



## INFLUÊNCIA DO TRAÇADO E DE ÓRGÃOS ACESSÓRIOS COMO FERRAMENTA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS DE UMA REDE COLETORA EXISTENTE EM UM LOTEAMENTO EM FORTALEZA-CE

**Francisco de Assis Martins Ponce<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

**João Paulo Leite Félix**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC), mestre em Saneamento Ambiental (UFC) e professor do departamento de construção civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) *campus* Fortaleza.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Quatro Irmãos, 520 – Boa Vista - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.861-045 - Brasil - Tel: +55 (85) 99763-1228 - e-mail: fcodeassismartins@edu.unifor.br.

### RESUMO

Rede coletora de esgoto pode ser definido como conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos advindos de casas, edifícios, indústrias etc. Essas canalizações devem ser projetadas para atuarem como condutos livres. No presente artigo, foi feito um estudo de concepção, onde se propôs um novo traçado de uma rede coletora para o sistema em questão bem como uso de outros órgãos acessórios na rede.

O sistema existente no loteamento atende as normas técnicas da CAGECE, ao passo que evidencia a escolha de acessório para a rede com o exemplo do poço de visita que é mais dispendioso que o terminal de inspeção e limpeza. O traçado da rede coletora implantado com trechos sem função de serviço causou o aumento do comprimento da rede existente.

Buscou-se nesse estudo, a otimização do traçado da rede coletora proposta no loteamento e alternativas de acessórios para o sistema. Os resultados do estudo, indicaram uma redução do comprimento da rede coletora projetada, em função da otimização do traçado, como também, uma redução nos custos de implantação da rede projetada em função de órgãos acessórios.

**Palavras-chave:** CEGS, dimensionamento, otimização de projeto.



## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

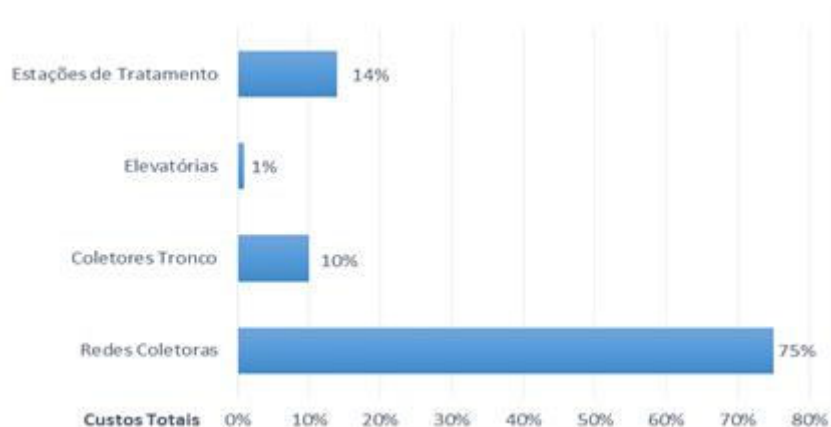
O presente estudo, busca o desenvolvimento de uma solução mais econômica para o sistema de coleta e transporte do esgotamento sanitário do empreendimento Conjuntos Habitacionais Cidade Jardim 2, localizado no bairro José Walter, município de Fortaleza – Ceará, onde é formado por um total de 5.984 unidades habitacionais, contando com aproximadamente uma população de 23.936 pessoas. O empreendimento localiza-se lindeira a avenida I, s/n, Bairro José Walter (CAGECE, 2016).

Com a implantação de um sistema de esgotamento sanitário para uma comunidade, pode-se atingir alguns objetivos importantes como (AZEVEDO NETTO et al. 1998; NUVOLARI et al. 2003):

- Melhoria das condições sanitárias com consequência da redução das enfermidades.
- Conservação dos recursos naturais, preservando a qualidade da água.
- Preservação das áreas de lazer e das práticas esportivas, e com a eliminação de odores.
- Aumento da produtividade geral de empresas e indústrias devido à melhoria ambiental.

Não obstante, os obstáculos preponderantes na fase de construção de obras de esgotamento sanitário é o elevado custo de sua implantação. Os custos de inserção dos sistemas de esgoto em uma comunidade podem ser elencados como mostrado na figura 1 (GOMES e HARADA, 1997):

**Figura 1 – Custos Percentuais de Implantação de um Sistema de Esgotamento Sanitário**



Com a finalidade de reduzir e, por conseguinte, dar maior controle sobre os custos relativos à construção de redes coletoras de esgoto, buscou-se efetivar exequíveis estudos de concepção do traçado, bem como em relação aos órgãos e acessórios, em comparação com a rede coletora já existente para o condomínio em questão.



