Anabi Resende Filho

**ESGOTAMENTO SANITÁRIO A VÁCUO:
Descrição e Avaliação Econômica**

Dissertação apresentada ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Hidráulica e Saneamento
Orientador: Prof. Tit. Woodrow N. L. Roma.

**São Carlos, SP
2009**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP**

R433e Resende Filho, Anabi
 Esgotamento sanitário a vácuo : descrição e avaliação
 econômica / Anabi Resende Filho ; orientador Woodrow
 Nelson Lopes Roma. -- São Carlos, 2009.

 Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área
 de Concentração em Hidráulica e Saneamento -- Escola de
 Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
 2009.

 1. Saneamento. 2. Escassez. 3. Soluções racionais.
 3. Sistemas de esgotamento sanitário. 4. Comparações
 econômicas. I. Título.

“Navegar é preciso,
viver não é preciso.”

Fernando Pessoa.

A Ana Elizabeth Lofrano A. dos Santos, mártir esquecida da corrupção brasileira;
Ao índio Galdino Pataxó, mártir da iniquidade social,
Aos que buscam a paz, sem hipocrisias.

Aos meus filhos e ao povo
brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Aos engenheiros Eva Maria Bezerra Brito, da SOF/MP, e Euler Gonçalves de Moraes, do DELIQ/MP, pelo apoio de retaguarda;

Ao meu orientador Woodrow Nelson Lopes Roma, pelo apoio de vanguarda;

Aos funcionários e demais professores do SHS/EESC/USP, pela abertura constante;

À comunidade da USP de São Carlos, pelo apoio, na pessoa da bibliotecária Marielza Roma;

Ao Professores Orestes Gonçalves Marrachini (Poli – USP), Simar Amorim (UFSCar) e Marco Antônio Almeida (UnB), pela ajuda e atenção;

Aos Engenheiros Osvaldo da Silva Neto e Daniel de Andrade Pereira, e ao Professor Ivanildo Hespanhol, pelos trabalhos enviados;

Aos técnicos Júlio Barcelos (da Jets) e João Jorge (da Evac), pelas entrevistas;

Aos meus colegas em geral, de São Carlos e de Brasília;

À pós-graduação da Unesp, FCFAR de Araraquara e IGCE de Rio Claro, pela acolhida de complementaridade;

Aos amigos que me deram e me dão força.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 2 – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 - SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	13
2.1.1 – Sistemas com racionalização do uso da água	17
2.1.1.1 - Reuso	17
2.1.1.2 - Aproveitamento de águas pluviais	20
2.1.1.3 – Tradicional ou gravitacional com tecnologias associadas	23
2.1.1.4 - Vácuo	25
2.2 - Descrição de funcionamento dos sistemas de esgotamento sanitário a vácuo/descrição do processo de geração de vácuo	26
2.2.2 – Subsistemas de um sistema de esgotamento a vácuo	35
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E COLETA DE DADOS	51
3.1 – Dados para comparação dos sistemas tradicional e a vácuo em um estudo de caso	52
3.1.1 – Levantamento dos insumos água e energia elétrica	52
3.1.2 - Quadro de Pessoal da SOF no período estudado	53
3.1.3 – Ajuste de dados	54
3.1.3.1 – Primeiro critério de avaliação	54
3.1.3.2 – Segundo critério	54
3.1.4 Parâmetros econômicos de avaliação utilizados	55
3.1.4.1 - valor presente líquido	55
3.1.4.2 - tempo para o retorno do investimento ou TRI (ou pay back)	57
3.1.4.3 - taxa interna de retorno ou TIR	57
3.1.5 – Planilha de custos da implantação do sistema a vácuo na SOF em substituição ao sistema gravitacional	59
3.2 – Métodos para substituição simulada do sistema tradicional pelo de aproveitamento de águas pluviais	60
3.2.1 – Método de Rippl	60
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE ECONOMICIDADE	65
4.2 – Sistema a vácuo da Evac comparado ao sistema gravitacional	67
4.3 – Simulação de aplicação do sistema Jets, ao invés do Evac, na SOF	74
4.4 – Simulação de aproveitamento de águas pluviais na SOF	80

4.4.1 – Aplicação do método de Rippl.	80
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.	85
APÊNDICES	94
1- Informações comentadas dos principais componentes do sistema Evac.	94
2 – Especificações técnicas do sistema Jets, modelo 130 MB, segundo o próprio fabricante.	116
3 - 3º Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Mundial dos Recursos Hídricos (transcrição de artigo da edição de 22/03/2009, do Jornal do Brasil).	122
4 – “Lei do uso racional da água” (aspas do autor).	124
5 - Cálculo da empresa Aquastock de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins de esgotamento sanitário no edifício da SOF.....	125
6 – Planilha original de reforma da SOF.	127
7 – Memória de Cálculo.....	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.1.2	– Componentes tecnológicos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	21
Figura 2.1.1.4	– Gráfico de consumo de água dos sistemas gravitacional e a vácuo no Aeroporto Santos Dumont – RJ.....	30
Figura 2.2a	– Croquis de sistema a vácuo por coluna de vácuo.....	30
Figura 2.2b	– Croquis de sistema do terceiro tipo.....	31
Figura 2.2c	– Trecho de tubulação com buffers e válvulas de interface.....	33
Figura 2.2.2.1	– Vaso sanitário a vácuo.....	36
Figura 2.2.2.2	– Esquema de tubulação a vácuo.....	38
Figura 2.2.2.4a	– Gráfico de monitoramento de estanqueidade da tubulação.....	42
Figura 2.2.2.4b	– Esquema de um sistema a vácuo similar ao da SOF (dois tanques e por coluna de elevação).....	44
Figura 2.2.2.4c	– Vista do final do sistema (saída de efluentes).....	45
Figura 2.2.2.4d	– Vista da saída de efluentes.....	45
Figura 2.2.2.4e	– Vista de uma solenóide.....	46
Figura 2.2.2.4f	– Vista de uma CLP com cabo de alimentação.....	47
Figura 2.2.2.4g	– Vista geral de uma CLP.....	48
Figura 2.2.2.4h	– Vista externa de uma CLP.....	48
Figura 2.2.2.5	– Vista de tanques de compostagem de um navio.....	49
Figura 4.2a	– Histograma de comparação de consumo de água entre sistemas.....	70
Figura 4.2b	– Histograma de comparação de gasto financeiro entre sistemas.....	71

FIGURAS DOS APÊNDICES

Figuras 1.1a até 1.1j	do apêndice 1(vasos sanitários Evac).....	95 a 101
Figuras 1.2a até 1.2p	do apêndice 1 (tubulação Evac).....	102 a 112
Figuras 2a até 2d	do apêndice 2 (sistema Jets).....	118a 121

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	- Consumo domiciliar por aparelho.....	16
Tabela 2.1.1.1	- ICRH e Disponibilidade Específica de Água.....	17
Tabela 2.1.1.3a	- Comparativo de eficácia operacional de sistemas.....	24
Tabela 2.1.1.3b	- Redução de consumo por monitoramento.....	24
Tabela 2.2a	- Composição química do ar.....	27
Tabela 2.2.2a	- Consumo de água em bacias sanitárias.....	37
Tabela 2.2.2b	- Consumo de eletricidade em sistemas.....	37
Tabela 2.2.2c	- Volume de esgoto gerado em sistema a vácuo.....	37
Tabela 3.1.1a	- Consumo de energia elétrica na SOF.....	53
Tabela 3.1.1b	- Consumo de água na SOF.....	53
Tabela 3.1.5	- Custos de implantação do sistema a vácuo na SOF.....	59
Tabela 3.2.1a	- Pluviosidade no local da SOF.....	63
Tabela 4.2a	- Análise econômica do sistema Evac.....	67
Tabela 4.2a'	- Análise econômica do sistema Evac modificada.....	69
Tabela 4.2b	- Fluxo de caixa do sistema Evac.....	68
Tabela 4.2c	- Incidência de juros.....	72
Tabela 4.2d	- FCs de alimentação	73
Tabela 4.3a	- Análise econômica do sistema Jets.....	75
Tabela 4.3b	- Sistema Jets com aumento de usuários.....	76
Tabela 4.3c	- Fluxo de caixa do sistema Jets.....	78
Tabela 4.3d	- Incidência de juros.....	78
Tabela 4.3e	- FCs de alimentação.....	79
Tabela 4.4.1a	- Aproveitamento de águas pluviais (Rippl).....	83
Tabela 4.4.1b	- Rippl com aumento da área de cobertura.....	84

TABELAS DOS APÊNDICES

Tabela APE1	- Espaçamento de bolsas de transporte Evac.....	108
Tabela APE2	- Ancoragem de tubulação Evac.....	112
Tabela APE3	- Diretrizes de eletricidade para CLP Evac	116
Tabela APJ1	- Sistema Jets – Central de vácuo 130 MB.....	119
Tabela APJ2	- Sistema Jets – Vaso sanitário.....	120
Tabela APJ3	- Sistema Jets – Válvula de Interface	122

LISTA DE SÍMBOLOS

ϕ	Diâmetro
η	Eficiência do sistema de captação
AVS	American Vacuum Society
C	Coefficiente de escoamento ou run-off
c_j	Caixa
CLP	Comando Lógico Programável
dB	Decibel (éis)
DEA	Disponibilidade Específica de Água
EDPM	Etileno Dieno Propileno – Monômero
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FC	Fluxo de Caixa
hab	Habitantes
HV	High – vacuum
ICRH	Índice de Criticidade de Recursos Hídricos
ITL	Innovative Teaching Laboratory
L.atm/s	Litro (s) vezes atmosfera por segundo
Lpd	Litro (s) por descarga
NaCl	Sal de cozinha
OD	Oxigênio Dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
p	Pressão
p_i	Pressão de sucção
PNCDA	Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PVC	Polivinil cloreto ou Cloreto de Polivinil
Q	Carga de gás
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SC	Sistema Convencional
SOF	Secretaria de Orçamento Federal
Sp	Velocidade de bombeamento
SV	Sistema a vácuo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TRI	Tempo para o Retorno do Investimento
UHV	Ultra – high vacuum
un	Unidade (s)
V	Volume
vb	Verba
VC	Vinil cloreto ou cloreto de vinila
VDR	Volume de Descarga Reduzido
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
WC	Water-closet
CAESB	Companhia de Água e Esgoto de Brasília
CEB	Companhia de Eletricidade de Brasília
SERAT	Serviço de Atividades Auxiliares

RESUMO

RESENDE, A. F. (2009) **Esgotamento Sanitário a Vácuo: Descrição e Comparações Econômicas**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, pp 145.

A escassez de água no planeta já é uma realidade pontual, inclusive já despontando no horizonte, em nosso país, fora do polígono da seca: na região metropolitana de São Paulo, o modelo de adução, a partir de bacias circunvizinhas, está perto de exaurir, pelos custos que esse tipo de solução – adotada desde a época do império romano – acarreta nas tarifas para o consumidor final.

Assim, a busca pelas chamadas soluções racionais têm, cada vez mais, ganhado adeptos e, dentre estas, a que se tem mostrado mais eficiente e mais eficaz é a tecnologia do esgotamento sanitário a vácuo, visto ser a bacia sanitária a responsável por aproximadamente 40% do consumo residencial de água, e por um percentual semelhante também em edifícios comerciais.

A partir do estudo de caso no edifício-sede da Secretaria de Orçamento Federal – SOF, em Brasília, foi constatada economia de 30% no consumo médio de água, medido em metros cúbicos, depois da implantação do sistema a vácuo - em substituição ao sistema gravitacional, ocorrida em janeiro de 2008 – a par de um aumento de apenas 2% no consumo de energia elétrica, medido em kWh, não produzindo ônus, por força do contrato com a concessionária local de eletricidade, do tipo azul.

Foram feitas, ainda, comparações com alternativas de abastecimento, quais sejam água de reuso e o aproveitamento de águas pluviais, este mais comum no Brasil embora nitidamente mais recomendável para construções com até dois pavimentos, enquanto aquele, por enquanto, pode ser considerado uma prospecção teórica para as condições de nosso país.

Palavras - chave: Sistemas prediais, sistema predial de esgoto sanitário, aproveitamento de água pluvial, reuso, escassez, comparações econômicas.

ABSTRACT

RESENDE, A. F. (2009) **Esgotamento Sanitário a Vácuo: Descrição e Avaliação Econômica. Dissertação (Mestrado)** – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, pp 145.

The water shortage in the planet is already a punctual reality that is already rising in our country outside the drought polygon (in northeastern part of Brazil). In the metropolitan area of São Paulo the adduction model coming from the neighboring basins is on the brinks of exhaustion, because this kind of solution costs, adopted since the Roman Empire times, brings up to tariffs to the final customer.

In this manner, the search for the so called rational solutions has gained more and more followers and among these the one that has shown more efficiency and accuracy is the vacuum sewerage technology, considering that sanitary basin is responsible for almost 40% of the residential water consumption and a similar percentage occurs also in trade buildings.

Taking the case study in the headquarter building of Secretaria de Orçamento Federal (SOF), in Brasília, it was verified a 30% economy in the average water consumption, measured in cubic meters, since the vacuum system was established (replacing the gravitational system), on January 2008, informed about only 2% increase in the electricity consumption, measured in kWh, it means that there was no effective increase in the electricity bill, once the local provide company contract, of the blue type, has foretold small oscillations in the supply without deduction on the bill.

It was still done some comparative descriptions with others alternatives water supplies, whichever be grey water and rainwater harvesting, this one widely used in Brazil – although it is more suggested to up to two floor buildings – while the other, for the time being, can be considered as a theoretical prospection in our country.

Key – Words: Real-estate systems, real-estate systems of sanitary drain, grey water and rainwater harvesting, water shortage, economical comparatives.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Embora o Brasil, numa visão geral, não apresente índices que o coloquem como um país com problemas de oferta de água doce há déficits localizados em alguns pontos, sendo o mais significativo deles a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, onde a alternativa de adução hídrica está próxima do esgotamento pelo aumento rápido dos custos, devido às distâncias a serem vencidas.

Numa ampliação desse quadro, pode-se ver a configuração espacial do território brasileiro – apresentando grandes vazios demográficos, justamente onde há mais água – como uma explicação sintetizada do acima colocado. A médio e longo prazos não se pode perder de vista a necessidade de um planejamento que leve em conta essas topologias.

Porém, a questão da água é de curto prazo, daí a busca por soluções rápidas, principalmente aquelas que envolvem o chamado uso racional da água e busca de outras fontes de abastecimento, cada vez ganhando mais adeptos. Nesse sentido foram abordados quatro tipos de sistemas: aproveitamento de águas pluviais, reuso, vácuo e sistema tradicional com aperfeiçoamentos agregados.

Um desses sistemas, o do esgotamento sanitário a vácuo que, ao consumir apenas 1,2 L de água em cada acionamento e promover, em média, a redução de 30% no total de água consumida, conseqüentemente gerando menos esgoto, é o foco principal deste trabalho.

O alcance deste trabalho visa a avaliação desse sistema não apenas do ponto de vista tecnológico, mas indo até o nível da composição unitária dos custos de seus componentes principais, como forma de compará-lo com outros sistemas existentes, para daí se poder

concluir – com o auxílio de ferramentas de análise econômica – até que ponto ele é vantajoso, visto estritamente como um bem de capital.

Assim posto, a pesquisa bibliográfica (capítulo 2) engloba, tanto a descrição de cada um dos sistemas estudados quanto o aprofundamento descritivo operacional do sistema a vácuo, enquanto que nos capítulos 3 (metodologia e coleta de dados) e 4 (análise econômica dos sistemas estudados) a ênfase foi a investigação do desempenho econômico de cada um deles.

Mas se pode dizer que, na pesquisa bibliográfica, buscou-se a descrição do sistema a vácuo com o duplo foco nos princípios de geração do vácuo em si e na aplicação desse sistema como uma alternativa em uso de esgotamento sanitário predial para o caso específico da sede da Secretaria de Orçamento Federal, SOF, em Brasília.

No capítulo 5 acham-se as conclusões deste estudo, de forma sintética e com a preocupação de focar pontos que possam encetar incentivo ao aprofundamento do tema, por parte de outras pessoas. Por fim, nos apêndices, há a descrição mais pormenorizada dos dois sistemas a vácuo hegemônicos no mercado brasileiro, o da Evac e o da Jets, além de artigos de jornais e planilhas de cálculo envolvendo custos.

Por se tratar de um sistema de alta tecnologia, com patenteamento automático de qualquer inovação, a dificuldade de acesso a artigos científicos foi uma constante deste trabalho, forçando a realização de entrevistas com técnicos, professores de várias instituições e engenheiros, aos quais, sem citar nomes, agradeço.

OBJETIVOS

1 – Geral

Descrição e comparação entre ofertas de novas fontes de abastecimento e com sistemas de uso racional.

2 - Específico

Investigação da viabilidade econômica do sistema a vácuo usando como estudo de caso o prédio da Secretaria de Orçamento Federal, SOF, em Brasília.

2

CAPÍTULO 2 – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Embora detenha cerca de 12% dos recursos de água doce da Terra, o Brasil enfrenta problemas pontuais de escassez desse insumo vital. Constantes racionamentos e rodízios têm sido observados, por exemplo, na região metropolitana de São Paulo, RMSP, que se vê obrigada a buscar água fora de sua bacia hidrográfica (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2004). Assim, o uso de tecnologias que privilegiem o uso racional de água e a busca de fontes alternativas à água potável têm que ser levadas em conta, como por exemplo, o reuso de águas sanitárias por meio de tratamento, o uso de águas pluviais para diversos fins, a tecnologia do vácuo e aperfeiçoamentos no sistema de esgotamento por gravidade, sem o descuro concomitante de ações que visem à reconfiguração espacial da ocupação territorial brasileira.

2.1 - SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Após a conferência das Nações Unidas sobre gestão de recursos hídricos, em Dublin, Irlanda, em 1992, em que foi anunciado, como princípio, ser a água um bem econômico, o Brasil partiu para adaptar sua legislação sobre recursos hídricos sob esse princípio, categorizando a água como commodity, ou seja, como um bem cotável em bolsas de valores (HESPANHOL, 2008).

Apesar de ser assim instituída a cobrança pelo uso da água, gerando inibição de agentes poluidores e induzindo à moderação de seu consumo, o crescimento contínuo de nossas regiões metropolitanas, especialmente São Paulo, tem revelado a necessidade de outras medidas no sentido de se alcançar o equilíbrio entre suas oferta e demanda, haja vista que o ICRH (Índice de Criticidade de Recursos Hídricos) para a cidade de São Paulo embute índice de Disponibilidade Específica de Água, DEA, de 216,7 m³/hab.ano e com previsão para 179,3 m³/hab.ano para o ano que vem, 2010. Na Tabela 2.1.1.1, pg. 17, pode-se observar que a RMSP encontra-se no nível 5 de Disponibilidade Específica de Água (DEA), isto é, além do limite de disponibilidade, enquanto que a média brasileira é de 33.944,73 m³/hab.ano.

Assim sendo, os recursos hídricos atualmente disponíveis não são mais suficientes para atender à demanda da RMSP, e as alternativas propostas pelos tomadores de decisão, todas baseadas em reversão de bacias, mostram-se economicamente inviáveis pelos padrões atuais de tarifas cobradas, em face de seus custos de implantação e operação. Ainda assim, mesmo que haja realinhamento de tarifas, essa solução seria apenas temporária e por curto espaço de tempo, dadas as taxas de crescimento de demanda esperadas. (HESPANHOL, 2008).

Há que se considerar, adicionalmente, que todo aumento de consumo de água gera aumento do volume de esgotos (considera-se em 80% o coeficiente de retorno para o total de consumo de água), que irão, por certo, ser despejados nos corpos hídricos da RMSP agravando sua poluição em termos de Oxigênio Dissolvido (HESPANHOL, 2008).

Dado esse atual paradigma baseado em adução, que remonta à época do Império Romano e seus aquedutos, acrescente-se um estudo do Banco Mundial a demonstrar ser o custo do “próximo projeto” de duas a três vezes superior ao do anterior, e o fato de que as implicações legais e político-institucionais tornarem-se, cada vez mais, relevantes (HESPANHOL, 2008), ainda dentro do paradigma vigente.

Corroborando tudo isso, há que se referenciar, ainda, os sistemas de descarga sanitária com volume de descarga reduzido – VDR - que, contudo, (se abaixo de 6,8 litros por descarga), causam problemas de autolimpeza em coletores prediais de esgotos devido à diminuição da lâmina d'água de transporte, bem como geração insuficiente de ondas, responsáveis pelo transporte de sólidos, sendo esses problemas passíveis de serem estendidos à rede pública (GONÇALVES, IOSHIMOTO e OLIVEIRA, 1999).

É útil observar, contudo, que a racionalização na utilização de água potável pode se dar por meio de ações de três tipos, segundo Oliveira (1999), citado por Pereira (2007):

1. **Econômicas:** quando o poder público estabelece multas e incentivos, dependendo do consumo mensal de cada unidade consumidora;
2. **Sociais:** envolvem a conscientização da população por meio de campanhas em escolas, televisões, rádios, etc.;
3. **Tecnológicas:** voltadas ao desenvolvimento e uso de novas tecnologias, que serão utilizadas no sentido de produzir economia de água.

As tecnologias que permitem rápida implementação, segundo Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira (1999), podem, também, ser de três tipos:

- a – **Tecnologias de processo**, que provocam alterações nos sistemas hidráulicos prediais onde são implantadas ou exigem interfaces com outros sistemas prediais;
- b – **Tecnologias de produto**, aplicáveis em qualquer ponto do sistema sem que seja necessária qualquer modificação; e
- c – **Tecnologias de instrumentação ou medição**, para monitoramento e gerenciamento do uso da água em edifícios, com medições contínuas ou temporárias de vazões, correlacionando-as aos diversos dispositivos e às populações de usuários, bem como à frequência e ao tempo de uso (vide tabela 2.1.1.3b, pg. 24 com a eficiência desse tipo de tecnologia).

Com exceção do uso do vácuo, tratam-se de tecnologias de uso geral, que não discriminam a participação de cada dispositivo de acionamento em um sistema hidráulico (torneiras, vasos sanitários, chuveiros, etc.) no volume total consumido. No presente trabalho elas serão reduzidas a sua aplicação no funcionamento das bacias sanitárias, que têm participação média de 38% (trinta e oito por cento) no gasto de água de uma residência, segundo Gonçalves, P.M. 1995 em Oliveira Júnior e Silva Neto (2004). (vide tabela 2.1).

TABELA 2.1 – Consumo domiciliar por aparelho.

Aparelho/Uso	Participação
Bacia sanitária	38%
Chuveiro	29%
Lavatório	5%
Lavagem de roupa	17%
Lavagem de louça	6%
Beber/cozinhar	5%
TOTAL	100%

Fonte: Gonçalves, P. M. (1995) em Oliveira Júnior e Silva Neto (2004)

As tecnologias de processo costumam ser classificadas, de acordo com seu princípio de operação, em:

- Tradicional ou gravitacional;
- Com reuso de água;
- Com aproveitamento de águas pluviais; e
- A vácuo.

2.1.1 – Sistemas com racionalização do uso da água

Serão abordados os sistemas tecnológicos de processo para a racionalização do uso dos recursos hídricos, que podem ser classificados em quatro grandes grupos :

2.1.1.1 - Reuso.

O estabelecimento de um novo paradigma com as palavras-chave *conservação e reuso* se impõe para minimizar os custos e os impactos sociais dos novos projetos, em contraposição ao velho “modelo” (HESPANHOL, 2008) e, dentre esses, está o reuso de águas nos mais diversos tipos de atividades humanas.

No entanto, no Brasil ainda não existe um sistema legal que regule o reuso, o que talvez seja o principal entrave para sua universalização¹, a par da questão cultural de um país detentor de 12% dos recursos de água doce do planeta, com um índice DEA (Disponibilidade Específica de Água) mais de três vezes superior ao teto da Tabela Falkenmark.

TABELA 2.1.1.1 – Tabela Falkenmark, para Disponibilidade Específica de Água (DEA) Índice de Criticidade de Recursos Hídricos (ICRH) e problemas associados) (Falkenmark, 1992).

ICRH	Disponibilidade Específica de Água (DEA) (m ³ /hab.ano)	Problemas de gestão de recursos hídricos
1	$DEA \geq 10.000$	Sem problemas ou com Problemas limitados
2	$10.000 > DEA \geq 2.000$	Problemas gerais de gerenciamento
3	$2.000 > DEA \geq 1.000$	Grande pressão sobre os Recursos hídricos
4	$1.000 > DEA \geq 500$	Escassez crônica de água
5	$DEA < 500$	Além do limite de disponibilidade

Fonte: PNCDA 1999

¹ Hespanhol 2003 (a), citado em Hespanhol 2008.

O ICRH começa em 1, associado a $DEA \geq 10.000$ (caso do Brasil), depois, sucessivamente, vem 2, 3, 4 e, finalmente, 5, associado a DEA abaixo de 500, caso específico da RMSP e de parte do nordeste brasileiro.

De uma forma geral, as águas de esgoto podem ser tratadas, no caso de uso urbano residencial e comercial, para fins potáveis e não potáveis, desde que tenham origem em esgotos domésticos, estando descartadas as águas de esgoto industrial para este tipo de reuso. No caso de busca por potabilidade, evidentemente são requeridas técnicas bem mais onerosas de tratamento, o que inviabiliza sua aplicação na RMSP (HESPANHOL, 2008), bem como no Brasil como um todo, dados os fatores de restrição já referenciados.

Para fins não-potáveis diversas companhias de saneamento, atualmente, preparam-se para oferecer a chamada “água de reuso” ou “água de utilidades”, prática essa já bastante disseminada em diversas regiões metropolitanas brasileiras, especialmente a de São Paulo, que consiste no tratamento físico-químico de esgotos domésticos e sua distribuição em locais restritos. Esse tipo de reuso pode ser subdividido em duas categorias: para locais de acesso controlado e não controlado, ficando latente a importância da questão do contato direto com o público. Dentre suas principais aplicações, quase sempre, ainda no campo da teoria, encontra-se a descarga sanitária de edifícios públicos e privados (HESPANHOL, 2008), sendo o vaso sanitário o responsável por cerca de 38% (trinta e oito por cento) do consumo de água em edifícios residenciais (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2004).

Além das águas pretas (dos vasos sanitários, o reuso prevê a possibilidade da utilização de águas cinzas escuras (esgoto doméstico sem as águas dos aparelhos sanitários) e cinzas claras (excluem-se, aqui, além dos efluentes dos vasos sanitários, os efluentes de cozinhas, pelo seu alto teor de matéria orgânica, que se deve ao fato de conterem compostos que são rapidamente degradáveis, como óleos e gorduras) (HESPANHOL et al., 2007).

