

ESTUDO DE PARAMETRIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS E ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO MODULARES

Juliana Seixas Pilotto ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em 2020; Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (UFPR) em 2004; Desde 2005 como Engenheira Civil na Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, Atual Gerente de Desenvolvimento Operacional na Diretoria de Operações.

Endereço⁽¹⁾: Rua Pedro de Toledo, 217 – Parolim – Curitiba – PR – CEP: 80.215-280 - Brasil - Tel: +55 (41) 3582-2168 (41) 99740-1918 - e-mail: jpilotto@sanepar.com.br

RESUMO

Com a crescente utilização de tecnologias prontas do mercado, como reservatórios para água potável e estações de tratamento de esgoto - ETE compactas ou modulares, neste artigo estudamos a possibilidade de parametrizar os valores de aquisição desses equipamentos com objetivo de utilização futura, seja na estimativa de estudos, elaboração de orçamento de obra, valores para planejamento e referência para a área de preços da SANEPAR.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatórios Metálicos; Estações de Tratamento Modulares; Custo Saneamento.

INTRODUÇÃO

Com a crescente utilização de tecnologias prontas do mercado, como reservatórios para água potável e estações de tratamento de esgoto - ETE compactas ou modulares, surgiu a demanda de parametrizar os valores de aquisição desses equipamentos com objetivo de utilização futura, seja na estimativa de estudos, elaboração de orçamento de obra, valores para planejamento e referência para a área de preços da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Para o caso dos reservatórios de água, na SANEPAR, até o ano de 2015 eram amplamente projetados e executados em concreto. Em 2015 foi elaborado estudo interno que mostrou as soluções de concreto mais onerosas ao longo do tempo, considerando custos de manutenção da estrutura somado aos custos de implantação, do que se comparada às soluções de mercado. As soluções de mercado são os reservatórios em PRFV ou Metálicos, existindo a possibilidade para o caso do Metálico da utilização dos seguintes materiais: Aço carbono parafusado com revestimento vitrificado ou em Aço inoxidável 304l parafusado ou em chapa galvanizada dobra dupla com revestimento em aço inoxidável 316l (VERINOX).

Desde então foi definido pela preferência na adoção nos projetos de reservatório apoiado, material diferente do concreto (PRFV ou Metálico). Assim, foram elaboradas Especificações Básicas – EB's, para compra via pregão ou licitação de obra, de reservatórios em PRFV até volume de 200 m³ e reservatórios metálicos acima de 300 m³.

Já para o caso dos sistemas de tratamento de esgoto, a implantação de ETEs Modulares na Sanepar é mais recente do que os reservatórios de água potável e tem-se mostrado como solução vantajosa se comparado às estações convencionais, principalmente no que diz respeito à rapidez na construção, garantia de atendimento ao parâmetro de lançamento e possibilidade de utilização de tecnologia de mercado diferente da encontrada em bibliografia. No entanto, ainda existem algumas restrições e cuidados que devem ser tomados na adoção da tecnologia modular devido ao curto histórico de soluções já implantadas.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é apresentar, com base nas recentes aquisições via pregão, valores para reservatórios e ETEs modulares parametrizados que possam nortear estimativas de valores em estudos e projetos, composições orçamentárias para contratações de obras e referência para a área de preços da Companhia.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho para a parametrização de valores de reservatórios de água considerou as seguintes premissas:

- Aquisições somente via pregão no período de 2017 à 2019;
- Correção dos valores por IGP-m (FGV);
- Parametrização: R\$/m³.

Com relação à correção pelo IGP-m foi considerada como data de início a data de abertura do pregão e como data final dezembro de 2019.

A parametrização R\$ por m³ (R\$/m³) considerou o valor da aquisição corrigido pelo volume total de tanque adquirido. Informalmente na empresa essa relação já vinha sendo adotada.

Os reservatórios de PRFV possuem formato cilíndrico na horizontal e vertical, onde os critérios de escolha dependem da hidráulica de cada local à ser implantado, com preferência para o vertical pois ocupa menor área. No entanto, ambos os formatos possuem normas de referência, as quais norteiam as EB's existentes.

Para os reservatórios metálicos o formato utilizado é o cilíndrico na vertical, com alturas que usualmente variam de 3 à 10 metros. Nesse caso também utilizam-se normas de referência, que dão base para as EB's existentes.