## MATERIAL E MÉTODOS

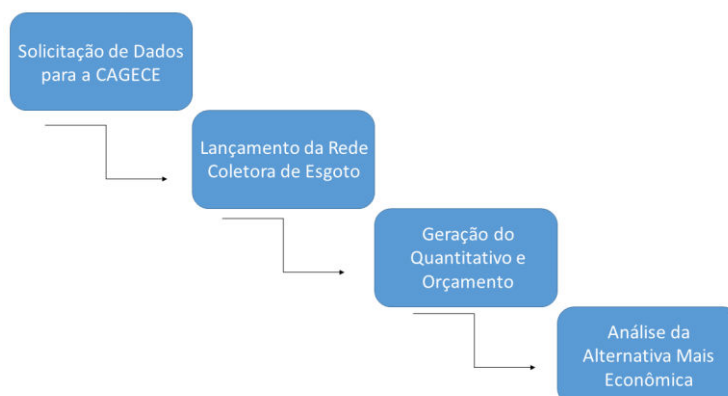
O estudo foi realizado na bacia 1 de contribuição da rede coletora de esgoto dos Conjuntos Habitacionais Cidade Jardim 2 na cidade de Fortaleza.

Existem duas bacias de contribuição no empreendimento e, para fins de estudo, buscou-se lançar uma nova rede coletora, obedecendo a critérios técnicos da NBR 9.649 (ABNT, 1986) e da NBR 14.486 (ABNT, 2000), em apenas uma bacia com população de 6.144 habitantes. Adotaram-se os seguintes critérios normativos:

- O cálculo foi feito a partir da vazão máxima de final de plano, para uma lâmina líquida de 75%;
- A vazão mínima para cálculo em qualquer trecho foi de 1,5 L/s;
- A declividade máxima correspondeu a uma velocidade máxima de 5,0 m/s, referente à vazão de final de plano;
- A declividade mínima, de modo geral, correspondeu a uma tensão trativa de 0,6 Pa, verificada para a vazão média de início de plano;
- A profundidade mínima dos coletores foi definida conforme o recobrimento mínimo das tubulações, em função dos locais onde as mesmas serão assentadas, quais sejam: 0,60 m em passeios, áreas verdes e vielas sanitárias; 0,90 m em ruas e caminhos com tráfego;
- O diâmetro mínimo foi de 150 mm;
- A distância máxima entre os órgãos acessórios da rede foi de 80 m para trechos com acesso de caminhão aos órgãos;

Considerou-se a ocupação máxima do empreendimento a fim de fazer uma comparação hidráulica e orçamentária da rede que irá ser dimensionada com a rede coletora existente no empreendimento. O trabalho foi dividido em 4 etapas, conforme apresentado na figura 2.

