61,01	22,27	
Barra do Tamanduá	23	0,44	9,98	3,64	

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



Propõe-se para as localidades rurais que se localizam a mais de 5 km da sede do município, ou que tenham dificuldade de acesso de veículos de grande porte, que sejam instalados, em curto prazo, pontos estratégicos para a coleta dos resíduos secos produzidos nos distritos e assentamentos, e que a coleta seja semanal. Considerando as práticas comuns de utilização da matéria orgânica, para alimentar animais ou para adubação na zona rural e áreas especiais, se espera que a coleta se limite a resíduos secos (rejeitos e recicláveis). Para as comunidades mais próximas da Zona Urbana propõe-se que sejam inseridas na rota de coleta da sede, em prazo imediato.

Além da educação ambiental e sanitária, já planejada anteriormente, deverá no prazo imediato, ser implantada ação de sensibilização da população do meio rural e das áreas especiais, sobre a destinação das embalagens de agrotóxicos, de fertilizantes e de remédios veterinários, que deverá ser feita como rege a legislação vigente.

4.6.2 Metodologia para o cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos

A Lei nº 11.445, de 2007, apresenta como diretriz a obrigatoriedade de cobrança pelos serviços de saneamento básico, de modo a propiciar a manutenção da sustentabilidade operacional e financeira destes serviços. A PNRS corrobora com esse pressuposto, quando apresenta como um de seus objetivos, artigo 7, item X – regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados.

É de responsabilidade do prestador de serviço municipal a coleta de resíduos sólidos domiciliares, de prestadores de serviços públicos de saneamento e atividades de pequenos comércios, bem como todo o manejo dos resíduos sólidos, que compreende desde a coleta destes resíduos, até seu transporte, tratamento e disposição final, assim como a coleta e destinação adequada dos resíduos da construção civil de pequenos geradores, do serviço de saúde pública, limpeza pública e serviços congêneres.

Para a cobrança pelos serviços prestados pelo município, referentes à limpeza pública e manejo de resíduos sólidos é possível se optar por uma das duas formas disponíveis: Taxa ou tarifa. De forma resumida, a diferença entre elas, consiste em que a taxa é um tributo que tem como fato gerador a utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição. Enquanto a



tarifa é um preço público unitário preestabelecido cobrado pela prestação de serviço de caráter individualizado e facultativo. A tarifa não tem natureza tributária, estando relacionada à quantidade do serviço efetivamente prestado (por exemplo: À massa ou ao volume de resíduos recolhidos) e à possibilidade de rescisão.

Usualmente é difícil se mensurar sob o serviço de limpeza pública uma estimativa de consumo que confere a cada habitante, por isso, cobram-se normalmente taxas aos moradores pelas atividades que compõem esse serviço. Contudo, alguns serviços são passíveis de serem medidos com identificação dos usuários (grandes geradores, remoções especiais, coleta de resíduos da saúde e remoção de entulho e bens inservíveis) e, portanto, podem ser objeto de fixação de preço e, com isso, serem remunerados exclusivamente por tarifas.

Sobre a cobrança da prestação dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, o Supremo Tribunal Federal - STF entende como específicos e divisíveis os serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis, desde que essas atividades sejam completamente dissociadas de outros serviços públicos de limpeza realizados em benefício da população em geral e de forma indivisível, tais como os de conservação e limpeza de logradouros e bens públicos (praças, calçadas, vias, ruas, bueiros). Por este motivo, as taxas cobradas em razão exclusivamente dos serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação de resíduos sólidos provenientes de imóveis são constitucionais, ao passo que é inconstitucional a cobrança de valores tidos como taxa em razão de serviços de conservação e limpeza de logradouros e bens públicos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

Deste modo, os serviços de limpeza urbana (varrição, capina, poda, desobstrução do sistema de águas pluviais e limpeza de outros locais de circulação pública) deverão ser custeados por outras receitas do município como: Transferências do governo federal (exemplo: FPM – Fundo de Participação do Município); repasse do governo estadual (exemplo: ICMS - Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre prestações de Serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação); ou recursos municipais arrecadados por meio de impostos (exemplo: IPTU) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

O Ministério do Meio Ambiente (2013) recomenda que a cobrança da taxa de resíduos sólidos domiciliares poderá estar anexa a boletos de outros serviços, por



exemplo, conta de água, por meio de taxas mensais, bimensais, trimestrais, semestrais ou anuais, ou junto com o IPTU. Recomenda ainda, adotar a cobrança pelos serviços de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos dos municípios de pequeno porte, da seguinte forma:

- a) Taxas: Coleta e destinação final para os domicílios e pequenos comércios que gerem resíduos que se caracterizam como domiciliares;
- b) Preços públicos ou tarifas: Para grandes geradores (exemplo: Economias que geram acima de 2.500 litros ou 500 kg de resíduos por mês) ou geradores de resíduos industriais, comerciais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris ou de mineração, que utilizam o serviço público de manejo de resíduos sólidos.

Conforme a Lei nº 11.445/2007, artigo 29, poderão ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços. Dessa forma, caso a Prefeitura opte pela adoção de subsídio tarifário, o déficit originado deverá ser coberto por receitas extra tarifárias, receitas alternativas, subsídios orçamentários, subsídios cruzados intrasetoriais e intersetoriais provenientes de outras categorias de beneficiários dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, dentre outras fontes, instituídos pelo poder público. Sendo recomendado que a prefeitura reavalie os valores das taxas e tarifas praticados a cada ano e faça o reajuste observando o intervalo mínimo de doze meses, conforme prevê o Decreto nº 7.217/2010 que regulamenta a Lei nº 11.445/2007 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

A contribuição sobre a cobrança pelos serviços inerentes a Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos do Ministério do Meio Ambiental (2013), indica a seguinte metodologia para o Sistema de cálculo para taxa de resíduos sólidos urbanos:

Passo 1: Levantamento de dados básicos do município:

- a) População: Número de habitantes;
- b) Economias: Número de domicílios, terrenos vazios e estabelecimentos atendidos pelo serviço público; e
- c) Geração de resíduos sólidos domésticos: massa por pessoa por dia.

Passo 2: Definição do valor presente dos investimentos (obras e equipamentos) necessários no horizonte do Plano:

- a) Coleta Convencional: Veículos coletores, garagem etc;
- b) Coleta Seletiva e tratamento: Veículos, PEV Central etc;



- c) Disposição Final: Projetos, licenças, obras e equipamentos do Aterro Sanitário; e
- d) Repasses não onerosos da União ou Estado.

Passo 3: Definição dos Custos Operacionais mensais considerando a contratação direta ou indireta (concessão):

- a) Coleta Convencional: Combustíveis, mão-de-obra, EPIs etc;
- b) Coleta Seletiva e tratamento: Combustíveis, mão-de-obra, EPIs, materiais etc; e
- c) Disposição Final: Combustíveis, mão-de-obra, EPIs, energia elétrica, materiais, análises laboratoriais etc.

Passo 4: Parâmetros para financiamento:

- a) Porcentagem de Resíduos na Coleta Convencional;
- b) Porcentagem de Resíduos na Coleta Seletiva;
- c) Prazo de pagamento; e
- d) Taxa de financiamento dos investimentos (inclui juros e inflação).

Passo 5: Cálculo da Taxa.

A **Tabela 4.63** apresenta um exemplo de simulação.



Tabela 4.63 – Cálculo de Taxa para Resíduos Sólidos Urbanos.