Com relação às ETEs modulares, foram utilizados os dados de aquisição de 2018 e 2019, com correção dos valores pelo IGP-m e adotado como parametrização R\$ por l/s (R\$/ l/s). A medida l/s é a capacidade total da estação de tratamento, medida usual para esse tipo de sistema e utilizada como base na definição das Especificações Básicas. Foram consideradas somente as aquisições de sistemas completos de tratamento, incluindo sistema preliminar (gradeamento e desarenação), sistema principal e sistema de desidratação do lodo.

RESULTADOS OBTIDOS

Reservatórios

PRFV Horizontal

A figura a seguir mostra os valores corrigidos das 28 aquisições dos reservatórios em PRFV, formato horizontal, pelo volume em m³.

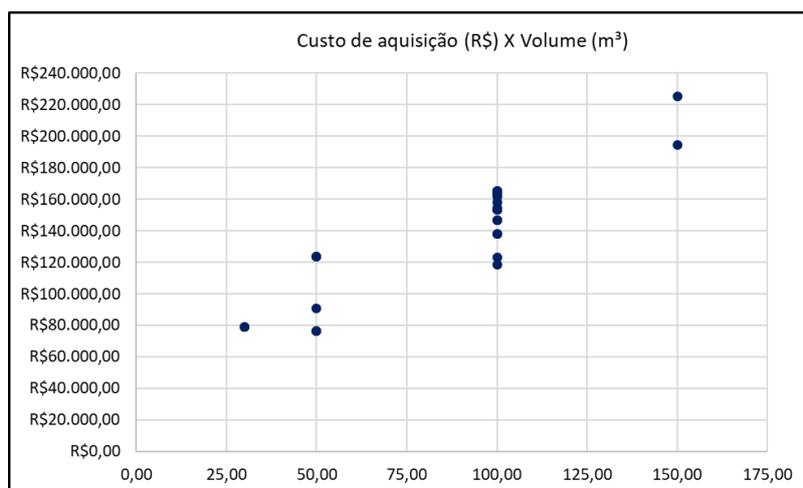


Figura 1 – Custo de aquisição do reservatório pelo Volume – PRFV Horizontal

Fazendo a relação R\$/m³, A figura a seguir mostra os valores plotados R\$/m³ pelo volume.

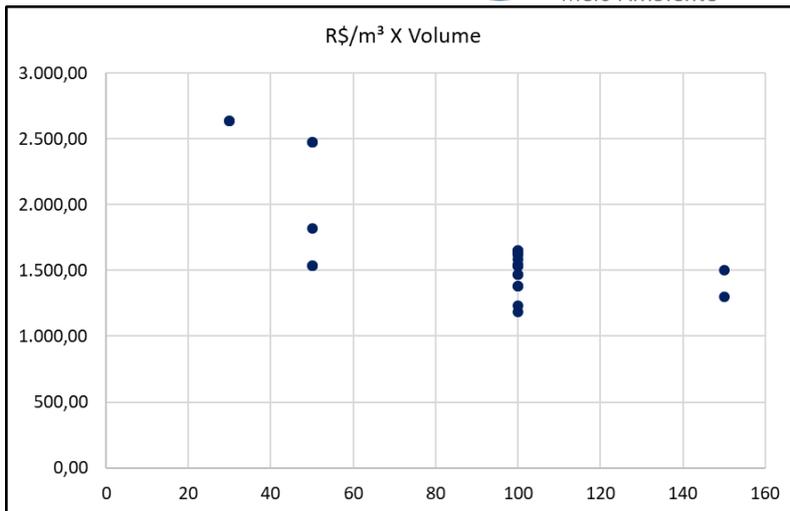


Figura 2 – Parâmetro R\$/m³ pelo Volume – PRFV Horizontal

Analisando as figuras 1 e 2 acima, percebe-se a diminuição do valor de aquisição com o aumento do volume, e consequentemente o parâmetro R\$/m³ tem a mesma tendência. A queda do valor com o aumento do volume significa que existe ganho de economia, e que algumas em determinadas situações implantar um reservatório de 200 m³ ao invés de um de 100 ou 150 m³ pode ser vantajoso ao longo do tempo. Obviamente que cada caso deve ser analisado baseado nas propostas dos estudos técnicos ou estudos de concepção.

A figura a seguir mostra 3 linhas de tendência que podem ser utilizadas como base de parametrização de valores para reservatórios de água em PRFV no formato horizontal.