No Brasil, começa-se a praticar o uso de águas cinzas claras tratadas que, pelo fato de conterem carga orgânica e de organismos patogênicos inferiores aos de águas pretas (esgotos domésticos), envolvem custos relativamente menores para tratamento. Em sistemas de reuso para edificações devem ser considerados os custos e problemas operacionais relacionados à duplicação de grande parte dos sistemas hidráulicos domiciliares (para coleta separada das águas cinza e para a distribuição interna, por exemplo, para uso em descargas sanitárias) (HESPANHOL et al., 2007).

Qualquer tipo de reuso prevê a necessidade de duplicação da tubulação existente no edifício ou condomínio, além, é claro, da necessidade de tratamento prévio de sua matéria-prima direcionado à finalidade a que se destina, requisitos que o tornam um sistema de custo inicial alto, a par de uma operacionalização que exige insumos, estrutura física de porte e acompanhamento técnico constante. Não existe, na literatura, estudo de caso de aplicação de águas de reuso em descarga sanitária no Brasil, sendo este, portanto, um sistema mais aplicado com outros fins, como irrigação de áreas verdes em condomínios, e em indústrias, sempre com a preocupação de não haver contato direto com o público e com animais domésticos, dadas as restrições de custos de tratamentos em função das tarifas cobradas, como já mencionado.

Podem ocorrer nos usos referidos acima, no entanto, efeitos deletérios em associação com o uso de esgotos para irrigação. Uma consequência potencialmente negativa é a poluição, por substâncias e produtos químicos, de aquíferos subterrâneos utilizados para abastecimento de água. Isso ocorre, por exemplo, quando uma camada altamente porosa situa-se sobre o aquífero, permitindo a percolação de nitratos. Quando a camada sobre o aquífero é bastante profunda e homogênea, com capacidade para reter esses elementos, a possibilidade de contaminação é bastante pequena. A assimilação de nitrogênio pelas plantas cultivadas reduz a possibilidade de contaminação por nitrato, mas isso depende do tipo de planta e das taxas de utilização do esgoto tratado, isto é, da intensidade de uso (HESPANHOL, 2008).

A possibilidade de contaminação do solo por elementos químicos também é concreta quando a irrigação com águas de reuso se prolonga por muito tempo e quando a matéria-prima das águas de reuso não é proveniente de esgotos domésticos (HESPANHOL, 2008).

Na verdade, é o reuso industrial a modalidade que mais vem tendo aplicação no Brasil (não obstante ser a agricultura responsável por 70% do consumo de água no país), obtendo-se até 80% de economia, em alguns casos. Contudo, são águas utilizadas para resfriamentos de equipamentos (a água é utilizada como fluido de transporte de calor) e outros usos que não pressupõem contaminação de qualquer espécie (como o uso para geração de energia). Algumas indústrias já levam em conta a compra, das empresas concessionárias de serviço de abastecimento de águas, dessas “águas de utilidades”, cujo custo marginal é de aproximadamente 20% do custo da água tratada normal (HESPANHOL, 2008).

2.1.1.2 - Aproveitamento de águas pluviais.

Enquanto o reuso para esgotamento sanitário de edifícios de escritórios e residenciais, no Brasil, ainda é prospecção teórica, o aproveitamento de águas pluviais, para tal fim, já é uma realidade, ainda que pontual e carecendo de estudos de economicidade. A essência dessa modalidade de sistema de esgotamento sanitário é *reservatório* ou, mais especificamente, o tamanho do reservatório utilizado para o armazenamento das águas da chuva captadas, que é a variável que determina o grau de eficiência desse sistema.

Como o regime de chuvas, em qualquer lugar, não tem regularidade de tempo nem de intensidade, o grau de eficiência de um sistema como esse se prende exclusivamente ao *tamanho do reservatório* para armazenar a água a ser captada: se vai cobrir toda a demanda requerida nos meses de estiagem, ou não. Assim, pode-se pré-determinar o grau de eficiência do sistema em termos percentuais, como 50, 60, 75...100%, sendo que neste último caso, todo o esgotamento de águas pretas do edifício onde o sistema for implantado será feito, durante todo o ano, com utilização exclusiva de águas de chuva (PEREIRA, 2007).

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, basicamente, são formados pelos seguintes componentes: área de captação (geralmente coberturas), componentes de transporte (calhas e tubos de queda) e reservatório (PEREIRA, 2007), sendo este último o que determina a ordem de grandeza do seu custo final de implantação. (na figura 2.1.1.2 um esquema de sistema com aproveitamento de águas pluviais).

Figura 2.1.1.2 – Croquis dos componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, podendo-se notar a simplicidade tecnológica envolvida.

Fonte: Mano e Schimitt 2004, reproduzida por Pereira 2007.

Da mesma forma que o sistema de reuso, este sistema exige a duplicação de toda a tubulação hidráulica para as fontes onde for utilizada no edifício-base, não podendo, portanto, haver uso potável para as águas de chuva, senão para irrigação ou para o esgotamento de bacias e mictórios, apesar de as águas pluviais, de uma maneira geral, apresentarem boa qualidade (HESPANHOL et al., 2007). A par disso, como o reservatório deve, por motivos estruturais (por ser a estrutura a parte mais onerosa de um edifício de muitos andares), localizar-se no subsolo, o bombeamento de água para a cobertura para, a partir daí operar por gravidade, deve ser constante e regular, o que gera ônus de operação.

Hespanhol et al. (2007) mostram como é feito o cálculo de um reservatório para armazenamento de águas pluviais pelo método de Rippl, o mesmo utilizado para o estudo de caso deste trabalho.

Também Campos (2004), citado em Pereira (2007), apresenta sua metodologia de dimensionamento baseada no método de Rippl iterativo, que considera os períodos de dias consecutivos sem chuvas; também há o Método de Análise de Simulação de um Reservatório com capacidade suposta, baseado na Equação apresentada por McMahon (Marinoski et al, 2004)², igualmente iterativo. Existem, ainda, os chamados métodos práticos, como o Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês, entre outros, descritos por Pereira (2007).

Para todos esses métodos é necessário o conhecimento da pluviosidade da região onde deverá ser implantado o sistema, bem como o conhecimento da área de captação, de onde se extrai o coeficiente de aproveitamento de água de chuva, além da demanda de onde será implantado o sistema.

Da mesma forma que o reuso, o aproveitamento de águas pluviais é uma alternativa *tecnológica* de racionalização do uso da água, assim definida por não necessitar de promover alterações nos hábitos dos usuários. Esta modalidade tem o bônus adicional de ser auxiliar de drenagem urbana de forma não estrutural (PEREIRA, 2007).

Mas, frise-se, é uma alternativa dependente da área de captação/material da área de captação *versus* demanda/pluviosidade, fatores que determinam o tamanho do reservatório ou, visto de outra maneira, é uma alternativa que “por ter um nível tecnológico apropriado para pequena escala” (MÁXIMO ALMEIDA ALBUQUERQUE et al., 2004), portanto simples e barato, exige a observação mínima de que a área de captação seja compatível com a demanda, dada a pluviosidade local.

² MARINOSKI, D. L.; GHISI, E.; GÓMEZ, L.A., *Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis*. 2004. 13p. Estudo de caso em um condomínio residencial localizado em Florianópolis-SC. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, Trindade (SC). Entac, 2004.

2.1.1.3 – Tradicional ou gravitacional com tecnologias associadas

Sua excessiva necessidade de água para operar – quando confrontada com a disponibilidade desse recurso, atualmente - é que motivou a realização deste trabalho, como uma tentativa de entender melhor o que o cerca (as questões cultural, social, tecnológica, política, etc.), os aperfeiçoamentos que lhe podem ser agregados para diminuir demanda hídrica, os locais onde não é viável sua aplicação (como os aviões de longo curso, por exemplo), sua participação relativa no total de consumo de água onde é aplicado e outros aspectos que lhe são afeitos e que vieram, no desenvolvimento desta pesquisa, a se apresentar como interessantes para seu entendimento.

Como exemplos de aperfeiçoamentos, há todos aqueles que podem ser classificados como *tecnologias de produtos*, isto é, tecnologias que podem ser acopladas ao sistema convencional sem alterá-lo em grande monta. Dentre essas, destacam-se os *sistemas de sifonagem para bacias sanitárias e redes de esgotos* que compreendem dois tipos: o de bacias sanitárias com membranas reticuladas e o de sifão central para redes de esgoto que, juntos, compreendem o *sistema Gustavsberg*. Na tabela 2.1.1.3a são apresentadas as principais características de todas essas alternativas, consignadas no relatório final do Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, do Governo Federal, elaborado por Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira (1999).

O sistema Gustavsberg tem como objetivos a economia de água em esgotamento sanitário com redução do diâmetro da tubulação. Para isso, conta com três componentes fundamentais: uma caixa de descarga acoplada ao vaso, do tipo VDR, um diafragma situado entre o vaso e o ramal de descarga (para potencializar o efeito de sifonagem da bacia) e reservatório com sifão, que promove a auto-limpeza da tubulação, ao acumular uma certa quantidade de esgoto que depois vai servir de meio advectivo para novos dejetos (GRAÇA, 1986).

TABELA 2.1.1.3a - Comparativo de eficácia operacional entre sistemas e subsistemas de uso racional da água.

Processo Fatores Considerados	Sistema a Vácuo				Sistema Gustavsberg	
	Bomba de vácuo/ Tanque de vácuo	Coluna de vácuo	Ejetor de esgoto/ Tanque atmosférico	Misto: vácuo/ Grey Water	Membrana reticulada	Sifão central
Procedência	Europa EUA	Europa EUA	Europa EUA	Europa EUA	Suécia	Suécia
Nível tecnológico	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo
Impacto cultural	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Dificuldade de implantação em edifícios existentes	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo
Dificuldade de operação	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: PNCDA 1999

TABELA 2.1.1.3b – Redução de consumo por monitoramento de vazamentos, mostrando que pode ser drástica, em alguns casos.

Mês	Consumo (m ³)		
	1996	1997	1998
Jan		4.232	120
Fev		4.232	176
Mar		4.130	274
Abr		4.130	514
Mai		4.501	302
Jun		3.987	176
Jul		3.922	127
Ago	3.869	4.130	242
Set	3.764	3.928	280
Out	4.315	3.769	232
Nov	4.130	519	---
Dez	4.510	135	---
TOTAL	20.588	41.615	2.443
MÉDIA	4.118	3.468	244

Nota: Novembro/97 foi o primeiro mês após a correção dos vazamentos

Fonte: PNCDA 1999

2.1.1.4 - Vácuo.

Aparentemente, essa é a tecnologia alternativa para racionalização do consumo de água que apresenta maior efetividade em sua aplicação, alinhando eficiência e eficácia operacionais. É de conhecimento genérico que um dos maiores problemas enfrentado pelos serviços de água e esgoto dos municípios é o controle do uso das redes de esgoto, que comumente são utilizadas pela população para despejo de águas pluviais drenadas de dentro das propriedades.

Sendo a tecnologia de esgotamento sanitário a vácuo uma maneira de redução, em até cem por cento, de água para descargas sanitárias, torna-se óbvio que sua implementação em escala significativa vai ao encontro das iniciativas das autoridades para o controle do volume de efluentes nas redes de esgotos municipais sendo, portanto, assim como o reuso, um fator auxiliar não estrutural da rede de esgoto urbana.

Observações de padrões de uso, sob ótica comparativa entre sistemas instalados em aviões – com 100% de utilização de ar – e prediais que contemplam enxágüe - de 1 ou 1,2 litro de água após a descarga – apontam para uma maior eficácia do sistema com água, por ser a consistência de dejetos sólidos variável, existindo aqueles que aderem à superfície dos vasos, gerando odores e aspectos desagradáveis.

Estudos realizados no aeroporto de Denver, EUA, mostram um decréscimo nas chamadas de consertos, depois da instalação do sistema de esgotamento sanitário a vácuo naquele terminal aeroportuário (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2006), em relação ao que ocorria no sistema anterior, o convencional, o que vem demonstrar o elevado grau de eficiência operacional desse sistema.

No Aeroporto Santos Dumont, do Rio de Janeiro, Oliveira Jr. e Silva Neto (2004) demonstram que, também, ocorre decréscimo no consumo de água operacional de forma apreciável com o sistema a vácuo, como ilustrado na figura 2.1.1.4.

Figura 2.1.1.4 – Resultados no consumo de água do Aeroporto Santos Dumont, RJ. A queda de consumo foi de 90% após a troca de sistemas. A linha mais escura (a de baixo) representa os sanitários masculinos.

Fonte: Oliveira Júnior e Silva Neto.

Esse é, contudo, um sistema de elevado padrão tecnológico (GONÇALVES, IOSHIMOTO e OLIVEIRA, 1999), necessitando, não obstante os progressos que têm ocorrido (vide apêndice 4, com a apresentação de sistemas de duas empresas distintas, podendo-se observar significativa diferença tecnológica entre os dois), de permanente assistência técnica (mecatrônica e/ou elétrica) após sua implantação, o que, obviamente, gera um custo operacional, não desprezível, que deve ser analisado antes da decisão de implantá-lo.

2.2 -Descrição de funcionamento dos sistemas de esgotamento sanitário a vácuo/descrição do processo de geração de vácuo.

Uma pressão dita a vácuo pode ser definida como qualquer pressão abaixo da pressão atmosférica, necessitando-se, para a produção de vácuo, de duas coisas: um espaço para mantê-lo (câmara, tubulação, etc.) e meios de reduzir a pressão nesse espaço (bomba) (ROTH, 1980).

Quando existe diferença de pressão entre dois meios (uma tubulação e o ambiente a ela externo, por exemplo), o ar atmosférico transforma-se em veículo de transporte advectivo, ao escoar do meio de maior para o de menor pressão. De acordo com Giorgetti (2008) o escoamento de ar provocado por um ventilador internamente a um duto de 40 cm de diâmetro e

rugosidade superficial estimada em 0,2 mm, com comprimento de 50m, envolvendo uma curva de raio longo, necessita de uma *diferença de pressão* de apenas 1,33 kPa para produzir um escoamento com velocidade média de 25 m/s (90 km/h).

No exemplo anterior o movimento foi produzido, pois, por aumento de pressão em um dos meios considerados com o auxílio de um simples ventilador. Mas poderia sê-lo por *redução* no outro meio, produzindo-se vácuo como, aliás, ocorre em um sistema de esgotamento sanitário dito a vácuo.

A nível molecular, reduzir pressão equivale a reduzir o número de moléculas existentes dentro da câmara. Dado que a atmosfera é uma mistura de gases e vapor d'água, conhecida como ar, segue a Tabela 2.2a que apresenta sua composição (CHEMISTRY ENCYCLOPEDIA, 2009):

TABELA 2.2a - Composição do ar a nível do mar.

Gases	Composição
N ₂	78,08%
O ₂	20,95%
Ar	0,93%
CO ₂	0,033%
Ne	0,0018%
He	0,00524%
CH ₄	0,0002%
Kr	0,00011%
H ₂	0,00005%
N ₂ O	0,00005%
Xe	0,0000087%
O ₃	0,000007%
H ₂ O	1,5%

Da composição do ar apresentada é a água, em forma de vapor, a que causa mais problemas dentro da tubulação de um sistema a vácuo, com a conseqüente perda de eficácia das bombas, fator que é mais acentuado em países tropicais, onde a percentagem de vapor pode

alcançar 4%. Isso ocorre devido ao fato do vapor aderir nas paredes internas dos tubos. Sua remoção se dá, usualmente, com injeção de energia térmica ou de gás seco (DANIELSON, 2006). Esse vapor adere às paredes de um ponto qualquer do sistema, mesmo antes de qualquer sucção de ar ou de qualquer descarga ser acionada, e se torna uma variável a ser controlada, pela interferência que provoca em seu funcionamento.

De acordo com Danielson (1999), a pergunta básica a ser feita quando se cria vácuo é “qual o objetivo a ser atingido?” No caso específico de esgoto sanitário doméstico, dadas as características físicas dos dejetos transportados, sabe-se que uma pressão da ordem de 3.600 Pa (27 mmHg ou 0,0356 atm) é suficiente para o transporte sem deposição de resíduos na tubulação (MANUAL EVAC, 2008). Nota-se que a pressão utilizada é pouco superior à pressão de vapor da água nas temperaturas ambientes (20°C), da ordem de 2,34 kPa ou 17,55 mmHg (ROMA, 2006), o que mantém a água líquida, fator muito importante para a preservação do bom funcionamento das bombas de vácuo.

No uso para esgotamento sanitário, o sistema de vácuo baseia-se na diferença entre a pressão criada dentro da tubulação e a pressão atmosférica gerando quantidade de movimento suficiente para o uso proposto. Essa pressão interna é estimada por Barbosa e Neto (2004) em 11 mmHg, embora o sistema Evac trabalhe com 27 mmHg de pressão mínima (MANUAL EVAC, 2008) e o sistema Jets, com pressões variáveis mas de mesma ordem de grandeza.

Não se pode perder de vista a observação de Roma (2006) de que essa pressão, para manter os resíduos em estado líquido não pode ser igual ou inferior à pressão de vapor da água, que em países como o Brasil pode variar bastante, em função das diversas temperaturas existentes, especialmente se o sistema for instalado em pontos do edifício que fiquem em contato com o ambiente externo, isto é, não em subsolos.

O sistema é acionado pela válvula de descarga junto ao vaso sanitário ao colocar os dois ambientes, interno e externo, em contato, provocando movimento da corrente de ar. Em

cada acionamento são gastos de 60 a 100 litros de ar (OLIVEIRA JÚNIOR E SILVA NETO, 2004).

Ainda segundo Danielson (1999), a outra questão fundamental, a ser formulada para a implantação de um sistema a vácuo qualquer, é sobre o gerador do vácuo, isto é, sobre a bomba que realiza a sucção do ar existente dentro da tubulação ou câmara ou, mesmo – no caso de aviões – o sistema de válvulas que faz o controle entre o vácuo criado pela altitude da aeronave e a pressão existente dentro da fuselagem.

Num sistema a vácuo, por mais que suas partes sejam analisadas e verificadas, é o seu conjunto que vai prevalecer sob o ponto de vista de eficácia, visto ser sua complexidade global invariavelmente maior que a complexidade da soma de suas partes (DANIELSON, 2001). Além disso, sistemas a vácuo são enormemente variados, tanto em suas complexidades quanto em seus tamanhos, dependendo da velocidade de bombeamento requerida e do nível de vácuo a ser atingido. O termo “sistema a vácuo” é aplicado a sistemas de vários tipos, desde os utilizados para pressões muito baixas, abaixo de 10^{-8} Torr³ (UHV= Ultra High Vacuum), até sistemas mais rústicos, onde a bomba é acionada somente uma vez para remover o ar e, daí, manter gases sob pressões moderadas, da ordem de até 1 atm, ou um pouco menos (ITL - INNOVATIVE TEACHING LABORATORY, 1996).

Quanto a um sistema a vácuo específico para esgotamento sanitário, pode ser classificado em três tipos, sob o critério das variantes tecnológicas para sua operação: sistema de bomba a vácuo/tanque a vácuo; sistema de coluna a vácuo; e sistema ejetor de esgotos/tanque atmosférico. Cada um deles tem suas particularidades (prós e contras), mas todos eles propiciam significativas economias de água, de volume de esgoto gerado e de custo das tubulações, por estas necessitarem de menores diâmetros (GONÇALVES, IOSHIMOTO e OLIVEIRA, 1999).

³ 1 torr = 1 mm Hg, a 0 °C e ao nível do mar ; 1 micron = 10^{-6} m Hg = 10^{-3} mm Hg = 10^{-3} torr.

O primeiro é o mais básico dos três, e sua tecnologia assenta-se em uma coluna-chamada de coluna de elevação de vácuo – que liga o(s) tanque(s) de armazenamento de vácuo com os aparelhos (vasos sanitários e mictórios que deverão ser acionados). Geralmente podem ser conectadas acima de oitenta bacias nesse sistema, utilizando-se 50 mm ou 75 mm de diâmetro na tubulação elevatória, e metade da capacidade do tanque é reservada para o vácuo e a outra metade para receber os dejetos (GONÇALVES, IOSHIMOTO e OLIVEIRA, 1999). Este é o sistema utilizado pela Evac (vide apêndice 1).

O segundo sistema é uma variação do primeiro, com o tanque de vácuo sendo colocado no topo da coluna (vide fig. 2.2a), e o reservatório continuando embaixo. Chamado de *coluna de vácuo*, esse sistema utiliza uma coluna barométrica de 6,00m de altura, sempre cheia d'água, o que provoca a rarefação desejável do ar em seu topo. A grande vantagem desse sistema é dispensar dispositivos para a saída de esgotos, caso as elevações, entre a caixa de esgoto do edifício e a rede pública, permitam (GONÇALVES, IOSHIMOTO e OLIVEIRA, 1999).

Figura 2.2a– Sistema de esgotamento sanitário por coluna de vácuo, com tanque de vácuo/bomba superior, e reservatório de efluentes separado embaixo, com saída por gravidade.
(1-Tanque de vácuo; 2 e 5 – coluna de vácuo; 3-vaso sanitário; 4-ramal secundário; 6-tanque de dejetos)

Fonte: PNCDA 1999

O terceiro, similarmente ao segundo, utiliza uma coluna elevatória de vácuo de 50 mm de diâmetro (para o caso de até oitenta bacias) ou de 75 mm (para mais de 80 bacias). Um tanque atmosférico é localizado no piso inferior e tem como função a captação de todo o esgoto do edifício (geralmente é usada uma estação de elevação de esgoto para sua remoção). O ejedor de esgoto localiza-se dentro desse tanque (vide fig. 2.2b) e o vácuo é gerado através de uma bomba recirculadora, que remove o esgoto através do ejedor e retorna ao tanque (GONÇALVES, IOSHIMOTO e OLIVEIRA, 1999). É um sistema que se assemelha ao utilizado em usinas de açúcar, ao produzir vácuo sem a ajuda de compressores, apenas com a recirculação de água, repetidamente bombeada para o topo da coluna para provocar rarefação. Esse sistema teve seu apogeu na década de oitenta, como uma tentativa de suceder, comercialmente, ao segundo sistema.

Figura 2.2b – Sistema a vácuo do terceiro tipo, segundo a classificação de Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira 1999, com ejedor sanitário (7) e coluna de elevação (1).

Fonte: PNCDA 1999

No sistema mais comum, o primeiro, quando o material transportado chega ao reservatório, um subsistema composto de dois tipos de válvulas, solenóide e retenção, atua, com duas configurações diferentes, comandado pela solenóide: em uma, a válvula de retenção é usada para introduzir pressão positiva naquela secção do sistema (final da tubulação e reservatório), empurrando os dejetos para fora do sistema, e em outra é assegurado o vácuo dentro daquela secção da tubulação, novamente, para que nova sucção aconteça quando houver outro acionamento (MANUAL EVAC, 2008).

Um problema adicional aparece quando se toma um sistema desses em edifícios, seja ele residencial ou comercial, devido à interface entre as duas componentes de fluxo presentes, quais sejam a do esgoto sanitário e das fontes cinzas (pias, câmaras frigoríficas, ralos de pisos, tanques de lavagens, chuveiros, etc.). Aí, há a inclusão de um mecanismo de controle de descarte automático (válvula de descarga automática), acoplado a um *buffer*⁴ (Vide fig. 2.2c), que acione a descarga desses buffers a partir de um certo volume, pré-determinado por critérios de segurança (Manual Evac 2008), jogando-os na tubulação de vácuo. Mas o sistema Jets utiliza outra tecnologia.

Da mesma forma com o que ocorre no final do sistema, no trecho entre a tubulação e os reservatórios de dejetos, deverá haver uma válvula, ou sistema de válvulas, que regule a interface dessas duas vertentes (vide apêndice 2, sobre o sistema Jets).

O sistema Evac adota uma válvula especial chamada válvula de interface⁵, que realiza, ao mesmo tempo, o controle da capacidade de carga do *buffer* e a estanqueidade da tubulação a jusante de sua colocação, isto é, cuida para que o ar atmosférico presente na tubulação de ligação com os pontos de captação (pias, chuveiros, etc.), a montante, não entre na tubulação principal (MANUAL EVAC, 2008).

⁴ Pequeno reservatório, tipo bolsa, acoplado à tubulação para armazenar os dejetos de fontes que não sejam as bacias sanitárias, os de águas cinzas. No sistema da Evac o *buffer* é parte da válvula de interface.

⁵ Dispositivo de ligação presente, também, no sistema Jets, contudo sem *buffers*.

No entanto, a classificação tecnológica acima proposta, bem como as especificidades operacionais apontadas – sem prejuízo de sua utilização no presente trabalho, dado o estudo de caso adotado, ou seja, o edifício da SOF- não são as únicas disponíveis, conforme referenciado.

O sistema norueguês da empresa Jets - que se diferencia do da Evac por dispensar os tanques de dejetos, demandar um espaço significativamente menor para sua instalação, dispensar o sistema de buffers nas interfaces com águas cinzas e cinzas-escuras, operar com menos ruído (cerca de 68 dB, segundo o fabricante), dispensar o CLP mecatrônico (utiliza apenas comandos elétricos), por triturar de forma mais eficaz os dejetos sólidos e sem gastar mais energia elétrica ou água, sempre de acordo com informações do fabricante - é exemplo de alternativa mercadológica.

Figura 2.2c – Trecho de tubulação com buffers acoplados às válvulas de interface.

Fonte: Manual Evac 2008.

Do ponto de vista histórico da evolução desses sistemas, o último referido pode, mesmo, ser classificado fora dos critérios propostos por Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira (1999), ao se confirmar o exposto em seus manuais e *folders*, constituindo-se numa quarta categoria, a ser

agregada àquela classificação. Registre-se ser o sistema da Evac, associado ao segundo tipo proposto pelos autores acima, empregado desde a década de 50 do século passado, quando passou a substituir os sistemas do início da era do vácuo em esgotamento sanitário, que remonta à segunda metade do século XIX (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2004).

No apêndice 2 encontra-se descrição física - com ilustrações - do sistema JETS, de acordo com entrevistas feitas com técnicos e com informações de material impresso da marca. No Brasil não existe fábrica desses equipamentos, que são representados pela empresa Tavola Engenharia, de Campinas - São Paulo.

