

II-084 - ESTUDO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS PARA PEQUENAS COMUNIDADES

Paulo Vitor Lucca⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná - UFPR;

Guilherme Samways

Engenheiro Ambiental pela PUCPR, Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – PPGERH da UFPR.

Miguel Mansur Aisse

Engenheiro Civil pela UFPR, Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Professor Associado ao Departamento de Hidráulica e Saneamento – DHS e do PPGERH da UFPR.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Hidráulica e Saneamento – DHS da Universidade Federal do Paraná; Bloco V – Centro Politécnico – Jardim das Américas - Curitiba - Paraná - CEP: 81531-990 - Brasil - Tel: +55 (41) 9614-9308 - e-mail: lucca.paulo@hotmail.com.

RESUMO

A relação entre a quantidade de economias geradoras de esgoto doméstico e a capacidade de instalação de redes de coleta de esgoto, para que estas sejam economicamente viáveis, é uma realidade das Companhias de Saneamento. Porém, relações entre as redes de esgoto, estações de tratamento, sistemas individuais de tratamento de esgoto (tanques sépticos e tratamentos complementares) e sua gestão ainda não foram investigadas de forma a responder a interação entre elas de forma econômica.

Neste trabalho foram levantados custos implantação de sistema individual de tratamento de esgoto (tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro) para faixas de população entre 5 e 50 habitantes, e custos de manutenção destes sistemas no que se refere ao transporte do lodo e destinação (centrais de recebimento). E paralelo a estes custos foram estudados custos de implantação de redes coletoras em cidades com pequena população (1400 a 5500 habitantes) e custos de mini sistemas de tratamento de efluentes (Mini Estações de Tratamento de esgoto – Mini ETE).

PALAVRAS-CHAVE: Sistema individual de tratamento, Rede coletora de esgotos, Esgoto sanitário, Custos de implantação de sistemas, Operação de sistemas, Tanques sépticos.

INTRODUÇÃO

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de domicílios - PNAD, em 2009, 57,4% dos domicílios urbanos brasileiros contavam com sistema de esgotamento sanitário, destes 25,4% coletam e 32% coletam e tratam o esgoto. Nos municípios restantes (42,6%) a solução para o esgoto é o uso de alternativas como tanques sépticos (27,1%), fossas secas, valas abertas e lançamentos em corpos d'água. Além disso, a pesquisa apresentada chama atenção para o fato de que *quanto maior a população do município, maior a proporção de domicílios com serviço de esgoto*. Comprovado pelo fato de que os municípios com mais de 300.000 habitantes tem três vezes mais domicílios ligados a rede geral de esgotos do que os municípios com até 20.000 habitantes, evidenciando a necessidade de se obter uma solução para a coleta e tratamento de esgoto nestes municípios menores.

Para Pereira e Soares (2006) o sistema individual é caracterizado pela coleta e/ou tratamento de pequena contribuição de esgoto sanitário proveniente de imóveis domiciliares, comerciais e públicos de locais normalmente desprovidos de rede coletora de esgoto. Segundo os autores, na ausência de rede coletora, a solução individual que apresenta maior crescimento é o tanque séptico e que requer cuidados quanto a destinação dos subprodutos (efluente líquido, lodo e biogás). Além disso, para melhorar a qualidade do efluente, que não pode ser disposto diretamente em corpo d'água ou rede de drenagem, a ABNT (NBR 7229, 1993), sugere alguns tratamentos complementares como filtro anaeróbio, o filtro aeróbio, vala de infiltração, entre outros. A partir de certo ponto, sistemas individuais com muitos tanques podem tornar o sistema insustentável, tanto do ponto de vista técnico como econômico. Nesta situação, são apresentados os sistemas

coletivos, constituídos por rede coletora, interceptores, emissários, estações elevatórias, estações de tratamento e destino final do lodo e efluente tratado.

Aisse (2000) construiu curvas que relacionam população com custos de construção de sistemas individuais (fossa séptica e sumidouro; fossa séptica e filtro anaeróbio; decanto digestor e filtro anaeróbio), evidenciando que o número de pessoas atendidas e custos são diretamente proporcionais. Estudos feitos por Brudeki (2005) revelam que 77% da composição dos custos de sistemas coletivos são representados por unidades de coleta, não justificando tal investimento para pequenas comunidades não adensadas.

OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo geral apropriar custos do saneamento individual, com o uso de tanques sépticos, e do sistema de esgotamento sanitário coletivo, considerando a implantação e operação de ambos, para pequenas comunidades. Como objetivos específicos:

- Apropriar os custos de implantação e operação do sistema de tanque séptico e formas de tratamento complementar, incluindo o tratamento do lodo gerado;
- Apropriar os custos de implantação e operação do sistema de redes de coleta e tratamento de esgotos;
- Elaborar curvas função-custo de ambos os sistemas, para diferentes populações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para estabelecer os custos de sistemas de tratamento de esgoto para pequenas comunidades serão trabalhados o sistema individual (tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro) e o sistema coletivo (rede coletora e mini estações de tratamento).

SISTEMA INDIVIDUAL

A aplicação de sistema individual de tratamento de esgotos será feita para a faixa de população entre 5 e 50 habitantes. Os custos encontrados foram baseados nas tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, para o mês de abril de 2011, na cidade de Curitiba-PR (foi escolhida por ser o local da pesquisa, e facilidade de confronto com valores comerciais), ou em pesquisas de mercado. Estipulou-se uma geração de efluente per capita de 130 L/hab.dia (valor próximo ao adotado no dimensionamento dos pequenos sistemas consultados).

Os Tanques Sépticos foram dimensionados de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993) com o intervalo de limpeza destes tanques de um ano, coeficientes para temperatura entre 15 e 20 °C e respeitando as alturas máximas e mínimas em função do volume. Assim pode-se obter o volume do tanque, e conseqüentemente orçar os modelos com os custos de insumos e serviços fornecidos pela tabela SINAPI. Os modelos de tanque orçados são de alvenaria (para volumes até 6 m³), concreto armado (concreto com fck de 15 MPa), anel de concreto armado (diâmetros comerciais de 1,10 a 3,00 metros) e modelos comerciais.

Os filtros anaeróbios foram dimensionados para servir de tratamento complementar ao efluente do tanque, conforme considerações da NBR 13969 (ABNT, 1997). A disposição final dos efluentes será em rede de água pluvial ou então em sumidouros. Os coeficientes utilizados foram para faixa de temperatura entre 15 e 20 °C. Após o dimensionamento foram apropriados os custos de implantação de modelos em concreto armado (concreto com fck de 15 MPa), anel de concreto armado e pré-fabricado (diâmetros comerciais) e modelos comerciais, todos com recheio de brita nº3.