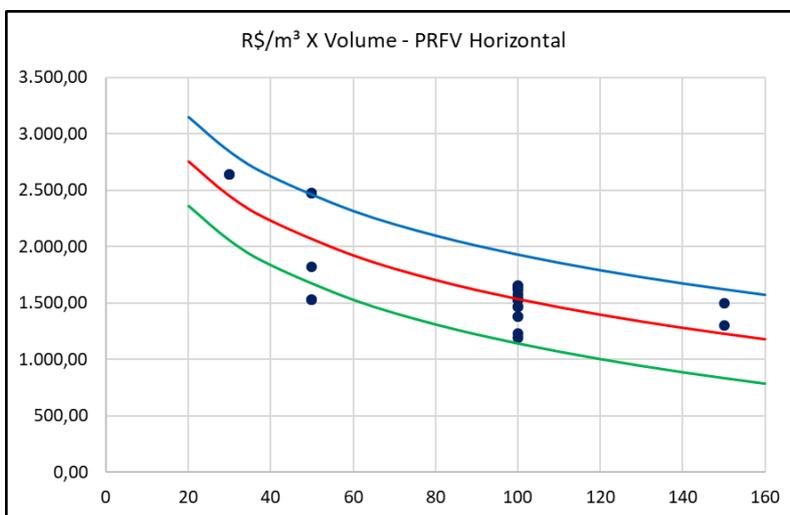


Figura 3 – Parametrização proposta para Reservatórios em PRFV Horizontal R\$/m³

Na figura acima a linha vermelha foi definida utilizando linha de tendência do excell, que resultou numa equação logarítmica, com R² de 0,6495. As linhas verde e azul foram definidas utilizando o desvio padrão dos valores de R\$/m³ das 28 amostras, o qual resultou em 394,07 R\$/m³.

PRFV Vertical

A figura a seguir mostra os valores corrigidos das 78 aquisições dos reservatórios em PRFV, formato vertical, pelo volume em m³.

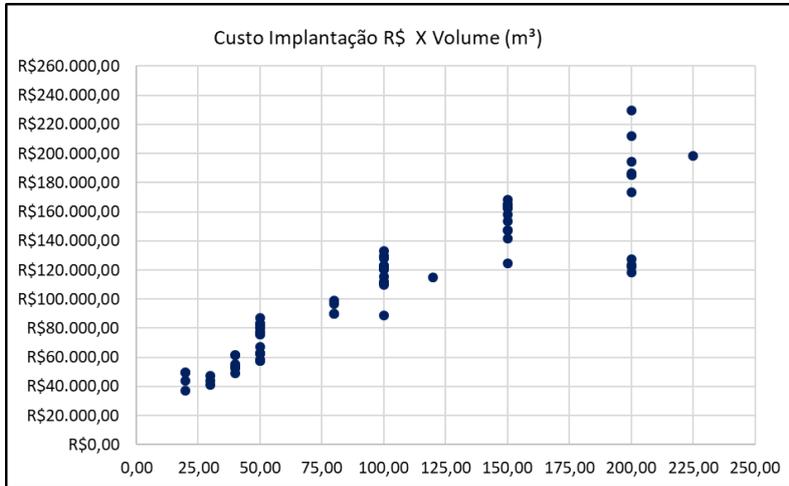


Figura 4 - Custo de aquisição do reservatório pelo Volume – PRFV Vertical

Fazendo a relação R\$/m³, A figura a seguir mostra os valores plotados R\$/m³ pelo volume.