**Figura 2 – Etapas do Projeto**



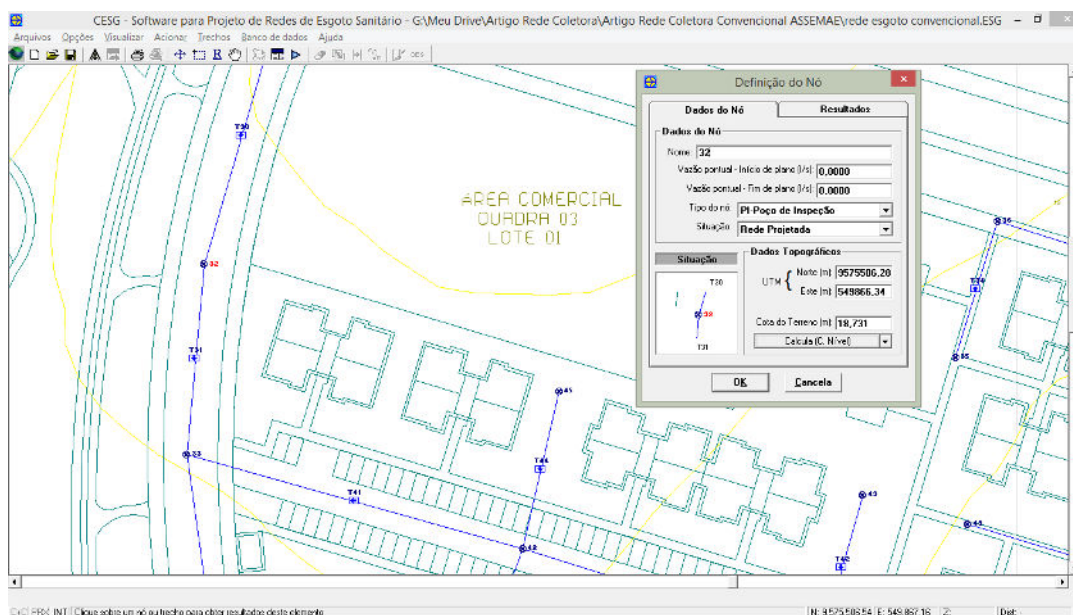


Na primeira parte, a solicitação de dados para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) ocorreu por meio da ouvidoria eletrônica, em que foi fornecido um CD-ROM com o projeto executivo da rede de esgotamento sanitário do empreendimento. Na segunda etapa, para o lançamento da nova rede coletora de esgoto tipo separador absoluto, para fins de comparação, buscou-se usar o tipo de traçado distrital, usado na rede coletora existente para o conjunto habitacional, além disso, recorreu-se de recomendações para o traçado da rede de esgoto recomendados na literatura (AZEVEDO NETTO et al. 1998; CRESPO, 1997):

- Atendimento a todas as economias, eliminando trechos sem função de serviço;
- A vazão no trecho final deve ser igual à vazão máxima total;
- Evitar trechos em aclave;
- Uso do traçado radial ou distrital, específico para regiões planas, evitando um aprofundamento exacerbado da rede, concentrando-se o esgoto em um único ponto e afastando-o por uma Estação Elevatória de Esgoto.

Utilizou-se o *software* CESG, programa gratuito e específico para dimensionamento de redes coletoras de esgoto (MENDONÇA, 2016), sendo este o fator determinante para a escolha em atender a segunda parte da pesquisa e, também, por ter sido o mesmo utilizado para o dimensionamento da rede existente no loteamento, padronizando melhor as informações. A figura 3 mostra uma etapa de lançamento da rede com o programa em questão.

**Figura 3 – Lançamento da rede coletora no *software* CESG**





Para elaboração da terceira parte do estudo, após o dimensionamento da rede convencional usando o programa CESH, foram gerados através do mesmo, os quantitativos de materiais em cada parte da rede de esgotamento sanitário do loteamento. Na elaboração da parte orçamentária, levou-se em consideração as tabelas de custos unificados da Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA, 2018). Como o objetivo central desse estudo está focado na comparação na rede coletora de esgotos existente com o sistema projetado, foram excluídos do orçamento os custos relativos ao tratamento e bombeamento.

Na quarta etapa, foram analisados os quantitativos e orçamentos da rede existente e projetada, a partir das planilhas resultantes dos dimensionamentos. Essa etapa teve como objetivo ajudar na decisão sobre qual seria a melhor alternativa, em termos financeiros e hidráulicos.

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Durante a análise desse projeto, observou-se que o loteamento tem vazões pontuais devido a contribuições de empreendimentos situados na área da bacia 1. As vazões desses locais são importantes, pois são vazões singulares na rede e são consideradas também para o dimensionamento da rede coletora. Em relação as vazões de água pluviais clandestinas que possivelmente poderiam ocorrer após a implantação da rede, estas não são consideradas nos cálculos de dimensionamento dos coletores, mas apenas nos extravasores (JORDÃO e PESSÔA, 2017). Os resumos das vazões singulares na área da bacia do loteamento foram estudados no projeto existente (CAGECE, 2016) e são mostrados através da tabela 1.

**Tabela 1 – Vazões Singulares na Bacia 1 do Loteamento**

BACIA	Aparelhos Comunitários	Ocupante/dia	Consumo (L/dia)	Vazão Média (L/s)	Vazão Média de Esgoto (L/s)
1	Escola 1 (período até 3 turnos)	864	50	0,50	0,40
	Escola 2 (período até 3 turnos)	1296	50	0,75	0,60
	Escola 3 (período até 3 turnos)	864	50	0,50	0,40
	Creche 1 (pré-escola)	189	50	0,11	0,09
	Creche 2 (pré-escola)	189	50	0,11	0,09
	Ambulatório (unidade de Saúde)	679	50	0,20	0,16
	Ambulatório (unidade de Assistência Social)	1000	50	0,29	0,23
<b>Total</b>					<b>1,96</b>