Cálculo de Taxa para Resíduos Sólidos Urbanos				
A	População (hab) :		Equação adotada	Observações
B	Economias:			
C	Geração de resíduos domésticos (kg/hab.dia)			
D	Geração da cidade (ton/mês)	0,00	$(A \times C / 1000) \times 30$	
E	Investimento em Coleta Convencional (R\$):			caminhões, unidades de transbordo, caçambas etc
F	Investimentos em Coleta Seletiva e Tratamento (R\$):			LEVs, PEVs, veículos coletores para catadores etc
G	Investimentos em Disposição Final (R\$):			aterro sanitário
H	Repasso não oneroso da União ou Estado para Resíduos Sólidos (R\$)			convênios ou contratos de repasse
I	Valor total dos investimentos (R\$) :	0,00	$E + F + G - H$	
J	Operação da Coleta Convencional (R\$/mês):			combustível, mão-de-obra, EPI, manutenção etc
K	Operação da Coleta Seletiva e Tratamento (R\$/mês):			água, luz, EPI, manutenção, combustível, mão-de-obra etc
L	Operação da Disposição Final (R\$/mês):			água, luz, EPI, manutenção, combustível, mão-de-obra etc
M	Resíduos da Coleta Convencional (%)			soma tem que ser 100%
N	Resíduos da Coleta Seletiva (%)			
O	Operação da Coleta Convencional (R\$/ton):	0,00	$J \backslash (D \times M)$	cálculo para efeito de comparação com custos de outros municípios
P	Operação da Coleta Seletiva e Tratamento (R\$/ton):	0,00	$K \backslash (D \times N)$	cálculo para efeito de comparação com custos de outros municípios
Q	Operação da Disposição Final (R\$/ton):	0,00	$L \backslash (D \times M)$	cálculo para efeito de comparação com custos de outros municípios
R	Custo operacional total (R\$/mês)	0,00	$J + K + L$	
S	Prazo de pagamento (anos)			deve ser menor do que a vida útil do sistema
T	Taxa de financiamento do investimento (mensal - %)			juros + inflação
U	Pagamento do financiamento - investimentos (R\$/mês)	0,00	$I \times T / \{ 1 - [1 / (1 + T) ^ { (12 \times S) }] \}$	método de prestações fixas
V	Valor da taxa (R\$/economia.mês)	0,00	$(R + U) / B$	cobrança mensal de cada economia
W	Faturamento (R\$ /mês)	0,00	$V \times B$	

Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente, 2013.



4.6.3 Regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos

Estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos, de acordo com o art. 20 da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pelo Decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010:

- I. os geradores de resíduos sólidos previstos nas alíneas “e”, “f”, “g” e “k” do inciso I do art. 13;
- II. os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:
 - a) gerem resíduos perigosos;
 - b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;
- III. as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama;
- IV. os responsáveis pelos terminais e outras instalações referidas na alínea “j” do inciso I do art. 13 e, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e, se couber, do SNVS, as empresas de transporte;
- V. os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, do SNVS ou do Suasa (BRASIL, 2010).

Portanto, é necessário instituir cobrança e fiscalização por responsabilidade do poder público municipal, em prazo imediato, dos geradores supracitados, para que os mesmos se responsabilizem e operacionalizem de forma correta o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados no Município de São Bento do Trairi.

É indispensável que, não somente o município, como os geradores responsáveis pelo gerenciamento dos seus resíduos sólidos produzidos, realizem o transporte de seus resíduos, com empresas habilitadas e licenciadas no órgão ambiental do Estado. Sendo o transporte terrestre de resíduos sólidos regulamentado pela NBR 13.221/2010, a qual não se aplica aos materiais radioativos, transportes aéreos, hidroviário, marítimo, assim como ao transporte interno, numa mesma área, do gerador, conforme descrito.

Para definir as regras para as etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de responsabilidade do município, as quais contemplam o armazenamento, acondicionamento, coleta, transporte, triagem e reciclagem e destinação final dos resíduos sólidos, foram utilizadas como base a Política Nacional de Resíduos Sólidos, leis e decretos relacionados, as normas ABNT para o tema e resoluções do CONAMA. A seguir, serão apresentadas as regras baseadas nas referências citadas, as quais deverão ser



seguidas tanto pelo prestador de serviço de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos municipal, quanto por todos os geradores que possuem responsabilidade de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados.

Acondicionamento e Coleta (Lei nº 12.305, NBR 9.190 e NBR 12.980):

- Realizar estudo para verificar se os setores e a frequência de coleta são adequados para garantir o equilíbrio entre a quantidade de resíduos coletados nos bairros com as distâncias das rotas percorridas pelos caminhões, melhorando o tempo/quilometragem da coleta.
- Definição dos setores de coleta e rotas a serem percorridas pelo caminhão, considerando a minimização de manobras e eliminação dos percursos mortos (sem coleta) desnecessários, reduzindo desta forma o tempo e quilometragens excessivas (a priorização do melhor percurso bem como da rota mais segura para a equipe de coleta, nem sempre implica no menor trajeto).
- Reavaliar os roteiros de coleta durante a fase de operação, no mínimo num intervalo de três meses, a fim de verificar e monitorar a adesão, praticabilidade e melhoria da eficiência.
- A definição oficial de roteiro deve ser feita após discussão entre a Prefeitura Municipal, a população e a empresa que executa o serviço.
- Dimensionar a frequência de coleta em cada setor, considerando a densidade populacional da área; tipos de recipientes (lixeiros) utilizados no acondicionamento dos sacos de lixo; mão-de-obra; condições e acessos existentes.
- Definir horário de coleta de acordo com estudo sobre as vantagens e desvantagens para cada setor, buscando reduzir ao máximo o impacto na dinâmica da população.
- Deverá ser realizada a coleta de resíduos domésticos, estabelecimentos comerciais, públicos, prestação de serviços, institucionais, entulhos, terras e galhos de árvores, desde que embalados em recipientes de até 100 L.
- Após a implantação de sistema de coleta seletiva no município, os resíduos recicláveis deverão ser acondicionados adequadamente e de forma diferenciada.
- A execução da coleta deverá ser realizada porta a porta com frequência adequada, no período diurno e/ou noturno por todas as vias públicas oficiais à circulação ou que venham a ser abertas, acessíveis ao veículo de coleta.
- Excluindo-se a possibilidade de acesso ao veículo coletor, a coleta deverá ser manual, nunca ultrapassando um percurso de 200 m além do último acesso.



- As execuções dos serviços de coleta deverão ser realizadas de segunda a sábado, inclusive feriados.
- Os coletores deverão usar uniformes, luvas, tênis, coletes refletivos, capas de chuva, bonés e outros eventuais vestuários de segurança.

Transporte (Lei nº12.305, NBR 13.221 e NBR 12.980):

- O transporte de resíduos deve ser realizado por meio de veículo e/ou equipamento adequado, obedecendo às regulamentações pertinentes. Durante o transporte, o resíduo deve estar protegido de intempéries ou exposição ao meio ambiente, assim como deve estar devidamente acondicionado para evitar o seu espalhamento na via pública.
- Os caminhões coletores deverão ser do tipo Veículo Coletor com compactação e Veículo Coletor sem compactação, equipados com carroceria especial para coleta de lixo, dotado de sistema de descarga automática, com carregamento traseiro e dotado de suporte para pá e vassouras.
- Os caminhões coletores deverão possuir inscrições externas alusivas aos serviços prestados e obedecer aos dispositivos de segurança e padrões exigidos para tal.
- Os caminhões e demais equipamentos deverão ser adequados e suficientes para atendimento da contratação objeto, possuindo idade máxima de 10 anos.
- A descontaminação dos equipamentos de transporte, quando necessária, deve ser realizada em local adequado. Para o manuseio e destinação adequada de resíduos, deve ser verificada a classificação discriminada na ABNT NBR 10004/2004.
- Para o armazenamento de resíduos perigosos deve ser verificada a ABNT NBR 12235/1992, assim como o transporte de resíduos de serviços de saúde deve atender também às ABNT NBR 12807/1993, ABNT NBR 12808/1993, ABNT NBR 12809/1993 e ABNT NBR 12810/1993.

Destinação Final (Lei nº12.305, NBR 13.896 e NBR 13.591):

- Os resíduos advindos dos serviços em questão, se possível e preferencialmente, deverão ser beneficiados por meio dos processos de triagem, gravimetria, reciclagem e compostagem (considerar o processo de compostagem apenas para os resíduos orgânicos).



- o Em caso da inexistência dos processos de compostagem NBR 13.591 (resíduos orgânicos) e reciclagem, a disposição final dos resíduos deverá ser realizada em aterro sanitário de resíduos não perigosos (Classe II A), devidamente licenciado aos órgãos ambientais competentes.