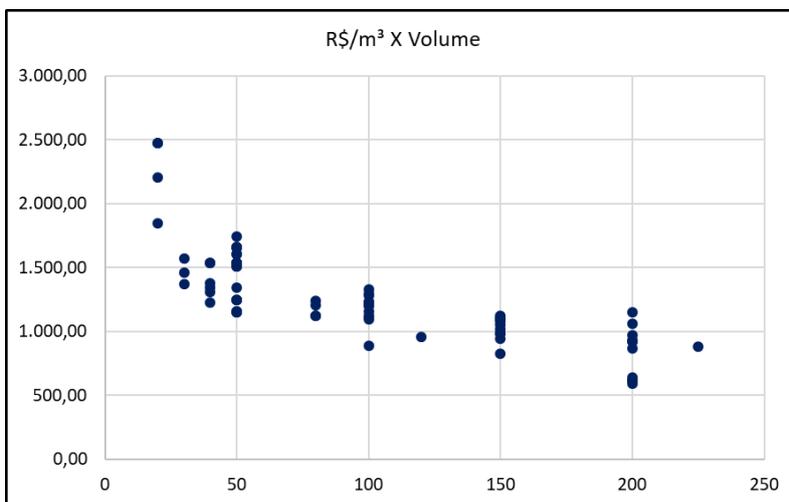


Figura 5 - Parâmetro R\$/m³ pelo Volume – PRFV Vertical

Analisando as figuras acima, percebe-se a diminuição do parâmetro R\$/m³ com o aumento do volume, ou seja, existe ganho de economia de escala com o aumento do volume, mesma tendência observada no formato horizontal.

A figura a seguir mostra 3 linhas que podem ser utilizadas como base de parametrização de valores para reservatórios de água em PRFV no formato vertical.

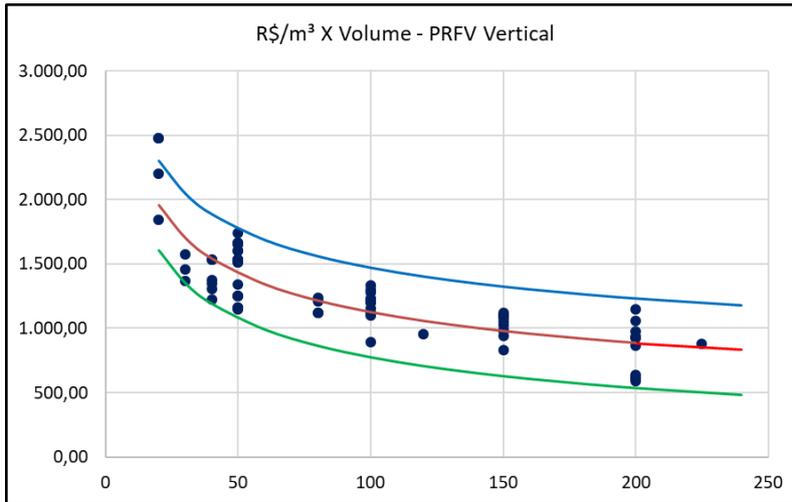


Figura 6 - Parametrização proposta para Reservatórios em PRFV Vertical R\$/m³

A linha vermelha foi definida utilizando uma linha de tendência do excell, que resultou numa equação de potência, com R^2 de 0,7051. As linhas verde e azul foram definidas utilizando o desvio padrão dos valores de R\$/m³ das 78 amostras, o qual resultou em 350,19.

Os resultados obtidos para os reservatórios verticais e horizontais em PRFV mostraram tendência de diminuição de valor (R\$/m³) conforme o volume aumenta. Isso não pode levar à adoção, em estudos e projetos, de reservatórios de volumes maiores pelo fato de serem mais baratos. Cada caso deverá ser analisado individualmente e o volume do reservatório deve ser projetado levando em consideração a demanda diária e eventuais especificidades locais. As figuras 3 e 6 servem como balizadores de valores de aquisição, tanto para estudos, projetos e cotações na gerência de aquisições.

Metálico

A figura a seguir mostra os valores corrigidos das 31 aquisições dos reservatórios metálicos pelo volume em m³.

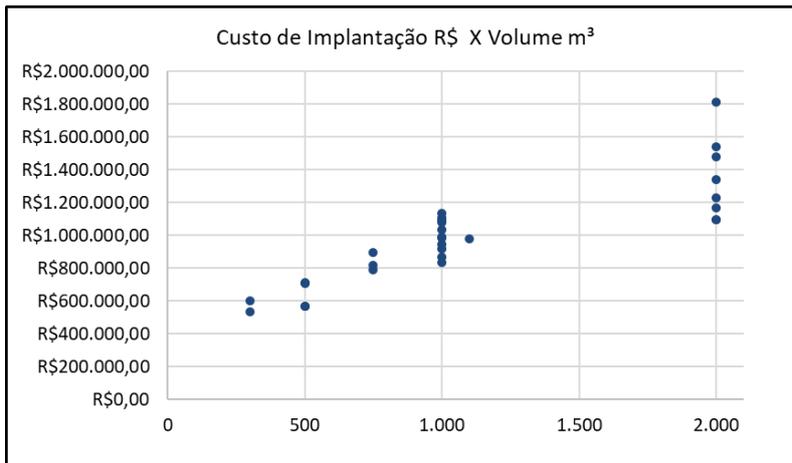


Figura 7 - Custo de aquisição do reservatório pelo Volume – Metálico

Fazendo a relação R\$/m³, A figura a seguir mostra os valores plotados R\$/m³ pelo volume.