A resistência de um sistema de esgotamento sanitário a vácuo pode ser definida pela capacidade das paredes da tubulação principal usada em suportar uma pressão de até 7,5 kgf/cm², do ponto de captação até o (s) reservatório (s) da Central de Vácuo, sendo que a pressão negativa gerada não deve ultrapassar 1/3 da pressão atmosférica (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2004). No sistema da Evac a pressão máxima admitida é de 22 "Hg, segundo o manual do fabricante.

O componente primário de um sistema a vácuo qualquer são as bomba (s), que gera (m) e mantém (em) o vácuo no sistema. Outro componente é a tubulação, além das válvulas - usadas para isolar seções do sistema -, dos aparelhos de medição, dos sifões e das bolsas - que podem ser de vários tipos, dependendo do fabricante (na Evac são os *buffers* e na Jets são apenas válvulas de interface) - que se prestam para evitar refluxos e para extrair vapores de dentro do sistema, no caso específico do da Evac. (MANUAIS EVAC, 2008 e JETS, 2009). Uma identificação diferenciada de concepção desses dois sistemas é o fato de que o da Evac nasceu para atender embarcações, sendo, depois, adaptado para o uso em edifícios, enquanto que o da Jets foi concebido para uso em prédios.

Essa identificação pode ser sistematizada conforme a classificação proposta a seguir.

2.2.2 – Subsistemas de um sistema de esgotamento a vácuo

Pode-se, então, identificar as seguintes partes ou subsistemas em um sistema predial do tipo que está sendo focado:

- vaso sanitário;
- tubulação;
- válvulas/válvulas de interface;
- central de vácuo;
- tanque de tratamento por compostagem (opcional);

2.2.2.1 - Vaso Sanitário.

Entrevistas com técnicos de empresas do ramo revelaram ser o vaso sanitário – às vezes chamado, também, de bacia sanitária, por esta ser um local onde existe água – o principal elemento constituinte de um sistema de esgotamento sanitário predial de grande economia de água, ou seja, a vácuo. Sua principal característica é a ausência de sifão no interior do vaso, em contraposição ao modelo convencional, onde o sifão é elemento essencial, por impedir o refluxo, para a bacia e, por extensão, para o ambiente onde o vaso encontra-se instalado. Em compensação, há, no lugar do sifão, aproveitando o espaço deixado pela ausência deste, a presença das válvulas, de estanqueidade do vácuo para dentro da tubulação e de acionamento do enxágüe para dentro da bacia (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2009), além de um painel traseiro para regulação dessas válvulas (MANUAL EVAC, 2008). O sifão, em um sistema a vácuo, seria um ponto de estrangulamento em situações de transporte.

Aparentemente esses vasos – que também são chamados de louças sanitárias - são confundíveis com um vaso comum apenas no material de fabricação, porcelana, e no desenho (vide fig. 2.2.2.1), pois eles admitem funcionamento com elevação do efluente e com saída horizontal dos efluentes, condições impensáveis nos sistemas gravitacionais - como também são chamados os sistemas tradicionais com fluxo de descarga a água.

Figura 2.2.2.1 - Vaso sanitário a vácuo.

Fonte: Manual Jets 2009

Estas bacias sanitárias utilizam 1 a 1,2 litros de água por descarga, proporcionando assim uma economia de, no mínimo, 90% em relação aos sistemas tradicionais básicos, uma vez que estes necessitam de 9 a 12 litros de água por operação (vide tabela 2.2.2a e vide caso do VDR). Também se pode comparar o gasto operacional de eletricidade entre esses dois sistemas, conforme mostra a tabela 2.2.2b, bem como se observar a reduzida geração de esgoto a partir do vácuo (tabela 2.2.2c) (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2006).

Podem ser fornecidos para montagem na parede ou no chão, sempre com dispositivos de conexão à rede de esgoto predial a vácuo. Não necessitam de eletricidade ou água para funcionar (o consumo de 1,2 litro, acima referido, é apenas para enxágue, visto ser a entrada de ar atmosférico na tubulação, após o acionamento da descarga, o meio de transporte dos dejetos) (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2006). A propósito, muitas companhias de aviação não fornecem a água de enxágue o que, constantemente, causa maus odores no ambiente em volta.

TABELA 2.2.2a – Consumo de água em bacias sanitárias em 220 bacias de um *Shopping Center* com frequência diária aproximada de 13.000 pessoas (dados válidos, também, para as tabelas 2.2.2b e 2.2.2c)

Consumo de água nas bacias sanitárias	Vácuo (1,2 Lpd)	Gravidade (6,8 Lpd)	Gravidade (9,0 Lpd)	Gravidade (12,0 Lpd)
Diário	4.542 L	25.738 L	34.065 L	45.420 L
Mensal	136 m³	772 m³	1.021 m³	1.362 m³

Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR E SILVA NETO, 2004.

TABELA 2.2.2b – Consumo de eletricidade operacional

Consumo de eletricidade	Vácuo (1,2 Lpd)	Gravidade (6,8 Lpd)	Gravidade (9,0 Lpd)	Gravidade (12,0 Lpd)
Geração de vácuo por acionamento	2,2 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh
Bombeamento de água por acionamento	0,47 Wh	2,68 Wh	3,55 Wh	4,74 Wh
Total	2,66 Wh	2,68 Wh	3,55 Wh	4,74 Wh

Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR E SILVA NETO, 2004

TABELA 2.2.2c – Volume na rede pública

Variáveis	Unidades 1 e 2
Nº de descartes por dia	74,78
Volume descartado por dia	6.057,18 Litros

Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR E SILVA NETO, 2004.

A par dessas informações, é na bacia que se concentra o maior número de patentes das empresas que atuam no mercado de tecnologia a vácuo, segundo informações dos técnicos. Essas patentes concentram-se tanto no painel traseiro quanto no vaso propriamente dito, cujo desenho da saída de efluentes é feito para, primordialmente, permitir ligação com o vácuo da tubulação a jusante, da forma mais direta possível, a par de garantir a estanqueidade do vácuo criado, advindo daí a necessidade de um dispositivo de precisão, geralmente um diafragma – funcionando como um *gatilho* em forma de fole (Bellow, em inglês) – ali instalado, no caso de um sistema como o da Evac (Manual Evac, 2008) e um *pequeno módulo acionador*, que é o elemento que libera a passagem de ar desde a central de vácuo, a jusante. Segundo o fabricante (Pvac, subsidiária, no Brasil, da Evac), é o acionamento desse módulo que provoca o estampido, de alcance entre 81 e 92 dB, em cada operação de descarga, acima do recomendado pela Organização Mundial de Saúde para o ouvido humano, que é de 65 dB por oito horas diárias ou 85 dB em curtos intervalos de tempo (SOCIEDADE BRASILEIRA de RESPOSTAS TÉCNICAS – SBRT, 2009). Consigne-se que o fabricante Jets anuncia 69 dB de ruído operacional para seu sistema, em qualquer modelo, observando, contudo, que, devido à rapidez do tempo de operação (três segundos em média) a sensação de barulho é maior.

2.2.2.2 - Tubulação

Para a interligação dos aparelhos de um sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário a vácuo à central de vácuo deve-se executar um sistema de tubulações (conforme o desenho esquemático na fig. 2.2.2.2), de tal forma que haja o menor número possível de conexões como forma de otimizar a condutância (ITL - INNOVATIVE TEACHING LABORATORY - , 1996).

Nesse sistema, o material recomendado é o PVC⁶. Como os tubos e conexões deverão suportar os esforços advindos do diferencial de pressão que é criado para o deslocamento dos efluentes (pressão externa superior à interna ao tubo), deve-se utilizar o PVC marrom, classe 15, ou superior, com junta soldável (processo de soldagem a frio), comumente utilizado na execução do Sistema Predial de Água Fria. Alguns critérios devem ser observados (vide no apêndice tópico sobre tubulação, de acordo com informações do Manual Evac (2008).

Figura 2.2.2.2 – Esquema de uma tubulação para sistema a vácuo, similar em qualquer sistema tecnológico empregado.

Fonte: Manual Evac 2008.

⁶ Sigla de Poli Cloreto de Vinila, resina termoplástica fabricada pela ligação de vários monômeros VC (da sigla em inglês do Cloreto de Vinila, sendo o vinil formado, basicamente por cloro e etileno) em meio aquoso, mas por vários processos diferentes, o que determina a textura final de suas paredes. Sua principal característica é a resistência a temperaturas extremas, além de sua alta resistência mecânica. É uma resina não 100% vindo do petróleo (57% é do sal de cozinha, NaCl) e por isso é mais barata e mais resistente ao fogo. Fonte: site do fabricante Solvay Idupa em www.solvayindupa.com.br.

Tendo sido a tubulação projetada e executada de acordo com o preceituado anteriormente, o principal aspecto funcional do sistema passa a ser a manutenção do vácuo dentro dela. Para isso, existem os *vacuômetros*, empregados no monitoramento do nível de pressão negativa nos trechos a serem verificados e junto aos tanques da Central de Vácuo. Para tal, é feito o chamado Teste de Estanqueidade (perda de vácuo). Esse teste pode ser realizado de três maneiras:

- a) com vácuo
- b) com ar comprimido
- c) com água pressurizada

No primeiro caso deve ser criada uma pressão de 20”Hg (67 kPa) no interior do trecho da tubulação a ser testada. Chegando-se a esse nível de pressão, após uma hora deverá ser feita a verificação da pressão negativa remanescente, que não poderá ser inferior a 19”Hg (64 kPa), isto é, a perda admissível é de 1”Hg ou 3 kPa por hora.

No segundo caso, a tubulação a ser testada deve ser submetida a uma pressão de + 300 kPa, comprimindo-se ar no seu interior. Após uma hora de espera, nova medição deve ser feita, admitindo-se + 285 kPa, ou seja, uma perda de 15 kPa/h;

Para o terceiro caso, o trecho a ser examinado deverá ficar completamente preenchido com água, que será ainda pressurizada, de forma a se alcançar a pressão de + 300 kPa. Neste nível de pressão positiva não deverá ser notado nenhum ponto de vazamento de água.

Diversos cuidados operacionais são adotados pelos técnicos que monitoram o funcionamento de um sistema nesse quesito estanqueidade, sendo os que mais comumente levam a erros de verificação os seguintes:

- Nos trechos que possuem válvula de retenção (principalmente em trechos intermediários a serem testados separadamente), é importante verificar o sentido de abertura da comporta da válvula, pois, dependendo do sentido de aplicação do fluido

(em testes envolvendo pressão) a válvula poderá ser fechada e o trecho à jusante pode não ser testado;

- Os pontos de conexão de aparelhos a vácuo deverão ser tampados com “caps”, tampão de borracha ou peça equivalente que propicie estanqueidade no ponto plugado, quando da realização de testes sob pressão positiva;
- Após a realização de qualquer um dos testes acima elencados, e verificados os pontos que possam gerar perda de vácuo, estes deverão ser preenchidos e estancados, devendo-se, após estas providências, fazer nova conferência do trecho. A correção poderá ser feita com silicone se, na conferência, o teste for feito sob vácuo;
- Ao final da execução de todo um sistema de tubulações, mas antes da conexão dos aparelhos (bacias, válvulas de interface, etc.), deve-se, ainda, realizar um teste, sob vácuo, em todo o sistema simultaneamente, dentro dos níveis de perda de pressão preconizados acima.

2.2.2.3 - Válvulas/Válvulas de interface

Aqui, deve ser registrado o conceito de *válvula de interface* – conforme dados do Manual Evac 2008 – que são válvulas colocadas na saída dos buffers, pois se trata de um conceito que ajuda na compreensão da operação do sistema como um todo, ao lidar com duas fontes distintas de dejetos. Estas válvulas são eletronicamente controladas de tal forma que acionam a descarga dos buffers toda vez que sua capacidade atinge um nível de segurança determinado, de 30 a 40% de sua capacidade de armazenamento.

2.2.2.4 - Central de vácuo

Para o caso de edifícios, foco principal deste trabalho, a central de vácuo, normalmente localiza-se nos subsolos e tem como componentes:

- a) bombas de geração de vácuo
- b) tanque(s) de armazenamento de efluentes (Evac)

c) painel de controle com CLP (Controlador Lógico Programável -Evac)

A central de vácuo é constituída basicamente pelos elementos acima, sendo que a válvula solenóide é que “pilota” as outras válvulas colocadas na saída e na entrada dos tanques. Pelo funcionamento das bombas de geração de vácuo, o ar é retirado do interior dos tanques e do sistema de tubulação, chegando a 22 ”Hg (polegadas de mercúrio) de pressão (para comparação, o nível de vácuo considerado absoluto, ou máximo, é de 30” Hg). (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2004), (vide apêndice 1).

a) Bombas de vácuo

É a bomba de vácuo, ou uma série de bombas de vácuo, o componente primário de um sistema a vácuo, como já visto e, por conseguinte, de uma central de vácuo, por ser o elemento que gera e mantém o vácuo dentro do sistema. O princípio de funcionamento de uma bomba de vácuo é o mesmo de um compressor de ar usado no enchimento de pneus, isto é, trata-se de um equipamento com princípio pneumático de operação. Seu mecanismo principal é um pistão, que bombeia o ar de dentro do espaço onde se quer gerar o vácuo. Assim, pode-se entender uma bomba de vácuo como um compressor ao contrário: no caso de um compressor de encher pneus, o ar é bombeado para o interior de um reservatório (pneu, no caso) e, em uma bomba de vácuo, o é do reservatório (tubulação, no caso) para o meio atmosférico.

Por se tratar de uma tecnologia de aplicação sensível ao uso a que se destina, deve-se levar em conta, de antemão, o conceito de curva de bombeamento que, ao correlacionar as variáveis pressão e tempo, serve de referência para ação proativa no monitoramento de qualquer sistema que estiver sendo operado, pois permite a detecção tempestiva de vazamentos, ou seja, antes de o sistema apresentar sinais de defecção, lembrando que as causas de defeitos podem advir por contaminação, além dos problemas mecânicos (DANIELSON , 2003).

A idéia é fazer uma curva-padrão do sistema e ir cotejando-a, por superposição, com sucessivas curvas de monitoramento ao longo do tempo, tendo-se em mente que não são

problemas bruscos as causas mais frequentes de interrupção do vácuo, mas problemas incrementais, com mudanças lentas, e isso a justaposição de curvas pode detectar com grande grau de acurácia (DANIELSON, 2003), (vide fig 2.2.2.4a).

Figura 2.2.2.4a – Curvas de aferição: o desajuste entre as curvas mostra presença de água na tubulação, de forma que é possível prever formação de vapor antes de danos às bombas.

Fonte: Phil Danielson em “Pumpdown Curves as a diagnostic tool” da AVS.

As bombas geram vácuo para os aparelhos (bacias e mictórios a vácuo) e válvulas de interface operarem. A cada operação, efluente e ar são admitidos no interior do sistema, dirigindo-se à central de vácuo, onde este é mais intenso (no sistema Jets os dejetos são sugados diretamente para a rede de esgoto pública, caso não haja tanque de compostagem). As partes líquida e sólida são temporariamente armazenadas nos tanques e o ar admitido é retirado do sistema pelas bombas a vácuo. A cada operação há um decaimento do nível de vácuo, informado por sensores ao CLP do painel de controle sobre a magnitude da demanda requerida, que, a partir desse dado, aciona a bomba de vácuo até atender essa demanda.

Conforme o efluente é coletado, o nível dentro do(s) tanque(s) aumenta, até que uma bóia de nível é acionada, enviando um sinal ao CLP, que determina o esvaziamento do tanque, que se dá pela quebra de vácuo em seu interior, que faz com que seu conteúdo seja drenado, por gravidade, para o destino final (fossa séptica, ETE / tanque de compostagem ou rede pública).

Se a Central de Vácuo for composta por dois tanques (caso de edifícios maiores, como o da SOF), o ciclo de descarga demora cerca de 30 segundos, enquanto que modelos com um só

tanque levam de 10 a 15 segundos. Durante esse período de tempo, o sistema utiliza o vácuo contido na tubulação para operar, mas caso não haja vácuo suficiente a descarga ocorrerá assim que o vácuo for recuperado pela ação da (s) bomba (s), que serão acionadas após o ciclo de descarga do tanque de recepção de dejetos. Mesmo um colapso total da unidade de vácuo prevê (até) uma hora a mais de funcionamento do sistema (informação de técnicos da Evac, não confirmada por técnicos da Jets, que dizem ser esse tempo de, no máximo, 15 minutos).

O tipo de bomba a ser usado depende de cada sistema. Por exemplo, num sistema de esgotamento sanitário a bomba usada é do tipo ação rotativa: o ar é colocado na câmara e levado ao exaustor quando as partes giram. As partes móveis ficam imersas em óleo, que é de baixo valor da pressão de vapor. Uma bomba a vácuo é caracterizada, antes de mais nada, pela sua “carga de gás”⁷, Q , medida em L. Torr/s, que é o produto da vazão da bomba, S_p (em L/s) pela pressão de sucção da bomba (entrada), p_i (em Torr):

$$Q = S_p \times p_i \text{ (equação fundamental do vácuo)} \quad (2.2.2.4)$$

Para determinar a velocidade de bombeamento do sistema como um todo, isto é, a condutância através da tubulação, bolsas, etc., expande-se gás de uma parte a outra do sistema, medindo-se as pressões inicial e final através da relação dos gases ideais para temperatura constante, abaixo:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (\text{Lei Geral dos Gases})$$

Tanto no sistema da Evac quanto no da Jets a velocidade de fluxo atinge cerca de 68 km/h (informação de técnicos de manutenção, tanto de uma quanto de outra).

Um determinado volume deve ser conhecido para que se determinem os demais. Uma forma de se fazer isso é pegar um frasco com um volume previamente determinado de água, atachando-o ao sistema, e então o usando como V_1 . Se o trabalho exigir um grau de precisão maior, deve ser usado um gás ideal (aquele que obedece à lei dos gases), como o argônio, mas

⁷ Note que o produto de uma vazão por uma pressão produz potência, portanto a Carga de gás é equivalente a uma potência de produção de vácuo.

uma câmara de ar também dá bons resultados (INNOVATIVE TEACHING LABORATORY - ITL, 1996).

Para uma correta operação da bomba, é imperativo que vapores sejam impedidos de entrar na bomba, conforme já dito. É também perigoso o refluxo de óleo, da bomba para o sistema, quando a bomba é desligada, isto é, é aconselhável admitir ar dentro da mangueira de passagem, como parte dos procedimentos de parada.

b) Tanques.

Um dos modelos da Evac tem o tanque com capacidade para 30 galões, ou, 108 litros, fabricado com *propileno rotomoldado*, de peso igual a 112 kg vazio e 242 kg cheio, sendo que esses 130 kg da diferença vazio-cheio correspondem a 30% de sua capacidade volumétrica, de onde se deduz que a densidade média dos dejetos é de aproximadamente 4 kg/L. Este modelo usa, ainda, uma tubulação de entrada de 60 mm DE de PVC marrom, enquanto o modelo de dois tanques utiliza a de 50mm. A tubulação de descarga, para os dois modelos de tanques, é de 100 mm DE de PVC branco. (MANUAL EVAC, 2008). Na fig. 2.2.2.4b, os principais componentes de um sistema desse tipo.

Figura 2.2.2.4b – Croquis esquemático de um sistema do tipo 1.

Fonte: Manual Evac 2008

Existem, no mercado, modelos de sistema de menor porte, que ocupam o espaço semelhante ao de uma cadeira comum, próprio para uso residencial, em ônibus, trailers, etc. Mas o mais importante, do ponto de vista de sua eficácia operacional não é a capacidade volumétrica que eles possam ter, mas a sua *forma geométrica*, que assegure superfícies convenientes para os choques moleculares, quando da geração e armazenamento de vácuo, principalmente quando da fase em que predomina o vapor de água dentro da câmara (DANIELSON, 2009).

Conforme a coleta de efluente se processa, o tanque se enche até o nível da bóia de controle, conforme já dito. Esta bóia, que opera em circuito normalmente aberto, entra em operação quando a quantidade de efluente preenche 30% da capacidade do tanque e o descarte do conteúdo do tanque se dá por quebra de vácuo no seu interior, pois, sem vácuo, o efluente drena por gravidade através da saída em sua porção inferior (vide figuras 2.2.2.4c e 2.2.2.4d). Este ciclo de descarte dura 12 segundos, podendo ser ajustado para mais ou para menos.

Figura 2.2.2.4c – Saída de efluentes em um sistema como o da SOF, vendo-se, abaixo dos tanques, a tubulação que demanda à rede pública ou a tanque de compostagem, por gravidade.

Fonte: Manual Evac 2008.

Nesse processo de geração de vácuo, da Evac, a expansão de vácuo ao tanque se deve à ação de uma válvula especial, que “pilota” outras duas válvulas do tipo *válvulas de descarga*,

de 32 mm (válvulas com funcionamento mecânico idêntico às conhecidas como *válvulas hydra*, que também se utilizam de uma camada de vácuo, formada no topo da coluna d'água que é lançada na bacia, para sua operação).

Figura 2.2.2.4d – Em primeiro plano, os reservatórios de efluentes e as bombas (à direita) e no segundo plano, outro módulo de descarte.

Fonte: Oliveira Júnior e Silva Neto 2009.

Essa válvula especial, do tipo *solenóide*⁸ (fig.2.2.2.4e), controla o funcionamento das duas válvulas de descargas, uma conectada ao(s) tanque(s) de coleta e à bomba de vácuo e a outra conectada ao tanque e à rede de esgoto pública, se for o caso.

Figura 2.2.2.4e – Uma solenóide (no centro) com suas válvulas de descarga.

Fonte: Manual Evac 2008.

⁸ Tipo de eletroválvula, formada por duas partes: um corpo e uma bobina, sendo que esta pode, ou não, ser energizada, condição que a coloca como piloto das outras válvulas a que se liga.

A solenóide é conectada a uma fonte de vácuo próxima da bomba e, durante o funcionamento do sistema, quando não estiver energizada, libera vácuo para uma das duas válvulas de 32 mm (a que está entre o tanque e a bomba), proporcionando vácuo na tubulação, enquanto que a válvula de ligação com a atmosfera permanece fechada. Quando o volume de efluente atinge o sensor de nível fecha-se o circuito, enviando um sinal ao CLP para iniciar o ciclo de descarte; nesse momento a solenóide é energizada, invertendo a condição das duas válvulas de 32 mm, isto é, abrindo a que ventila o tanque e fechando a que libera o vácuo para dentro dele. (MANUAL EVAC, 2008).

c) Painel de controle.

Utilizando um Controlador Lógico Programável – CLP -, o painel de controle possui um sistema automático de monitoramento e gerenciamento das bombas, do nível de vácuo no sistema e do nível de esgoto no interior dos tanques. Por conseguinte, controla os ciclos de esvaziamento destes com descarga automática do efluente para a estação de tratamento ou diretamente na rede pública, quando permitido. A central de vácuo é o único ponto que requer a utilização de energia elétrica, em todo o sistema. (MANUAL EVAC, 2008). (Nas figuras 2.2.2.4f, 2.2.2.4g e 2.2.2.4h vistas de um painel de controle; na parte externa ficam as luzes de alarme, somente) (vide no apêndice 1 descrição do CLP da Evac).

Figura 2.2.2.4f – Vista interna de um painel de controle com seu CLP (indicado pelo algarismo 6), chips e placas, com destaque para o cabo de alimentação, à esquerda.

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 2.2.2.4g – Painel de controle completo

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 2.2.2.4h– Vista externa de um painel de controle e luzes de alarme.

Fonte: Manual Evac 2008.

2.2.2.5 - Tanque de compostagem.

Em alguns sistemas a vácuo existe, acoplado aos reservatórios de dejetos, no final do sistema, tanque(s) para tratamentos dos dejetos antes de sua expulsão para a rede pública (fig.2.2.2.5) ou para o mar, tanto em prédios quanto em embarcações (navios, ônibus, aviões), que, no entanto, tem baixa capacidade volumétrica, sendo necessárias diversas unidades para um sistema de médio porte. Apenas nos navios existem sistemas de compostagem de maior porte, mas de massa incompatível com embarcações menores. Este, portanto, não é um

subsistema de largo uso em locais onde já existe a instalação de sistema de esgotamento sanitário a vácuo.

Basicamente compõe-se de um recipiente onde os dejetos ficam armazenados enquanto são tratados. Diversos parâmetros de sua qualidade são medidos e monitorados até que sejam atingidos os níveis adequados para sua deposição final na rede pública ou no mar.

Figura 2.2.2.5 – Tanques de compostagem acoplados a um WC de um sistema a vácuo, onde a duplicidade se deve a sua baixa capacidade de armazenamento. Fonte: site da Hamworthy inc.

Fonte: Hamworthy inc.

Considerando o conceito de *sistema*, segundo Giorgetti (2008), um sistema a vácuo não é propriamente um sistema ao ponto de designar “uma quantidade específica e bem definida de matéria” e “com fronteiras impermeáveis à troca de massa com o seu meio adjacente” (GIORGETTI, 2008).

Assim, um sistema tecnológico a vácuo pode, do ponto de vista da disciplina fenômeno de transportes ser considerado um *volume de controle* ou *sistema aberto ou dinâmico* (pela terminologia da Termodinâmica), pois ocorre interação de massa entre o meio externo e seu

invólucro (a tubulação), ocorrendo acumulação no sistema em regime não-permanente⁹, “e a carga flui, através do sistema, para a bomba” (DANIELSON, 1999).

Como consequência, um sistema de esgotamento sanitário a vácuo pode ser classificado como um problema de fenômeno de transporte do tipo 1, que exige análise detalhada e pontual em contraposição ao do tipo 2, que admite análise global, o que embasa, teoricamente, afirmações do tipo “um sistema a vácuo pode funcionar bem em partes, mas mal como um todo” (DANIELSON, 1999).

Neste trabalho, um sistema a vácuo será, pois, entendido como o “pacote tecnológico” utilizado para operar esgotamento sanitário em um determinado local, mas sem que se perca de vista as precisões conceituais apontadas, especialmente a de que ele é, à luz da disciplina *fenômeno de transportes*, apenas e precisamente um *volume de controle*, ao ser uma região do espaço, delimitada ou não por um invólucro (a tubulação, chamada de superfície de controle), onde ocorrem fatos físicos de interesse (GIORGETTI, 2008).

⁹ Conceito da fluidodinâmica que indica se o sistema altera ou não sua massa. Como num sistema de esgotamento sanitário o fluxo de dejetos é irregular e intermitente, sua massa é constantemente alterada. (Giorgetti, 2008).