Os sumidouros foram dimensionados de acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997) com variação da taxa de infiltração do solo entre 40,70 e 100 L/m².dia. Foram pré-dimensionados modelos com diferentes diâmetros, para anel de concreto (diâmetros comerciais entre 1,20 e 3,00 metros) e alvenaria. A favor da segurança, a camada de brita (altura de 50 centímetros) colocada no fundo da estrutura não foi somada à área de infiltração.

Somado aos custos de implantação dos equipamentos no local de geração do efluente, surgem as centrais de recebimento do lodo de tanque séptico – CRLTS, descritas por Campos *et. al.* (2009), no âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB 5 – tema 6: Lodo de Fossa Séptica, e destinam-se exclusivamente ao recebimento dos lodos, o que é interessante no sistema individual. Os custos de implantação destas centrais não foram encontrados na literatura, no entanto, a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR dimensionou e orçou estruturas mais simples, mas com finalidade similar, denominadas Tanques de Equalização, das quais serão apresentados os custos a seguir. A figura 1 ilustra o funcionamento do sistema individual desde a fonte geradora, passando pelo transporte e desaguamento em centrais (de desaguamento e tratamento – CDT, ou de recebimento para destinação a ETE – CRLTS) até a destinação final do lodo digerido.

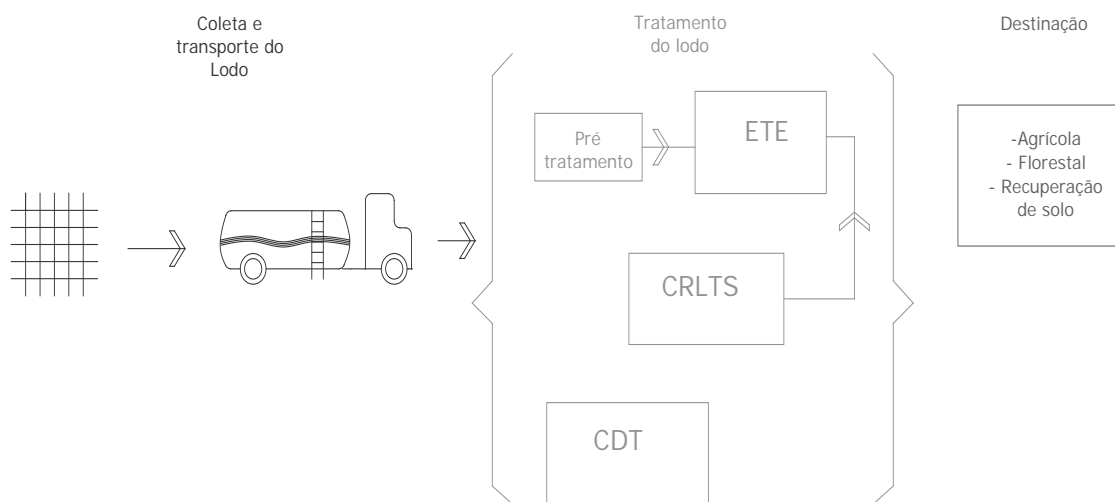


Figura 1. Fluxograma do sistema individual do tratamento de esgoto

A operação do sistema individual consiste na limpeza dos tanques sépticos de acordo com o intervalo de limpeza de dimensionamento e eventual retirada parcial do lodo dos filtros anaeróbios. Para levantar estes custos operacionais de coleta do lodo foram consultadas algumas empresas especializadas para identificar variáveis neste serviço, como volume de lodo, distância entre a fonte geradora e destino final do lodo.

SISTEMA COLETIVO

Para a rede coletora de esgotos, partiu-se do projeto de cidades com pequena população/densidade (1500 a 5500 habitantes), fornecidas pela SANEPAR, cabendo, neste trabalho, identificar variáveis do projeto como extensão da rede, população de projeto e de saturação, número de ligações atendidas, densidade, custos de implantação do projeto completo da rede, que inclui canteiro de obras, rede coletora, ligações, coletores, travessias e interceptores. A partir destes dados, foi possível gerar índices que relacionam custos com outras variáveis, resultando em informações do tipo: custo por habitante, custo por metro de rede, custo por ligação, permitindo plotar pontos em gráficos e gerar curvas-função com o auxílio do software Microsoft Excel 2007 para que posteriormente sejam geradas as curvas função-custo para diferentes números de habitantes ou extensão de rede. Nas quatro cidades estudadas (Agudos do Sul, Bocaiúva do Sul, Mandirituba e Quitandinha) os custos referem-se ao projeto executivo com implantação em primeira etapa, atualizados para o mês de maio de 2011. Por se tratar de pequenas cidades, o diâmetro não ultrapassou o mínimo estipulado pela Companhia, que é de 150 mm. Os custos de coletores foram tratados em separado por haver diâmetros separados.

Os custos de manutenção e operação da rede foram encontrados a partir de comunicação pessoal com profissionais da área.

Para o tratamento do efluente foram consultados no mercado, os custos de implantação de mini sistemas, também conhecidas como MINI ETes, com fluxograma do tipo UASB + pós-tratamento aeróbio. E para se estimar custos de manutenção destes sistemas, também se consultou fornecedores locais.

RESULTADOS

SISTEMA INDIVIDUAL

O sistema individual dimensionado considera tanque séptico como unidade de tratamento primária, filtro anaeróbio para tratamento complementar, e sumidouro para disposição do efluente tratado quando não há restrições de espaço no terreno.