Após o dimensionamento da rede coletora, atentou-se que o traçado da rede projetada se comportou dentro dos padrões da norma ABNT NBR 9.649/1986 e da ABNT NBR 14.486/2000, ou seja, em todos os trechos, declividade mínima foi estabelecida com o critério da tensão trativa média 0,6 Pa, com uma vazão mínima de 1,5 L/s e o coeficiente de Manning  $n = 0,010$ , garantindo assim, o arraste da matéria orgânica e mineral, ao menos uma vez ao dia. O traçado da rede dessa bacia de contribuição, de maneira geral, apresentou pequenas profundidades, com valor médio de 1,45 metro, com cerca de 11% dos trechos apresentando profundidade maior que 3,5 metros, sendo a maior profundidade registrada no trecho da chegada na estação elevatória. Com o traçado alternativo realizado nesse estudo, foi verificado que poucos trechos de coletores da rede seguem o fluxo oposto ao decaimento natural do terreno, corroborando com Soares (2004) que, não obstante do conhecimento comum de que é necessário ser elaborados diversos traçados da rede coletora para se estudar a melhor alternativa, contudo, não é a realidade nos projetos de engenharia, resultando em tubulações com maiores profundidades.

A rede obteve uma redução de 135,63 metros em relação a rede de esgoto existente e não teve necessidade de usar tubo de PVC com diâmetro de 250mm, que na rede existente, foram utilizados 232,92 metros. Na Tabela 2 é apresentado o comparativo das redes em relação ao quantitativo de tubos usados.

**Tabela 2 – Comparativo da Extensão de Tubos Entre as Rede Existente e Projetada**

Material	Rede Existente	Rede Projetada
	Extensão (m)	Extensão (m)
PVC JEI OCRE $\varnothing$ 150	3678,66	3610,5
PVC JEI OCRE $\varnothing$ 200	66,15	231,6
PVC JEI OCRE $\varnothing$ 250	232,92	-

A vazão máxima da rede existente na bacia de esgotamento foi de 17,35 L/s, já a rede projetada foi de 17,30 L/s, essa diferença se dá devido a menor extensão da rede projetada, por conseguinte, a vazão de infiltração. Em ambas as redes, foi usada uma vazão de infiltração de 0,25 L/s.Km. Na rede projetada, foram utilizados terminais de inspeção e limpeza (TIL) em substituição aos poços de visita (PV) na profundidade de até 3,0 metros, na reunião de coletores de até 3 entradas e uma saída, e nos pontos de degrau inferior a 0,60 metro, conforme Tsutiya e Sobrinho (2011), além dos TIL's serem mais viáveis economicamente que os PV's. Nuvolari (2003) revela através de um estudo da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado





de São Paulo) de 1980, que a quantidade exagerada de PV's agravou o custo da implantação das redes coletoras. A Tabela 3 consta o quantitativo dos órgãos e acessórios usados nas duas redes.

**Tabela 3 – Órgãos e Acessórios Usados na Rede Existente e Projetada**

Material	Rede Existente	Rede Projetada
	Quant. (un.)	Quant. (un.)
Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL)	-	88
Poço de Visita (PV)	105	4
PV com tubo de queda (TQ)	12	12

Com o dimensionamento da rede coletora, obteve-se a planilha dos resultados do loteamento em questão, onde é mostrada na figura 4. Com base nos resultados após o dimensionamento da rede coletora de esgoto, verificou-se que o critério de profundidade máxima da rede recomendada pela CAGECE (2011) foi atendida em todos os trechos do sistema projetado. Foi observado também que a lâmina máxima de 75% em todos os trechos da rede estabelecido em norma (ABNT, 1986) foi atendido. Do mesmo modo, a distância máxima entre os órgãos e acessórios da rede foi obedecida nesse estudo. A declividade mínima também foi atendida em todos os trechos da rede, resultado em atendimento normativo de projeto.