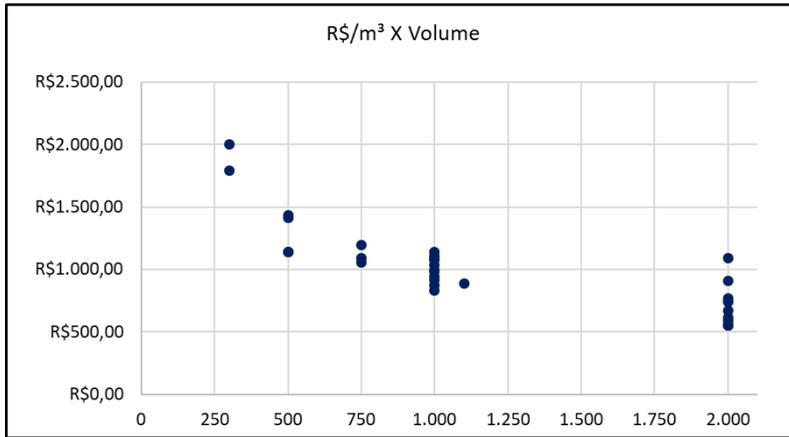


Figura 8 - Parâmetro R\$/m³ pelo Volume – Metálico

Analisando as figuras acima, percebe-se a diminuição do parâmetro R\$/m³ com o aumento do volume, ou seja, existe ganho de economia de escala com o aumento do volume, mesma tendência dos reservatórios em PRFV adquiridos.

A figura a seguir mostra 3 linhas que podem ser utilizadas como base de parametrização de valores para reservatórios de água metálicos.

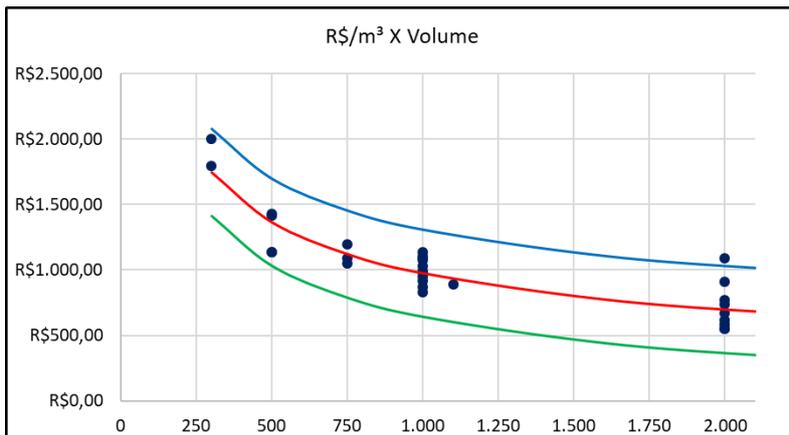


Figura 9 - Parametrização proposta para Reservatórios Metálicos em R\$/m³

A linha vermelha foi definida utilizando uma linha de tendência do excell, que resultou numa equação de potência, com R^2 de 0,7839. As linhas verde e azul foram definidas utilizando o desvio padrão dos valores de R\$/m³ das 31 amostras, o qual resultou em 332,615.

As mesmas considerações finais dos resultados para reservatório em PRFV podem ser utilizadas para os reservatórios metálicos. A figura 9 pode ser utilizado para balizar estudos, projetos e cotações na gerência de aquisições.

ETEs Modulares

As Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs Modulares adquiridas entre 2017 e 2018 pela SANEPAR constam no quadro a seguir.