3

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

Como o objetivo dessa parte do trabalho é o de avaliar a economicidade dos sistemas de esgotamento sanitário existentes atualmente em uso, mas levando em conta o que foi dito no capítulo anterior com relação a esses sistemas, especialmente o fato de o reuso não se aplicar a edifícios comerciais e residenciais, no Brasil, este capítulo irá se ater aos outros três sistemas, começando pela coleta dos dados relevantes para o estabelecimento das comparações desejadas.

Foram coletadas as contas de água e energia elétrica da SOF no período compreendido entre os seis meses anteriores à entrada em funcionamento do sistema a vácuo naquela instituição, janeiro de 2008 - que serão indicados neste texto pela sigla SC (Sistema Convencional) - e os seis posteriores à implantação do vácuo - indicados por SV - e tendo as obras se iniciado em agosto de 2007.

Foi levantado, também, em relação ao sistema a vácuo implantado na SOF, o seu custo global, devidamente discriminado por itens e apresentado na tabela 3.1.5, páginas 59 e 60.

Quanto ao aproveitamento de águas pluviais, foi feita uma simulação de como seria tecnicamente o processo de sua implantação na SOF, caso fosse esse o sistema escolhido para substituir o gravitacional. Nesse caso, os dados coletados foram basicamente aqueles referentes à pluviosidade do local - mais especificamente na sede nacional da Embrapa, que fica a cerca de 500,00 m de distância do local - além, é lógico, do cálculo da demanda específica para esgotamento sanitário (feito no item 4.2.1 do capítulo 4) e do levantamento da área de captação,

sendo que, nesse ponto, é pré-requisito em qualquer método o uso apenas de áreas cobertas com telhas (PEREIRA, 2007), por questões de salubridade.

O item a seguir, 3.1, trata, pois, da sistematização dos dados para a comparação entre os sistemas gravitacional e a vácuo e foi subdividido nos subitens 3.1.1 (contendo as tabelas de lançamento das contas de água e energia elétrica), 3.1.2 (com o registro do aumento do número de funcionários no mesmo mês da implantação do sistema a vácuo) e 3.1.3 (trazendo a contabilidade desses dados para a realização das análises, feitas no capítulo 4).

Após isso, o item 3.2 é voltado para o sistema de aproveitamento de águas pluviais, com a apresentação do método adotado para o cálculo do volume de reservação necessário para atender a demanda de esgotamento sanitário, em observância ao fato de ser o tamanho do reservatório (fator que determina o grau de eficiência do sistema) o ponto mais importante do projeto e do orçamento de custos.

Por fim, o cálculo feito, por uma empresa privada, para avaliação dos custos de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais com os dados da SOF, mas que o fez somente sob o ponto de vista tecnológico, ao não levar em conta o seu mais vultoso item, o custo do reservatório. Esses cálculos encontram-se no apêndice 5.

3.1 – Dados para comparação dos sistemas tradicional e a vácuo em um estudo de caso.

3.1.1 – Levantamento dos insumos água e energia elétrica

Foram levantadas as contas de água e energia elétrica, de seis meses antes e sete meses depois da substituição de um sistema pelo outro e feitas as médias de gastos mensais de um e de outro desses insumos.

TABELA 3.1.1.a - Consumo de Energia Elétrica na SOF

Data	kW – SC*	Contrato	Data	Kw – SV*	Contrato
24/08/2007	449	510	25/03/2008	511	510
24/09/2007	479	510	25/04/2008	509	510
23/10/2007	540	510	21/05/2008	532	510
23/11/2007	507	510	14/07/2008	464	510
24/12/2007	487	510	23/07/2008	472	510
24/01/2008	485	510	20/08/2008	468	510
25/02/2008	394	510	23/09/2008	494	510
Σ	3341		Σ	3450	
Média	477, 2857		Média	492, 8571	

1,032625

3,26% = variação de consumo após SV (implantado em 02/2008)

* **SC - Sistema Convencional ; SV - Sistema a Vácuo****TABELA 3.1.1.b - Consumo de Água na SOF**

Data	m³ - SC	Data	m³ - SV
23/08/2007	558	23/03/2008	504
23/09/2007	838	23/04/2008	483
23/10/2007	579	10/6/2008	428
23/11/2007	595	23/6/2008	459
23/12/2007	595	23/7/2008	445
23/01/2008	604	23/8/2008	539
23/02/2008	443	23/9/2008	630
Σ	4212	Σ	3488
Média	601,7143	Média	498,2857

0,207569

O Sistema Convencional apresentou um consumo 20,75% a maior

Fontes das tabelas acima: Companhia de Água e Esgoto de Brasília – CAESB – e Companhia de Eletricidade de Brasília – CEB.

3.1.2 - Quadro de Pessoal da SOF no período estudado.

No período avaliado houve aumento no quadro de funcionários, coincidentemente a partir de janeiro de 2008, quando aconteceu a implantação do sistema a vácuo. O número de funcionários efetivos subiu de 228 para 295, representando um acréscimo de 29,4%. Calculando-se os reflexos desse dado nas conclusões extraídas das tabelas acima obtém-se os

novos percentuais, conforme poderá ser visto no capítulo seguinte, que trata da análise dos dados coletados.

3.1.3 – Ajuste de dados.

3.1.3.1 – Primeiro critério de avaliação

O percentual de redução revela-se, dada a participação de 38% do aparelho sanitário no total de consumo de água residencial e dada a redução de 90% do consumo de água em cada acionamento após a implantação do vácuo (= 3,8% dos 38% acima referidos, perfazendo 34,2%), indicativo de semelhança da participação do aparelho sanitário no consumo de água de um edifício público em relação à mesma participação no consumo doméstico, neste estudo de caso da SOF, não se podendo generalizar tal constatação, por se tratar de um único caso de observação.

3.1.3.2 – Segundo critério

Um outro cálculo, envolvendo as mesmas grandezas, pode ser feito, como forma de comparação e de prospecção de validação para o dito no tópico anterior:

a) antes de SV:

228 funcionários X quatro descargas diárias X 12 litros = 10.944 L de consumo diário de água em descargas sanitárias, e

$10.944 \times 30 \text{ (dias)} \times 0,7 \text{ (coeficiente de correção)} \times x = 601 \text{ m}^3$ (de consumo médio mensal, número extraído da tabela 3.1.1b),

De onde:

$x = 38,24 \%$, que é, por esse critério, a participação do vaso sanitário no consumo total de água da SOF antes do sistema a vácuo, que é a mesma da do uso residencial.

Obs. – O coeficiente 0,7 serve para ajustar o número de dias trabalhado em edifícios públicos (=22), bem como as férias de funcionários e outros fatores de variação.

b) depois de SV

(sem considerar o aumento do número de funcionários, para homogeneizar os dados):

$$228 \times 4 \times 1,2 = 1094,4 \text{ L e}$$

$1094,4 \times 30 \times 0,7 \times x = 413,56 \text{ m}^3$ (média mensal de consumo após a implantação do vácuo, conforme tabela 3.1.1a).

De onde:

$x = 5,5 \%$ de participação do vaso sanitário no consumo total de água da SOF após a implantação do vácuo.

Então, subtraindo-se os 5,5% acima dos 38 % do item a), obtém-se 32,5%, que é um indicador muito próximo de 31,27%, que foi a redução observada a partir da análise das contas de água da SOF, conforme consta do item 4.1 do capítulo seguinte.

Obs. - Os cálculos do primeiro critério foram os utilizados para alimentar as tabelas de cálculo do capítulo seguinte, sob a ótica dos parâmetros econômicos VPL, TRI e TIR, respectivamente, *valor presente líquido*, *tempo para o retorno do investimento (pay back)* e *taxa interna de retorno*), cujos conceitos são apresentados a seguir.

3.1.4 Parâmetros econômicos de avaliação utilizados

3.1.4.1 - valor presente líquido.

Em matemática financeira, Valor Presente, VP, pode ser conceituado como aquele valor a ser pago em uma única data (de uma só vez), relativo a um débito contraído em parcelas (prestações). Em outras palavras, significa quanto um determinado indivíduo teria que pagar para quitar, integralmente ou parcialmente, um determinado débito que vinha sendo pago em

parcelas, geralmente mensais. Isso implica que a taxa de juros embutida em cada parcela deve ser descontada, como forma de se ajustar o valor *nominal* do que o indivíduo estava devendo (a soma de todas as parcelas que ainda estavam em aberto) com o valor *real* delas na data do pagamento, isto é, o valor “presente” daquele valor nominal, que era inflado pelos juros cobrados.

O Valor Presente, dependendo de sua posição no diagrama de fluxo financeiro, pode ser negativo ou positivo. Além disso, ele pode englobar custos fixos incidentes em um determinado investimento, como taxa de administração, por exemplo. Daí o conceito de **valor presente líquido, VPL**, que leva em conta somente o capital inicial somado ao fluxo de caixa mês a mês (no caso, a diferença provocada pela economia de água), ou seja, é um parâmetro que considera, estritamente, o que, em tese, vai para o bolso de quem fez o investimento inicial, mas se descontado o custo de oportunidade (o quanto ele deixou de ganhar por não ter aplicado o dinheiro no mercado financeiro, por exemplo).

O VPL é uma ferramenta eminentemente gerencial ao não se preocupar com o ônus de incidências financeiras acessórias em um investimento e, desta forma, torna-se bastante útil na avaliação de desempenho econômico dos chamados *ativos reais*, como uma central de vácuo, por exemplo.

O VPL de um investimento, quando este exige aporte inicial de recursos (a compra da central de vácuo, no caso) é negativo no tempo $t = 0$, portanto. No primeiro mês – ou no primeiro ano –, quando provavelmente ocorre a primeira diferença positiva devido à queda no custo da água, ele se torna positivo no igual valor dessa economia realizada menos a **TMA**, sigla de **Taxa Mínima de Atratividade**, que é uma taxa de desconto que considera o custo de oportunidade do investimento (por exemplo, x % de rendimento anual do que foi empregado na compra da central, se aquele recurso fosse aplicado em caderneta de poupança naquele ano – ou naquele mês – em que se está medindo o VPL); as diferenças positivas nos valores das contas

de água são consideradas *entradas* e o gasto com manutenção, se forem considerados¹⁰, *saídas*. As saídas, obviamente, englobam a alíquota gerada pela incidência da TMA.

O VPL exige a estipulação de um prazo para ser calculado. No final desse prazo, se a VPL der positiva, será um forte indício de bom negócio. Mas nenhum parâmetro econômico deve ser analisado isoladamente, por uma questão de acuidade de análise, por isso a presença dos outros utilizados, para compor uma “cesta” de indicadores que represente melhor a realidade econômica dos fatos analisados.

3.1.4.2 - tempo para o retorno do investimento ou TRI (ou pay back).

É o momento, no fluxo financeiro de um investimento, em que começa a haver retorno positivo de caixa, isto é, o ponto em que os gastos iniciais somados aos custos operacionais e outras componentes – quando existirem- são neutralizados pelo impacto econômico produzido pelo investimento feito.

Este impacto econômico, no caso, é definido como lucro líquido acumulado e o TRI é uma das principais alternativas ao VPL para análises econômicas, embora seja um parâmetro que se preste, por excelência para *investimentos que envolvam altos riscos financeiros* (www.financasnaweb.hpg.ig.com.br/payback.htm), sem levar em conta possíveis componentes sociais, embutidos.

3.1.4.3 - taxa interna de retorno ou TIR.

Comumente definida como a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente no tempo zero) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa (FCs positivos, que fazem os VPs tenderem ou serem positivos ao fim do(s) período(s) analisados). Quando a TIR é usada em análise de investimentos significa a “taxa de retorno de

¹⁰ Optou-se por não computar gastos com manutenção por dois motivos: o caso do aeroporto de Denver, USA (pg. 26) e o ganho social com a diminuição de volume na ETEs.

um projeto”, ou seja, conhecido o tempo em que tal investimento irá começar a dar lucro, pode-se saber a qual taxa, considerando-se as variáveis relevantes envolvidas, que isso irá ocorrer.

Pode, também, ser definida como a taxa que equaliza o Valor Presente (VP) de um ou mais pagamentos ou investimentos (saídas de caixa) com o valor presente de um ou mais recebimentos ou lucros (entradas de caixa).

3.1.4.4 – Equação Geral de Cálculo Financeiro

Como normalmente tem-se um fluxo de caixa (FC_0) inicial - no momento zero - que representa o valor do investimento, e diversos fluxos de caixa futuros - representando as receitas (FC_j) - a equação do que dá a TIR, a TRI ou o VPL é, segundo Vieira Sobrinho (2007):

$$FC_0 = \sum FC_j / (1 + i)^j, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1.4.4)$$

Em que

i é a taxa de retorno a ser calculada;

FC é um fluxo de caixa qualquer, que tanto pode ser *entrada* como *saída*.

Essa sigla FC é, muitas vezes, tratada nos problemas de matemática financeira como P, de *pagamento*. É que, na maioria dos casos, as questões dessa área são relativas a cálculos de valores de prestações de compra a crédito, com P representando o valor das prestações, que equivalem aos FCs positivos da notação aqui adotada. Nesses casos, o valor do bem adquirido é um FC negativo, isto é, a “dívida” contraída pelo comprador, que deverá ser abatida ao longo do tempo.

A fórmula acima, com as devidas variações, é matriz de várias situações em análises financeiras, e contempla a incidência de juros compostos num *fluxo de caixa* padrão, usualmente representado por uma reta e sendo os juros compostos aqueles que incidem, no final de cada período adotado (o mês, por exemplo), sobre o montante do período anterior, ao

contrário do juro simples, que incide somente sobre o capital inicial, apenas, ou seja, incide somente sobre o FC_0 , que é como é chamado, no caso, o capital inicial.

Como última observação, é importante saber que o Valor Presente é, na verdade, o que se costuma chamar de *capital inicial* em um problema qualquer de matemática financeira, apenas com a diferença de que ele é um capital que se desloca ao longo do tempo em que se dá o fluxo financeiro estudado, advindo daí a mudança de nome: apenas com o intuito de evitar confusão com aquele que permanece fixo e que é chamado de capital inicial.

3.1.5 – Planilha de custos da implantação do sistema a vácuo na SOF em substituição ao sistema gravitacional.

A tabela 3.1.5 mostra a composição de custos de implantação do sistema a vácuo no prédio da SOF, ocorrido a partir de janeiro de 2008, com as obras tendo se iniciado no segundo semestre de 2007:

TABELA 3.1.5 - Custo de implantação do sistema de esgotamento sanitário a vácuo na Secretaria de Orçamento Federal - SOF, em Brasília – DF, o estudo de caso deste trabalho.

OBRA: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA A VÁCUO NA SOF					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.	PREÇO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
01. ADMINISTRAÇÃO DA OBRA					
01.01	Engenheiro	un/mês	4,00	3.300,00	13.200,00
01.02	Encarregado	un/mês	4,00	1.200,00	4.800,00
01.03	Transporte de pessoal e alimentação	unid.	880,00	12,00	10.560,00
01.04	EPI - equipamentos de proteção individual	unid.	40,00	50,00	2.000,00
01.05	Mobilização de equipamentos	Vb	1,00	2.700,00	2.700,00
01.06	Retirada de entulho	un/mês	18,00	210,00	3.780,00
01.06	SUB-TOTAL				37.040,00
02.	ENCARGOS SOCIAIS	%	85,50%	1,00	15.390,00
03. INSUMOS					
03.01	Materiais de consumo	Vb	1,00	2.200,00	2.200,00
03.02	Ferramental	Cj	4,00	310,00	1.240,00
09.04.01	Tubo PVC, Classe 15, ø60mm	m	180,00	21,40	3.852,00
09.04.02	Tubo PVC, Classe 15, ø50mm	m	120,00	12,35	1.482,00
09.04.03	Tubo PVC, classe 15, ø75mm	m	24,00	32,70	784,80
09.04.04	Junção 45° ø60mm/ø50mm	un	65,00	27,60	1.794,00
09.04.05	Curva 45°, ø50mm	un	65,00	6,09	395,85
09.04.06	Adaptador para válvula de retenção	un	22,00	3,75	82,50
09.04.07	Válvula de retenção	un	3,00	96,00	288,00
09.04.08	Registro esfera	un	2,00	78,60	157,20
09.04.09	Adaptador para registro esfera ø50mm	un	4,00	3,75	15,00
09.04.10	Joelho 45°, ø60mm	un	65,00	22,80	1.482,00

09.04.11	Junção 45°, especial, ø60mm	un	17,00	94,50	1.606,50
09.04.12	CAP rosqueável, ø60mm	un	27,00	9,75	263,25
09.04.13	Registro esfera, ø60mm	un	16,00	97,74	1.563,84
09.04.14	Registro esfera, ø75mm	un	3,00	210,00	630,00
09.04.15	Adaptador cola/rosca, ø75mm	un	3,00	20,70	62,10
09.04.16	Adaptador cola/rosca ø60mm	un	75,00	10,50	787,50
09.04.17	Curva 90° ø60mm	un	20,00	25,50	510,00
09.04.18	Joelho 90° longo ø50mm	un	13,00	19,50	253,50
09.04.19	CAP rosqueável, ø60mm	un	8,00	9,75	78,00
09.04.20	Abraçadeira, ø50mm, tipo SRS687_SISA	un	130,00	8,25	1.072,50
09.04.21	Tirante tipo SRS13 3/8"	m	130,00	6,00	780,00
09.04.22	Abraçadeira, ø60mm, tipo 687_SISA	un	65,00	9,00	585,00
09.04.23	Abraçadeira, tipo 687_SISA	un	6,00	13,50	81,00
09.04.24	Bucha 3/8"	un	104,00	5,25	546,00
09.04.25	Vaso sanitário, de piso, porcelana branca, c/ memória, tampo e acento próprios, estrutura de funcionamento pneumática, composto com válvula de água, válvula de descarga e válvula ativadora (acoplados na parte anterior da louça)	un	65,00	2.400,00	156.000,00
09.04.26	Central de Vácuo (02 bombas Busch-Mink1142, painel eletrônico, 02 tanques em aço inox de 360 litros cada, e válvulas pneumáticas que compõem o sistema)	un	1,00	150.000,00	150.000,00
09.27	SUB-TOTAL				325.152,54
10.	SERVIÇOS DO SISTEMA À VÁCUO				
10.01	Instalação de porta dupla tipo veneziana	un	1,00	310,00	310,00
10.02	Instalação de exaustor de parede, Ø=400mm, 6pólos, monofásico, 220V	un	1,00	120,00	120,00
10.03	Instalação de termostato ambiente p/ controle do exaustor	un	1,00	90,00	90,00
10.04	Instalação de rede esgoto de 100mm p/ descarte desde os tanques até o PV existente	vb	1,00	210,00	210,00
10.05	Interligação elétrica de força do ponto fornecido pelo MP até o QE da central de vácuo	vb	1,00	495,00	495,00
10.06	Interligações elétricas do QE da central de vácuo, até as bombas de vácuo	vb	1,00	195,00	195,00
10.07	SUB-TOTAL				1.420,00
11.	TOTAL				379002,54

Esta planilha foi extraída de outra mais ampla, cuja reprodução encontra-se no apêndice 6. O total de investimento feito servirá para alimentar as planilhas de cálculo do capítulo 5, que trata da economicidade dos sistemas estudados.

Fonte: Eng^a Eva Maria Brito (SOF)

3.2 – Métodos para substituição simulada do sistema tradicional pelo de aproveitamento de águas pluviais

3.2.1 – Método de Rippl

Dentre os vários métodos empregados para a mensuração volumétrica de um reservatório de um sistema com aproveitamento de águas pluviais, é o método de Rippl o mais comum (PEREIRA, 2007). Basicamente, é um método analítico, que exige do calculista, em

essência, a correta interpretação dos dados de sua tabela-base que, por sua vez, é alimentada com dados coletados e estatisticamente compilados (o volume do reservatório é calculado com a utilização dos desvios padrões com dados mensais de pluviometria).

Sua tabela de cinco colunas começa com a introdução, na primeira delas, dos dados de pluviosidade média (precipitação média mensal) do local - ou próximo dele – onde deverá ser construído o reservatório. As demais colunas são, respectivamente, pela ordem abaixo:

A = Área de coleta;

C = Coeficiente de Escoamento Superficial;

η = Eficiência do sistema de captação (rendimento);

V = Volume aproveitável ou chuva média mensal;

D = Demanda mensal;

Dif. Acumulada = Volume obtido pelo somatório das diferenças *negativas* do volume aproveitável menos a demanda;

Vol.Res. = Volume do reservatório de água pluvial = maior valor das Dif. Acumulada.

A área de coleta, normalmente, corresponde à área da cobertura do edifício que será utilizada para a captação das águas das chuvas; a eficiência do sistema, geralmente dependente do tipo de material de que a cobertura é feita, varia de 0,8 a 1,0 (PEREIRA, 2007). No caso, será adotado 0,9, por ser o telhado da SOF, de telhas de cimento amianto.

A chuva média mensal é a última linha da tabela 3.2.1a¹¹; a demanda mensal foi calculada da seguinte maneira:

Dados:

-Nº de funcionários (média): 270;

-Nº de bacias sanitárias: 65, distribuídas em 5 pavimentos (incluindo um subsolo);

-Nº médio de descargas por dia/pessoa: quatro;

-Nº de litros gastos em cada acionamento de descarga: 12;

-Coeficiente de ajuste (devido a férias, folgas, descargas para não sólidos, etc.): 0,7.

Então, a demanda mensal é:

$$V = 270 \times 48 \times 30 \times 0,7 = 273000 \text{ L} = \mathbf{273m^3/mês};$$

¹¹ É calculado o Desvio Padrão para cada média mensal da série histórica; Na sequência, soma-se e subtrai-se o valor encontrado de desvio padrão para a amostra de cada mês à média mensal encontrada para cada mês nos 10 anos da série, obtendo assim dois “Valores Limites”, um superior (encontrado pela soma) e outro inferior (encontrado pela subtração) à média mensal. Assim, calcula-se uma nova média excluindo-se os valores que estivessem fora do intervalo compreendido pelos dois valores limites. Esta nova média mensal é aplicada à tabela do método de Rippl, obtendo-se, assim, o valor final do volume do reservatório de armazenamento de água pluvial com a utilização dos desvios (PEREIRA, 2007)

As áreas de coleta estão expressas nos títulos das duas tabelas apresentadas e o Coeficiente de Runoff ou de escoamento adotado, conforme já referenciado, foi de 0,9. Optou-se a favor da segurança de cálculo.

Esses dados de entrada alimentam a tabela Rippl nas colunas 1, 2, 4 e 5. As demais colunas, conforme se pode observar, são alimentadas por deduções a partir dessas quatro primeiras, com exceção da coluna “volume de chuva mensal” ou “volume aproveitável”, calculado como se segue, segundo Pereira (2007):

“...Volume de chuva mensal (m³) é volume máximo de água de chuva que poderá ser coletado no intervalo de um mês. Pode ser calculado pela seguinte equação segundo Tomaz (2003) apud May (2004):

$$Q = P \times A \times C \quad (3.2.1)$$

Em que:

Q = Volume mensal de água de chuva (m³);

P = Precipitação média mensal (mm);

A = Área de coleta (m²);

C = Coeficiente de *Runoff*”.

As demais colunas são assim definidas pelo método de Rippl:

- **Volume acumulado (m³):** volume de chuva mensal acumulado no período de um ano (de janeiro a dezembro);
- **(Volume de chuva – demanda) (m³):** Diferença entre o volume de água de chuva disponível e o volume da demanda;
- **Volume do reservatório de água de chuva (m³):** volume adquirido pelo somatório das diferenças negativas do item anterior;
- **Número de dias em que haverá suprimento de água de chuva:** número de dias em que o volume do reservatório sustenta a demanda sem a utilização de água de outras fontes de alimentação em períodos de estiagem. Segundo Tomaz (1998), citado por Pereira (2007), esse número pode ser calculado pela relação **Volume do reservatório (m³) / Volume da demanda (m³)**. Esse algoritmo é, no entanto, apenas ilustrativo no presente caso.

TABELA - 3.2.1a - Pluviosidade nos últimos dez anos, mês a mês, no entorno da SOF.

CHUVA MENSAL (mm)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	380	134,7	92,7	42,7	78,6	193,4	30,2	0	59,1	90,1	331,2	154,7
1998	120,4	288,5	139,3	126,3	97,5	12	5	36,4	88,3	182,2	29,5	314,5
1999	489,4	273,6	164,5	61,3	31	67,5	13,5	0	68,8	42,5	83,3	225,5
2000	238,5	293,8	167	2,1	6,1	4,1	55,2	18,3	47	42	138,5	94,5
2001	229,5	108,7	108,1	78,3	86,7	44,5	2,7	36,9	72,3	190,4	179,1	230,1
2002	379,1	274,7	129,3	5,5	69,2	0	4,6	86,6	53	48,9	133,9	249,6
2003	411,9	204,6	144,3	118,9	40,4	34,3	0	---	3,1	115,2	253,2	200,8
2004	296,8	257	118,1	146,2	124,6	32,4	19	0	15,8	128,8	243,3	245
2005	505,8	114,8	172,1	52,6	79	38,3	0	5,8	55,3	90,1	---	182,8
2006	176,5	257,5	178,5	10,4	56	---	---	14,5	70	157	137,8	302,4
Média	322,79	220,79	141,39	64,43	66,91	42,65	13,02	19,85	53,27	108,72	152,98	219,99

Com os dados calculados neste capítulo, devidamente homogeneizados quanto às suas unidades e devidamente somados aos conceitos apresentados – VPL, TIR e TRI – e mais as tabelas, pode-se partir para sua aplicação, tanto através da fórmula 3.1.4.4 quanto do método de Rippl (no caso do aproveitamento de águas pluviais).

A tabela acima, por exemplo, é a base para a avaliação do tamanho do reservatório que seria utilizado caso o sistema instalado na SOF fosse o de aproveitamento de águas pluviais. As médias mensais de chuva são um dado crucial de análise.

Com isso, como poderá ser visto, será cumprido um dos objetivos deste trabalho, o de comparar, por meio de simulações ou não, os sistemas que, segundo o que já foi apresentado, são passíveis de comparação (a vácuo, gravitacional e aproveitamento de águas pluviais) do ponto de vista de sua economicidade, isto é, do ponto de vista de seu desempenho econômico sob a luz de parâmetros previamente escolhidos e de situações reais de operação.

4

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE ECONOMICIDADE

Neste capítulo, com a utilização de uma planilha eletrônica, os dados foram sendo sucessivamente alterados em diferentes simulações, realizadas à luz dos parâmetros e conceitos abordados no capítulo anterior, tanto para o sistema da Evac quanto para o da Jets, além do gravitacional. Essas simulações estão descritas no item 4.2 e 4.3, após a análise introdutória feita no item 4.1.