Tendo em vista a necessidade de tornar as regras apresentadas de domínio de todos os envolvidos no processo de manejo dos resíduos sólidos, desde os geradores, prestadores de serviços, até os recursos humanos envolvidos na rotina de coleta e destinação final, deverá ser elaborado em prazo imediato Projeto Informativo/Educativo para a população, Prefeitura Municipal e entidades prestadoras de serviços, comerciais e industriais do município, para capacitação sobre o conteúdo e visando o cumprimento das normas vigentes.

4.6.4 Critérios para pontos de apoio ao sistema de limpeza

Inúmeros problemas do sistema de limpeza urbana estão associados à insuficiência operacional da prestação dos serviços, esse fator muitas vezes é consequência da falta de definição de critérios nos diversos setores da área de planejamento como, por exemplo, no apoio à guarnição, centros de coleta voluntária, mensagens educativas para a área de planejamento em geral e para a população específica.

Como alternativa a esse cenário, é necessário desenvolver critérios para definição e utilização de pontos de apoio os quais devem considerar o fluxo de passagem diária de pessoas; a boa visualização do material de educação ambiental; a abrangência do maior número possível de pessoas; o local com pessoas instruídas a ajudar em caso de dúvidas da população; pontos estratégicos localizados dentro do município.

A seguir, serão apresentados critérios específicos para a implantação e operação de pontos de apoio ao sistema de limpeza urbana no Município de São Bento do Trairí, bem como de melhorias às campanhas informativas e apoio às equipes envolvidas.

Lixeiras públicas

- o Devem permitir o acondicionamento diferenciado dos resíduos e serem dimensionadas conforme o volume médio de resíduos gerados pela população local. Sendo recomenda a implantação de pelo menos 04 (quatro) lixeiras por quarteirão (um em cada esquina) localizados em centros comerciais ou de grande circulação de transeuntes.



Ecopontos ou Pontos de Entrega Voluntária (PEV) (ABNT/NBR 15.112/2004)

- Ser planejada a implantação de Ecopontos ou PEV como alternativa de apoio para a gestão do sistema de limpeza urbana, principalmente dos diversos tipos de resíduos volumosos, recicláveis, de construção civil e de podas.
- Deverão ser instalações públicas e de uso gratuito pela população, que receberão resíduos em pequenas quantidades (no máximo 1 m³, ou seja, os pequenos geradores), os resíduos da construção civil, recicláveis, volumosos, pneus, dentre outros resíduos que não são coletados na coleta convencional.
- Seguir os critérios e aspectos técnicos estabelecidos pela ABNT/NBR 15.112/2004, para sua implantação e operação.

Instalação de Locais de Entregas Voluntárias (LEV's)

- Para instalação desses locais devem ser priorizados pontos de grande circulação de pessoas, como supermercados, postos de combustíveis, farmácias, praças, dentre outros, considerando a densidade populacional.
- Devem conter facilidade para o estacionamento de veículos; estar em local público, visando garantir o livre acesso dos participantes; seu entorno não deve estar sujeito a alagamentos e intempéries (ação da chuva, vendavais, etc.); e, conter boa iluminação.
- A frequência do recolhimento dos resíduos acondicionados nessas estruturas dependerá da taxa de adesão da população, devendo ser recolhido ao menos uma vez na semana.

Pontos de Apoio às Guarnições e Frentes de Trabalho (NR 24)

- Seguir as orientações da NR 4, quanto a fornecer condições e instalações adequadas para o trabalhador da limpeza pública, dispostos em áreas estratégicas que permitam o fácil e rápido acesso por parte dos funcionários ao longo de sua jornada de trabalho.
- Promover contínua capacitação dos recursos humanos envolvidos nos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos, de modo a proporcionar esclarecimentos sobre a necessidade de utilização dos equipamentos de proteção individual, procedimentos de operação das suas atividades, com vistas a proteção da sua saúde e segurança.



4.6.5 Descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa

Da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, e seu regulamento, Decreto nº 7.404/2010, entre outros princípios e instrumentos introduzidos, destacam-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa. Nos termos da PNRS, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o "conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos".

Respeitado o disposto no art. 33 da Lei 12.305/2010, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o poder público local tem responsabilidade na implantação da coleta seletiva e na logística reversa. O Decreto nº 7.404/2010 que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece que a implantação da coleta seletiva é instrumento essencial para a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos.

O art. 30 da Lei nº 12.305/10 dispõe sobre a responsabilidade compartilhada, aos acordos setoriais e implementação de sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, bem como prevê a dispensa de licitação em contratação de cooperativas e associações de catadores, além da previsão do Poder Público em encarregar-se de responsabilidade inerentes a fabricantes, distribuidores e comerciantes.

De acordo com a lei supracitada, a logística reversa é um "instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada". Para sua implementação poderão ser utilizados três instrumentos: regulamento, acordo setorial e termo de compromisso.

O Inciso IV, do Art. 31. da Lei nº 12.305/10 estabelece que no tocante a responsabilidade compartilhada que os fabricantes, importadores, distribuidores e



comerciantes podem firmar acordos ou termos de compromisso com o município, para participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, no caso de produtos ainda não inclusos no sistema de logística reversa definido pelo sistema nacional.

Um instrumento estratégico para incentivar a logística reversa é a implantação do Programa Municipal de Coleta Seletiva, no entanto, é relevante ressaltar que os principais instrumentos para sua realização estão vinculados aos acordos setoriais firmados entre os diversos setores com o Ministério do Meio Ambiente.

A situação da implantação da logística reversa das diversas cadeias, está apresentada na **Tabela 4.64**.

Tabela 4.64 – situação da implantação da logística reversa das diversas cadeias.

SISTEMAS DE LOGISTICA REVERSA EM IMPLANTAÇÃO	
Cadeias	Status atual
Embalagens Plásticas de Óleos Lubrificantes	Acordo setorial assinado em 19/12/2012 e publicado em 07/02/2013.
Lâmpadas Fluorescentes de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista.	Acordo setorial assinado em 27/11/2014 e publicado em 12/03/2015.
Embalagens em Geral.	Acordo setorial assinado em 25/11/2015 e publicado em 27/11/2015. Dez Propostas de acordo setorial recebidas até junho de 2013, sendo 4 consideradas válidas para negociação. Proposta unificada recebida em janeiro de 2014. Em negociação. Próxima etapa – Consulta Pública.
Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes.	Três Propostas de acordo setorial recebidas até abril de 2014. Em negociação. Próxima etapa – Consulta Pública.
Medicamentos	

Fonte: SINIR, 2017.

Existem cadeias que já possuem sistemas de logística reversa implantados, anteriormente à Lei nº 12.305/2010, através de Leis, Decretos e Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, nas quais citamos:

- Pneus inservíveis (Resolução Conama nº 416/2009);
- Embalagens de agrotóxicos (Lei 7802/89; Lei 9974/00; Decreto 4074/02; Resolução Conama 465/2014);
- Óleo lubrificante usado ou contaminado - OLUC (Resolução Conama nº 362/2005);
Pilhas e baterias (Resolução nº 401, de 04/11/2008).

A coleta seletiva deve ser implantada pelos titulares dos serviços públicos de limpeza e manejo dos resíduos sólidos e estabelecer, no mínimo, a separação prévia dos resíduos secos e úmidos. Neste sentido, a nova lei, impôs, especificamente quanto ao sistema de



coleta seletiva, obrigações aos consumidores que deverão acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução.

Paralelamente à imposição das obrigações, o parágrafo único do artigo 35, prevê que o poder público municipal poderá instituir incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva, além de estabelecer em suas áreas de abrangência as formas adequadas de acondicionamento, segregação e disponibilização para a coleta seletiva dos resíduos, sendo os geradores responsáveis pelo cumprimento das normas.

Deste modo, o Município de São Bento do Trairí deverá realizar, em prazo imediato, um estudo para elaboração de projeto para implantar no curto prazo a coleta seletiva a qual deverá estar fundamentada nos princípios da Lei Nacional de Resíduos Sólidos e da Lei Nacional de Saneamento Básico, provendo condições adequadas para operação do sistema, apoio e incentivos aos catadores de resíduos recicláveis e informação e capacitação a todos os envolvidos neste processo.