Quadro 1 – Aquisições de ETEs Modulares na Sanepar

ETE Modular	Valor máximo pregão	Valor contratado	Desconto	data	Valor corrigido	Vazão (l/s)	DBO saída (mg/l)
1	R\$2.492.154,00	R\$2.300.000,00	7,71%	jan-18	R\$2.876.511,43	5,00	20,00
2	R\$2.367.855,00	R\$2.300.000,00	2,87%	ago-17	R\$2.713.050,56	7,50	20,00
3	R\$3.291.056,95	R\$2.200.000,00	33,15%	ago-17	R\$2.595.091,84	10,00	20,00
4	R\$3.292.537,50	R\$3.180.000,00	3,42%	ago-17	R\$3.751.087,30	10,00	20,00
5	R\$2.664.506,00	R\$1.943.000,00	27,08%	jul-17	R\$3.120.387,26	10,00	20,00
6	R\$4.020.975,00	R\$4.000.000,00	0,52%	set-17	R\$4.713.635,20	20,00	30,00
7	R\$4.020.975,00	R\$4.000.000,00	0,52%	set-17	R\$4.713.635,20	20,00	30,00
8	R\$4.020.975,00	R\$4.000.000,00	0,52%	set-17	R\$4.713.635,20	20,00	30,00
9	R\$10.120.842,00	R\$5.970.000,00	41,01%	set-17	R\$7.035.100,54	30,00	20,00
10	R\$22.840.400,00	R\$17.490.000,00	23,43%	ago-17	R\$20.630.980,13	100,00	60,00
11	R\$24.940.400,00	R\$24.000.000,00	3,77%	out-17	R\$28.149.508,80	120,00	40,00

Foram 11 aquisições via pregão, para diferentes capacidades de tratamento, onde na Especificação Básica – EB constava parâmetros de entrada e saída do efluente. Todas as aquisições foram para estações completas, ou seja, desde o tratamento preliminar, tratamento principal (físico-químico e/ou biológico) e tratamento do lodo. O quadro acima mostra os descontos obtidos e os valores corrigidos pelo IGP-m.

Conforme descrito anteriormente, o objetivo do trabalho é parametrizar as aquisições de ETE's Modulares considerando R\$/ l/s, assim, foi dividido o valor corrigido da aquisição de cada estação pela sua capacidade máxima de operação. O quadro a seguir mostra os resultados obtidos.

Quadro 2 – Aquisições de ETEs Modulares considerando R\$/ l/s

ETE Modular	Valor corrigido	Vazão (l/s)	R\$/ l/s
1	R\$2.876.511,43	5,00	575.302,29
2	R\$2.713.050,56	7,50	361.740,07
3	R\$2.595.091,84	10,00	259.509,18
4	R\$3.751.087,30	10,00	375.108,73
5	R\$3.120.387,26	10,00	312.038,73
6	R\$4.713.635,20	20,00	235.681,76
7	R\$4.713.635,20	20,00	235.681,76
8	R\$4.713.635,20	20,00	235.681,76
9	R\$7.035.100,54	30,00	234.503,35
10	R\$20.630.980,13	100,00	206.309,80
11	R\$28.149.508,80	120,00	234.579,24

Os valores de R\$/ l/s mostram que conforme aumenta a vazão o parâmetro diminui, ou seja, temos ganho de escala. Os valores obtidos também apontam para valores elevados para vazões até 10 l/s. A figura abaixo mostra uma tendência de uniformidade no valor R\$/ l/s à partir de 20 l/s, mesmo não tendo ocorrido nenhuma aquisição para vazões entre 30 e 100 l/s.