Em relação aos tanques sépticos, os volumes dimensionados para a faixa de população entre 5 e 50 habitantes, apresentou uma variação de preço entre R\$ 1699,77 (tanque para 5 habitantes em anel de concreto com diâmetro de 1,20 metro) até R\$ 5980,64 (tanque para 50 habitantes, em anel de concreto armado com diâmetro de 2,50 metros). O tanque em alvenaria é recomendado para volumes até 6,0 m³, por este motivo ele ficou restrito a atender 20 habitantes. Os demais custos dos outros modelos encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Custo total de implantação de tanque séptico

Tanque Séptico - Custo total (R\$)						
Forma	Intervalo Limpeza	População (hab)				
		5	10	15	20	50
Alvenaria	1	2.111,06	2.544,64	2.929,83	3.326,43	-
Concreto		1.927,63	2.427,73	2.803,67	3.118,48	4.467,05
Anel Concreto		1.699,77	2.437,04	2.733,66	4.156,95	5.980,64
Pré-fabricado			1.993,36	2.890,00		

A partir dos dados presentes na tabela 1, foi possível construir o gráfico 1, permitindo conhecer as curvas função-custo para tanque séptico. As curvas encontradas apresentaram coeficiente de determinação R² superior a 0,9731, com equações polinomiais de grau 2. Nota-se que o modelo de anel de concreto é vantajoso para atender até 10 habitantes, a partir da onde a melhor opção se torna tanques em concreto armado. Os modelos comerciais encontrados, não contemplam todas as faixas populacionais e por este motivo, foram plotados apenas os pontos de determinadas quantidades de população.

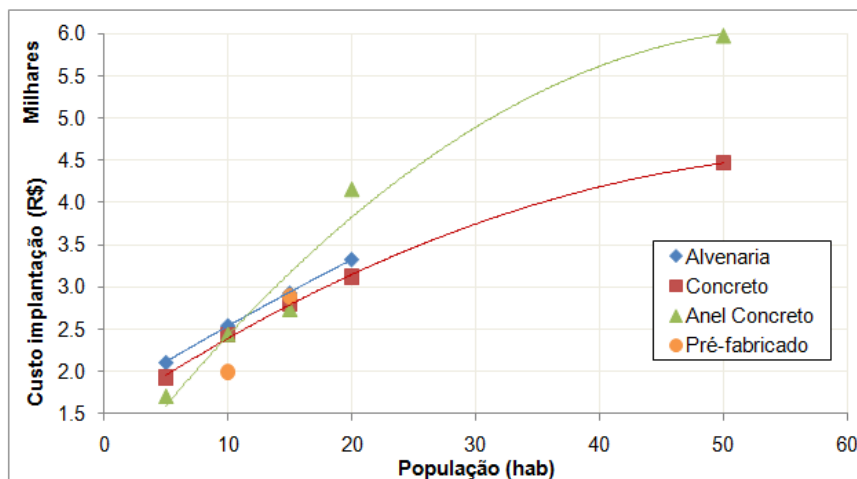


Gráfico 1. Custo de implantação de tanques sépticos

Os filtros anaeróbios, orçados para a faixa de população entre 5 e 50 habitantes, apresentaram seus custos variando entre R\$ 1430,77 (filtro para 5 habitantes, em anel de concreto com diâmetro de 1,20 metros) a R\$ 6343,07 (filtro para 50 habitantes, em anel de concreto com diâmetro de 3,00 metros). O resumo dos custos para filtros anaeróbios está na tabela 2.

Tabela 2. Custo total de implantação de tanques sépticos

Filtro Anaeróbio - Custo total (R\$)							
Forma	População (hab)						
	5	10	15	20	30	40	50
Anel de Concreto	1.430,77	2.031,50	3.315,50	4.511,46	4.637,22	6.266,64	6.343,07
Concreto Armado	2.142,27	2.698,04	3.272,39	3.949,13	4.701,17	5.237,92	5.805,23
Pré-fabricado	1.531,15	2.503,36	-	-	-	-	-

A partir dos dados presentes na tabela 2, foi possível construir o gráfico 2, permitindo conhecer as curvas função-custo para filtro anaeróbio. As curvas encontradas apresentaram coeficiente de determinação R^2 superior a 0,9648, com equações polinomiais de grau 2. Nota-se que o modelo de anel de concreto é vantajoso para atender até 15 habitantes, a partir da onde a melhor opção se torna tanques em concreto armado. Os modelos comerciais encontrados, não contemplam todas as faixas populacionais e por este motivo, foram plotados apenas os pontos de determinadas quantidades de população.

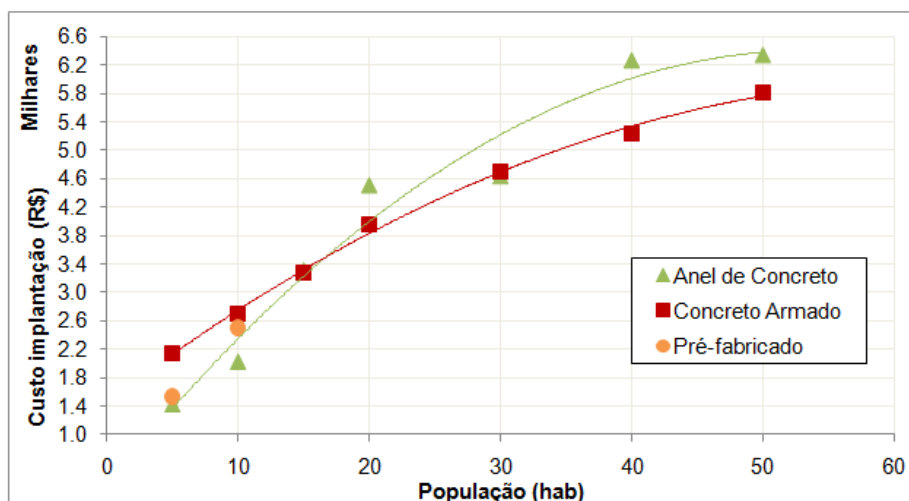


Gráfico 2. Custo de implantação de filtros anaeróbios

Os sumidouros, foram orçados de acordo com a taxa de infiltração do terreno, que variou entre 40, 70 e 100 L/m².dia. Foram pré dimensionados modelos e com isso determinado a quantidade de unidades necessárias para atender a faixa de população entre 5 e 50 habitantes. Por exemplo, para 15 habitantes, com uma geração de 130 L/hab.dia, resulta em 1.950 L/dia, e uma taxa de infiltração de 40 L/m².dia necessita de uma área de infiltração de 48,75 m², para atender esta área são necessários dois sumidouros de anel de concreto com 3,00 m de altura e 2,50 m de diâmetro. É importante ressaltar que a profundidade máxima é de 4,0 metros, considerando 0,5 metros de brita nº 03 e 0,5 metros superior de parede não perfurada. O diâmetro máximo adotado é de 3,00 metros.