São responsáveis por estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

- I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;
- II - pilhas e baterias;
- III - pneus;
- IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

No Brasil, atualmente apenas os resíduos especificados nos incisos I, II, III e IV possuem o sistema de logística reversa implementados. Para os resíduos especificados nos incisos V e VI ainda estão sendo adequados para implantação.

O Art. 36 da Lei 12.305/2010 dispõe, no § 1º, na forma do disposto em regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, os sistemas previstos no caput serão estendidos a produtos comercializados



em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

§ 2º A definição dos produtos e embalagens a que se refere o § 1º considerará a viabilidade técnica e econômica da logística reversa, bem como o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

§ 3º Sem prejuízo de exigências específicas fixadas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS, ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos a que se referem os incisos II, III, V e VI ou dos produtos e embalagens a que se referem os incisos I e IV do caput e o § 1º tomar todas as medidas necessárias para assegurar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa sob seu encargo, consoante o estabelecido neste artigo, podendo, entre outras medidas:

- I - implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados;
- II - disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis;
- III - atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de que trata o § 1º.

§ 4º Os consumidores deverão efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos e das embalagens a que se referem os incisos I a VI do caput, e de outros produtos ou embalagens objeto de logística reversa, na forma do § 1º.

§ 5º Os comerciantes e distribuidores deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos na forma dos §§ 3º e 4º.

§ 6º Os fabricantes e os importadores darão destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do Sisnama e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.

§ 7º Se o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa dos produtos e embalagens a que se refere este artigo, as ações do poder público serão devidamente remuneradas, na forma previamente acordada entre as partes.



§ 8º Com exceção dos consumidores, todos os participantes dos sistemas de logística reversa manterão atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a realização das ações sob sua responsabilidade.

4.6.6 Critérios de escolha da área para localização do bota-fora dos resíduos inertes gerados

A Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece critérios para escolha da área para localização de bota-fora dos resíduos inertes gerados. Alguns dos principais aspectos que devem ser considerados são: O cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento; o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos; a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas; a definição de critérios para o cadastramento de transportadores.

O Art. 5º da referida Resolução estabelece que é instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos municípios, devendo estar em consonância com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos a ser elaborado pelo município, devendo constar no Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil.

No município de São Bento do Trairí não existe área de “bota-fora” licenciada para a disposição dos Resíduos da Construção Civil (RCC) nem Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. Deste modo, prevê-se no prazo imediato a elaboração de Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, de modo a estabelecer os procedimentos e abrangência das atividades de coleta e disposição final desses resíduos, identificando as responsabilidades do poder público, dos munícipes e dos grandes geradores, seguindo as recomendações da Resolução CONAMA nº 307/2002 na indicação das áreas de bota-fora.

Destaca-se ainda, a necessidade de se implantar, em curto prazo, a fiscalização quanto ao tipo de resíduos a ser transportado para o “bota-fora” e as condições em que estão sendo destinados, uma vez que os resíduos de características não inertes, como: Latas de tintas, latas de solventes e outros, deverão ser destinados para o intermediário responsável para sua disposição final, conforme a legislação.



Recomenda-se que a prefeitura cobre uma taxa por carga a ser transportada (até 6 m³), para detritos oriundos da construção civil, deste modo, a taxa deve ser normatizada de forma que seja capaz de suprir os custos com a despesa.

4.6.7 Identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos

Para escolha das áreas de disposição final de resíduos sólidos, muitos critérios de engenharia estão envolvidos, os quais abarcam os parâmetros ambientais, de uso e ocupação do solo e operacionais. Além dos critérios técnicos e legais, devem ser observados também critérios econômicos e financeiros (custo de aquisição da área, custo de construção e infraestrutura, custo de manutenção, etc), bem como, critérios políticos e sociais (aceitação da comunidade local, acesso à área por trajetos com baixa densidade populacional, etc.). A partir da inter-relação entre todos esses fatores deverão ser identificadas as alternativas de alocação adequada de áreas para disposição dos resíduos sólidos e para a sua gestão no âmbito municipal.

A NBR 13896/97, fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos e estabelece como critérios para a localização de aterro sanitário as seguintes condições:

- O impacto ambiental decorrente da instalação do aterro seja minimizado;
- A aceitação do empreendimento pela população seja maximizado;
- Esteja de acordo com o zoneamento da região;
- Tenha longo tempo de vida útil e necessite de um mínimo de obras para início da operação.
- Evitar áreas com declividade inferior a 1% ou superior a 30%, uma vez que a topografia é fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem;
- Realizar o reconhecimento do perfil do solo, subsolo e a capacidade de carga;
- A permeabilidade seja inferior a 10⁻⁶ cm/s;
- O nível do lençol freático, em período crítico, não seja inferior a 1,5 m do fundo da célula do aterro;
- O aterro deve se localizar a uma distância mínima de 200 m de corpos d'água;
- Não seja instalado em áreas cuja supressão da vegetação implique na retirada de espécies em risco de extinção, etc.



O Relatório Síntese do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte (PEGIRS/RN) apresenta uma proposta de regionalização estadual para permitir a gestão adequada dos resíduos. Através dos estudos realizados para elaboração do Plano os municípios do estado foram divididos em cinco regionalizações, além da Região Metropolitana e o município de Mossoró, que já têm consolidados com Aterros Sanitários em fase de operação. De acordo com o PEGIRS/RN essa proposta de Cenário de Regionalização é considerada ideal para o Estado, representando um suporte à formação dos Consórcios Públicos de Resíduos Sólidos ou de Saneamento Básico.

Para o Município de São Bento do Trairí está proposta neste estudo a implantação de aterro sanitário por meio da participação no consórcio da região do Agreste Trairí, sendo prevista a implantação de um aterro sanitário em Santo Antônio/RN. Para tanto, o município já possui protocolo de intenções assinado, o qual possibilitará a execução de ações em prol da destinação adequada de RSU.

4.6.8 Procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos

Para universalização da prestação do serviço de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos é necessária a garantia da abrangência do serviço com cobertura de todo o território municipal e em qualidade satisfatória. Ficou bem estabelecida no diagnóstico do sistema, a distinção de realidade da zona urbana do município e da zona rural e áreas especiais, deste modo é necessário que estudos distintos sejam realizados para o atendimento das necessidades identificadas no Diagnóstico Técnico-Participativo.

4.6.8.1 Procedimentos operacionais dos serviços públicos de limpeza urbana

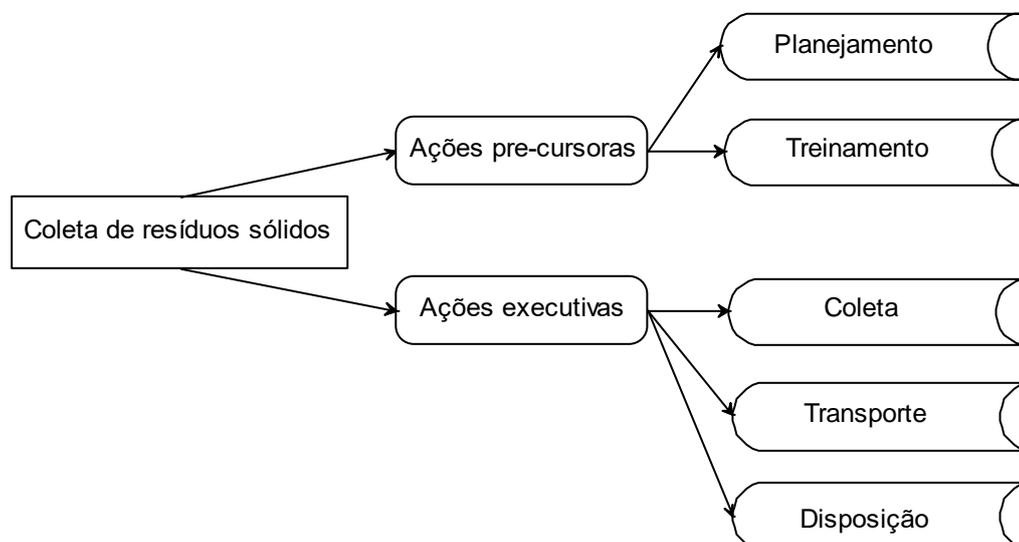
Os procedimentos operacionais de limpeza urbana de um município consistem numa série de atividades inter-relacionadas com o objetivo de atender todos os parâmetros ambientais necessários à minimização dos impactos ambientais sobre a saúde da população. Esses procedimentos devem levar em consideração o custo para seleção das melhorias alternativas a serem aplicadas no município. Assim, os procedimentos serão compostos pelas seguintes atividades:

- A coleta de resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de varrição.
- A coleta de resíduos de poda
- A coleta de resíduos de construção
- Varrição de vias públicas, logradouros e feiras-livres
- Capinação, roçagem, raspagem de linhas d'água e pintura de meio-fio
- Coleta Seletiva

4.6.8.1.1 A coleta de resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de varrição

A coleta de resíduos classe II-A (NBR 10.004/04) é a atividade mais importante de um programa de limpeza urbana municipal. O serviço é responsável pela remoção de todos os resíduos produzidos na cidade. Os demais resíduos, correspondem aos entulhos, material resultante da varrição, matéria orgânica de podas e de capina serão atendidos por outras atividades. A metodologia operacional deve ser dividida em 2 grandes ações, que por sua vez são subdivididas em mais 5, conforme apresentado na **Figura 4.20**.

Figura 4.20 - Fases planejadas para o sistema de coleta.



Fonte: SETUR/RN, 2007.

As ações precursoras são as que devem ser realizadas antes das atividades de coleta propriamente dita. Envolvem planejamento e treinamento e serão de responsabilidade do corpo de gestão da Prefeitura, conforme detalhado abaixo:

- a) O Planejamento é iniciado quando a forma de gerenciamento é definida, podendo este sofrer pequenas adaptações durante sua execução.



- b) O treinamento ocorre antes e durante as atividades e consiste no desenvolvimento de ações que visem a segurança e bem-estar do trabalhador e da população atingida pelas atividades planejadas.

As ações executivas são aplicadas não apenas aos funcionários, como é o objetivo das ações percussivas, mas no conjunto formado pelo veículo de coleta e sua guarnição ou equipe. É formado basicamente pelas atividades de coleta, transporte e disposição de resíduos sólidos, conforme detalhado abaixo:

- a) A coleta, que consiste pelo ato de retirar os resíduos do seu local de armazenamento domiciliar temporário e transportá-lo para o veículo de coleta poderá ser realizada por 2 metodologias: Da coleta pontual e; de coleta corrida. A primeira ocorre em locais onde há um grande acúmulo de lixo, como no caso de formação de pontos de lixo. Nessa metodologia o veículo permanece estacionado enquanto os garis utilizam pás e vassouras para recolher e transportar os resíduos para carga no veículo.

Os pontos de lixo podem ser formados pela cultura local, falta de planejamento ou ainda pela presença de irregularidades na frequência e horários de atendimento população. O problema poderá ser resolvido pela modificação do horário e frequência de atendimento e pela implementação de ações educativas a população através de campanhas de conscientização.

A coleta corrida consiste na retirada dos resíduos armazenados em sacos plásticos ou recipientes defronte as residências do município. Nesta metodologia o veículo e sua guarnição percorrem as ruas da cidade num trajeto pré-definido. Os resíduos são transportados para o veículo que permanece em movimento.

- b) O transporte possui duas fases distintas, durante a realização da coleta e no trajeto entre o fim da coleta e a disposição dos resíduos com velocidades bem definidas para promover a segurança dos trabalhadores e transeuntes. As velocidades médias devem ser em torno de 5 km/h para coleta de resíduos e de 35 km/h para transporte destes a área de disposição final (lixão ou aterro sanitário). Caso sejam utilizados veículos tipo caçamba basculante, os resíduos deverão ser cobertos com lona durante a fase de transporte e os garis devem estar na boleia do veículo e nunca do equipamento de carga.
- c) A disposição final inicia-se no momento que o veículo aporta na área de descarga definida pela prefeitura (lixão, estação de transbordo ou aterro sanitário). Ao



chegar no local determinado pela prefeitura, os garis deixam a boleia do veículo e auxiliam o motorista na execução das manobras com o veículo. Após o correto posicionamento a ser é iniciada a descarga dos resíduos via sistema hidráulico.

Na execução da atividade cada gari deverá estar uniformizado com camisas e calças, calçados, meias, luvas de algodão emborrachadas de cano longo e bonés. As luvas devem ser trocadas a cada 15 dias ou quando apresentarem defeitos. Itens de fardamento a cada 4 meses, vassouras a cada mês e demais ferramentas a cada 4 meses.

4.6.8.1.2 A coleta de resíduos de poda

Este serviço consiste em efetuar o recolhimento de forma manual dos resíduos vegetais resultantes da poda ou queda de árvores localizadas em vias e logradouros públicos do município.

A coleta de resíduos de podas e remoção de árvores deverá ser realizada de acordo com as solicitações da Administração, não havendo local pré-definido para sua execução. Para sua execução. Depois de providenciado o isolamento da área com cones de sinalização, os galhos de árvores serão depositados ordenadamente na carroceria do caminhão.

Na execução da atividade deverá ser utilizada equipe composta por 01 (um) motorista e 02 (dois) garis, um caminhão carroceria de madeira de 7m³. Antes de efetuar o transporte os resíduos serão devidamente fixados e amarrados com cordas na carroceria do veículo, evitando assim que ocorram acidentes em seu deslocamento. Concluída a carga do caminhão, o mesmo será encaminhado ao destino final indicado pela Prefeitura.

4.6.8.1.3 A coleta de resíduos de construção

Este serviço consiste em efetuar o recolhimento de forma manual dos resíduos de construção civil em vias e logradouros públicos do município e deverá ser realizado de acordo com as solicitações da Prefeitura, não havendo local pré-definido para sua execução.

A equipe para execução do serviço deverá apresentar-se ao trabalho devidamente uniformizada e munida de todos os equipamentos necessários, inclusive os equipamentos de proteção individual – EPI's. A equipe será preferencialmente formada por pares de “paliadores” destro e canhoto, de forma a que ambos trabalhem concomitantemente no recolhimento dos resíduos.



Após o carregamento pleno do veículo transportador (preferencialmente caçamba basculante de 6 m³), o mesmo deverá ser encaminhado para área de destino final indicada pela Prefeitura. Durante o transporte a caçamba basculante deve ser coberta com lona em polietileno 200 micras, em perfeito estado de conservação, devidamente fixada, cobrindo totalmente a carga transportada para evitar derramamento durante todo o trajeto do veículo até o destino final. Sempre que possível o veículo deverá ter abertura pivotante lateral da tampa da caçamba para evitar obstrução durante o basculamento.

4.6.8.1.4 Varrição de vias públicas, logradouros e feiras-livres

Entende-se por varrição o conjunto das atividades necessárias e remover manualmente os resíduos sólidos acumulados em vias pavimentadas e demais logradouros públicos da zona urbana. Também é parte deste serviço a atividade de esvaziamento de cestos de resíduos para pequenos volumes e acondicionamento dos resíduos em sacos plásticos para posterior retirada por veículos de coleta.

A varrição deverá executada, sempre que possível, em todas nas vias pavimentadas do município de forma alternada, com variação de 1 vez por semana. Porém, o Centro Comercial será atendido diariamente e, no caso dos locais onde se realizam as feiras públicas, o atendimento será sempre ao término destas.

A importância da varrição tem relevância:

- a) Impacto estético positivo causado pelo asseio de uma via ou logradouro público;
- b) Impacto sanitário, pois a remoção dos resíduos de varrição carrega consigo várias partículas, esporos, fungos e pequenos animais potencialmente causadores de doenças
- c) Evita que resíduos depositados ao longo das guias sejam arrastados pelo vento ou pela água para as estruturas de drenagem urbana, possibilitando a ocorrência de entupimentos.

O serviço será do tipo manual, em que o gari varredor utilizará pás, vassouras e carrinhos para varrer e retirar os resíduos.