**Figura 4 – Resultados Gerados Após o Dimensionamento da Rede**

Col	Trecho	PV In	PV Fin	Ext (m)	Cont.Lin (diâmetro) (m)	Cont.Tre (diâmetro) (m)	Q Potencial (l/s)	Q Mont. (l/s)	Q Jus. (l/s)	Diâm. (mm)	Decliv. (mm)	Cota Tier (m)	Cota Col. (m)	Rec.Col. (m)	Prof.Vale (m)	y/D	V (m/s)	Arr In (Pa)	n Manning	Long.Vale (m)
C1	T1	1	49,76	3,03	0,151	0,720	0,720	0,671	150	0,0052	21,400	20,350	0,900	1,050	0,22	0,52	1,00	0,810	0,80	
		2	3,58	0,178	0,720	0,720	0,858	21,977	20,091	1,738	1,888	0,22	0,52	2,83	0,810	0,80				
T2	3	2	21,67	3,03	0,066	0,160	1,021	1,096	150	0,0052	21,977	20,091	1,738	1,806	0,22	0,52	1,00	0,810	0,80	
		3	3,58	0,078	0,160	1,058	1,136	22,877	19,978	2,749	2,899	0,22	0,52	2,83	0,810	0,80				
T3	4	3	77,41	3,03	0,234	0,160	1,256	1,491	150	0,0052	22,877	19,978	2,749	2,899	0,22	0,52	1,00	0,810	0,80	
		4	3,58	0,277	0,160	1,298	1,573	23,921	19,576	4,195	4,345	0,22	0,53	2,86	0,810	0,80				
T4	5	4	52,49	3,03	0,169	0,080	2,571	2,730	150	0,0037	23,921	19,576	4,195	4,345	0,32	0,55	1,00	0,810	0,80	
		5	3,58	0,180	0,080	2,653	2,841	22,900	19,379	3,371	3,521	0,33	0,56	3,13	0,810	0,80				
T5	6	5	55,16	3,03	0,187	0,720	3,450	3,617	150	0,0032	22,900	19,379	3,371	3,521	0,30	0,57	1,00	0,810	0,80	
		6	3,58	0,190	0,720	3,561	3,759	22,500	19,200	3,150	3,300	0,40	0,57	3,36	0,810	0,80				
T6	7	6	60,35	3,03	0,163	0,000	3,756	3,960	150	0,0031	22,500	19,200	3,150	3,300	0,42	0,57	1,00	0,810	0,80	
		7	3,58	0,216	0,000	3,560	4,178	21,400	19,014	2,236	2,386	0,43	0,58	3,45	0,810	0,80				
T7	8	7	63,11	3,03	0,181	0,000	3,969	4,180	150	0,0030	21,400	19,014	2,236	2,386	0,43	0,57	1,00	0,810	0,80	
		8	3,58	0,206	0,000	4,176	4,402	20,085	18,824	1,111	1,261	0,44	0,58	3,49	0,810	0,80				
T8	9	8	30,60	3,03	0,110	0,290	4,936	5,054	150	0,0130	20,085	10,559	1,376	1,526	0,32	1,04	2,57	0,810	0,80	
		9	3,58	0,139	0,290	5,192	5,331	19,083	18,033	0,900	1,050	0,33	1,08	3,12	0,810	0,80				
T9	10	9	30,57	3,03	0,094	0,000	5,054	5,147	150	0,0143	19,083	10,033	0,900	1,050	0,32	1,07	3,77	0,810	0,80	
		10	3,58	0,111	0,000	5,311	5,442	18,039	17,509	0,900	1,050	0,33	1,09	3,11	0,810	0,80				
T10	11	10	47,76	3,03	0,145	0,000	5,599	5,743	150	0,0211	18,039	17,580	0,900	1,050	0,30	1,27	5,36	0,810	0,80	
		11	3,58	0,171	0,000	5,977	6,140	17,630	16,580	0,900	1,050	0,31	1,30	3,07	0,810	0,80				
T11	12	11	44,68	3,03	0,135	0,000	6,315	6,450	150	0,0061	17,630	16,580	0,900	1,050	0,45	0,84	2,10	0,810	0,80	
		12	3,58	0,160	0,000	6,624	6,904	17,327	16,307	0,900	1,050	0,47	0,85	2,57	0,810	0,80				
T12	13	12	44,69	3,03	0,135	0,000	6,559	6,894	150	0,0030	17,327	16,307	0,900	1,050	0,57	0,85	1,19	0,810	0,80	
		13	3,58	0,160	0,000	7,113	7,273	17,250	16,173	0,927	1,077	0,60	0,86	3,83	0,810	0,80				
T13	14	13	93,82	3,03	0,284	0,000	12,280	12,503	200	0,0050	17,250	15,229	1,821	2,021	0,52	0,76	1,91	0,810	0,85	
		14	3,58	0,337	0,000	13,965	14,242	16,773	14,947	1,828	1,828	0,58	0,78	4,38	0,810	0,85				
T14	15	14	56,64	3,03	0,200	0,000	13,934	14,134	200	0,0030	16,773	14,947	1,828	1,828	0,56	0,70	1,50	0,810	0,85	
		15	3,58	0,237	0,000	15,842	16,078	16,600	14,749	1,851	1,851	0,61	0,80	4,45	0,810	0,85				
T15	16	15	60,57	3,03	0,185	0,000	14,124	14,319	200	0,0030	16,600	14,749	1,851	1,851	0,57	0,78	1,50	0,810	0,85	
		16	3,58	0,216	0,000	16,078	16,297	16,280	14,566	1,514	1,714	0,62	0,80	4,46	0,810	0,85				
T16	17	16	10,88	3,03	0,032	0,000	15,124	15,167	200	0,0030	16,280	14,566	1,514	1,714	0,59	0,79	1,62	0,810	0,85	
		17	3,58	0,030	0,000	17,202	17,200	16,230	14,534	1,496	1,696	0,64	0,81	4,50	0,810	0,85				
C2	T9	10	25,14	3,03	0,076	0,410	0,410	0,486	150	0,0052	15,740	16,600	0,900	1,050	0,22	0,52	1,00	0,810	0,80	
		11	3,58	0,076	0,410	0,410	0,486	15,740	16,600	0,900	1,050	0,22	0,52	1,00	0,810	0,80				