Tabela 3. Custo total de implantação de Sumidouros

Sumidouro - Custo total (R\$)							
Forma	Taxa	População (hab)					
		5	10	15	20	30	50
Alvenaria	40	1.849,18	4.100,40	5.639,09	8.200,80	12.301,19	20.501,99
	70	1.059,52	2.105,98	3.389,81	4.981,06	6.779,62	11.575,35
	100	849,83	1.461,41	2.257,77	3.043,32	4.515,55	8.200,80
Anel de Concreto	40	5.167,43	9.601,62	12.802,16	20.669,72	31.569,20	49.788,04
	70	2.786,47	5.572,94	7.229,22	9.601,62	14.458,44	28.450,31
	100	2.372,40	3.614,61	6.313,84	7.229,22	11.145,88	20.669,72

A partir dos dados presentes na tabela 3, foi possível construir o gráfico 3, permitindo conhecer as curvas função-custo para sumidouro. As curvas encontradas, apresentaram coeficiente de determinação R^2 superior a 0,9970, com equações polinomiais de grau 2. Nota-se que o custo de sumidouro de anel de concreto se torna muito alto para modelos de anel de concreto com baixa taxa de infiltração para uma população de 50 habitantes.

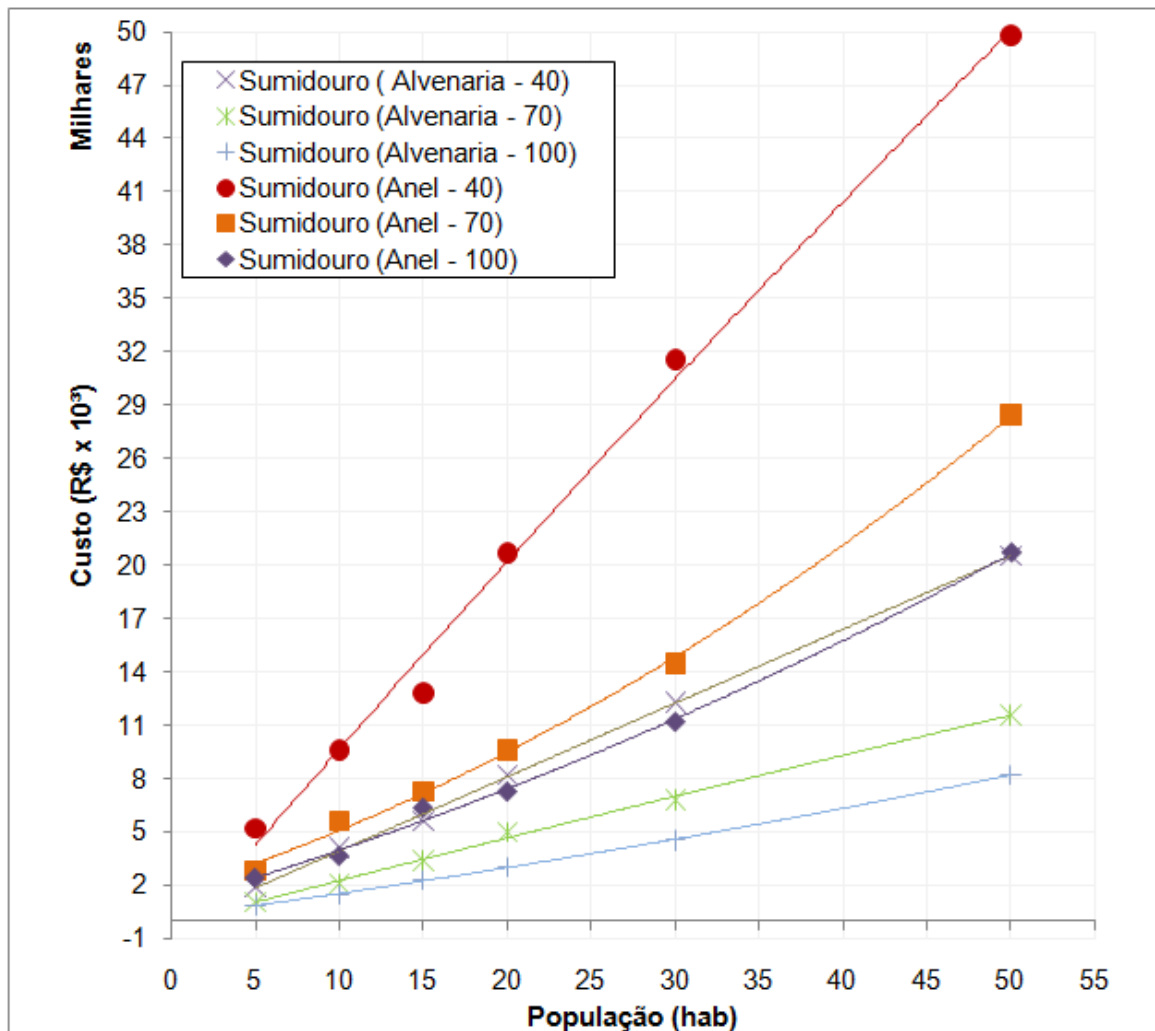


Gráfico 3. Custo de implantação de sumidouros

Pelo contato com empresas especializadas no transporte do lodo de tanque séptico, o valor cobrado varia exclusivamente em função do número de viagens/tanque. A distância de transporte não apresentou importância, uma vez que no contato telefônico, foi solicitado o orçamento para limpeza de dois tanques, localizadas em diferentes pontos da cidade de Curitiba-PR com distâncias diferentes entre a fonte geradora e o local de destinação do material. Outro aspecto não considerado é o volume de lodo transportado, uma vez que a cobrança é feita por ligação/tanque e só será feita uma nova cobrança caso ocorra a necessidade de mais de uma viagem, por exemplo, um caminhão com capacidade de 8,0 m³ contratado para limpar um tanque tem custo R\$ 250,00/viagem, ou seja, desde que o volume coletado não ultrapasse a capacidade do caminhão, teremos um custo que não depende do volume de lodo coletado ou da distância de transporte do material. A seguir é apresentada uma tabela com valores de custos coletados com empresas em Curitiba, maio de 2011. A média do valor do transporte é de R\$ 270,00 por viagem, para caminhões com 10 m³ de capacidade. Vale considerar que este custo de transporte pode ser otimizado, uma vez que um tanque que serve para mais de uma residência pode ter seu custo de manutenção diminuído, e o mesmo vale para tanques dimensionados para intervalos de limpeza superiores a um ano. Neste caso, apesar do custo de implantação maior, o custo de manutenção se torna mais barato, por exemplo, enquanto um tanque dimensionado para limpeza anual, tem custo médio de R\$ 270,00/ano, um tanque dimensionado para 5 anos, tem custo médio de R\$ 54,00/ano.