A varrição deve ser realizada por duplas em que cada gari é responsável por uma guia, assim os dois seguem pela avenida lado a lado. Cada gari possuirá um carrinho tipo lutocar ou contenedor, com capacidade mínima de 90 litros, uma pá quadrada para auxiliar no recolhimento dos resíduos, vassourão de 25 fiadas e sacos plásticos de 100 litros da cor preta (cinco por dia), filme número 10 ou mais resistente e demais EPI's.



As guias serão varridas desde seu limite até cerca de 1 metro em direção ao centro do logradouro, medida feita a partir da linha de meio fio, isto porque os movimentos dos veículos e transeuntes empurram os detritos para as guias, sendo portando, dispensável a varrição em seu centro.

Os sacos plásticos serão encaixados na lutocar ou contenedor por sua tampa de modo a preencher todo o volume destinado ao acúmulo de resíduos. Parte de seu corpo (cerca de 10%) permanecerá forma da área de carga, servindo posteriormente como alça para retirada do próprio.

Os resíduos varridos ou retirados dos pequenos cestos públicos de lixo (lixeiras) preencherão o volume do equipamento até cerca de 70% do seu total, ou cerca de 25 quilos. Nesse momento deverá ser realizado o lacre (com um ou mais nós na ponta) e a disposição dos sacos em vias públicas para coleta.

4.6.8.1.5 *Capinação, roçagem, raspagem de linhas d'água e pintura de meio-fio*

O objetivo do serviço de capina é manter os logradouros públicos livres de mato, ervas daninhas e materiais volumosos e criando um bom aspecto visual. A roçagem é feita quando se deseja manter uma cobertura vegetal de modo a se evitar deslizamentos de terra e erosões em taludes e encostas. A pintura de guias é útil na orientação do tráfego de veículos.

Os serviços de capinação, roçagem, raspagem de linha d'água e pintura de meio fio são executados de acordo com as solicitações da administração, não havendo local pré-definido para sua execução. O serviço também atende as demandas de eventos públicos realizados no município.

A capinação manual utiliza enxadas, foices, pás e demais ferramentas com o objetivo de retirar gramíneas, ervas e material vegetal de pequeno porte das vias e logradouros públicos.

No processo, o gari de limpeza retira os vegetais em sua totalidade, inclusive com a realização da extirpação das raízes. A atividade também possui uma função social já que elimina parte da poluição visual causada pelo crescimento desordenado da vegetação e pode ser aplicada em canteiros centrais, calçadas, guias, meio-fio, praças e áreas para realização de eventos.

A roçagem difere da capinação manual por não extinguir a vegetação. Ao invés disso a atividade ordena o crescimento das plantas e gramíneas. Utiliza as mesmas ferramentas,



mas apenas para os vegetais sendo muito utilizada no desenvolvimento de trabalhos de paisagismos como modeladora estética e é aplicada principalmente em praças e canteiros centrais. As duas metodologias são aplicadas em quaisquer logradouros, independentemente de haver ou não pavimentação.

A raspagem de linha d'água só é executada ao longo de vias e logradouros pavimentados e visa tão somente a retirada de terra das canaletas destinada a drenagem pluvial e de águas servida. A atividade é necessária porque com o passar do tempo há um acúmulo de resíduos muito finos, do tipo silte e argila, que dificilmente são retirados pelos serviços de varrição. Os detritos criam, na maioria dos casos, uma pequena camada de lodo ou até mesmo de pequenos vegetais e se solidificam, criando uma barreira ao escoamento das águas por gravidade. Nesse momento a raspagem deve ser realizada com a utilização de pás e enxadas. A canaletas são raspadas e os pequenos resíduos não retirados por esta raspagem são submetidos a uma varrição localizada.

A pintura de meio-fio é realizada após os serviços de capina, roçagem e raspagem de linha d'água com o objetivo de livrar as guias de qualquer impureza e prepará-la para a pintura. O serviço é executado com baldes e broxas e consiste na aplicação de tinta à base de água (cal hidratada) nas guias das vias e praças públicas.

4.6.8.1.6 Coleta Seletiva

Buscando atender às diretrizes apresentadas no art. 9º da Lei 12.305/2010, que demonstra a prioridade a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento, recuperação energética, disposição final dos resíduos, o Município de São Bento do Trairí deve implantar um Programa Municipal de Coleta Seletiva porta a porta.

Além da modalidade porta a porta, o município deverá fomentar a agregação conjunta de outras formas de Coleta Seletiva, como os Programas de Coleta Seletiva Internos, o de Postos de Entrega Voluntária. Procedimentos que se tornam alternativas essenciais para se atingir a meta de destinação ambientalmente adequada (reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o até aproveitamento energético, desde que compatível com a Lei 12.305/2010).

O programa de Coleta Seletiva deve desenvolver ações de motivação dos agentes envolvidos: catadores e população, para que o material coletado seja o máximo possível do montante produzido. Deverão ser traçadas ações e sugeridas metas sempre com o objetivo que as ações terão que ter uma continuidade, caso contrário haverá um desestímulo pelas partes envolvidas: catadores e população.



Para tanto é necessário se estruturar o Programa de Coleta Seletiva, sendo necessário dispor de uma estrutura mínima:

- a) Implantação de um galpão de triagem (projeto já desenvolvido pela SEMARH e disponibilizado para o Município);
- b) Organizar entidade associativa de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- c) Disponibilização de um veículo para realizar o recolhimento dos resíduos recicláveis;
- d) Implantar mecanismos de monitoramento da eficiência e dos custos envolvidos, buscando dar continuidade às ações da coleta seletiva. Esses mecanismos envolvem avaliação em primeiro lugar da implantação do programa do ponto de vista da abrangência da coleta e em segundo lugar de quanto foi efetivamente recuperado dos resíduos que vão para o destino final.

Para êxito de um Programa de Coleta Seletiva se faz necessário o desenvolvimento de campanhas educativas visando a sensibilização e mobilização de toda a população.

4.6.8.2 Procedimentos operacionais para disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Quanto à disposição final dos resíduos no Município é fundamental o desenvolvimento de medidas que possibilitem mitigar a situação do lixão e possibilitar a utilização da área com melhores condições operacionais e ambientais. Sendo necessário implantar as ações descritas abaixo:

- Promover o isolamento e cercamento da área de disposição final com a utilização de estacas com altura mínima de 2,0 m, com fio de arame galvanizado, diâmetro de 2,0 mm com distância máxima entre fios de 15 centímetros;
- Proceder a regularização do lixo exposto, através do confinamento do material e compactação com trator de esteira e o seu recobrimento com uma camada final de terra de no mínimo 30 cm;
- Realizar a instalação de portão de controle de acesso, com condições mínimas que garanta a vigilância, com controle de entrada e saída de pessoas e equipamentos, como forma de impedir o acesso de pessoas e veículos não autorizados;



- Não permitir a presença de animais e catadores na área de disposição final;
- Designar servidor público responsável pela vigilância e controle do acesso na área;
- Para o interior da área só poderão ser destinados aqueles materiais previstos na Resolução CONAMA 404/2008 que são aqueles provenientes de domicílios, de serviços de limpeza urbana, de pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços, que estejam incluídos no serviço de coleta regular de resíduos e que tenham características similares aos resíduos sólidos domiciliares;
- Cadastrar todos os veículos que realizam coleta de resíduos domiciliares no município;
- Efetuar o registro dos resíduos que entram na área de disposição final, garantindo que só terão acesso a área os veículos previamente cadastrados pela prefeitura;
- Não permitir a realização de queimadas de lixo na área;
- Manter a compactação e o recobrimento dos resíduos com uma camada de terra de 15 a 20 cm, com a frequência mínima de três vezes por semana.

A utilização da área do lixão utilizando-se as medidas acima se dará até que seja implantado o Aterro Sanitário Regional no Município de Santo Antônio.

4.6.9 Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada

De acordo com os estudos realizados nos tópicos anteriores e das deficiências identificadas na etapa do Diagnóstico Técnico-Participativo, recomenda-se as intervenções listadas na **Tabela 4.65** e na **Tabela 4.66**.



Tabela 4.65 - Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada para o serviço de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos para a Zona Urbana.