Deve-se observar, então, que cada uma das planilhas de análise foi alimentada de uma forma diferente das demais, buscando-se com isso um número suficiente de exemplos para que se possa ter a máxima clareza possível na visão do desempenho econômico de cada sistema analisado.

Depois das planilhas de análise, para cada exemplo, vêm gráficos de análise comparativa (histogramas) e tabelas com os números/dados que alimentaram aquelas primeiras, incluindo os fluxos de caixas, negativo e positivos, usados na aplicação da fórmula 3.1.4.4, sem prejuízo da apresentação, no apêndice 7, de uma pequena memória de cálculo demonstrativa.

O item 4.2 refere-se exclusivamente ao sistema de aproveitamento de águas pluviais, com a aplicação do que foi descrito, também, no capítulo anterior, ou seja, o método de Rippl, que é o mais largamente empregado para se calcular o volume de reservação. Para o presente caso buscou-se uma eficiência de 100%, o que significa que toda a demanda para esgotamento sanitário deveria ser, de antemão, atendida pelo sistema simulado, como forma de maior clareza

na comparação com os outros dois sistemas estudados, que, por sua vez, se submeteram a esse nível de exigência.

As planilhas do item 4.1 serão explicadas uma a uma, enquanto que o método do item 4.2, Rippl analítico, exige do analista apenas a leitura da última célula de sua tabela, que expressa o volume do reservatório necessário para o atendimento da demanda de acordo com o grau de eficiência desejado, que, no caso, foi de 100%.

Um esclarecimento que deve ser dado é o do número de descargas/dia por funcionário em um edifício comercial/público. Técnicos das empresas da tecnologia do vácuo dizem ser esse número igual a 4, não tendo sido encontrada na literatura uma estatística que pudesse se considerada definitiva quanto a isso. Todos os cálculos feitos em todo o trabalho consideraram quatro descargas/dia por funcionário.

4.1 - Análise das contas de água e energia elétrica.

Simple leitura dos dados apresentados nas tabelas 3.1.1a e 3.1.1b revela forte redução de consumo de água depois de implantado o sistema a vácuo, a par de pequena elevação no de energia elétrica que, percentualmente, foram de 2,7% para energia elétrica e 24,97% para água, para mais ou para menos.

Confrontados a um único referencial, qual seja, a média de gastos após a implantação do sistema a vácuo, esses percentuais expressam os mesmos 2,7% de aumento para consumo de energia elétrica, mas 31,27% de redução de consumo de água. Esse ajuste referenciado a um único ponto auxilia, por certo, na compreensão das alterações de gastos ocorridas, mas induz outras reflexões.

À luz das informações adquiridas ao longo das pesquisas realizadas, por exemplo, a de que o consumo de água em aparelhos sanitários de uma residência representa 38% do total consumido mensalmente naquele tipo de edificação, e a de que há uma redução de 90% no

gasto de água em cada acionamento de descarga a vácuo, pode-se calcular a participação do aparelho sanitário no gasto de água de um edifício público, também.

A utilidade desse cálculo, quando para nada, serve para comprovar a justeza das estatísticas apresentadas.

4.2 – Sistema a vácuo da Evac comparado ao sistema gravitacional.

Nessa comparação foram utilizados os dados do capítulo 3 e, com o auxílio de uma planilha eletrônica, foram processados pela equação 3.1.4.4 para a obtenção dos parâmetros desejados, sendo apresentados na tabela 4.2a.

TABELA 4.2a—Planilha de cálculo de VPL, TIR e TRI para o sistema a vácuo da SOF.

Ocupação	228		
Nº de descargas	4 por dia		
Descarga convencional	12 litros por acionamento		
Descarga vácuo	1,2 litros		
Consumo diário			
Convencional	10944,00 litros		
Vácuo	1094,40 litros		
Porcentagem de redução do consumo	90,00%		
Dias ocupados/ mês	22		
Volumes em m³	vácuo	convencional	economia
Consumo mensal	24,08m³	240,77m³	216,69m³
Consumo anual	288,92m³	2889,22m³	2600,29m³
Crescimento da tarifa	0 % ao ano		
Tarifa água e esgoto	R\$10,94		
Em valores monetários	vácuo	convencional	economia
Gasto mensal	R\$ 263,40	R\$ 2.634,00	R\$ 2.370,60
Gasto anual	R\$3.160,80	R\$ 31.608,02	R\$ 28.447,22
Instalação	0,00		
Equipamento	R\$379.002,54		
Total do investimento	R\$379.002,54		
TRI	13,32 anos 159,88 meses		
VPL-1 (15 nos)	R\$ (112.063,27)		
TIR-1 (15 anos)	1,52% ao ano		
VPL-2 (15anos)	R\$ 18.495,58		
TIR-2 (15 anos)	7,69% ao ano		

Obs. — O valor entre parênteses de VPL-1 é uma notação contábil internacional de negatividade.

As últimas linhas da tabela mostram os valores obtidos para os parâmetros desejados, de acordo com a fórmula 3.1.4.4, considerando os dados lançados nas demais linhas. Pode-se observar uma ligeira discrepância entre o TRI e o VPL - 2, o positivo, o que demonstra que esses parâmetros não devem ser olhados separadamente, mas em conjunto, buscando maior acuidade de análise, pois, a rigor, se o TRI foi próximo de 13 anos assim também deveria ser o tempo gasto para que o VPL se tornasse positivo.

Esses valores, diga-se, foram muito discrepantes em relação aos que o fabricante apregoa: a Evac estima em dois anos o tempo para que o investimento seja compensatório em casos como esse. No entanto, nenhuma dessas empresas, Evac e Jets, leva em conta o ganho social embutido com a economia feita nas ETEs. No caso de Brasília, por exemplo, onde 100% do esgoto são tratados, a redução de emissão em escala significativa levaria a uma economia igualmente significativa nos custos de tratamento de esgotos (é de 50%, do valor total da conta de água e esgoto da SOF, a parcela relativa ao custo do esgoto). Pode-se inferir daí, portanto, que os valores atualmente pagos à CAESB, a concessionária dos serviços de água e esgoto do Distrito Federal, sofreriam forte redução caso o sistema a vácuo fosse largamente adotado pela população.

TABELA 4.2b – Fluxo de Caixa (FC) que alimentou o cálculo de VPL.

Instalação	R\$ 0,00
Equipamento	R\$ 379.002,54
Total do investimento	R\$ 379.002,54

Em m ³	vácuo	convencional	economia
Consumo mensal	24	241	217
Consumo anual	289	2.889	2.600

Em valores monetários	vácuo	convencional	economia
mensal	R\$ 263,40	R\$ 2.634,00	R\$ 2.370,60
anual	R\$ 3.160,80	R\$ 31.608,02	R\$ 28.447,22

Quanto aos gastos com a operação do sistema, principalmente com assistência técnica, estes não foram computados por duas razões: pelo fato já apontado de a menor geração de esgoto forçosamente influir no custo operacional da ETE e pelo, igualmente já mencionado fato, de que o sistema a vácuo requerer menos assistência devida a chamados por defeitos. Buscou-se, ainda que empiricamente, uma compensação.

A Tabela 4.2a' mostra como fica o sistema Evac com incidência de taxas (vide apêndice 7):

Tabela 4.2a' – Segunda simulação para o sistema Evac.

Ocupação	295		
Nº de descargas	4 por dia		
Descarga convencional	12 litros		
Descarga a vácuo	1,2 litros		
consumo diário			
Convencional	14160,00 litros		
Vácuo	1416,00 litros		
Porcentagem de redução			
Em volume	90,00%		
Dias ocupados por mês	22		
Em m³	vácuo	convencional	economia
Consumo mensal	31,15m³	311,52m³	280,37m³
Consumo anual	373,82m³	3738,24m³	3364,42m³
Crescimento da tarifa	15% ao ano		
Tarifa de água e esgoto	R\$ 10,94		
Em valores monetários	vácuo	convencional	economia
Mensal	R\$ 340,80	R\$ 3.408,03	R\$ 3.067,23
Anual	R\$ 4.089,63	R\$ 40.896,35	R\$ 36.806,71
Instalação			
Equipamento	R\$379.000,00		
Total do investimento	R\$379.000,00		
TRI (pay back)	10,30 anos		
VPL-1 (15 nos)	R\$ (34.978,37)		
TIR-1 (15 anos)	5,12% ao ano		
VPL-2(15 anos)	R\$ 501.392,02		
TIR-2 (15 anos)	18,49% ao ano		

A Tabela 4.2.b mostra, com o foco dirigido para os dados da Tabela 4.2.1, os valores de FC que foram empregados, por meio da fórmula 3.1.4.4, para o cálculo dos parâmetros

econômicos expressados, quais sejam, o VPL, o TRI e a TIR. Na primeira sequência está o VPL de investimento, portanto negativo; na segunda, as diferenças de consumo que, multiplicadas pela tarifa cobrada, chegaram ao valor do último quadro da terceira sequência, o valor do FC positivo, isto é, da economia anual feita, que também foi lançado na fórmula 3.1.4.4.

Os histogramas das figuras 4.2a e 4.2b são ilustrativos gráficos dos cálculos anteriores. O primeiro compara o consumo de água em metros cúbicos dos três sistemas focados, quais sejam o da Evac, o da Jets e o antigo lá instalado, Istoé, o gravitacional, enquanto o segundo compara os gastos em moeda corrente. Ambos apresentam a mesma relação de proporcionalidade entre as colunas de representação de cada sistema.

Figura 4.2a – Comparação de consumo de água anual com descarga sanitária no edifício da SOF entre os sistemas assinalados.

Figura 4.2b - Comparação de gastos financeiros com água para descargas sanitárias no edifício da SOF.

Ainda que a tabela 4.2a explicita os valores positivos de FC quando estes são constantes e que a tabela 4.2.2 os destaque, é preciso considerar a hipótese, bastante plausível, de que haja incidência de taxas nesses FCs, por exemplo, incidência devida a aumentos de tarifas. Deve-se à existência, ou não, dessas incidências, a indexação do VPL no presente estudo, 1 ou 2, conforme mostra a planilha de análise (tabela 4.2a). Assim, a tabela 4.2c mostra, ano a ano, o comportamento dos FCs, com e sem taxas incidindo (tanto as devidas a reajustes tarifários quanto as devidas ao custo de oportunidade que, como já falado, é um conceito econômico que leva em conta o fato de que o dinheiro empregado na aquisição de um bem qualquer poderia ser aplicado no mercado financeiro e render juros. Portanto, quem adquire um bem, do ponto de vista estritamente econômico, deixa de receber os juros que o dinheiro renderia caso fosse aplicado, isto é, a decisão de aplicar o dinheiro gera um *custo* imediato, chamado de *custo de oportunidade*).

No presente caso, a taxa do custo de oportunidade foi arbitrariamente estimada em 7% (sete por cento) ao ano e a taxa de anual de aumento da tarifa, em 7% também, mas esses valores percentuais nominais iguais não se refletem da mesma forma no fluxo de caixa, por óbvio, visto que um incide sobre o FC inicial (investimento) e é capitalizado ao fim de cada período considerado (o ano), enquanto o outro incide sobre os diversos FCs de índices diferentes de zero e é também capitalizado ano a ano, conforme a última coluna da tabela 4.2c mostra.

TABELA 4.2c - FCs utilizados para os cálculos de VPLs 1 e 2.

VPL negativo Ano	Cálculo para 15anos sem incidência de taxas – VPL 1	Cálculo para 15 anos com incidência de taxas – VPL 2
	-379.002	-379.002
	FC constante	FC variável
1	28.447,22	28.447,22
2	28.447,22	30.438,53

3	28.447,22	32.569,22
4	28.447,22	34.849,07
5	28.447,22	37.288,50
6	28.447,22	39.898,70
7	28.447,22	42.691,61
8	28.447,22	45.680,02
9	28.447,22	48.877,62
10	28.447,22	52.299,05
11	28.447,22	55.959,99
12	28.447,22	59.877,19
13	28.447,22	64.068,59
14	28.447,22	68.553,39
15	28.447,22	73.352,13

Na segunda coluna, dado um VPL negativo de R\$ 379.002,00 são dadas as reduções (constantes, porquanto sem incidência de taxas de variação da tarifa e de rendimentos financeiros acumulados sobre o investimento inicial) anuais com a conta de água; Na segunda coluna, dado o mesmo VPL (investimento feito) e dado um crescimento anual médio de 7% das tarifas e um custo de oportunidade de 7% ao ano para o capital investido, os FCs são variáveis ao longo dos 15 anos calculados.

O VPL -1 e a TIR -1 são relativos ao FCs da primeira coluna, onde não houve quaisquer acréscimos devidos a variações de suas condicionantes, seja ela a tarifa de água ou a taxa de juros de remuneração do capital empregado na compra do equipamento a vácuo, e os de índice 2, aos da segunda coluna, onde, sim, houve aquelas incidências, conforme pode ser visto na tabela.

Segue a tabela 4.2d, onde estão expressos, ano a ano, todos os FCs utilizados no cálculo dos indicadores da tabela 4.2a, podendo-se ver, na coluna da direita os FCs variáveis de quando foram consideradas as taxas destacadas no centro, enquanto que na coluna da esquerda os FCs, sem sofrerem aquelas incidências, permanecem constantes ao longo do período de tempo estudado, ou seja, 15 anos, que foi o tempo necessário para produzir o primeiro VPL positivo, fato que só deverá ocorrer no 15º ano depois da troca dos sistemas.

TABELA 4.2d – Cálculo p/ alimentação das tabelas 4.2c e 4.2a.

-379002,54		-379002,54	
28447,22	Juros	7,00% ao ano	
28447,22	Cresc. tarifa	7,00% ao ano	
28447,22			
28447,22	VPL-1	(R\$ 112.063,27)	
28447,22	TIR-1	1,520% ao ano	
28447,22			
28447,22			
28447,22	VPL-2	R\$ 18.495,58	
28447,22	TIR-2	7,69%	ao ano
28447,22			
28447,22			
28447,22			
28447,22			
28447,22			
28447,22			

4.3 – Simulação de aplicação do sistema Jets, ao invés do Evac, na SOF.

O que muda, basicamente, nesta simulação em relação à verificação anterior é o valor do investimento inicial, isto é, o valor que irá representar o VPL no tempo zero e que, assim sendo, será negativo. Tudo o mais permanece constante na tabela 4.3a em relação à tabela 4.2a, que trata do mesmo tipo de análise (só muda o fabricante do sistema analisado), mas cabe, aqui, uma alternativa de simulação, qual seja a de considerar constante o número de funcionários atendidos, visto que o aumento desse quesito favorece a economicidade do sistema que o estiver operando, devido ao maior consumo de água requerida para o sistema gravitacional, que serve de espelho para os dois sistemas a vácuo estudados.

Um primeiro ponto de significância na tabela 4.3a é, pois, o custo inicial do investimento para a implantação do sistema, o que modifica o comportamento do VPL, que será positivo em 15 anos (mesmo se não houver incidências de taxas, o que não ocorre com o outro sistema estudado). Além disso, em aproximadamente 9 anos o sistema será economicamente equilibrado, como se pode depreender pela leitura conjugada do VPL e do TRI.

No entanto, como mostra a tabela 4.3b (que contempla o aumento do número de usuários, que de fato ocorreu no edifício em estudo, subindo para 295 em janeiro de 2008), um maior número de usuários modifica o valor de todos os parâmetros de análise, podendo-se observar melhora imediata no comportamento econômico do sistema a vácuo, melhora esta, portanto, em função do maior consumo de água de cada um dos sistemas comparados, mas em relação exponencial – e não direta – entre os a vácuo e o tradicional, o que faz aumentar o contraste dos desempenhos desses dois tipos ainda mais.

TABELA 4.3a- Análise econômica para o Sistema Jets sem aumento de usuários.

TABELA 134 - Análise econômica para o Sistema Set's sem adimento de usuários.			
Ocupação	228		
Nº de descargas	4 por dia		
Descarga convencional	12 litros		
Descarga a vácuo	1,2 litros		
Consumo diário			
Convencional	10.944,00 litros		
Vácuo	1094,4 litros		
Porcentagem de redução			
Em volume	90,00%		
Dias ocupados/ mês	22		
Em m³	vácuo	convencional	economia
Consumo mensal	24,08 m³	240,77 m³	216,69 m³
Consumo anual	288,92 m³	2889,22 m³	2600,29 m³
Crescimento da tarifa	7% ao ano		
Tarifa água e esgoto	R\$ 10,94		
Em valores monetários	vácuo	convencional	economia
Mensal	R\$ 263,40	R\$ 2634,00	R\$ 2.370,60
Anual	R\$ 3.160,80	R\$ 31.608,02	R\$ 28.447,22
Instalação	0,0		
Equipamento	R\$250.000,00		
Total do investimento	R\$250.000,00		
TRI	8,79 anos		
	105,46 meses		
VPL-1(15 anos)	R\$ 8.499,85		
TIR-1(15 anos)	7,57% ao ano		
VPL-2(15 anos)	R\$ 14.824,18		
TIR-2 (15 anos)	8,21% ao ano		

Na tabela 4.3b é fácil observar a melhoria de desempenho do sistema com o aumento do número de usuários, como já comentado. Foi de exatos dois anos a redução do Tempo para o Retorno do Investimento, TRI, em relação ao TRI da tabela 4.2a, que foi alimentada com 228 usuários (o efetivo da SOF antes da entrada em funcionamento do sistema a vácuo).

Se for feita uma comparação em relação à tabela 4.2a sem o aumento do número de funcionários e com valor maior do investimento inicial – FC_0 maior, a diferença entre os valores

encontrados para os parâmetros escolhidos se mostrará ainda mais acentuada, o que demonstra, dentre outras possíveis constatações, a atuação efetiva da fórmula 3.1.4.4.

TABELA 4.3b – Análise econômica do sistema Jets com o aumento de funcionários de janeiro de 2008.

Ocupação	295		
Nº de descargas	4 por dia		
Descarga convencional	12 litros		
Descarga a vácuo	1,2 litros		
Consumo diário			
Convencional	14.160,00 litros		
Vácuo	1.416,00 litros		
Porcentagem de redução			
Em volume	90,00%		
Dias ocupados/mês	22		
Em m³	vácuo	convencional	economia
consumo mensal	31,15m³	311,52m³	280,37m³
consumo anual	373,82m³	3738,24m³	3364,42m³
Crescimento da tarifa	0 % ao ano		
tarifa de água e esgoto	R\$ 10,94		
Em valores monetários	vácuo	convencional	economia
mensal	R\$ 340,80	R\$ 3.408,03	R\$ 3.067,23
anual	R\$ 4.089,63	R\$ 40.896,35	R\$36.806,71
Instalação	0,00		
Equipamento	R\$250.000,00		
Total do investimento	R\$250.000,00		
TRI	6,79 anos		
	81,51 meses		
VPL-1(10 anos)	R\$ 7.957,88		
TIR-1 (10 anos)	7,73 % ao ano		
VPL-2(8 anos)	R\$ 23.542,40		
TIR-2 (8 anos)	9,34 % ao ano		

Observe-se nesta tabela que os valores dos FCs positivos subiram para R\$36.806,71, ao invés dos R\$28.447,22 da tabela 4.3a (sem o aumento de usuários), o que mostra ser o consumo de água o que determina esse coeficiente. Também é notável a diminuição do tempo até o primeiro VPL positivo, nos dois casos (sem e com incidência de taxas).

Seguem os histogramas relativos à tabela 4.3a, bem como as outras tabelas que dela foram extraídas, como forma de serem comparados com os outros histogramas e tabelas

apresentados em complementaridade à tabela 4.2a, a tabela de análise econômica para o sistema da Evac. Pode-se notar, de pronto, a manutenção da proporcionalidade de desempenho entre os sistemas estudados. Maior clareza para avaliação só pode, por conseguinte, ser obtida pela leitura dos valores dos parâmetros.

Figura 4.3a – Comparativo de gastos entre o sistema Jets e o convencional com aumento de Usuários (relativo à tabela 4.3a).

Figura 4.3b – Comparativo de gastos entre o sistema Jets e o convencional com aumento de funcionários (relativo à tabela 4.2a).

Pode-se verificar a semelhança de proporcionalidade entre os histogramas apresentados nas figuras 4.3a e 4.3b, relativos à simulação com o aumento do número de funcionários, e os das figuras 4.2a e 4.2b, para a simulação sem aquele aumento. Isso demonstra a necessidade de se buscar parâmetros absolutos para avaliações econômicas de cunho gerencial, pois apenas estes permitem uma visão do investimento em relação ao tempo.

TABELA 4.3c – Fluxo de caixa do sistema Jets (relativo à tabela 4.3a).

Instalação	R\$ 0,00
Equipamento	R\$ 250.000,00
Total do investimento	R\$ 250.000,00

Em m³	vácuo	convencional	economia
consumo mensal	24	241	217
consumo anual	289	2.889	2.600

Em valores monetários	vácuo	convencional	economia
mensal	R\$ 263,40	R\$ 2.634,00	R\$ 2.370,60
anual	R\$ 3.160,80	R\$ 31.608,02	R\$ 28.447,22

O gráfico 4.3c mostra, na primeira tira, o primeiro FC lançado nas planilhas de análise 4.3a e 4.3b, um valor negativo para fins de cálculo, pois se trata de um desembolso. As outras duas tiras mostram como foram calculados os FCs mensais, positivos, porquanto reflexos da economia do sistema a vácuo em relação ao sistema gravitacional.

TABELA 4.3d – Incidência de taxas, parâmetros e FCs para 4.3b.

-250000			-250000
28447,22	Juros	7,00% ao ano	28447,22
28447,22	cresc.	7% ao ano	30438,53
28447,22			32569,22
28447,22	VPL- 1	R\$ 8.499,85	34849,07
28447,22	TIR-1	7,571% ao ano	37288,50
28447,22			39898,70
28447,22			42691,61
28447,22	VPL-2	R\$ 14.824,18	45680,02
28447,22	TIR-2	8,21% ao ano	48877,62
28447,22			52299,05
28447,22			-
28447,22			-
28447,22			-
28447,22			-
28447,22			-
28447,22			-

A tabela 4.3e, similar à 4.2c, foi alimentada com o valor do investimento alterado, adequando-o ao custo de um dos modelos de sistema da Jets capaz de atender as necessidades de demanda da SOF. As demais simulações permaneceram constantes. Observe-se que, sem incidência de taxas, os FCs da 2ª coluna, permanecem os mesmos dos da tabela 4.2c, relativa ao

sistema da Evac e que, depois de 15 anos o investimento dá um retorno positivo de R\$73.352,13 (somente naquele ano).

TABELA 4.3e – FCs de alimentação da tabela 4.3a.

VPL negativo Ano	Cálculo para 6anos (sem incidência de taxas)	Cálculo para 15 anos (com incidência de taxas)
	-250.000	-250.000
	FC constante	FC variável
1	28.447,22	28.447,22
2	28.447,22	30.438,53
3	28.447,22	32.569,22
4	28.447,22	34.849,07
5	28.447,22	37.288,50
6	28.447,22	39.898,70
7		42.691,61
8		45.680,02
9		48.877,62
10		52.299,05
11		55.959,99
12		59.877,19
13		64068,59
14		68.553,19
15		73.352,13

A tabela 4.3d sistematiza como foram lançados, nas planilhas de análise (4.3a e 4.3b), os FCs positivos calculados na tabela anterior, a 4.3c: optou-se por duas simulações distintas, uma com esses FCs constantes ao longo do período necessário para produzir o primeiro VPL positivo, o que demandou seis anos, e outra com os FCs sendo corrigidos pela incidência de uma taxa de juros sobre o valor do investimento inicial (FC negativo), denotando o chamado *custo de oportunidade* do investimento, que é o quanto se deixou de ganhar ao não aplicar os recursos investidos no mercado financeiro e, sim, na compra e instalação dos equipamentos. Essa taxa aplicada foi lançada na planilha de análise de forma indireta, ao calcular o VPL de 15 anos levando em conta essa variação nos fluxos de caixa. Mas, para esta última simulação

também foi computado um aumento anual na tarifa de água e foi devido a isso que os FCs foram tendo seus valores alterados, ano a ano.

4.4 – Simulação de aproveitamento de águas pluviais na SOF

4.4.1 – Aplicação do método de Rippl.

Foram realizadas prospecções de custos, operacionais e de implantação, nas tecnologias de esgotamento sanitário estudadas, a saber, a tecnologia gravitacional ou convencional (ou tradicional), a com reuso de águas, a com aproveitamento de águas pluviais e a do vácuo.

A padronização de referenciais foi garantida pela escolha do edifício-sede da Secretaria de Orçamento Federal, em Brasília-DF, como estudo de caso. Assim, foram coletadas, primeiro, as contas de água e energia elétrica daquela instituição, seis meses antes e seis meses depois da implantação do sistema de esgotamento sanitário a vácuo, lá ocorrido em janeiro de 2008 (esses dados encontram-se nas tabelas 3.1.1a e 3.1.1b, capítulo 3, respectivamente de consumo de energia elétrica e de água no edifício do estudo de caso).

Na análise dessas tabelas, a simples leitura da quantidade dos respectivos consumos, metros cúbicos e kW/hora, permite verificar o pequeno aumento de consumo de energia elétrica – não traduzido em aumento de custos, por conta do tipo de contrato com a concessionária local, conforme já observado - e a significativa diminuição de consumo de água, esta influenciando o valor final da conta em moeda corrente.

Para o reuso de água foram feitas várias entrevistas com estudiosos do assunto, além da leitura de vários artigos e documentos técnicos, de onde se concluiu ser este um sistema ainda predominantemente teórico (com exceção de casos extremos ao redor do mundo, como a Namíbia e o Japão). Assim, em termos econômicos, não há o que quantificar nesse sistema, senão a observação de que ele requer a duplicação da tubulação hidráulica e o tratamento de

águas cinzas-clara até o grau que o uso a que se destinarão requerer, sendo, portanto, um sistema inviável para o Brasil, em face das alternativas existentes. Sua aplicação, em nosso país restringe-se às indústrias, basicamente em sistemas de refrigeração em determinados ramos desse setor da economia.

Já o uso de águas pluviais tem se mostrado uma alternativa viável, e mais barata, que o reuso. Seu grau de eficiência, como já referenciado, prende-se ao tamanho do reservatório utilizado para o armazenamento da água a ser usada nos período de estiagem, conforme prescrevem a maioria dos métodos de dimensionamento desses reservatórios. Nas tabelas 4.4.1a e 4.4.1b são apresentadas duas simulações de cálculo para a implantação de um sistema desse tipo no edifício da SOF.