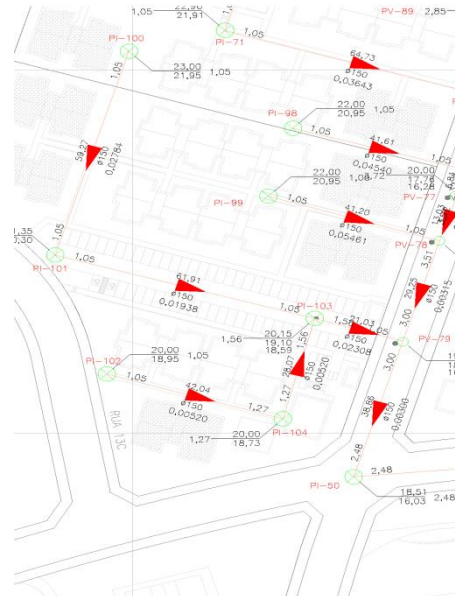


A rede existente no loteamento tem 117 trechos contra 103 trechos da rede projetada nesse estudo, uma redução de aproximadamente 11%. Essa redução é em função da eliminação de trechos sem serviços que encarecem a obra de esgotamento como exemplificado na figura 5 e 6.

**Figura 5 – Rede Existente**



**Figura 6 – Rede Projetada**



Em relação aos custos, com a substituição dos PV's por TIL's além da diminuição do comprimento da rede no sistema projetado, esta rede obteve um custo estimado total de R\$ 456.085,37 contra R\$ 506.071,96 da rede existente, uma redução percentual de aproximadamente 11%. A figura 7 ilustra os custos da rede existente ao passo que a figura 8 ilustra os custos da rede projetada nesse estudo.

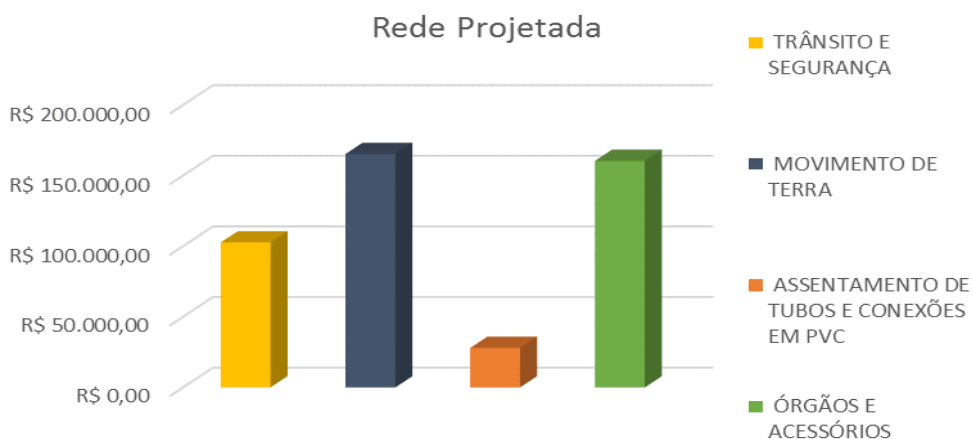
**Figura 7 – Orçamento simplificado da rede existente**