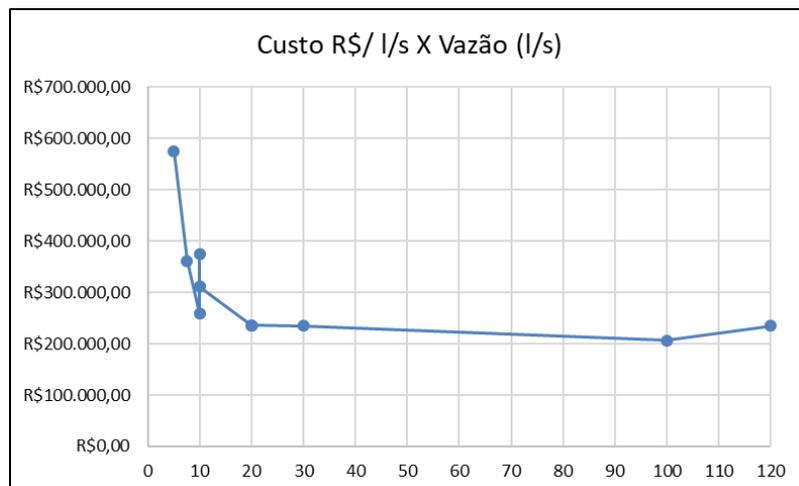


Figura 10 – Parametrização de ETEs Modulares em R\$/ l/s

Outro aspecto que deve ser levado em consideração na análise de ETEs modulares é a exigência de lançamento de DBO (mg/l) ou outro parâmetro da licença ambiental e/ou outorga de lançamento. A legislação estadual paranaense é bastante restritiva, onde a maioria os sistemas de tratamento que temos projetado nos últimos anos o parâmetro DBO na saída do efluente deve ser abaixo de 40 mg/l, restringindo as possibilidades de tecnologia para tratamento, implicando em custos mais elevados para implantação e operação.

Como foram adquiridas somente 11 estações modulares, mesmo sendo observado tendência de economia de escala nos dados da figura 19 e do quadro 2, foi realizada uma outra análise nesse trabalho que utilizou valores de cotações com fornecedores de ETEs modulares e comparou aos valores adquiridos. O quadro 3 a seguir mostra os valores de cotações com diversos fornecedores para diferentes vazões com saídas parecidas de DBO efluente.

Quadro 3 – Cotação fornecedores ETEs Modulares

Tipo	Q (l/s)	DBO saída (mg/l)	Cotação fornecedor	R\$/l/s
ETE Completa	1,0	20,0	R\$465.535,00	R\$465.535,00
ETE completa	5,0	20,0	R\$1.641.734,00	R\$328.346,80
ETE Completa	5,0	30,0	R\$2.516.171,00	R\$503.234,20
ETE Completa	6,0	60,0	R\$3.540.000,00	R\$590.000,00
ETE Completa	10,0	30,0	R\$3.700.756,00	R\$370.075,60
ETE Completa	15,0	30,0	R\$5.211.041,00	R\$347.402,73
ETE Completa	15,0	20,0	R\$6.010.000,00	R\$400.666,67
ETE completa	15,0	30,0	R\$5.650.000,00	R\$376.666,67
ETE Completa	30,0	20,0	R\$5.372.000,00	R\$179.066,67
ETE Completa	30,0	60,0	R\$7.260.000,00	R\$242.000,00
ETE Completa	115,0	20,0	R\$27.200.000,00	R\$236.521,74
ETE Completa	128,0	15,0	R\$24.200.000,00	R\$189.062,50
ETE Completa	150,0	15,0	R\$26.056.000,00	R\$173.706,67

Utilizando os dados do quadro 3 e comparando com os dados do quadro 1, temos o seguinte Figura 11.

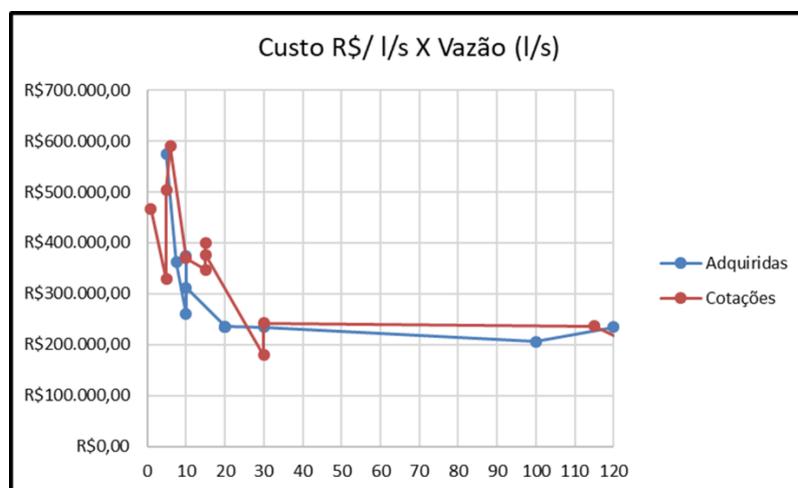


Figura 11 – Comparação de valores adquiridos e cotações de ETEs Modulares

Ao observar a figura 11 nota-se certa semelhança entre os valores adquiridos e os valores das cotações realizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse trabalho conseguem atender ao objetivo proposto pois possibilitam nortear valores de estudos, projetos e aquisições na SANEPAR.

No caso das ETEs modulares ainda deve ser adicionado estudo com relação aos custos operacionais