Os cálculos foram feitos por um especialista nesse tipo de racionalização, Eng^o Daniel de Andrade Pereira, utilizando uma variação do método de Rippl. (A tabela de pluviosidade 3.2.1a, capítulo 3, é comum para os dois cálculos realizados através do referido método).

Depois, no apêndice, encontra-se a memória de cálculo, para o mesmo caso, feita por uma empresa da área que, contudo, não dimensionou o tamanho do reservatório. Foram discriminados todos os itens tecnológicos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais com seus respectivos custos.

Obs.1- Não fosse o escopo desse trabalho o de apenas comparar desempenhos econômicos de sistemas, o ideal seria trabalhar com índices diários de pluviosidade na alimentação (Campos 2004, citado por Oliveira 1999) das tabelas 4.4.1a e 4.4.1b, para os dois casos abordados, quais sejam, o com a área de cobertura existente e o com a área de cobertura estendida hipoteticamente (com o intuito específico de simular uma situação que aumentasse a oferta de água captada para maior rigor de verificação).

2 – Dada a eficiência requerida para o sistema (de 100%), é interessante observar que, nem sequer, existe pluviosidade local para tanto, independente da área de captação possível.

TABELA 4.4.1a - Aplicação do Método de Rippl para área de 230,00 m².

MESES (Média Mensal)	P mm	A m ²	C x η	V m ³	D m ³	V - D m ³	Dif.Acum. m ³	Vol.Res. m ³
JANEIRO	242,42	230,00	0,80	44,61	273,00	-228,39	0,00	0,00
FEVEREIRO	215,32	230,00	0,80	39,62	273,00	-233,38	-233,38	233,38
MARÇO	231,88	230,00	0,80	42,67	273,00	-230,33	-463,72	463,72
ABRIL	91,80	230,00	0,80	16,89	273,00	-256,11	-719,82	719,82
MAIO	27,59	230,00	0,80	5,08	273,00	-267,92	-987,75	987,75
JUNHO	6,00	230,00	0,80	1,10	273,00	-271,90	-1259,64	1259,64
JULHO	0,93	230,00	0,80	0,17	273,00	-272,83	-1532,47	1532,47
AGOSTO	22,01	230,00	0,80	4,05	273,00	-268,95	-1801,42	1801,42
SETEMBRO	71,70	230,00	0,80	13,19	273,00	-259,81	-2061,23	2061,23
OUTUBRO	136,40	230,00	0,80	25,10	273,00	-247,90	-2309,13	2309,13
NOVEMBRO	216,60	230,00	0,80	39,85	273,00	-233,15	-2542,28	2542,28
DEZEMBRO	219,99	230,00	0,80	40,48	273,00	-232,52	-2774,80	2774,80

Na tabela, o volume para o reservatório de armazenamento de águas pluviais devido ao consumo requerido pela SOF, dado um grau de eficiência do sistema de 100%, isto é, um sistema que trabalhe exclusivamente com águas pluviais o ano todo para a demanda calculada de água para descargas sanitárias, da mesma forma como trabalha o sistema a vácuo é o maior valor encontrado na coluna “volume do reservatório”, 2.774,80 m³, para a tabela acima. Foi feita, assim, a homogeneização de condições de uso, essencial para o estabelecimento de comparação de performances dos vários sistemas estudados.

Depois da apresentação das tabelas, há a descrição do método de cálculo nelas aplicado, qual seja o de Rippl Analítico, escolhido por dois motivos: ser o de mais fácil aplicação (Pereira 2007, citando CAMPOS et Al. 2007) e por não ser necessário, dados os objetivos desse trabalho, um grau de precisão muito alto para o cálculo do reservatório.

A base da aplicação do método, como já visto, é a pluviosidade no local da captação, sendo considerada confiável a coleta de dados mensais dos últimos dez anos (Pereira 2007 citando CAMPOS 2004), como está mostrado na tabela 3.2.1a. Feito isso, passa-se para o estágio de compilação e coleta dos *dados de entrada* da tabela que são, para o método analítico conforme PEREIRA 2007:

Área de captação

Coefficientes n e C

Volume captado

Demanda mensal

Diferenças mensais

Diferenças acumuladas

Volume do reservatório

Que foram, um a um, definidos no item 3.2.1 do capítulo 3 e que serão, após a tabela 4.4.1b, comentados quanto ao significado de suas leituras e quanto á forma de sua inserção nas tabelas.

TABELA 4.4.1b – Cálculo do reservatório com a ampliação da área de captação.

MESES (Média Mensal)	P mm	A m ²	C x η	V m ³	D m ³	V - D m ³	Dif.Acum. m ³	Vol.Res. m ³
JANEIRO	242,42	342,80	0,80	66,48	273,00	-206,52	0,00	0,00
FEVEREIRO	215,32	342,80	0,80	59,05	273,00	-213,95	-213,95	213,95
MARÇO	231,88	342,80	0,80	63,59	273,00	-209,41	-423,36	423,36
ABRIL	91,80	342,80	0,80	25,18	273,00	-247,82	-671,18	671,18
MAIO	27,59	342,80	0,80	7,57	273,00	-265,43	-936,62	936,62
JUNHO	6,00	342,80	0,80	1,65	273,00	-271,35	-1207,97	1207,97
JULHO	0,93	342,80	0,80	0,26	273,00	-272,74	-1480,72	1480,72
AGOSTO	22,01	342,80	0,80	6,04	273,00	-266,96	-1747,68	1747,68
SETEMBRO	71,70	342,80	0,80	19,66	273,00	-253,34	-2001,02	2001,02
OUTUBRO	136,40	342,80	0,80	37,41	273,00	-235,59	-2236,61	2236,61
NOVEMBRO	216,60	342,80	0,80	59,40	273,00	-213,60	-2450,21	2450,21
DEZEMBRO	219,99	342,80	0,80	60,33	273,00	-212,67	-2662,88	2662,88

As duas simulações anteriores mostram ser duplamente inviável o sistema de aproveitamento de águas pluviais como uma alternativa de uso racional da água para o edifício da SOF, dadas a pouca área de cobertura que o edifício apresenta em relação à demanda exigida - ainda que a área seja acrescida em mais 112, 80 m² (hipótese baseada na extensão de sua cobertura até o limite de não ferir o Código de Obras do Distrito Federal) - e a demanda requerida.

No primeiro caso o déficit apurado foi de 2.662,88 m³ que, pelo método utilizado significa a necessidade de construção de um reservatório com essa capacidade para que a eficiência alcance os 100% da premissa imposta; no segundo caso, o apresentado na primeira tabela acima, o déficit subiu para 2.774, 80 m³, denotando a estreita relação entre a projeção arquitetônica da edificação no lote, determinante para a área de cobertura, e o número de usuários.

A coluna “diferença acumulada” sempre tem que ter o primeiro valor nulo e os demais também permanecerão nulos até que haja o primeiro valor negativo na coluna anterior, V - D. Caso este seja o correspondente à terceira linha, por exemplo, as três primeiras linhas da coluna *Dif. Acum.* deverão ser preenchidas com valores nulos, mas a quarta não¹².

¹² Sempre que aparecer um valor positivo na coluna anterior ele deverá ter seu correspondente, na coluna Dif. Acum. Nulo. Esse é o método, pois ele trabalha com déficits - e não com superávits - que irão gerar o tamanho do reservatório.

As diferenças acumuladas é que compõem o volume final do reservatório, depois de transferidas para a coluna seguinte, a desses volumes, como pode ser observado nas duas tabelas de aplicação do método apresentadas.

Nas duas tabelas do método a coluna do “volume do reservatório” apresenta valores negativos crescentes, o que denota déficit também crescente que, por sua vez, desaconselha a aplicação do método, a menos que se mexa na demanda, diminuindo o percentual de eficácia. Essa análise decorre do fato de o método ser teórico, sendo a prática, às vezes, a melhor conselheira.

5

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

Diversas conclusões podem ser extraídas por meio da leitura cuidadosa das informações contidas neste trabalho. Algumas de interesse prático e outras, de gerencial ou, até mesmo, como simples curiosidades a respeito do tema tratado. O fato de o sistema a vácuo ser o mais econômico e o único economicamente viável para edifícios de perfil vertical de elevação, merece ser citado em primeiro lugar, e devidamente comentado.

Pela bibliografia consultada e por contatos com pessoas do setor (usuários, técnicos, engenheiros, etc.) trata-se do sistema mais empregado atualmente quando o objetivo é a racionalização do uso da água sendo, a rigor, *o único sistema* a prestar-se como alternativa real em relação ao sistema gravitacional para racionalização do uso de água em descarga sanitária de edifícios nas condições brasileiras, dadas algumas restrições devidas às especificidades que cada um dos sistemas concorrentes apresenta.

Deve-se ter por óbvio que um edifício-garagem, por exemplo, não serve de modelo para o conceito “perfil vertical” no caso de esgotamento sanitário. Sua demanda por água é mínima, senão desprezível, para um estudo que pretenda avaliar e/ou aplicar o uso racional da água. Portanto deve prevalecer o senso comum e se pensar em edifícios comerciais, de escritórios ou mesmo residenciais com determinado nível de adensamento ocupacional (excluem-se os duplex e triplex sem piscinas, por exemplo).

Sem a pretensão de hierarquizar a importância das conclusões encontradas, vale como contraponto citar que o sistema de aproveitamento de águas pluviais é o mais indicado para edifícios com perfil horizontal de elevação. Vale também aqui observar que essa conclusão se prende à íntima relação entre os edifícios desse tipo e sua grande área de cobertura, que é fundamental para o volume de água a ser coletada. Galpões de depósitos, só para citar um exemplo, fogem ao senso buscado nessa constatação. O custo aproximado do pacote tecnológico envolvido nesse sistema é de aproximadamente R\$ 5.000,00 (cinco mil reais), sendo, portanto, viável, até, para uso residencial, caso a pluviosidade favoreça.

O sistema a vácuo, dependendo do tipo de contrato com a companhia de energia elétrica, não onera o consumidor nesse quesito. Essa é uma conclusão automaticamente inferida do exame das contas de energia elétrica do estudo de caso adotado neste trabalho e que, pelas informações dos fabricantes, pode se estender para qualquer caso de aplicação do sistema a vácuo.

Mesmo tendo havido melhora nos índices de ruído, um sistema a vácuo caracteriza-se, do ponto de vista do conforto ambiental, como uma fonte de poluição sonora inconveniente, ao apresentar o agravante de se manifestar em momentos em que a privacidade é mais que desejável, é fundamental. O estampido produzido ao final do processo de descarga, possivelmente de etiologia sônica, causa sobressaltos nos usuários, conforme relatos desses em entrevistas, e também em sítios da internet, desde os Estados Unidos.

Seguindo a linha de citação de todos os sistemas estudados, vem que o sistema de reuso só encontra viabilidade, no Brasil, para usos industriais. O uso desse sistema na irrigação, seja urbana (praças e jardins) ou rural pode danificar seriamente o lençol freático e os corpos d'água de drenagem se não houver tratamento prévio das águas servidas, conforme visto ao longo do texto anterior. Isso ilustra as restrições ao uso do reuso em um país de escalas extensivas como o nosso.

Pode-se dizer que o reuso é uma modalidade de esgotamento sanitário que, no momento, restringe-se a países com problemas crônicos, caso da República da Namíbia, de fontes de água e/ou com recursos econômicos suficientes para fazer frente aos seus elevados custos de implantação e operacionalização, caso do Japão.

Na verdade, não importa tanto o grau de eficácia quando se tem em mente a premência de tempo para a adoção de medidas de racionalização do uso de água em um local crítico como a Região Metropolitana de São Paulo, o que, obviamente não exclui a observância dos dados e características de cada um dos sistemas disponíveis.

Nessa linha, vem que o sistema a vácuo é tanto mais econômico quanto maior for o consumo de água em descargas sanitárias no edifício onde ele possa ser instalado; acima de 100 (cem) bacias, de preferência, conforme se pode depreender dos valores dos parâmetros do capítulo 4.

Devido a sua eficácia no quesito economia de água, mesmo com a sensação acústica exacerbada quando acionado - o que mais incomoda o usuário de um sistema a vácuo - o consumo dessa tecnologia é crescente no Brasil, fato que realça ainda mais a constatação de que não existe tecnologia nacional para esse sistema.

Todos os sistemas estudados, com exceção do tradicional, geram menos esgoto, mas o a vácuo é o mais eficiente nesse quesito de cunho eminentemente social, além - e por causa disso - de ser o mais eficiente no quesito economia de água para operar. A propósito, essa dupla eficiência leva a concluir ser o sistema a vácuo mais eficaz no quesito geral economicidade e, considerando ambos os atributos, eficiência e eficácia, resta dizer ser o sistema a vácuo mais efetivo, também, no cômputo geral de desempenho de todos os sistemas abordados neste trabalho.

O sistema a vácuo é dependente de energia elétrica (só funciona na ausência desta por aproximadamente 30 minutos), o que não ocorre, com tanta urgência, com os outros sistemas.

Há necessidade de gerador de eletricidade em edifícios que não podem interromper suas atividades, se equipados com a tecnologia a vácuo.

Um sistema a vácuo emprega alta tecnologia, enquanto um sistema de aproveitamento de águas pluviais emprega tecnologia simples e barata. Constatações como essa devem ser entendidas como de dupla mão, isto é, o emprego com a devida absorção de alta tecnologia pode, em tese, ser aplicado em outros campos de atividade e, por isso, pode pagar a pena o investimento nesse bem de capital. Além disso, o sistema a vácuo requer menos reparos que o tradicional, quando em operação.

Embora em algumas regiões seja urgente a adoção de medidas de curto prazo no sentido de economizar água, não se pode negligenciar o fato de que a atual configuração espacial do território brasileiro favorece distorções no abastecimento de água para a população: há, sobretudo, muitos vazios populacionais em áreas de terras ecúmenas o que, talvez, denote planejamento inadequado.

Por fim, as diversas simulações feitas no estudo de caso adotado levam a enfatizar que o sistema de aproveitamento de águas pluviais não é indicado edifícios com perfil vertical de elevação e com demanda superior a um determinado limite (considerando-se as outras variáveis envolvidas: área de captação, pluviosidade e material da cobertura). Mas trata-se de apenas mais uma opção de oferta de água menos limpa para uso menos nobre.

Isso leva à conclusão geral de que tal sistema não se presta ao atendimento de edifícios que não tenham perfil de elevação horizontal de forma exclusiva, ainda que a pluviosidade local possa ser considerada boa, enquanto que os sistemas a vácuo e gravitacional são ecléticos em relação a esse quesito arquitetônico. E vale reprisar que o tamanho do reservatório é uma variável determinante na utilização desse sistema.

Quanto às recomendações, podem ser, pelo menos, três:

- a) Estudos visando à diminuição do barulho operacional do sistema a vácuo.

- b) Construção de um protótipo desse sistema para estudos laboratoriais.
- c) Otimização dos métodos de aproveitamento de águas pluviais, levando em conta a eficiência máxima dos parâmetros econômicos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

- A. Roth, *Vacuum Technology*, Ed. North Holland, 1980;
- Blomqvist, P. 2001, Structural and Magnetic Properties of Fe/Co (001) and Fe/V (001) Superlattices, Ed. Faculty of Science and Technology, University of Uppsala. Disponível em: http://www.diva-http://www.diva-http://www.diva-portal.org/diva/getDocument?urn_nbn_se_uu_diva-1470- Acesso em: 2008.
- Danielson, P. 2006, *Sources of Water Vapor in a Vacuum System*, A Journal of Practical and Useful Vacuum Technology.
- Danielson, P. (2009), *The Vacuum Chamber: Volume or Surface Area?* A Journal of Practical and Useful Vacuum Technology. Disponível em: <http://www.vacuumlab.com/Articles/htm>. Acesso em 22/06/2009.
- Danielson, P. 1999, *Creating a Vacuum*, A Journal of Pactical and Useful Vacuum Technology.
- Danielson, P. 2001, *How to use the $Q = SP$, Fundamental Relanshioship of Vacuum Technology*, A Journal of Practical and Useful Vacuum Technology.
- Danielson, P. 2003, *Understanding Pressure and Measurement*, A Journal of Practical and Useful Vacuum Technology.
- Danielson, P. 2006, *Anatomy of a Pumpdown*, A Journal of Practical and Useful Vacuum Technology.
- Giorgetti, M. F., 2008. *Fundamentos de Fenômenos de Transporte para Estudantes de Engenharia*. Ed. P³ E, 2008.
- Gonçalves, O. M., Ioshimoto, E. , Oliveira, L.H. 1999, *Tecnologias Poupadoras de Água no Sistemas Prediais*, Presidência da República, Secretaria de Política Urbana, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Brasília-DF.
- Graça, M.E.A., 1985, *Formulação de modelo para a avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de coleta de esgotos*

sanitários. PCC -EPUSP, São Paulo.

Hespanhol, I. 2008, *Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos*, artigo.

Hespanhol, I., Mierzwa, J.C., da Silva, M.C.C. e Rodrigues, L. Di B. in *Águas Pluviais: Método de Cálculo do Reservatório e Conceitos para um Aproveitamento Adequado*, *Revista de Gestão de Água da América Latina - REGA*, vol. 4, 2007.

Hong, S.S., Shin, Y.H., Chung, K.H., Jousten, K, *Bilateral Comparison of Medium Vacuum Standards between PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt in Germany) and Kriss (Korea Research Institute of Science Standards 2008 -Vacuum Center)*, *Journal of Korea Physical Society*, vol. 44 nº 6, pg 1364 to 1367, june 2004.

ITL - Innovative Teaching Laboratory copyright 1996, *Vacuum Technique in Scientifics Foundations of Vacuum Technique*, 2nd, Ed. John Wiley & Sons, New York 1962. Disponível em: chem.ufl.edu/~itl/4411L_f98/vacuum/vacuum.html. Acesso em 2009.

Jan Apelqvist, David G. Armstrong, Lawrence A. Lavery, Andrew J.M. Boulton 2008, *Resource utilization and economic costs of care based on a randomized trial of vacuum-assisted closure therapy in the treatment of diabetic foot wounds*, *American Journal of Surgery* Acesso em 2008. Disponível em: <http://americanjournalofsurgery.com/search/results>. Acesso em:2008.

Máximo Almeida Albuquerque, T.; Rios Ribeiro, M.M.; Felipe Guedes, M.J.; Leôncio Motta, M.; Silva Albuquerque, F., *Avaliação de Alternativas Tecnológicas para Redução de Consumo de Água*, artigo apresentado no IV Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa – PB, 2004.

Oliveira Júnior, O.B., Silva Neto, J.V., *Aplication of a Vacuum Water Closet System in a Brazilian Airport*, artigo disponível em psdmagazine.org/pdf/Jul_Aug_05/14_19.pdf, acesso em 2009.

Oliveira Júnior, O.B., Silva Neto, J.V., *Utilização de Sistema de Coleta de Esgoto Sanitário a Vácuo com Bacias de Ultra -Volume Reduzido em um Edifício Comercial na Cidade de São*

Paulo, artigo in The 1st. Latin-American Conference on Sustainable Building, São Paulo, Brasil, 07/2004.

Pereira, D.J.A. 2007, *Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Águas Pluviais*, Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil.

Roma, W. N. L., *Fenômenos de Transporte para Engenharia*, 2ª Edição. Rima Editora, 2006.

Site www.respostastecnicas.com.br, da Sociedade Brasileira de Respostas Técnicas – SBRT.

Sociedade Brasileira de Respostas Técnicas – SBRT, Centro de Desenvolvimento de Tecnologias – CDT, da Universidade de Brasília – UnB, em consulta interativa pela internet). Consulta em maio de 2009.

Vieira Sobrinho, J. D., *Matemática Financeira*, Ed. Atlas 2007, 7ª Ed.

www.chemistryexplained.com/Fe-Ge/Gases.html

[www.Heliostat3.de/ e-learning/remote-sensing/Lec6pdf](http://www.Heliostat3.de/e-learning/remote-sensing/Lec6pdf)).

Yosifov, D. and Sekachev I. 2206, *ISAC Target Vacuum System*, vol. 24, 4ª ed., pg 1601-1604

Papers from the 52ND International Symposium of AVS-American Vacuum Society. Disponível: <http://scitation.aip.org/vsearch/servlet/VerityServlet?KEY=FREEER&possible1=Yosifov%2C+Dimo&possible1zone=author&maxdisp=25&smode=stresults&aqs=true>. Acesso em: 2008.

APÊNDICES

1- Informações comentadas dos principais componentes do sistema Evac.

1.1) vaso sanitário

A louça sanitária tem duas funções: estrutural (como suporte do painel traseiro) e de captação de dejetos (Manual Evac 2008). Pode ser fixada no chão ou na parede, mas sempre interligada ao painel traseiro, por definição. Na louça são acoplados o anel de dispersão de água e a tampa do assento. O botão de acionamento pode ser montado na própria louça ou na parede. Ambos, anel e botão, têm conexão direta com os componentes da placa - ou painel - traseiro.

O painel traseiro é constituído pelos componentes mecânicos responsáveis pelo funcionamento de toda a bacia, que são: módulo de controle ou ativador, válvula de descarga, válvula de água, bomba de acionamento da passagem do ar e demais componentes (mangueiras de EPDM¹³ ou neoprene e suporte metálico, que serve de base para a montagem de todo o aparato). (MANUAL EVAC, 2008). (vide fig. 1.1a). Todo o sistema da placa é controlado por uma válvula piloto (OLIVEIRA JÚNIOR e SILVA NETO, 2006).

Este painel é montado junto ao vaso¹⁴, encaixando-se a saída da porcelana propriamente dita à entrada da válvula de descarga e apoiando-se ou parafusando-se a placa metálica à

¹³ EPDM = Sigla para Etileno-Propileno-Dieno, que é um Polímero ou Borracha Sintética resistente a chamas e de difícil perda de eficiência devido ao envelhecimento (**Polímeros vol.11 nº 1 São Carlos Jan./Mar. 2001**)

¹⁴ O painel ocupa um espaço de aproximadamente 0,23m(largura)X 0,97m (altura), atrás do vaso (Manual Evac 2008) e a ele parafusado.

porcelana. A saída da válvula de descarga deve ser conectada à tubulação de coleta de esgoto através de luva de borracha e braçadeiras, e a válvula de água (para enxágue), à rede de abastecimento de água, por meio de tubo flexível. Deve-se também conectar, por meio de man -

Figura 1.1a - Vaso sanitário a vácuo e seu painel traseiro

Fonte: Manual Evac 2008.

gueiras apropriadas, o anel de dispersão de água à válvula de água, bem como o botão de acionamento da descarga à válvula de controle (módulo ativador). A tubulação de coleta de esgoto a vácuo deve ser bem fixada para evitar fadiga das peças da placa traseira, e a porcelana, seja para qual for o modelo utilizado (*floor* ou *wall mounted*, isto é, de piso ou de parede), deve ser parafusada no chão, sempre se tendo em mente a necessidade de eliminar as vibrações de cada acionamento de descarga.

Todas as empresas consultadas apresentam estas duas alternativas, piso e parede, acima referidos. Assim, além da Evac, de origem finlandesa, cujos manuais de operação foram acessados, também as japonesas, suecas, holandesas, britânicas e estadunidenses apresentam

estas duas possibilidades de montagem. A Evac, por meio de sua subsidiária Pvac, possui cerca de 90% (noventa por cento) do mercado nacional, sempre segundo informações de técnicos do setor e para o ano de 2008, tendo em vista a inexistência, no Brasil, de instituições que consolidem dados dessa natureza. De qualquer forma, uma simples consulta aos principais clientes brasileiros confirma esses dados, quais sejam a Petrobrás (maior cliente nacional de tecnologia de esgotamento sanitário a vácuo, usada em suas plataformas marítimas de extração de petróleo e em seus navios petroleiros), Embraer, TAM e Gol Linhas Aéreas. Como dito no início, o emprego de tecnologia a vácuo em edifícios, no Brasil, está apenas começando (exemplos no apêndice 5).

Quando o vaso é montado no chão, pode ser colocado faceando a parede, ou não. No primeiro caso, deve-se prever uma abertura na parede para a conexão com a rede de abastecimento de água e com a rede de coleta de esgoto. O botão de acionamento pode ser montado junto à louça ou na própria parede, sendo que neste último caso, deve-se encaminhar a mangueira de conexão entre a válvula de controle e o botão de acionamento. A montagem do vaso deve ser feita por dois parafusos chumbados no chão, que, quando apertados, dêem perfeito alinhamento entre a válvula de descarga e a tubulação de coleta. Não pode haver movimento relativo entre o vaso e a tubulação e, por isso, ambos devem ser bem fixados. (na fig.1.1b se apresenta croquis de fixação do vaso no piso).

Figura 1.1b– Vaso montado no piso, vendo-se em sua lateral um dos parafusos de fixação.

Fonte: Manual Evac 2008.

No caso de ser montada na parede, necessariamente haverá abertura na mesma para as conexões necessárias. Os parafusos de fixação são horizontais, chumbados na parede e neles primeiro se montam o painel traseiro e, depois, a louça, com porcas que a prendem contra a parede. Caso a parede não tenha a resistência necessária para suportar as cargas em questão, uma estrutura paralela deve ser construída para fixação da bacia, geralmente de aço. Não pode haver vibração. (na fig. 1.1c, apresenta-se o esquema de montagem de vaso na parede).

Figura 1.1c – Esquema de montagem suspenso na parede. No terceiro quadro, a estrutura metálica usada quando a parede não tem resistência para suportar o vaso (dry walls).

Fonte: Manual Evac 2008.

Deve-se observar que, para as bacias montadas no chão o botão de acionamento de descarga pode tanto ser instalado no próprio vaso quanto na parede, enquanto que para o modelo de parede tem de ser somente na parede. Em qualquer dos casos, quando o botão for instalado na parede deve ser previsto um conduíte embutido nesta para a passagem da mangueira de acionamento ligando o botão propriamente dito à parte traseira da bacia, onde fica a válvula de controle (na fig.1.1d apresentam-se os esquemas de montagem para as duas posições do botão de acionamento).

Figura 1.1d- Posições admitidas para o botão de acionamento para os modelos de piso e parede.

Fonte: Manual Evac 2008.

Nas figuras 1.1e a 1.1j, a seguir, são mostradas algumas situações envolvendo a montagem de uma bacia sanitária a vácuo: abertura para instalação/manutenção, saída de esgoto, conexão com a rede, além de alguns exemplos de conexão com a tubulação.