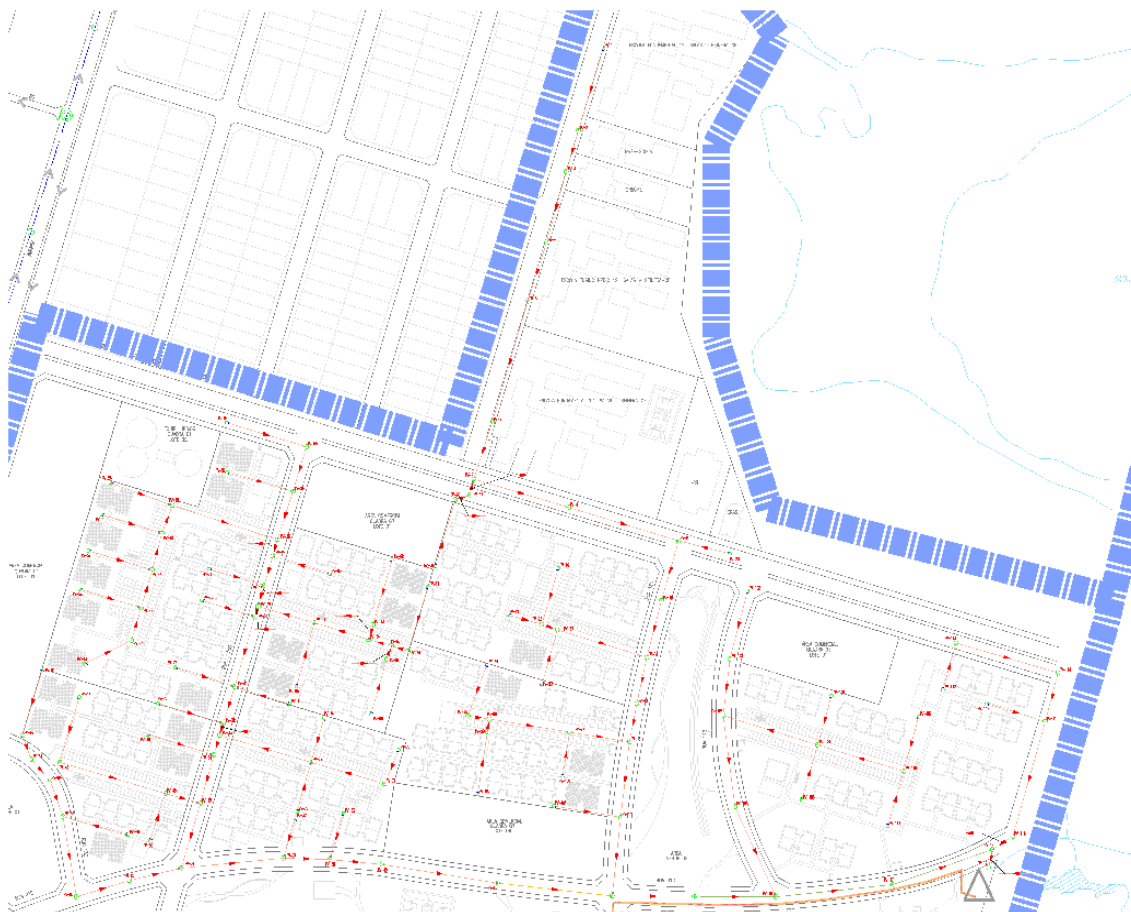


**Figura 8 – Orçamento simplificado da rede projetada**



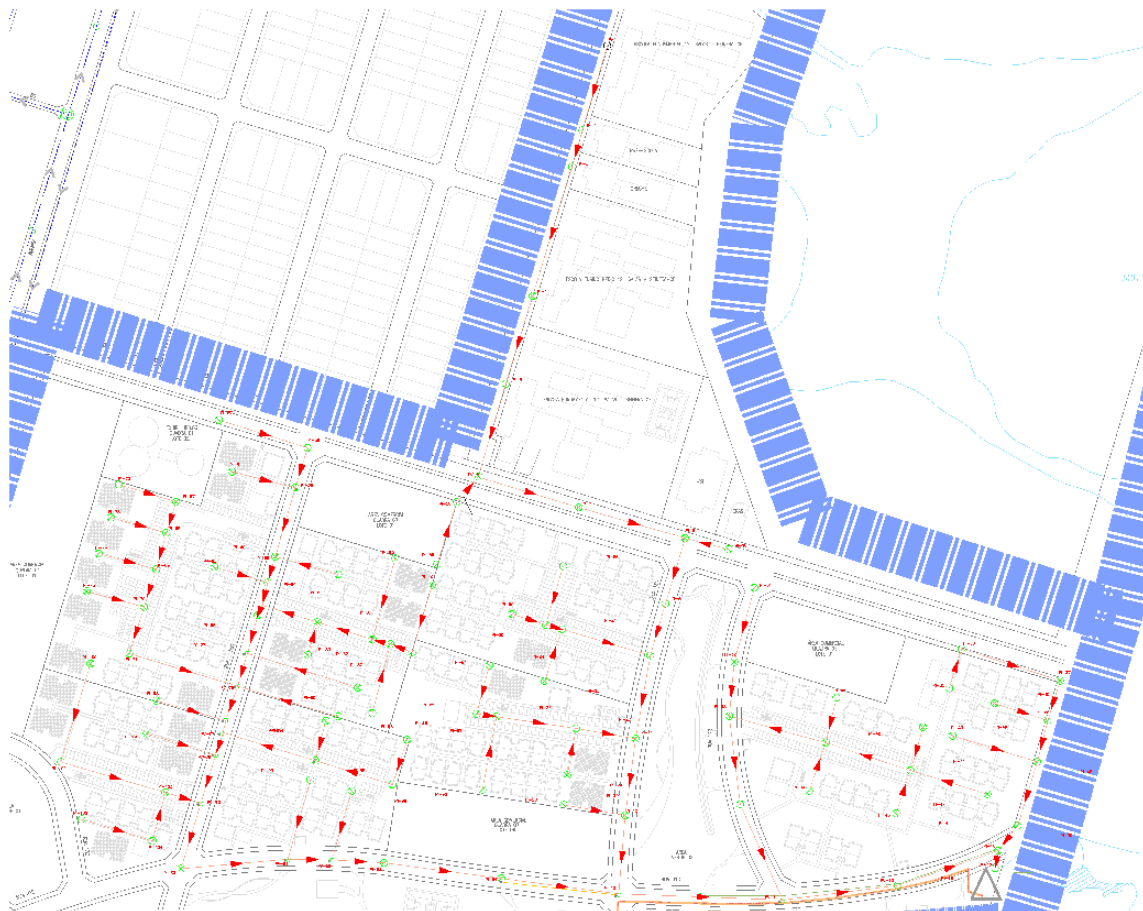
As figuras 9 e 10 ilustram as configurações da rede existente e projetada, respectivamente, para o loteamento Conjuntos Habitacionais Cidade Jardim 2

**Figura 9 – Rede básica existente no loteamento**





**Figura 10 – Rede básica projetada do loteamento**



Pode-se observar que o traçado da rede coletora projetada apresentado na figura 10 foi moderadamente mais enxuto do que na figura 9, ressaltando a importância dos estudos de concepção da rede coletora.

## CONCLUSÃO

Com o estudo, foi possível avaliar que a partir da escolha de órgãos mais econômicos para a rede coletora, atendendo à critérios técnicos, além de uma redução do número de trechos, influenciou nos custos de implantação da construção desta unidade do sistema de esgotamento sanitário. O traçado da rede coletora foi otimizado evitando trechos sem função de serviço, como consequência, ocorreu a redução da vazão máxima do sistema para a estação de tratamento de esgoto, influenciado na escolha da tecnologia adequada para este fim.



## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – 9.649, Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, 1986. 7p. Disponível em: <<https://goo.gl/LkJQjz>>. Acesso em: 02 nov. 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – 14.486, Sistemas Enterrados para Condução de Esgoto Sanitário - Projeto de Redes Coletoras com Tubos de PVC, 2000. 19p. Disponível em: <<https://goo.gl/KemoGz>>. Acesso em: 02 nov. 2017.