Zona Urbana			
Componente do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	Cenário Prognosticado	Intervenção	Meta
Coleta convencional	1. Cobertura de 100% da Zona Urbana	1. Manter a Cobertura de 100% da Zona Urbana.	1. Imediato (até 2023).
Coleta seletiva	1. Implantação da Coleta Seletiva	1. Estudo para avaliar melhor forma de Coleta Seletiva. 2. Implantar Coleta Seletiva com cobertura de 100% na Zona Urbana. 3. Realizar ações de Educação Sanitária e ambiental para a população, para a prática de separação de resíduos. 4. Propor formação de cooperativas	1. Imediato (até 2023). 2. Longo prazo (até 2040). 3. Curto prazo (até 2028).
Disposição final dos Resíduos	1. Disposição adequada em aterro sanitário.	1. Consolidar o consorciamento do município de forma a viabilizar a destinação final ambientalmente adequada. 2. Propor Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, para disposição final adequada destes. 3. Remediação dos lixões; 4. Disposição em Aterro Sanitário Regional do Consócio Público Regional de Saneamento.	1. Curto prazo (até 2028). 2. Curto prazo (até 2028). 3. Curto prazo (até 2028). 4. Imediato (até 2023). 5. Médio prazo (até 2032).
Taxa para Resíduos Sólidos Urbanos	1. Adotar taxa condizente com as necessidades do serviço.	1. Realização de estudo para analisar possibilidade de cobrança na taxa para execução do serviço.	1. Imediato (até 2023).

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



Tabela 4.66 - Definição de alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada para o serviço de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos para a Zona Rural e Áreas Especiais.

Zona Rural e Áreas Especiais			
Componente do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	Cenário Prognosticado	Intervenção	Meta
Coleta convencional	1. Cobertura de 100% da Zona Rural e áreas especiais.	1. Alcançar a Cobertura de 100% da Zona Rural.	1.Imediato (até 2023).
Coleta seletiva	1. Atender toda a população com coleta seletiva, atendendo a 100% da Zona Rural e áreas especiais.	1. Estudo para avaliar melhor forma de Coleta Seletiva. 2. Implantar Coleta Seletiva com cobertura de 100% na Zona Rural. 3. Realizar ações de Educação Sanitária e ambiental para a população, para a prática de separação de resíduos. 4. Propor formação de cooperativas	1.Imediato (até 2023). 2. Longo prazo (até 2040). 3. Curto prazo (até 2028).
Disposição final dos Resíduos	1. Disposição adequada em aterro sanitário.	1. Consolidar o consorciamento do município de forma a viabilizar a destinação final ambientalmente adequada. 2. Propor Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, para disposição final adequada destes. 3. Disposição em Aterro Sanitário Regional do Consócio Público Regional de Saneamento.	1. Curto prazo (até 2028). 2. Curto prazo (até 2028). 3.Imediato (até 2023).
Taxa para Resíduos Sólidos Urbanos	1. Adotar taxa condizente com as necessidades do serviço.	1. Realização de estudo para analisar possibilidade de cobrança na taxa para execução do serviço.	1.Imediato (até 2023)

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



4.6.10 Previsão de eventos de emergência e contingência

Com relação à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, os principais eventos emergenciais e as ações de emergência e contingência previstas para o Município de São Bento do Trairí, estão descritos na **Tabela 4.67**.

Tabela 4.67 - Principais eventos que possam desencadear situações de emergência e contingência para o sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos.

Evento	Origem Possível
Paralisação do serviço de varrição pública ou de Capina	<ol style="list-style-type: none">1. Greve da empresa responsável pelo serviço ou de funcionários/servidores;2. Veículos com defeitos;3. Ausência de instrumentos de trabalho.
Paralisação do sistema de coleta domiciliar, de construção civil, de serviço de saúde ou seletiva.	<ol style="list-style-type: none">1. Greve geral da empresa responsável pela coleta;2. Avaria ou Falha mecânica nos veículos de coleta.
Paralisação da operação do aterro sanitário	<ol style="list-style-type: none">1. Greve geral;2. Interdição ou embargo por algum órgão fiscalizador;3. Esgotamento da área de disposição;4. Encerramento/fechamento do aterro.
Obstrução do sistema viário	<ol style="list-style-type: none">1. Acidentes de trânsito;2. Protestos e manifestações populares;3. Obras de infraestrutura.

Fonte: Comitê executivo do PMSB de São Bento do Trairí, 2020.



REFERÊNCIAS

AGRA, S. G. **Estudo Experimental de Microreservatório para Controle do escoamento Superficial**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 105 p.

ANA. **Portal de qualidade das águas**. Disponível em <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 29 out 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Especificação de Serviço, Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9648**: Estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Procedimento, Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro/RJ, 1997.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; SOUZA, V. C. B.; COSTA, L. S. G. M. Utilização de tecnologias compensatórias no projeto de um sistema de drenagem urbana. In: Congresso Nacional Del Agua, 1998, Santa Fé. **Anais**. Santa Fé: Facultad de Ingenieria y Ciencias Hidricas de la Universidad Nacional del Litoral, v.2, p. 248-257, 1998.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BRASIL, J; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. F.; HUSZAR, V. L. M. **Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes**. Hydrobiologia. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano nacional de saneamento básico**. Brasília: Mcdades, 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília. DOU de 3 de agosto de 2010.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicada no DOU de 8 de janeiro de 2007. Seção 1.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005**. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Publicada no DOU de 7 de abril de 2005.



BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília. DOU de 9 de janeiro de 1997.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Publicada no DOU no 053, de 18 de março de 2005, página 58-63.

COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. **Plano emergencial de segurança hídrica.** Natal, Governo do Estado do Rio Grande do Norte. 2015.

CORRÊA, C. S.; MYRRHA, L. J. D. ; FIGOLI, M. G. B. **Métodos AiBi e Logístico para projeção de pequenas áreas: uma aplicação para microrregião de Angicos - RN.** International Seminar on Population Estimates and Projections: Methodologies, Innovations and Estimation of Target Population applied to Public Policies. (Seminário). Rio de Janeiro, CIC, IBGE. 2011.

CRUZ, M. A. S.; ARAÚJO, P. R.; SOUZA, V. C. B. Estruturas de controle do escoamento urbano na microdrenagem. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte: ABRH, 21 p., 1999.

FÍGOLI, M. G. B.; WONG, L. R.; GONZAGA, M. R.; GOMES, M. M. F. **Aspectos metodológicos para a projeção de localidades intra-urbanas – uma aplicação a Minas Gerais.** XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Caxambu-MG. 2010.

FORESTI, E. **Tratamento de Esgoto.** In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

FUJITA, O., et. al. **Drenagem Urbana - Manual de Projeto.** DAEE/CETESB, 1980.

IGARN. **IGARN divulga relatório volumétrico dos principais reservatórios do Estado.** 2017. Disponível em: <
<http://www.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=158062&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=NOT%20CDCIA>>. Acesso em: 29 out 2017.

IGARN. **Programa Água Azul – Demonstrativo das Análises das Águas Superficiais do RN.** (2012). Disponível em: <
<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC000000000029757.PDF>>. Acesso em: 29 out 2017.



JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos: concepções clássicas de tratamento de esgotos**. Vol. 1, p. 41 a 42. São Paulo: Cetesb, 1975.

LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. V.; AVEZZÙ, F. **To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management**. Journal of Environmental Management 94, 61-68, 2012.

MADEIRA, J. L., SIMÕES, C. C. da S. **Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia**. Revista Brasileira de Estatística, v.33, n.129, p.3-11, jan./mar. 1972.

MASSOUD, M. A.; AKRAM, T.; JOUMANA, A. N. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal of Environmental Management 90, 652–659, 2009.

MOUSSAVI, G.; FRAROUGH, K.; MEHDI, F. **Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater**. Process Safety and Environmental Protection 88, 47–52, 2010.

MORETTI, Ricardo de Souza. **Terrenos de fundo de vale - conflitos e propostas**. Técnica. São Paulo: PINI, 9 (48): 64-67, 2000.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento – SNIS. **Glossário de Indicadores - Água e Esgotos: Indicadores econômico-financeiros e administrativos**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/glossarios>>. Acesso em 02 de julho de 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Orientações para elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PSGIRS para municípios com população inferior a 20 mil habitantes**. Material de Apoio ao Curso a Distância. Brasília, 2013.