Tabela 4. Custos de transporte de lodo de tanque séptico – Curitiba – PR

Coleta e transporte de lodo		
Empresa	Capacidade do caminhão (m³)	Custo (R\$)
A	10	250,00
B	10	280,00
C	10	280,00
Média	10	270,00

Campos *et al.* (2009) dentro das pesquisas no âmbito do PROSAB 5 apresentaram centrais para recebimento do lodo de tanque séptico – CRLTS. Neste trabalho, utilizaram-se os dados fornecidos neste projeto, onde estima-se um custo de implantação de R\$ 800.000,00 para a central, amortizada em 10 anos, com um custo de R\$ 80.000,00/ano. Uma central com capacidade de recebimento de 20000 m³/mês, teria um custo de implantação de R\$ 0,33 por metro cúbico de lodo recebido. Quanto a operação desta central são apresentados valores como R\$ 1,73 por metro cúbico de lodo descartado mais R\$ 2,00 por metro cúbico de lodo recebido para custos com manutenção/operação da central (R\$ 40.000,00/mês para 20.000 m³ descartados). Sobre a soma entre o valor de descarte e o de manutenção e operação foram acrescidos 50% para despesas com impostos, contribuições sociais e outros resultando num custo final de R\$ 6,10/m³ de lodo $[(2,00+1,73+0,33)*1,5]$ (CAMPOS *et. al. op. cit.*). Estes valores são para o mês de março de 2009. Aplicando reajuste anual de 9% a.a (valor utilizado para atualizar custos de projeto de rede coletora, e repetido aqui para se ter uma base de reajuste de preço), chegamos a valores atualizados de R\$ 7,25/m³ de lodo descartado.

Em contrapartida, a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR forneceu projeto de implantação de um tanque de equalização, dentro da ETE Esperança (Londrina-PR), com a função de receber o lodo. Este tanque conta com 4 câmaras de 15 m³ cada, totalizado 60 m³ de capacidade. O custo do projeto é de R\$ 111.106,37 (abril de 2009), atualizando estes valores para 2011, chegamos a R\$ 132.005,48. O custo por m³ de capacidade é de R\$ 9,17 (amortização em 10 anos, custo mensal de R\$ 1.100,05 e capacidade para receber 120m³/dia e armazenar 60 m³/dia).

SISTEMA COLETIVO

Para os custos de implantação de rede coletora foram estudados quatro projetos executivos fornecidos pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Os municípios estudados foram Agudos do Sul, Bocaiúva do Sul, Mandirituba e Quitandinha. Com base no material fornecido, foi elaborada a tabela 5, que contém as principais informações do projeto e alguns índices gerados com os dados. Os dados levantados referem-se a população de projeto em primeira etapa que receberá a rede coletora, é apresentado também a população de saturação para a rede projetada, no entanto estes valores apresentaram grande variação, uma vez que os locais que receberão rede coletora podem estar em zonas de alto adensamento, definidos no plano diretor da cidade, portanto os índices para população de saturação não foram considerados. Em geral, pode-se notar que em todos os projetos de rede coletora estudados, o diâmetro da rede não ultrapassou 150 mm, que é o mínimo estabelecido pela SANEPAR. Dos índices apresentados, o número de habitantes por residência foi similar, variando entre 3,25 e 3,67. A rede coletora apresenta grande variação de projeto para projeto, isto porque as condições de topografia, ou do próprio solo podem elevar os custos da rede, como é o caso de Quitandinha e Agudos do Sul, que têm o custo por metro de rede mais elevado devido a presença de rochas e matações. Apesar de se avaliar o custo total da rede por habitante, este índice pode não refletir diretamente o custo, tendo em vista que alguns projetos necessitaram de travessias, coletores de diferentes extensões e diâmetros ou interceptores. Nos casos estudados, não foi necessária nenhuma estação elevatória na rede. Os custos de canteiro de obras também apresentaram grande variação, impossibilitando alguma relação com extensão da rede ou população atendida. Nos gráficos 4, 5, 6 e 7, estão representados a relação entre custo da rede por habitante, custo da rede.habitante por habitante e custo da ligação por habitante, e custo da rede por extensão.

Tabela 5. Resumo dos dados e índices da implantação da rede coletora em pequenas cidades

Dados/Cidade	Agudos do Sul ⁽¹²⁾	Bocaiúva do Sul	Quitandinha	Mandirituba
População final da 1ª etapa (hab) ⁽¹⁾	1.731	3.270	1.479	5.480
População saturação (hab) ⁽²⁾	6.342	18.218	2.276	14.013
Área da bacia/atendimento (ha) ⁽³⁾	130,16	229,3	127,84	623,89
Densidade - pop total (hab/ha)	13	14	12	9
Habitantes/residência urbana (hab/res urb)	3,6	3,67	3,25 ⁽⁴⁾	3,3 ⁽⁴⁾
Extensão da rede em 1ª etapa (m)	13.049	18.812,15	13.318,3	27.669,65
Extensão dos coletores ⁽⁵⁾	1.998,35	2.027,7	835,45	6.158,55
Topografia	Ondulada	-	-	-
Número de ligações (lig) ⁽⁶⁾	535	1.240	624	1.661
Vazão média (L/s) ⁽⁷⁾	2,88	6,37	-	
Custo do canteiro de obras (R\$) ⁽⁹⁾	55.934,15	234.299,4	138.971,41	515.076,13
Custo da rede (R\$) ⁽⁹⁾	1.460.200,28	1.680.690,6	1.413.848,36	2.496.113,00
Custo das ligações (R\$) ⁽⁸⁾⁽⁹⁾	132.490,75	134.377,81	73.875,52	187.950,95
Custo dos coletores (R\$) ⁽⁹⁾	295.952,52	562.516,83	163.488,75	1.014.967,7
Custo das travessias (R\$) ⁽⁹⁾	81.452,04	0,00	0,00	123.778,76
Custo de interceptores (R\$) ⁽⁹⁾	0,00	0,00	0,00	254.674,30
Custo de estação elevatória (R\$) ⁽⁹⁾	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo total (R\$) ⁽¹¹⁾	2.026.029,75	2.611.884,59	1.790.184,04	4.592.560,85
Extensão da rede/habitante (m/hab) ⁽¹¹⁾	7,54	5,75	9,00	5,05
Custo rede/habitante (R\$/hab)	843,56	513,97	955,95	455,50
Custo da ligação/habitante (R\$/hab)	76,54	41,09	49,95	34,30
Custo total da rede/ habitante (R\$/hab)	1.170,44	798,74	1.210,40	838,06
Custo rede por ligação (R\$/lig)	2.729,35	1.355,40	2.542,89	1.502,78
Custo da ligação por ligação (R\$/lig)	247,65	108,37	132,87	113,16
Custo total por ligação (R\$/lig)	3.786,97	2.106,36	3.219,76	2.764,94
Custo da rede por extensão (R\$/m)	111,90	89,34	106,16	90,21
Custo dos coletores/extensão (R\$/m)	148,10	277,42	195,69	164,81