Figura 1.1e - Tipos de saída de efluentes em um vaso sanitário a vácuo

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 1.1f – Ligação de um vaso com a tubulação, com subida de efluentes

Fonte: Manual Evac 2008

Figura 1.1g – Ligação com a tubulação horizontal, com subida não estritamente vertical de efluentes devido à presença de obstáculos.

Fonte: Manual Evac 2008

Figura 1.1h – Montagem com subida de efluentes acima de 3,00m de altura.

Fonte: Manual Evac 2008

Figura 1.1i – Acesso aos componentes de um painel traseiro do modelo de parede

Fonte: Manual Evac 2008

Figura 1.1j – Acesso ao painel traseiro de um modelo de piso

Fonte: Manual Evac 2008

1.2) tubulação

Salvo em projetos específicos, os diâmetros externos devem variar de 50 a 110 milímetros; a declividade mínima das tubulações horizontais deve ser de 0,2%, na direção da vazão; não deve ser utilizado “tê” para interligação de tubulação secundária à principal; sempre deverá ser utilizada junção simples a 45°; para mudança de direção da tubulação deve-se apenas utilizar curvas de raio longo ou cotovelos de 45° (manual Evac 2008).

Mudanças de direção através de cotovelos de 90° são muito bruscas e, portanto, proibidas; quando duas tubulações horizontais se unirem, a secundária deverá ligar-se, sempre, em nível acima ao da principal; a interligação de bacias sanitárias ou válvulas de interface¹⁵ a uma tubulação secundária pode ser feita com curva de raio curto, desde que a distância da curva até a bacia ou válvula seja inferior a 1 metro; deverão ser previstas válvulas de isolamento

¹⁵ Vide rodapé nº 6, pg. 33.

(válvulas de esfera, de passagem livre, só fechadas para manutenção) para tubulações secundárias (ramais); também, em longas tubulações principais horizontais ou verticais, deverão ser previstas válvulas de isolamento, como forma de poder seccionar essas tubulações e identificar com mais facilidade eventuais vazamentos de vácuo.

Válvulas de isolamento também devem ser previstas na chegada de cada tubulação à central de vácuo, também com o intuito de identificar com mais facilidade os eventuais vazamentos de vácuo; as válvulas de isolamento deverão ser instaladas, sempre que possível, na vertical, para evitar potenciais pontos de sedimentação de efluentes; em tubulações verticais com fluxo ascendente não deve ser executada ampliação da seção do tubo; em tubulações horizontais não deve ser executada redução da seção do tubo na direção da vazão; quando for necessário que a tubulação de um ramal desvie de obstáculos - como vigas, outras tubulações, condutos de ar-condicionado, etc. – desenvolvendo-se, assim, trechos ascendentes e descendentes, o somatório de trechos ascendentes não deverá ultrapassar 5,00 metros, sendo que os trechos descendentes não poderão ser descontados (vide fig. 1.2a); tubulações de subida deverão ser assentadas de forma a ficarem sem qualquer inclinação lateral, ficando perfeitemen

A somatória de elevações $\sum H_1 + H_2 + \dots + H_n$ não deverá ter valor superior a 5 metros.

Figura 1.2a – Trechos ascendentes e descendentes de uma tubulação a vácuo e seu somatório máximo.

Fonte: Manual Evac 2008

te verticais; quando for necessário elevar o efluente, algumas precauções devem ser tomadas.¹⁶

Há, ainda, outros critérios que devem ser observados para as tubulações: quando verticais e se fizer necessário algum desvio da mesma (pela presença de algum elemento estrutural, outras tubulações, etc.) a distância máxima permitida entre os eixos das tubulações paralelas deve ser de 1 metro; deverão ser previstas bolsas de retenção nos pontos onde seja possível o retorno de efluente; todas as bolsas de transporte¹⁷ deverão, se possível, possuir pontos de inspeção (sua previsão segue obedecendo a necessidade dessas bolsas, cuja colocação deve, por sua vez, obedecer cada distanciamento em relação ao diâmetro da tubulação, de acordo com a tabela APIEvac (vide figura 1.2c, com croquis das bolsas em um a tubulação); em edifícios com mais de 15,00m de altura (5 pavimentos) e com até 45,00 m de altura (15 pavimentos), a interligação da tubulação secundária (ramal) do térreo deverá ser executada diretamente com a horizontal principal (coletor, que vai à central de vácuo), sendo vetada qualquer ligação com a tubulação vertical principal (tubo de queda) neste nível, sendo que o ponto de interligação deve estar a pelo menos 2,00 metros da tubulação vertical principal (tubo de queda) , conforme a figura 1.2b:

¹⁶ Quando o fluxo for ascendente, ao contrário de quando for descendente, é necessário tomar algumas precauções, com a instalação de alguns dispositivos complementares, que têm direta relação com o desnível a ser superado. Assim, para um desnível de até 1,00 metro, basta a execução de uma bolsa com dois cotovelos de 45°, conforme a fig. 1.2d; quando o desnível for de 1,00 a 2,00m, deve-se executar um “pescoço de ganso”, para que a tubulação vertical chegue acima do nível da tubulação horizontal à qual se ligará, como forma de prevenir retorno do efluente (vide fig. 1.2e); para desníveis de 2 a 3 metros, deve-se também executar “pescoço de ganso” no ápice do ramal vertical, sendo que a tubulação deverá ser de, no máximo, DE 50 e a subida deve ocorrer logo após a conexão com o aparelho (vaso ou válvula de interface), conforme mostra a figura 1.2f; necessitando-se vencer alturas de 3 a 5 metros, deve-se ainda, a par do arranjo anterior, instalar uma válvula de retenção Evac, como forma de evitar o refluxo de esgoto (vide fig. 1.2g); para alturas acima de 5 metros, deverá haver um estudo de viabilidade técnica (Manual Evac 2008).

¹⁷ O traçado do sistema de tubulações, especialmente as principais - ou uma secundária que necessite estender-se por grandes distâncias - deve ser o mais “retilíneo” possível, evitando desvios, pois quanto maior o número de desvios maior deverá ser a potência das bombas; a quantidade de esgoto que entra no sistema a cada descarga é deslocada apenas por breve instante e quando cessa ocorre sua deposição gradativa nos pontos mais baixos da tubulação. Por isso foram criadas bolsas intermediárias de acúmulo desses efluentes, chamadas bolsas de transporte ou bolsas de reforma, para que a próxima descarga possa afastar delas o efluente ali depositado. Além disso, essas bolsas propiciam a recuperação da altura da tubulação horizontal em relação ao teto/ laje da edificação. Quando as bolsas servem apenas para contornar obstáculos, elas se chamam *bolsas de transposição*. (Manual Evac 2008).

Figura 1.2b – Croquis mostrando a distância mínima do tubo de queda que deve ter a intersecção secundária (na figura, à esquerda, o tubo de queda na vertical).

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 1.2c – Bolsas de transpote ou de reforma em uma tubulação a vácuo e seus pontos de inspeção

Fonte: Manual Evac 2008.

Em caso de edifícios com mais de 15 pavimentos, tanto as tubulações do térreo quanto as do primeiro pavimento deverão ser interligadas diretamente à tubulação horizontal principal (coletor) e nunca à tubulação vertical principal (tubo de queda). Tal arranjo evita indesejáveis retornos aos aparelhos de utilização do primeiro pavimento.

As figuras a seguir se referem à nota de rodapé nº 17.

Figura 1.2d – Tubulação em com dois cotovelos para vencer desníveis de até 1,00 m.

Fonte: Manual Evac 2008.

A tubulação vertical deve ser retilínea, sem mudanças de direção

Figura 1.2f– Esquema para quando a elevação se situar entre 2,00 e 3,00 m.

Figura 1.2g – Para quando a elevação for entre 3,00 e 5,00: válvula de retenção¹⁸.

Fonte: Manual Evac 2008.

¹⁸ Para o caso de fluxo ascendente entre 3,00 e 5,00m de elevação e com desvio, vide figura 28.

As bolsas propiciam, também, a recuperação da altura inicial da tubulação horizontal em relação ao teto/ laje da edificação quando há necessidade de transpor obstáculos, dispensando, nesses casos, pontos de inspeção. A tabela APE1 e as figuras 1.2h e 1.2i mostram, respectivamente, os distanciamentos e os tipos de bolsas aplicadas em tubulações secundárias que recebem os efluentes de até 25 vasos (fig. 1.2h) e as utilizadas em longas tubulações principais (fig.1.2i). O espaçamento a ser considerado para a colocação de bolsas deve seguir a tabela APE1, conforme visto. Nos casos em que seja necessária a execução de um desvio, como mostra a figura 1.2c, devem ser obedecidas as regras ilustradas na figura 1.2a.

TABELA APE1- Espaçamentos entre bolsas de transporte.

Diâmetro externo da tubulação (mm)	Distância mínima (m)	Distância máxima (m)
60	17	50
75	20	60
85	25	75
110	34	100

Figura 1.2h - Bolsa aplicada em tubulações secundárias que recebem os efluentes de até 25 vasos sanitários.

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 1.2i - Tipo de bolsa aplicada em longas tubulações principais.

Fonte: Manual Evac 2008.

Num sistema como o da Evac, com pressão interna menor que a pressão atmosférica, é possível, como visto, propiciar a subida do efluente, facilitando, por exemplo, o esgotamento de ambientes sanitários localizados em nível inferior ao de saída do sistema para a rede pública, desde que seja obedecido o limite de 5,00 metros de elevação.

Objetivando suavizar o deslocamento do efluente no interior das tubulações, e, além disso, evitar os chamados retornos ou refluxos, alguns arranjos de montagem devem ser executados. Um exemplo ocorre quando da necessidade de se interligar uma tubulação secundária à principal, sendo as duas horizontais, como já aventado anteriormente. Esta ligação deve ocorrer de tal forma que a tubulação secundária se aproxime acima da principal, perpendicularmente (fig. 1.2j). Esta, por sua vez, possuirá uma junção simples rotacionada em relação ao seu eixo, formando um ângulo de 45° com a vertical (fig.1.2k). Por fim, dois cotovelos de 45° deverão ser instalados, juntando as duas tubulações (fig. 1.2l).

Figura 1.2j– Ligação de uma tubulação secundária a uma principal

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 1.2k - Rotacionamento da tubulação na junção secundária/principal

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 1.2l - Junção completa entre uma secundária e uma principal

Fonte: Manual Evac 2008.

Outro exemplo ocorre quando da interligação de tubulação vertical (neste caso, secundária) de fluxo ascendente a uma tubulação horizontal (principal) fixada junto ao teto da edificação. Neste caso, a tubulação horizontal contará com uma junção simples, rotacionada como descrito anteriormente, havendo no topo da tubulação principal um “pescoço de ganso”, formado pela conjunção de uma curva de 90° de raio longo com um cotovelo de 45°/luva, em seguida (com complemento de tubo entre elas e a junção/cotovelo). Daí, então, pode ser ligada à tubulação horizontal através da junção simples já rotacionada. Dependendo dos espaços, deve

ser instalada uma válvula de retenção junto ao “pescoço de ganso”, caso a elevação a ser vencida seja superior a 3,00 metros, conforme visto na figura 1.2m.

Figura 1.2m – “Pescoço de ganso” com válvula de retenção incorporada.

Fonte: Manual Evac 2008.

Similarmente ao espaçamento recomendado para as bolsas, pontos de visita ou de inspeção devem ser previstos e executados. Basicamente, as inspeções serão constituídas por uma junção simples e um “cap”. Os principais pontos que necessitam sempre de inspeção são: início das tubulações horizontais, início das tubulações verticais, em mudanças de direção de 90° e junto às bolsas de transposição ou de transporte.

É de se notar que a ancoragem (através de braçadeiras e suportes junto à alvenaria, lajes e pisos) da tubulação, quando se executa um sistema de esgotamento sanitário a vácuo, é a maneira mais prática possível de trabalhar. Isso, tanto do ponto de vista da execução quanto do ponto de vista da manutenção do sistema com vazamentos de vácuo e necessidade de acesso às válvulas. Na tabela APE2 encontra-se a especificação dos espaçamentos de ancoragem conforme o diâmetro da tubulação, cujo objetivo maior é evitar flexão na tubulação com consequente acúmulo de efluente. Além disso, sempre que houver mudança de direção da tubulação, o ponto final da antiga direção e o ponto inicial da nova devem ser ancorados (vide fig. 1.2n). Ainda, em cada interseção entre tubulações (como uma interligação de tubulação principal com secundária, por exemplo) deverá haver ancoragem prevista.

Figura 1.2n - Tubulação convenientemente ancorada em mudança de direção da tubulação.

Fonte: Manual Evac 2008.

TABELA APE2 – Ancoragem da tubulação.

DE (mm)	Ponto de ancoragem a cada
50 e 60	2,0 m
75	2,5 m
85 e 110	3,0 m

Fonte: Manual Evac 2008.

Tanto a tubulação de exaustão de ar e coleta de condensado (na saída do sistema) quanto o trecho inicial do sistema de tubulações de descarte de efluentes são arranjos que fazem parte da Central de Vácuo e, portanto, a descrição completa de sua montagem deve ser contemplada no capítulo referente à Central de Vácuo, quando da elaboração de memorial descritivo, ou de outra forma que tornem claros os preceitos dessa observação.

As proibições construtivas devem ser destacadas, caso das já citadas proibições de ampliações do diâmetro da tubulação em tubulações verticais de fluxo ascendente e de redução de diâmetro nas tubulações horizontais na direção da vazão. Há, ainda, os seguintes casos: o das tubulações horizontais que recebem efluentes de baterias de bacias e/ou de válvulas de interface: se, por exemplo, em dois níveis/pavimentos consecutivos forem instaladas baterias como as citadas, cada uma delas deverá ser conectada a um ramal principal exclusivo de cada

nível/pavimento (1.2o). É, portanto, proibido, qualquer arranjo que possibilite a união desses equipamentos (de níveis/pavimentos diferentes) em apenas um ramal principal, isto é, cada nível/pavimento deverá ter seu próprio ramal para coleta do esgoto de um ou mais equipamentos; quando for escolhida a solução de coletar o esgoto de bacias sanitárias de forma a elevar o efluente, cada uma delas deverá ter uma tubulação independente. Assim, é vetada a possibilidade de coletar o efluente de várias bacias através de uma tubulação horizontal e, ao final dessa tubulação, proceder a elevação do efluente acumulado, como mostra a fig.1.2p.

Figura 1.2o - Baterias de vasos situadas em níveis diferentes deverão ter seu ramal principal próprio, exclusivo.

Fonte: Manual Evac 2008.

Figura 1.2p - Arranjo proibido em sistemas a vácuo: bateria de vasos ligada a um mesmo ramal que se eleva: quando for necessário elevar o efluente cada vaso deverá ter seu próprio duto de elevação.

Fonte: Manual Evac 2008.

A tubulação de chegada não deve ser apoiada na unidade, mas em suportes externos à mesma, como já dito. Como, a cada ciclo de enchimento (que dura cerca de 10 segundos), cerca de 35 litros de efluente são descartados a, portanto, uma vazão de 10L/s, cabe ao projetista de instalações calcular, para cada caso e em função de outros parâmetros também (comprimento e inclinação da tubulação, entre outros), o diâmetro da tubulação de descarte. A extremidade do tubo de 100 mm de PVC branco (para esgoto sanitário) deve ter sua extremidade em ponta, a fim de que possa receber a bolsa da tubulação de descarte. A saída é horizontal e pode ser rotacionada, em relação ao eixo vertical, em qualquer direção. É recomendável a instalação de uma segunda válvula de retenção para servir como reserva daquela primeira aludida, de 32 mm.

Junto à unidade de vácuo deve ser instalada tubulação para ventilação do sistema (tubulação de saída, já aludida) tendo-se em mente que estará sendo removido ar de um sistema selado de coleta de esgoto. Esta tubulação deverá ser levada até área aberta, longe de áreas de circulação de pessoas e, por aduzir ar úmido e contaminado, um esquema próprio deve ser rigorosamente seguido, sob pena de contaminação, por condensado, da bomba, o que pode levá-la a colapso.

A temperatura, no início da tubulação de exaustão, pode chegar a mais de 100°C, devendo, por isso, ser protegida, para evitar acidentes. Por esse mesmo motivo, os primeiros 5 metros dela devem ser construídos de material que suporte altas temperaturas. Seu trecho final deve ter seu desenho de forma a voltar para baixo sua saída, como forma de evitar a entrada de chuva, entre outras hipóteses.

1.3) central de vácuo/painel de controle

O CLP utilizado em uma Central de Vácuo Evac com um só tanque (modelo SS130) contém 6 entradas e quatro saídas, e controla toda a unidade. Os componentes de

instrumentação e controle – instalados, também, dentro do painel de controle, e que recebem ou enviam informações para o CLP, são:

C₁) Entradas

- *Sensor de nível (bóia);
- *Sensor de vácuo (vacuostato);
- *Chave seletora de operação (automática ou manual);
- *Estado do disjuntor- motor.¹⁹

C₂) Saídas

- *Contador da bomba;
- *Lâmpada de alarme;
- *Válvula solenóide.

A lógica e funcionamento do sistema (Manual Evac 2008) pode assim ser descrita: partindo-se da condição de sistema sem vácuo e ligando-se a chave-geral, o visor de cristal líquido do CLP trará a mensagem “Selecione Automático ou Manual”.

Na posição “Auto”, a bomba de vácuo passará a funcionar, gerando vácuo. O vacuostato opera em circuito normal aberto, até que o nível de vácuo chegue à posição de ajuste daquele, fechando seu circuito. Após o fechamento, ou seja, com o nível de vácuo acima do ponto de ajuste do vacuostato, um contador interno do CLP é acionado: caso o sistema passe mais de 10 minutos acima do nível de ajuste do vacuostato, a bomba de vácuo é desligada, só voltando a funcionar se houver decaimento do nível de ajuste do vacuostato, quando outro ciclo de 10 minutos é iniciado. Na posição “Auto”, a cada mudança do vacuostato para baixo, um ciclo de 10 minutos é iniciado, independente de quanto tempo a bomba tenha funcionado antes da mudança de estado.

¹⁹ O disjuntor - motor é um dispositivo usado para proteção do motor da bomba de vácuo que se desarma quando há corrente excessiva ou voltagem inadequada. Quando ele é desarmado a lâmpada acende e aparece a mensagem “Proteção do Motor” no visor do CLP (Manual Evac 2008).

Já na posição “Manual”, a bomba funcionará continuamente, independentemente do nível de vácuo do sistema, só parando em condição de tanque cheio ou de acionamento da proteção disjuntor motor.

Há diversas condições de alarme em um sistema como esse. Nesses casos uma lâmpada de alarme, localizada na parte externa do CLP (vide fig. 2.2.2.4h, pg.48), é acesa e o visor de cristal líquido traz a informação sobre qual condição particular foi detectada. Como exemplos, há alarme de nível de bloqueio (quando a unidade entra em ciclo de descarte e ao final do período de ciclo a bóia ou sensor de nível permanece acionada. Nesse caso a lâmpada se acende e a mensagem “Nível de Bloqueio” aparece no visor. Isto significa que, por algum motivo, não houve o descarte do efluente de dentro do tanque e aí, então, a bomba para de funcionar até que a bóia volte para sua posição de repouso. No caso de baixo nível de vácuo (quando o sistema fica mais de 5 minutos abaixo do nível de ajuste do vacuostato, aparece a mensagem “Baixo Nível de Vácuo”²⁰, mas essa condição não interrompe o funcionamento do sistema.

A montagem de uma central deve acontecer em um local de fácil acesso abrigado e abrigado de intempéries e grande o suficiente para que os serviços de manutenção possam ser executados e, deve ser fixada no chão.

O cabo elétrico, de três fios mais terra, deve ser conectado à chave principal (fig.2.2.2.4f e item 5 da fig.2.2.2.4g, pg.48) no painel de controle da unidade. Após a ligação de eletricidade, deve ser feito um teste do sentido de rotação da bomba e, se a bomba estiver rodando em sentido inverso ao indicado, devem ser invertidos dois fios. A voltagem deve ser ajustada à da região e a amperagem do disjuntor motor deve ser acertada de acordo com a tabela APE3:

²⁰ É normal que ocorram operações com baixo nível de vácuo, sem prejuízo de eficácia. Porém, se essa condição se prolonga por tempo excessivo, passa a ser um indicador de anormalidade. Por tempo excessivo deve-se entender algo em torno de 30 minutos.

TABELA APE3 - Voltagem e amperagem para instalação de uma CLP.

Energia Elétrica	Amperagem
230V/ trifásico/ 60Hz	22
380V/ trifásico/ 60Hz	12
450V / trifásico/ 60Hz	11

Fonte: Manual Evac 2008.

A unidade deve, de preferência, ser ligada a sistema gerador de eletricidade de emergência, que deve, *obrigatoriamente*, estar na mesma fase do sistema elétrico da concessionária de energia elétrica da localidade, sob pena de danos acentuados à unidade geradora de vácuo.

2 – Especificações técnicas do sistema Jets, modelo 130 MB, segundo o próprio fabricante.

O sistema de vácuo especificado é de fabricação JETS, distribuído no Brasil pela TAVOLA Engenharia.

O sistema é composto de central de vácuo JETS, bacias sanitárias JETS, de piso ou parede, e válvulas elétricas de interface para coleta do esgoto secundário (esgoto cinza).

As centrais são compostas de dois geradores de vácuo, tipo hélice (chamados de vacuumarators), sem tanques de acumulação, sem bomba de recalque de esgoto e com procedimentos em uma única peça geradora de vácuo, chamada vacuumarator, que faz simultaneamente a sucção do esgoto, a trituração, a formação de vácuo e o recalque desejado em sistema selado e sem ventilação.

Cada vacuumarator é constituído por motor elétrico trifásico, de rolamentos blindados e autolubrificantes e a parte geradora de vácuo com carcaças em bronze e rotores e facas em aço inox. A vedação hidráulica entre o motor e o gerador de vácuo deverá ser feita por selo mecânico de grafite/cerâmica, resistente a variação bruta de temperatura, resistente a esgoto, quimicamente estável e com capacidade de sucção do ar.

Os vacuumarators são exclusivamente comandados por um conjunto de medidores e vacuostatos, sem nenhuma necessidade de PLC, ou qualquer outro comando eletrônico de placas de circuitos integrados, assim sendo um painel de comando eletro - mecânico.

Os vasos sanitários JETS são compostos de válvulas-guilhotina e de suprimento de água com acionamento pneumático, usando o próprio vácuo constante da tubulação.

As válvulas de interface com regulação de tempo de abertura são compostas de válvulas guilhotina, com acionamento elétrico que, através de um sensor de nível condutivo de

duas hastes instalado no próprio ralo sifonado, faz o comando de abertura da válvula solenóide para o próprio vácuo existente na tubulação, para acionar a válvula - guilhotina.

TABELA APJ1 – Apresentação da central de vácuo 130MB, suficiente para a SOF.

Código do item:	JETS Modelo 130MB
Descrição dos Serviços:	CENTRAL de Esgoto a vácuo

Fonte: Manual Jets 2009.

Composta por:

02 unidades de Vacuumator modelo 65MB com corpo em Aço Inox e Bronze

Deslocamento Nominal: 120 m³/h e 1200 flushes/h

Selo hídrico do próprio esgoto que passa por dentro do gerador de vácuo tipo hélice

Entrada de Esgoto: por vácuo em manifold de aço inox (65mm DN)

Saída de Esgoto forçada por sopro de ar diretamente do vacuumator em bronze (50 mm DN)

01 conjunto de tubulação de interconexão entre manifold²¹ e os vacuumators com válvulas esféricas metálicas (JETS)

03 vacuostatos Danfoss RT121 (-1 a 0 Bar)

01 vacuômetro com caixa de aço inoxidável (-1 a 0 Bar)

03 sensores de temperatura do gerador de vácuo

01 Quadro de comando eletromecânico e de proteção elétrica dos motores com ponto de sinal luminoso no painel de baixo vácuo.

Central montada em suporte metálico de aço pintado

²¹ Tipo de arranjo na tubulação em que vários ramais convergem para um único barrilete (ou coluna), ou o contrário, isto é, um único tubo se dividindo em vários ramais.

Fig.2a– Central 130MB.

Fonte: Manual Jets 2009.

Dimensões: 1,115 x 1,511 x 1,383 m

Sobre o Vacuumarator 65MB:

Marca: JETS e Modelo: 130MB com motor MEZ BA 132 S0-02K

Tipo: Hélice, sem lubrificação, com selo hídrico do próprio esgoto.

Deslocamento Nominal: 60 m³/h

Pressão de vácuo final máx.: -0,60 bar

Voltagem: 380v – trifásico

Potência: 6,30KW

Velocidade do Motor: 3494 RPM

CENTRAL MODELO JETS 130MB

Ruído máximo: 52 dB

Temp. Serviço do motor: 93° C IP 55

Peso aprox.: 97 kg cada.

TABELA APJ2 – Apresentação do vaso sanitário a vácuo da Jets.

Código do item:	JETS Modelo 50M FD/VPC-V
Descrição dos Serviços:	VASO SANITÁRIO de Esgoto a vácuo

Fonte: Manual Jets 2009.

Especificação: bacia sanitária a vácuo JETS 50

Fabricante: JETS

Peça N°: 063604910

Tipo: Operado por vácuo

Montagem: No chão

Controladora: Peça única modelo VPC-V – comanda a descarga e seu tempo e alimentação de água

Botão de acionamento: soft - touch de parede para espelho 4x2 furo tomada redonda (espelho não fornecido).

Consumo de água: 0,8 a 1,2 litros por descarga

Consumo de ar: 60 litros por descarga a 50% de vácuo (0,5 bar)

Abertura da válvula de descarga: 2 a 5 segundos

Vácuo de operação: de 0,3 a 0,5 bar (225 a 375 mmHg ou 8,86 a 14,9 “Hg)

Pressão de água: de 200 a 700 kPa (20 a 70 mca)

Conexão de água: ½ pol.; rosca BSP com flexível de alta pressão e válvula esfera e peneira de retenção de sujeira, em inox

Conexão de descarga: *mufla* de borracha (reta ou 90°) de 50mm ext., com abraçadeiras de aço inox.

Altura: 470mm

Largura: 357mm

Profundidade: 590mm

Peso líquido: 17,6 kg (seco)

Material: porcelana cor branca

Assento e tampa: modelo “Lily”

Figura 2b – Vaso sanitário a vácuo Jets.

Fonte: Manual Jets 2009.