NAPHI, I. **A framework for the decentralised management of wastewater in Zimbabwe**. Physics and Chemistry of the Earth 29, 1265–1273, 2004.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte e reúso agrícola**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

ORTUSTE, F. R. **Living without sanitary sewers in Latin America - The business of collecting fecal sludge in four Latin American cities**. Lima, Peru. World Bank, Water and Sanitation Program. P. 12, 2012.

PÔMPEU, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP. 840 p. 1998.



RIGHETTO, A.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. In: RIGHETTO, A. M. (Coord.) **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 396 p., 2009.

RIO GRANDE DO NORTE. Resolução CONEMA 02, de 21 de julho de 2009. Conselho Estadual de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000006170.PDF>>. Acesso em: 20 out. 2018.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte. Produto 2: Panorama dos Resíduos Sólidos no Estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2015. 562 p.

RODRIGUES, L. C. **Sistemas de engenharia e abastecimento de água no Rio Grande do Norte: análise da gestão de recursos hídricos no contexto da elaboração dos planos municipais de saneamento básico**. Monografia (Bacharelado em geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2017.

RODRÍGUEZ, L. B. **El tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en Cuba**. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, vol. XXX, nº. 1, 2009.

ROQUE, O. C. C. **Sistemas Alternativos de Esgotos Aplicáveis às Condições Brasileiras**. 1997. 153 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1997.

SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO - SETUR/RN. Plano diretor de resíduos sólidos do Pólo Costa das Dunas - Modelo Tecnológico para execução dos serviços. ATP Engenharia Ltda. Natal, 2007

SMDU, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012.

SUDERHSA, Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Paraná). **Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2000.

SURIYACHAN, C.; NITIVATTANANON, V.; AMIM, A.T.M. N. **Potential of decentralized wastewater management for urban development: Case of Bangkok**. Habitat International 36, 85-92, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH. 952 p. 1993.

TUCCI, C. M.; PORTO, R.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.



TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. **Inundações urbanas em América Latina**. Porto Alegre: ABRH-Ed. UFRGS, 2003.

TUCCI, C. E. M.; CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F. **Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, p. 1-18, 2007.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. **Primer of Municipal Wastewater Treatment Systems**. EPA 832-R-04-001. September 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 4^a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2^a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

APÊNDICE A – Participação Social

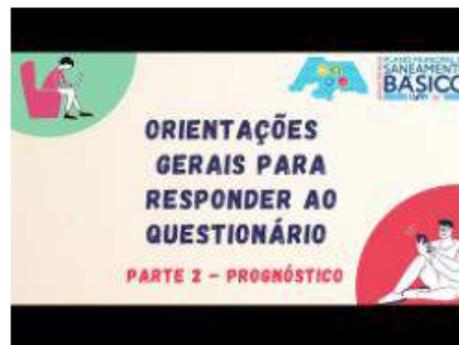
Questionário aplicado à população

Seção 6 de 6

Prognóstico

Essa seção do questionário tem como objetivo identificar a prioridade para alcançar as metas previstas para os quatro segmentos do saneamento básico na comunidade, distrito ou bairro em que reside, ressaltando as características dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem das águas de chuva e manejo de resíduos sólidos (lixo), para auxiliar a elaboração do Produto D - Prospectiva e Planejamento Estratégico (Prognóstico) do município.

Orientações para o preenchimento do questionário de Prognóstico



Atenção!

Nessa seção você deve escolher dentre as metas listadas abaixo:

- 7 (sete) metas com **PRIORIDADE ALTA**, ou seja, aquelas que devem ser alcançadas com maior urgência.
- 8 (oito) metas com **PRIORIDADE MÉDIA**, ou seja, aquelas que podem ser atingidas após as metas de prioridade alta escolhidas anteriormente. Assim, escolha opções que **NÃO SE REPITAM** entre as de prioridade alta.
- 8 (oito) metas com **PRIORIDADE BAIXA**, ou seja, aquelas que podem ser alcançadas após as metas de prioridade média escolhidas anteriormente. Assim, escolha opções que **NÃO SE REPITAM** entre as de prioridade alta e média.



1) Qual você acredita ser a prioridade para alcançar as seguintes metas:

Para preencher essa etapa é necessário assistir o vídeo acima.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Baixa Prioridade	Média Prioridade	Alta Prioridade
01 - Abastecimento de água para toda a população	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
02 - Fornecer água com frequência adequada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
03 - Melhorar a qualidade da água	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
04 - Impedir e/ou reduzir os vazamentos de água nas ruas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
05 - Solucionar ligações clandestinas para pagamento adequado da água utilizada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
06 - Fornecer água em quantidade suficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
07 - Promover a manutenção adequada do sistema de abastecimento de água	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
08 - Coletar o esgoto de toda a população	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
09 - Instalar e melhorar os banheiros das moradias sem banheiro adequado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10 - Implantar e/ou melhorar o tratamento do esgoto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11 - Reutilizar o esgoto tratado de forma adequada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12 - Promover a manutenção adequada do sistema de esgotamento sanitário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13 - Coletar o lixo em todo o município	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14 - Implantar e/ou melhorar a coleta seletiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



15 - Destinar o lixo de forma adequada			
16 - Promover a varrição de todas as ruas pavimentadas do município	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17 - Realizar poda e capina em todas as ruas do município	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18 - Instalar lixeiras públicas nas ruas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19 - Reduzir a quantidade de lixo produzido pela população	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20 - Melhorar o sistema de coleta de lixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21 - Pavimentar as ruas e os locais de difícil acesso em épocas de chuvas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22 - Reduzir e/ou acabar com os pontos de alagamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23 - Ampliar e melhorar a infraestrutura de drenagem (pontes, canais, bocas de lobo, galerias, passagens molhadas etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários



Gráfico de Pareto elaborado com base nas respostas obtidas através do questionário
aplicado à população

Metas	Pontos	%	%acumulada
21 - Pavimentar as ruas e os locais de difícil acesso em épocas de chuvas	101	5,45%	5,45%
08 - Coletar o esgoto de toda a população	100	5,39%	10,84%
10 - Implantar e/ou melhorar o tratamento do esgoto	99	5,34%	16,18%
12 - Promover a manutenção adequada do sistema de esgotamento sanitário	97	5,23%	21,41%
13 - Coletar o lixo em todo o município	96	5,18%	26,59%
01 - Abastecimento de água para toda a população	95	5,12%	31,72%
15 - Destinar o lixo de forma adequada	92	4,96%	36,68%
02 - Fornecer água com frequência adequada	90	4,85%	41,53%
06 - Fornecer água em quantidade suficiente	90	4,85%	46,39%
09 - Instalar e melhorar os banheiros das moradias sem banheiro adequado	82	4,42%	50,81%
14 - Implantar e/ou melhorar a coleta seletiva	79	4,26%	55,07%
04 - Impedir e/ou reduzir os vazamentos de água nas ruas	77	4,15%	59,22%
20 - Melhorar o sistema de coleta de lixo	77	4,15%	63,38%
23 - Ampliar e melhorar a infraestrutura de drenagem (pontes, canais, bocas de lobo, galerias, passagens molhadas etc.)	77	4,15%	67,53%
07 - Promover a manutenção adequada do sistema de abastecimento de água	76	4,10%	71,63%
05 - Solucionar ligações clandestinas para pagamento adequado da água utilizada]	75	4,05%	75,67%
22 - Reduzir e/ou acabar com os pontos de alagamento	70	3,78%	79,45%
11 - Reutilizar o esgoto tratado de forma adequada	68	3,67%	83,12%
16 - Promover a varrição de todas as ruas pavimentadas do município	67	3,61%	86,73%
18 - Instalar lixeiras públicas nas ruas	65	3,51%	90,24%
19 - Reduzir a quantidade de lixo produzido pela população	63	3,40%	93,64%
17 - Realizar poda e capina em todas as ruas do município	61	3,29%	96,93%
03 - Melhorar a qualidade da água	57	3,07%	100,00%