(1)(2) (3) Dados referentes aos memoriais descritivos;

(4) Dados referentes ao Censo IBGE – 2010;

(5) Coletores: Agudos do Sul – extensão 807,90 metros – DN200 e 1.190,4 metros - DN150; Bocaiúva do sul – extensão: 1.077 metros – DN150, 219 metros - DN200 e 628 metros - DN250; Quitandinha – extensão: 835,45 metros – DN300; Mandirituba – extensão: 3.910,70 metros – DN 200 e 2.247,85 metros – DN150 ;

(6) Numero de ligações: Agudos do Sul e Bocaiúva do Sul: Obtido pelo orçamento executivo; Quitandinha e Mandirituba: Obtido pela contagem dos projetos executivos;

(7) Vazão Média obtida pelos memoriais descritivos;

(8) Custo da rede de DN 150 mm em todas as cidades;

(9) Obtido pelo orçamento executivo fornecido pela SANEPAR;

(10) Considera a relação entre a população de projeto (DN150 mm) e a extensão para primeira etapa

(11) Inclui todos os elementos: canteiro de obra, rede, ligação, coletores, travessias e interceptores quando couber

(12) valores do SES Agudos do Sul atualizados para o ano presente, com reajuste de 9% a,a em relação ao mês de julho de 2008.

Os gráficos 4 e 5, que relacionam custo da rede e número de habitantes apresentaram uma aproximação para a linha de tendência fornecida pelo software Microsoft Excel 2007. Como era de se esperar o custo da rede cresce com o aumento do número de habitantes, e decresce quando se relaciona custo total por habitante, ou seja, quanto maior o número de pessoas atendidas mais barata fica a rede por habitante.