- AZEVEDO NETTO, J.M. et al. Manual de Hidráulica. 9ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 632 p.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Projeto Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário do Conjuntos Habitacionais Cidade Jardim 2 Município de Fortaleza - CE, 2016. CD - ROM.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Normas Técnicas para Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário - CE, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/VRCcpT>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- CRESPO, P.G. Sistemas de Esgotos. 1ª Edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1997. 131p.
- GOMES, P. M; HARADA, A L. As questões ambientais, técnicas e implicações sociais da locação das unidades operacionais de esgotos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, PR, 727-735, out. 1997. Programa & Resumos. Rio de Janeiro, ABES, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 19p.
- JORDÃO, E. P; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 8ª Edição. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2017. 909p.
- MENDONÇA, S.R. Sistemas Sustentáveis de Esgoto. 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2016. 348p.
- NUVOLARI, et al. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 520p.
- SEINFRA. Secretaria de Infraestrutura do Ceará. Tabela de Custos Unificada, 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/bk2raa>>. Acesso em: 05 jan. 2018.
- SOARES, J.M. Importância do Traçado no Custo de Construção da Rede Coletora de Esgoto Sanitário. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém, 2004.
- TSUTIYA, M.T; SOMBRINHO, P.A. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3ª Edição. São Paulo: ABES, 2011. 547p.