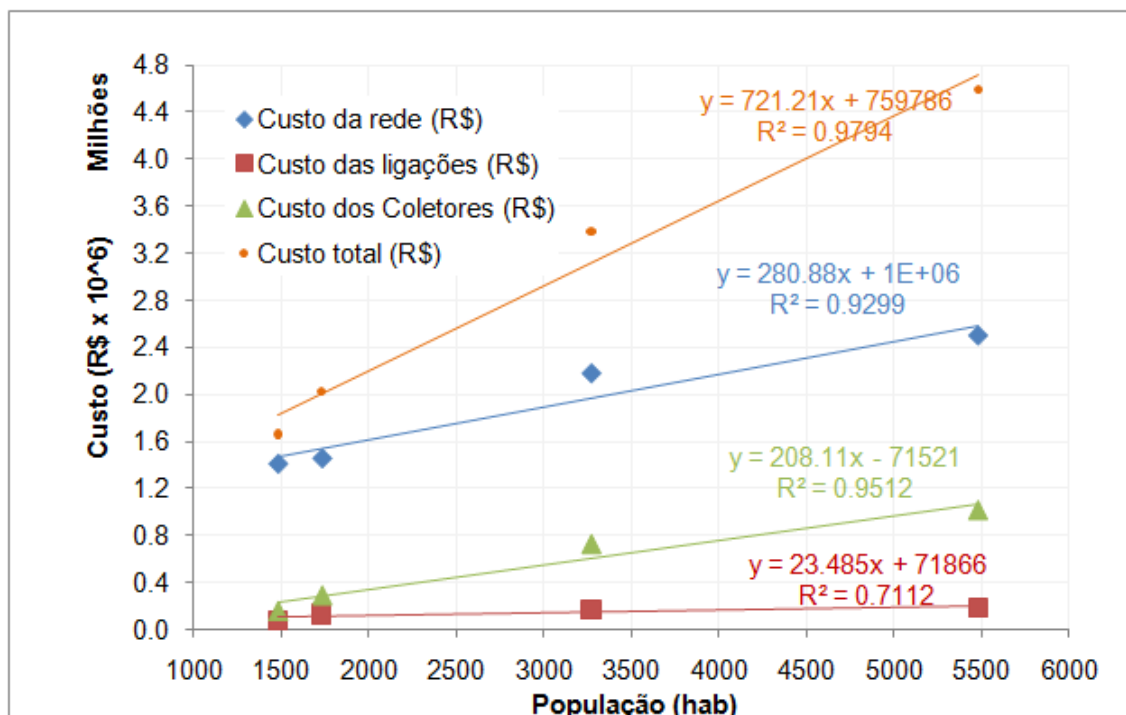


Gráfico 4. Custo de implantação de rede coletora por habitante

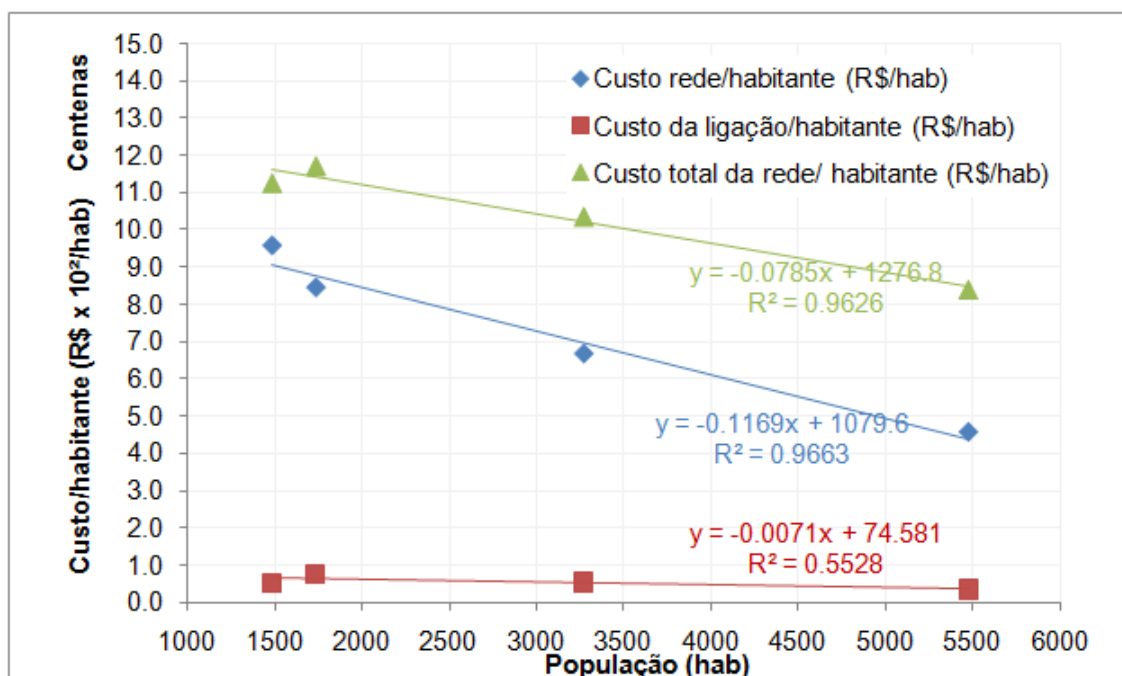


Gráfico 5. Custo de implantação de rede coletora/habitante por habitante

O gráfico 6, que representa o custo de implantação da rede por ligação, apresentou uma boa aproximação para a linha de tendência de custo apenas da rede, já para ligação e custo total o mesmo não ocorreu. Para o custo total, houve uma grande variação dos dados, isto pode ser explicado pelo fato de que o projeto de Mandirituba apresenta mais elementos, como interceptores e travessias.

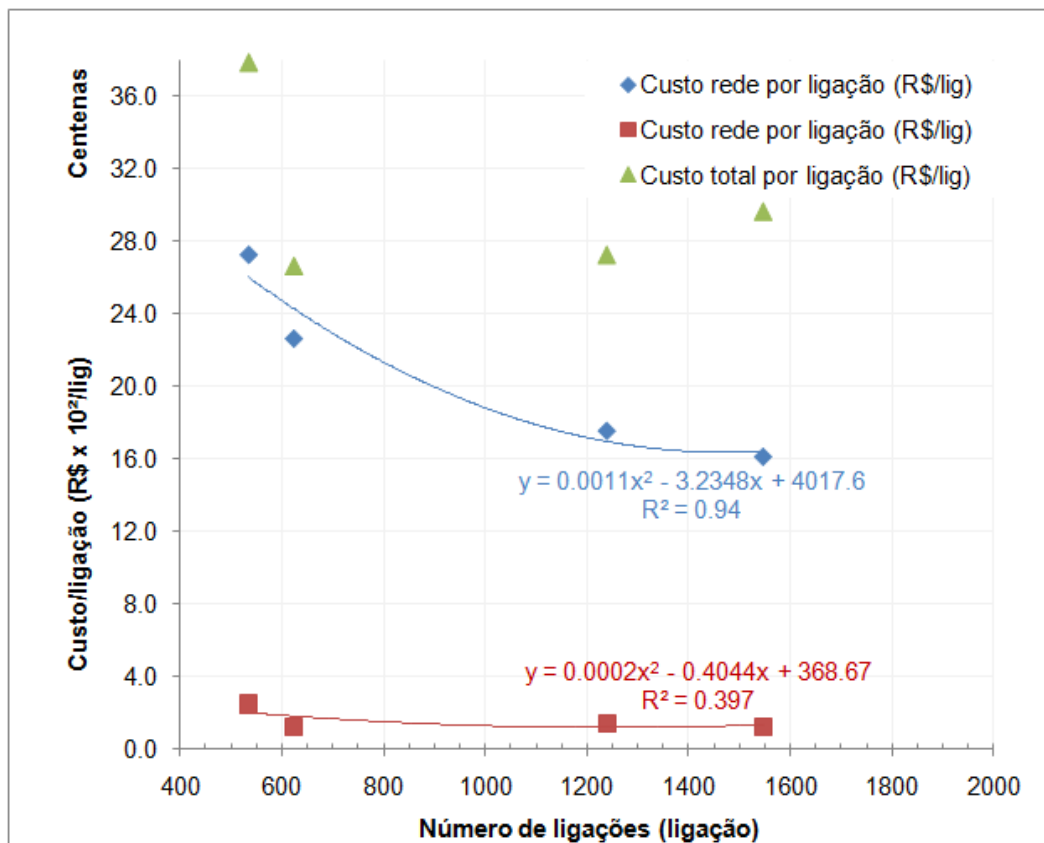


Gráfico 6. Custo de implantação de rede coletora/ligação por ligação

O gráfico 7, que representa o custo de implantação por extensão da rede de 1ª etapa, teve uma linha de tendência linear esperada, ou seja, os custos diminuem com o aumento da extensão da rede. Como já foi comentado, Quitandinha e Agudos do Sul têm custos mais elevados devido ao solo com matacões e rochas.

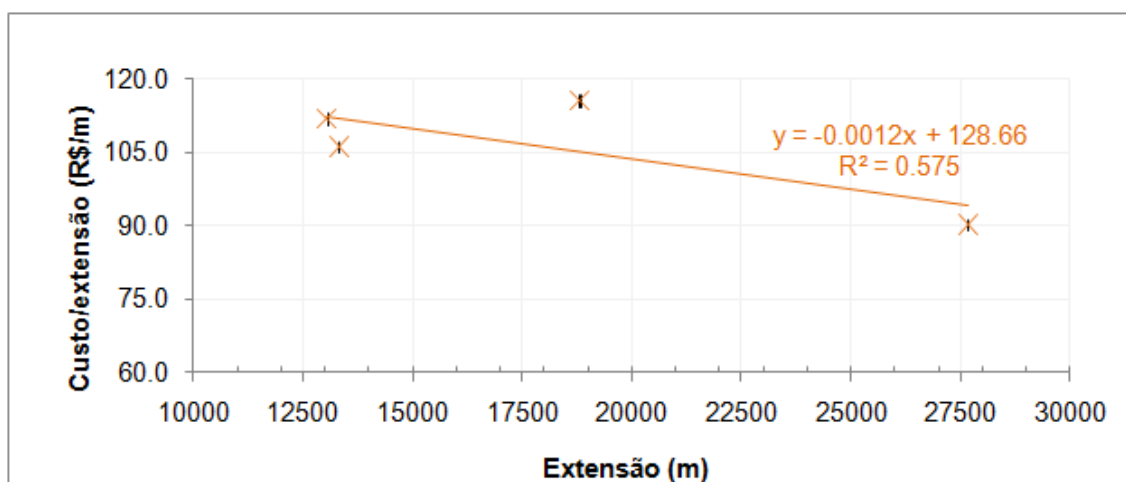


Gráfico 7. Custo de implantação de rede coletora por extensão

Em relação ao custo de manutenção da rede, segundo profissionais da área para operar a rede são gastos em torno de R\$ 1,57/m³ de efluente, este custo refere-se a desassoreamento, eventual substituição entre outros.

Em relação ao tratamento de efluentes por meio de mini sistemas de tratamento, foram fornecidos os dados de implantação encontrados por Lucca e Misturini (2011). Estes valores referem-se a estações prontas dimensionadas por uma empresa privada. A tabela 6 mostra os valores para diferentes faixas populacionais, e o gráfico 8 representa o custo em função do número de habitantes.

Tabela 6. Custo de implantação de MINI ETE

Qtd.	Pop.	Preço Unitário	Custo/hab
1 cj	50 ⁽¹⁾	R\$ 90.261,00	R\$ 1.805,2
1 cj	100 ⁽¹⁾	R\$ 119.627,00	R\$ 1.196,3
1 cj	250	R\$ 203.917,78	R\$ 815,67
1 cj	375	R\$ 266.290,00	R\$ 710,11
1 cj	500	R\$ 329.227,80	R\$ 658,46
1 cj	750	R\$ 434.015,56	R\$ 578,69

(1) Custos estimados por extrapolação da curva de dados

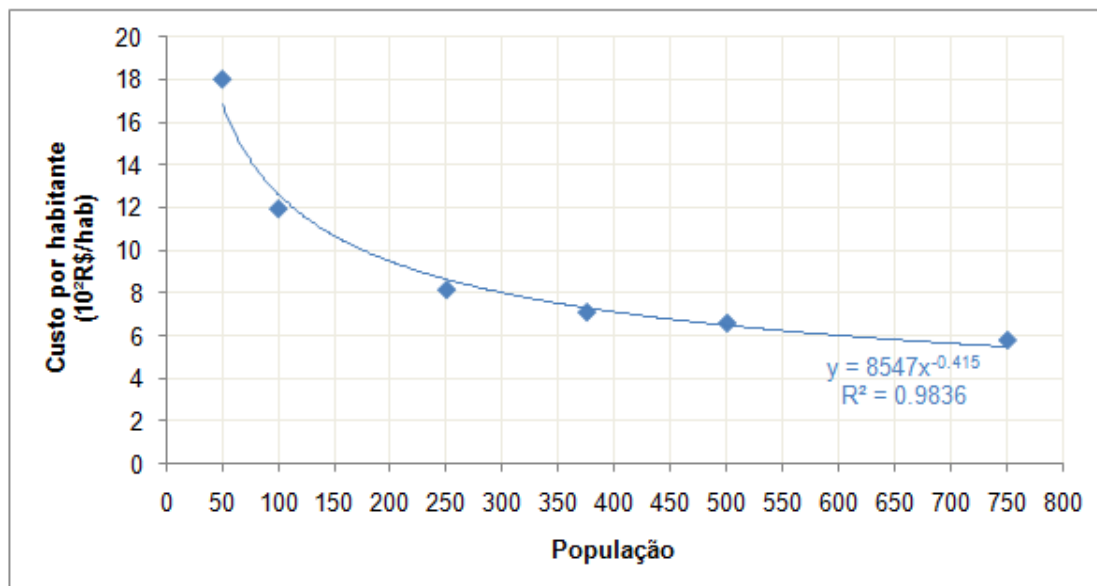


Gráfico 8. Custo de implantação de MINI ETE

Não foram encontrados os custos de operação destas pequenas estações, uma dificuldade encontrada pela equipe. O fato de o projeto ser para fins de pesquisa e não diretamente comerciais mostrou desinteresse por parte de alguns fornecedores destes sistemas. No entanto, para preencher este dado, profissionais da área citaram valores entre R\$ 0,10 a 0,15/m³ para manutenção de UASB.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho realizado levantou custos de implantação e operação para sistemas individuais de tratamento de esgoto, implantação de rede de esgoto e pequenos sistemas de tratamento de esgoto (Mini ETE). As curvas função encontradas apresentaram bom ajuste aos dados fornecidos. No entanto, vale ressaltar que para custos de rede, deve-se tomar cuidado devido ao fato de existirem vários elementos particulares no seu dimensionamento, como tipo de solo e topografia.

A partir dos dados gerados, é possível montar vários cenários dentro das cidades para que se avalie qual a melhor opção em termos de custo total do sistema. Por exemplo, como recomendação de continuidade dos

trabalhos está a aplicação de sistema de tratamento individual em uma cidade e comparar os custos deste sistema com o da implantação e manutenção da rede, de forma a encontrar a interseção de densidade que torna um sistema mais vantajoso que o outro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o PROSAB 6, pelo fomento da pesquisa, ao CNPq pela concessão de Bolsa IC/PIBIC, e à CAPES pela concessão de Bolsa PROF. À SANEPAR pelo apoio no fornecimento de informações relativas ao custo de implantação de redes coletoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, NBR 7229 - **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**, set. 1993;
2. ABNT, NBR 13969 – **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**, set. 1997;
3. AISSE, M. M. **Sistemas econômicos de tratamentos de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, ABES. 2000.
4. BRUDEKI, N. M. **Expansão estrutural como possibilidade de uma universalização dos serviços de água e esgoto no Estado do Paraná até 2020**. Dissertação. Curitiba, PUC-PR. 2005.
5. CAMPOS, J. R. *et al.* Tratamento combinado de lodo de tanque séptico e de fossas com esgoto sanitário. In: **Lodo de Fossa Séptica**. Cleverson V. A. (coordenador). Rio de Janeiro, ABES. 2009. 181-282.
6. LUCCA, P. V.; MISTURINI, M. Estudo dos custos de implantação e operação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos a pequenas comunidades. UFPR. Trabalho de Final de Curso. 2011.
7. PEREIRA, J. A. R.; SOARES, J. M. S. **Rede coletora de esgoto sanitário – Projeto, Construção e Operação**. Belém, NUMA, UFPA, EDUFPA, GPHS/CT, cap. 3, 2006.
8. TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A.. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo, cap. 2, 1999.