Figura 2c – Croquis dimensionais do vaso sanitário a vácuo da empresa Jets.

Fonte: Manual Jets 2009.

TABELA APJ3 – Apresentação da válvula de interface da Jets.

Código do item:	JETS Modelo ED-Valve
Descrição dos Serviços:	VÁLVULA DE INTERFACE para esgoto a vácuo

Fonte: Manual Jets 2009.

Especificação: válvula de interface JETS ED.

Fabricante: JETS

Tipo: Operado eletricidade (12VC – 24VC – 115AC – 220AC)

Montagem: na tubulação

Acionamento : sensor de nível condutivo de hastes

Abertura da válvula de descarga: 2 a 5 segundos

Vácuo de operação: de -0,3 a -0,5 Bar (...)

Conexão de descarga: 53mm interno

Altura: 290mm

Largura: 170mm

Profundidade: 235mm

Peso Líquido: 3,6 kg (seco)

Material: PVC e Nylon

Figura 2d - Válvula de Interface MODELO JETS ED-Valve.

Fonte: Manual Jets 2009

3 - 3º Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Mundial dos Recursos Hídricos (transcrição de artigo da edição de 22/03/2009, do Jornal do Brasil).

BRASÍLIA - O aumento cada vez maior do consumo de água vai exigir que os países estabeleçam políticas públicas para regular o seu uso. Essa é uma das conclusões do 3º Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Mundial dos Recursos Hídricos, divulgado durante o 5º Fórum Mundial da Água, que ocorre em Istambul, na Turquia, neste domingo, Dia Mundial da Água.

O documento informa que já existem políticas em diversos países para redução da demanda e do desperdício de água. O texto alerta também para a necessidade do envolvimento de todos os setores da sociedade responsáveis pelas tomadas de decisão, e não somente das áreas que tratam diretamente do assunto, na formulação de diretrizes para regular o consumo de água.

Entre os fatores que vão levar ao consumo ainda maior de água, prevê o relatório da ONU, estão o crescimento e a mobilidade da população, o aumento no padrão de vida, mudanças nos hábitos alimentares e o crescimento da produção de energia, particularmente de biocombustíveis. Além disso, segundo texto, os efeitos das alterações climáticas devem agravar a situação em países que já estão quase no limite de uso de água dos recursos hídricos.

De acordo com o relatório, triplicou a prospecção de água potável nos últimos 50 anos e dobrou o número de áreas irrigadas.

A ONU atribui isso ao crescimento da população mundial, que registra cerca de 80 milhões de nascimentos por ano. O aumento demográfico vem resultando num incremento anual de 64 bilhões de metros cúbicos na demanda por água.

A agricultura é o principal consumidor, respondendo por 70% do uso de água. Caso não sejam tomadas medidas para conter o uso dos recursos hídricos pelo setor agrícola, alertam os autores do relatório, a procura mundial por água vai crescer entre 70% e 90% até 2050.

Além disso, destaca o documento, as mudanças nos hábitos alimentares também têm aumentado a demanda pelos recursos hídricos, especialmente o crescimento do consumo de carne. Para a produção de um quilo de carne são necessários entre 800 e 4 mil litros de água.

Ainda segundo o relatório da ONU, a expansão da produção de biocombustíveis também contribuiu para aumentar o consumo de água. A produção de etanol, de acordo com o documento, triplicou entre 2000 e 2007 e pode chegar a 127 bilhões de litros até 2017. O Brasil e os Estados Unidos são os principais produtores, tendo como matrizes, respectivamente, a cana-de-açúcar e o milho.

12:40 - 22/03/2009

4 – “Lei do uso racional da água” (aspas do autor).

A Comissão de Desenvolvimento Urbano e Interior aprovou o Projeto de Lei 7345/02, que determina a instalação de equipamentos de controle de consumo de água em edifícios não-residenciais de uso público, como prédios comerciais de escritórios, prédios escolares públicos e privados, hotéis, motéis e clubes.

O autor da proposta, deputado Antonio Carlos Mendes Thame (PSDB-SP), alerta para o risco do esgotamento das fontes de água. Segundo informação do Banco Mundial, em dez anos, cerca de 40% da população mundial correm o risco de não ter água suficiente para sustentar-se.

“O consumo de água no planeta aumentou seis vezes entre 1900 e 1995, mais do que o dobro do crescimento populacional ocorrido no período. No Brasil, nos últimos 20 anos, dobrou o consumo per capita de água no Brasil”, adverte o autor.

O projeto foi relatado pelo deputado Marcello Siqueira (PMDB-MG), que sugeriu a rejeição do projeto principal (PL 6963/02) que institui diretriz sobre a obrigatoriedade de implantação de programas de racionalização do uso da água. O PL 7345/02, aprovado pela comissão, tramita apensado a este.

Fonte: Agência Câmara.

5 - Cálculo da empresa Aquastock de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins de esgotamento sanitário no edifício da SOF.

Conforme já mencionado, esta memória de cálculo só se refere aos componentes tecnológicos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, e foi feita à guisa de simulação para implantação na SOF. Portanto, o item mais caro desse sistema, o reservatório, não foi incluído no custo final do sistema.

De qualquer maneira, é de se notar o baixo custo dos componentes tecnológicos desse tipo de sistema que, de resto, tem valores muito semelhantes ao sistema que pode ser implantado em outros edifícios, até mesmo em uma residência.

5.2.1 - Premissas adotadas

- **Área da cobertura:** A área da cobertura a ser utilizada é de **484 m²**.
- **Pluviosidade:** **1.575mm** anuais em média. Máxima média mensal de 250 mm em Dezembro e mínima média mensal de 10 mm em Junho.
- **Previsão de captação:** considerando a área de contribuição e a pluviosidade média, a captação anual pode chegar a **622,44m³**, com uma captação máxima de **98,80m³** em Dezembro mínima de **3,95m³** em Junho.
- **Previsão de consumo:** considerando o uso em lavagem de bacias sanitárias o consumo previsto é de **216,00m³** por mês, ou **2.595,00m³** anuais.

5.2.2 - Sistema proposto

- **Captação de Água:** Captação em **484m²** de cobertura, com calhas e condutores verticais de seção circular.
- **Filtragem:** Pré-filtro WFF150 Wisy. Filtra partículas sólidas de até 0,28mm. Auto-limpante, com capacidade para drenar áreas de contribuição de até 500 m². Instalado na intersecção dos ramais subterrâneos.
- **Reservatório(s):** Reservatório subterrâneo com capacidade de 25.000 l, e reservatório superior de 1.000 l. (Itens não Orçados).
- **Bomba:** Motobomba Residencial Aqquant ¼ CV.
- Moto bomba Aqquant Residencial 1/2 CV.
- **Acessórios:** Sifão ladrão para evitar entrada de insetos e roedores no reservatório enterrado. Freio d'água para reduzir velocidade de entrada da água no reservatório, Kit de interligação com água potável para abastecimento do reservatório em caso de falta de água de chuva.
- **Filtro Flutuante:** Os filtros flutuantes de sucção Wisy são instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que por ventura ainda estejam no reservatório, garantindo a

qualidade da água e evitando problemas com a bomba. Pode ser usado independente do pré-filtro, e também para água de reuso ou de poços.

- **Observações:** Prever extravasores para o filtro e o reservatório.

5.2.3 - Lista de Componentes a serem fornecidos

TABELA 5.23 - Componentes orçados.

ITENS QUE COMPOEM O SISTEMA AQUASTOCK	CÓDIGO	CUSTO UN.	QTD	CUSTO TOTAL
Pré-Filtro WFF 150 Wisy	WFF1002	R\$ 1.979,00	1	R\$ 1.979,00
Motobomba Residencial Aququant 1/4 CV	E0004	R\$ 682,00	1	R\$ 682,00
Sensor de Controle Anauger	AN SC	R\$ 47,00	2	R\$ 94,00
Sifão Ladrão Wisy	US 1005	R\$ 224,00	1	R\$ 224,00
Freio d'água Inox (DN 100)	EB 300	R\$ 304,00	1	R\$ 304,00
Kit Filtro Flutuante Grosso 1" Wisy c/ mangueira (2m) e conexões	SZ9811	R\$ 514,00	1	R\$ 514,00
Kit de interligação com água potável de 1/2"	TW 8803	R\$ 1.249,00	1	R\$ 1.249,00
TOTAL				R\$ 5.046,00

5.2.4 - Itens não orçados

- Reservatórios
- Tubos e conexões
- Mão de obra de instalação
- Frete fora da Grande São Paulo

5.5.5 - Forma de pagamento

- 03 vezes sem juros.

5.6.6 - Economia de água

A economia no consumo de água com a instalação do sistema deverá ser de aproximadamente **228,35m³** por ano.

Embora a área de captação não seja a mesma utilizada no item 5.1, visto que a empresa Aquastock preferiu simular um sistema com toda a área coberta do edifício da SOF – e não apenas com a área de cobertura com telhas - observa-se:

- a) o baixo custo dos componentes da tecnologia desse sistema, a menos do reservatório que, como é sabido, é o seu item mais caro;
- b) o volume total a ser economizado anualmente com a implantação do sistema sendo inferior à economia verificada após a entrada em funcionamento do sistema a vácuo, o que denota imprecisão nos cálculos.

6 – Planilha original de reforma da SOF.

Esta planilha, da tabela 6.1 mostra os itens orçados quando da reforma por que passou a SOF e que englobou a substituição do sistema de esgotamento sanitário tradicional, lá instalado desde a construção do edifício em 1986, pelo sistema a vácuo em janeiro de 2008.

Desta planilha foram expurgados aqueles itens que não têm relação com a mudança dos sistemas, o que resultou na planilha apresentada na tabela 3.15. O expurgo envolveu todos os itens grafados em vermelho e em azul na tabela 6.1.

TABELA 6.1 – Reforma das áreas molhadas do edifício da SOF, que incluiu a instalação do sistema a vácuo.

<div>Obra:</div> <div>SOF</div> <div>Reforma dos Sanitários e Copas</div>					
Preço de Referência					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.	PREÇO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
01.	ADMINISTRAÇÃO DA OBRA				
01.01	Engenheiro	un/mês	4,00	3.300,00	13.200,00
01.02	Encarregado	un/mês	4,00	1.200,00	4.800,00
01.03	Transporte de pessoal e alimentação	unid.	880,00	12,00	10.560,00
01.04	EPI - equipamentos de proteção individual	unid.	40,00	50,00	2.000,00
01.05	Mobilização de equipamentos	Vb	1,00	2.700,00	2.700,00
01.06	Retirada de entulho	un/mês	18,00	210,00	3.780,00
01.06	SUB-TOTAL				37.040,00
02.	ENCARGOS SOCIAIS	%	85,50%	1,00	15.390,00
03.	INSUMOS				
03.01	Materiais de consumo	Vb	1,00	2.200,00	2.200,00
03.02	Ferramental	Cj	4,00	310,00	1.240,00
03.03	SUB-TOTAL				3.440,00
04.	SERVIÇOS PRELIMINARES				
04.01	Retirada de louças e metais	Vb	1,00	2.000,00	2.000,00
04.02	Retirada de divisórias de mármore, bancadas de granito e soleiras	m²	150,00	13,50	2.025,00
04.03	Retirada de portas de madeira	unid.	51,00	22,50	1.147,50
04.04	Demolição de alvenaria	m²	50,00	4,10	205,00
04.05	Demolição de forro de gesso	m²	422,00	2,66	1.122,52
04.06	Demolição de cerâmica de piso	m²	422,00	4,80	2.025,60
04.07	Demolição de contrapiso	m²	422,00	4,80	2.025,60
04.08	Demolição de cerâmica de parede	m²	1.405,00	4,55	6.392,75
04.09	Retirada de reboco de parede	m²	1.405,00	3,55	4.987,75
04.10	Retirada de instalações hidráulicas	Vb	1,00	480,00	480,00
04.11	Retirada de instalações elétricas	Vb	1,00	622,00	622,00

04.12	Retirada de instalações sanitárias	Vb	1,00	480,00	480,00
04.13	Limpeza do local	Vb	1,00	377,00	377,00
04.14	SUB-TOTAL				23.890,72

05.	PISOS, PAREDES E FORROS				
05.01	Forro de gesso em placas	m²	422,00	15,00	6.330,00
05.02	Lixamento, emassamento e pintura de forro de gesso	m²	422,00	9,55	4.030,10
05.03	Alvenaria de 1/2 vez	m²	70,00	17,89	1.252,30
05.04	Chapisco em alvenaria	m²	1.405,00	2,55	3.582,75
05.05	Reboco	m²	1.405,00	9,42	13.235,10
05.06	Revestimento de parede, 20x20cm, Branco, Portinari ou equivalente	m²	1.405,00	28,65	40.253,25
05.07	Emassamento e pintura em tinta látex branco gelo em paredes externas	m²	100,00	17,50	1.750,00
05.08	Contrapiso	m²	422,00	12,60	5.317,20
05.09	Piso dos Sanitários em granito polido uma face, tipo branco Dallas, E=1,5cm, A 40x40 cm	m²	335,00	75,00	25.125,00
05.10	Piso das Copas, WC Garagem e Vestiário, PEI 4, A 41x41 cm, Camburi Branco, Eliana, ou equivalente	m²	130,00	25,65	3.334,50
05.11	Rejuntamento de piso/parede cerâmica, na cor branca	kg	320,00	2,10	672,00
05.12	SUB-TOTAL				104.882,20

06.	DIVISÓRIAS, BANCADAS, SOLEIRAS E ESPELHOS				
06.01	Divisória p/ Sanitários em granito polido duas faces, tipo Branco Dallas, esp=3cm, altura=160cm	m²	122,00	256,00	31.232,00
06.02	Bancada p/ Sanitários em granito polido uma face, tipo Branco Dallas, esp=3cm (0,80x0,60m)	unid	23,00	185,00	4.255,00
06.03	Bancada p/ Sanitários em granito polido uma face, tipo Branco Dallas, esp=3cm (1,65x0,60m)	unid	13,00	295,00	3.835,00
06.04	Bancada p/ Sanitários em granito polido uma face, tipo Branco Dallas, esp=3cm (2,40x0,60m)	unid	3,00	420,50	1.261,50
06.05	Bancada p/ Copas em granito polido uma face, tipo Cinza Andorinha, esp=3cm (1,20x0,60m)	unid	11,00	214,00	2.354,00
06.06	Divisória dos micrômetros em granito polido duas faces, tipo Branco Dallas (0,80x0,47m), esp=3cm	unid	13,00	45,00	585,00
06.07	Soleiras (0,70x0,15 m), tipo Branco Dallas, esp=1,5cm (WC Privativo e Vestiários)	unid	21,00	17,00	357,00
06.08	Soleiras (0,80x0,15 m), tipo Branco Dallas, esp=1,5cm (WC Garagem, T2, T, 5° e Copas)	unid	19,00	21,00	399,00
06.09	Soleiras (0,90x0,15 m), tipo Branco Dallas, esp=1,5cm (WC p/ Deficientes no 1°, 2°, 3°, 4°, T e T2)	unid	10,00	17,00	170,00
06.10	Espelho lapidado, colado, esp=5mm (2,40x1,00m)	unid	3,00	399,90	1.199,70
06.11	Espelho lapidado, colado, esp=5mm (1,65x1,00m)	unid	13,00	310,00	4.030,00
06.12	Espelho lapidado, colado, esp=5mm (0,80x0,90m)	unid	23,00	180,00	4.140,00
06.13	SUB-TOTAL				53.818,20

07.	ESQUADRIAS E FERRAGENS				
07.01	Portas dos sanitários				
07.01.01	Vidro temperado para box, transparente, esp=8,0 mm	m²	118,00	110,00	12.980,00
07.01.02	Jateamento branco leitoso para vidro temperado	m²	118,00	30,00	3.540,00
07.01.03	Ferragens para box, Imab ou equivalente	conj.	65,00	200,00	13.000,00
07.02	Portas de Acesso				
07.02.01	Jogo de porta de 70x210 cm em mogno tipo prancheta (com portais e alisar)	unid.	21,00	270,00	5.670,00

07.02.02	Jogo de porta de 80x210 cm em mogno tipo prancheta (com portais e alisar)	unid.	19,00	230,50	4.379,50
07.02.03	Jogo de porta de 90x210 cm em mogno tipo prancheta (com portais e alisar)	unid.	10,00	224,00	2.240,00
07.02.04	Jogo de dobradiças, La Fonte para porta de madeira	unid.	50,00	18,00	900,00
07.02.05	Fechadura La Fonte ou equivalente	unid.	50,00	37,60	1.880,00
07.02.06	Mola para porta Dorme ou equivalente	unid.	50,00	84,50	4.225,00
07.03	SUB-TOTAL				48.814,50

08.	LOUÇAS, PEÇAS E METAIS				
08.01	Louças				
08.01.01	Mictório - louça sem coluna, com sifão, gelo, M711 17, DECA, ou equivalente	Unid.	19,00	218,30	4.147,70
08.01.02	Cuba, embutir, retangular, gelo, modelo L42, Deca ou equivalente	Unid.	58,00	67,34	3.905,72
08.02	Metais				
08.02.01	Cuba em inox, 56x34x15, Strake mod. 302 ou equivalente	Unid.	11,00	156,31	1.719,41
08.02.02	Torneira para lavatórios dos sanitários, do tipo automática, cromada, Deca 1170-C Decamatic ou equivalente	Unid.	58,00	280,46	16.266,68
08.02.03	Torneira para pias das Copas, cromada, Deca ou equivalente	Unid.	11,00	79,96	879,56
08.02.04	Torneira de limpeza, cromada, Deca C39 1153 ou equivalente	Unid.	14,00	43,66	611,24
08.02.05	Válvula para mictório, tipo automática, cromada, Deca 2570-C ou equivalente	Unid.	19,00	224,22	4.260,18
08.02.06	Conj. Instalação de mictório DECA FM712 ou equivalente	Unid.	19,00	42,50	807,50
08.02.07	Válvula p/ pia americana, Deca-1623 ou equivalente	Unid.	11,00	19,98	219,78
08.02.08	Válvula para lavatório, cromada, modelo 1602C DECA ou equivalente	Unid.	58,00	21,64	1.255,12
08.02.09	Acabamento DECA p/reg. 11/4 a 11/2 C40/CR ou equivalente	Unid.	50,00	27,38	1.369,00
08.02.10	Ducha Activia, DECA IZI C-37 CR ou equivalente	Unid.	65,00	148,72	9.666,80
08.03	Acessórios				
08.03.01	Chuveiro Elétrico Fame ou equivalente	Unid.	4,00	23,27	93,08
08.03.02	Sifão em inox para pia, 11/2"x11/2"CR, modelo Darlifix ou equivalente	Unid.	11,00	36,26	398,86
08.03.03	Sifão em inox para lavatório, 11/2"x1", modelo 1680C DECA ou equivalente	Unid.	58,00	67,60	3.920,80
08.03.04	Flexível em malha em aço inox para lavatório, Deca Flex 4607-010-C ou equivalente	Unid.	58,00	16,28	944,24
08.03.06	Barra de apoio reta, Branca, 80 cm, DECA ou equivalente	Unid.	20,00	383,32	7.666,40
08.04	SUB-TOTAL				58.132,07

09.	FORNECIMENTO DE INSTALAÇÕES SANITÁRIAS				
09.01	Esgoto primário, linha reforçada, com junta elástica para ralos, mictórios e lavatórios				
09.01.01	Tubo de 75 mm	m	108,00	7,70	831,60
09.01.02	Curva 90°, para pé de coluna de 75 mm	unid	8,00	19,50	156,00
09.01.03	Junção simples de 75 mm	unid	10,00	15,70	157,00
09.01.04	Tê de inspeção de 75 mm	unid	14,00	18,70	261,80
09.01.05	Joelho 45° de 75 mm	unid	15,00	6,30	94,50

09.01.06	Joelho 90° de 75 mm	unid	13,00	6,10	79,30
09.02	Esgoto primário, junta elástica c/ anel de borracha para ralos, mictórios e lavatórios				
09.02.01	Tubos				
09.02.01.01	75 mm	m	200,00	7,10	1.420,00
09.02.01.02	50 mm	m	95,00	5,22	495,90
09.02.02	Joelho 45° de 75 mm				
09.02.02.01	75 mm	m	32,00	4,10	131,20
09.02.02.02	50 mm	m	50,00	2,20	110,00
09.02.03	Joelho 90° de 75 mm				
09.02.03.01	75 mm	m	26,00	3,25	84,50
09.02.03.02	50 mm	m	56,00	1,30	72,80
09.02.04	Tê sanitário				
09.02.04.01	75X50 mm	unid	34,00	5,50	187,00
09.02.04.02	75 mm	unid	28,00	5,80	162,40
09.02.04.03	50 mm	unid	3,00	3,50	10,50
09.02.05	Redução excêntrica				
09.02.05.01	75x50 mm	unid	13,00	2,80	36,40
09.02.05.02	50x40 mm	unid	23,00	2,40	55,20
09.02.06	Ventilação				
09.02.06.01	75 mm	m	60,00	6,60	396,00
09.03	Esgoto secundário, ponta e bolsa soldável				
09.03.01	Tubo				
09.03.01.01	40 mm	m	205,00	3,00	615,00
09.03.02	Joelho 45°				
09.03.02.01	40 mm	unid	52,00	0,90	46,80
09.03.03	Joelho 90°				
09.03.03.01	40 mm	unid	100,00	1,20	120,00
09.03.04	Junção simples				
09.03.04.01	40 mm		40,00	0,80	32,00
09.03.05	Caixa sifonada				
09.03.05.01	150x185x75mm, saída 75mm, c/ acessórios	unid	20,00	33,00	660,00
09.03.05.02	100x150x50mm, saída 50mm, c/ acessórios	unid	35,00	19,00	665,00
09.03.05.03	Ralo seco cônico com grelha metálica redonda	unid	5,00	14,60	73,00
09.03.05.04	Caixa de gordura	unid	11,00	210,00	2.310,00
09.04	Material do sistema a vácuo dos vasos sanitários				
09.04.01	Tubo PVC, Classe 15, ø60mm	m	180,00	21,40	3.852,00
09.04.02	Tubo PVC, Classe 15, ø50mm	m	120,00	12,35	1.482,00
09.04.03	Tubo PVC, classe 15, ø75mm	m	24,00	32,70	784,80
09.04.04	Junção 45° ø60mm/ø50mm	un	65,00	27,60	1.794,00
09.04.05	Curva 45°, ø50mm	un	65,00	6,09	395,85
09.04.06	Adaptador para válvula de retenção	un	22,00	3,75	82,50
09.04.07	Válvula de retenção	un	3,00	96,00	288,00
09.04.08	Registro esfera	un	2,00	78,60	157,20
09.04.09	Adaptador para registro esfera ø50mm	un	4,00	3,75	15,00
09.04.10	Joelho 45°, ø60mm	un	65,00	22,80	1.482,00
09.04.11	Junção 45°, especial, ø60mm	un	17,00	94,50	1.606,50
09.04.12	CAP rosqueável, ø60mm	un	27,00	9,75	263,25
09.04.13	Registro esfera, ø60mm	un	16,00	97,74	1.563,84
09.04.14	Registro esfera, ø75mm	un	3,00	210,00	630,00
09.04.15	Adaptador cola/rosca, ø75mm	un	3,00	20,70	62,10
09.04.16	Adaptador cola/rosca ø60mm	un	75,00	10,50	787,50
09.04.17	Curva 90° ø60mm	un	20,00	25,50	510,00
09.04.18	Joelho 90° longo ø50mm	un	13,00	19,50	253,50
09.04.19	CAP rosqueável, ø60mm	un	8,00	9,75	78,00
09.04.20	Abraçadeira, ø50mm, tipo SRS687_SISA	un	130,00	8,25	1.072,50
09.04.21	Tirante tipo SRS13 3/8"	m	130,00	6,00	780,00
09.04.22	Abraçadeira, ø60mm, tipo 687 SISA	un	65,00	9,00	585,00

09.04.23	Abraçadeira, tipo 687_SISA	un	6,00	13,50	81,00
09.04.24	Bucha 3/8"	un	104,00	5,25	546,00
09.04.25	Vaso sanitário, de piso, porcelana branca, c/ memória, tampo e acento próprios, estrutura de funcionamento pneumática, composto com válvula de água, válvula de descarga e válvula ativadora (acoplados na parte anterior da louça)	un	65,00	2.400,00	156.000,00
09.04.26	Central de vácuo (02 bombas Busch-Mink1142, painel eletrônico, 02 tanques em aço inox de 360 litros cada, e válvulas pneumáticas que compõem o sistema)	un	1,00	150.000,00	150.000,00
09.27	SUB-TOTAL				334.416,44

10.	SERVIÇOS DO SISTEMA À VÁCUO				
10.01	Instalação de porta dupla tipo veneziana	un	1,00	310,00	310,00
10.02	Instalação de exaustor de parede, Ø=400mm, 6pólos, monofásico, 220V	un	1,00	120,00	120,00
10.03	Instalação de termostato ambiente p/ controle do exaustor	un	1,00	90,00	90,00
10.04	Instalação de rede esgoto de 100mm p/ descarte desde os tanques até o PV existente	vb	1,00	210,00	210,00
10.05	Interligação elétrica de força do ponto fornecido pelo MP até o QE da central de vácuo	vb	1,00	495,00	495,00
10.06	Interligações elétricas do QE da central de vácuo, até as bombas de vácuo	vb	1,00	195,00	195,00
10.07	SUB-TOTAL				1.420,00

11.	FORNECIMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				
11.01	Tubo de água, PVC soldável (ponta e bolsa)				
11.01.01	Bitola 110 mm	m	32,00	31,86	1.019,52
11.01.02	Bitola 85 mm	m	33,00	23,40	772,20
11.01.03	Bitola 75 mm	m	140,00	18,90	2.646,00
11.01.04	Bitola 60 mm	m	48,00	12,50	600,00
11.01.05	Bitola 50 mm	m	458,00	5,85	2.679,30
11.01.06	Bitola 40 mm	m	26,00	5,03	130,78
11.01.07	Bitola 32 mm	m	20,00	3,63	72,60
11.01.08	Bitola 25 mm	m	312,00	1,90	592,80
11.02	Joelho				
11.02.01	90° c/bucha de latão azul (SRM)- 25X1/2"	unid.	140,00	3,10	434,00
11.02.02	90° - 25 mm	unid.	186,00	1,20	223,20
11.02.03	90°- 40 mm	unid.	4,00	1,82	7,28
11.02.04	90°- 50 mm	unid.	200,00	2,06	412,00
11.02.05	45°- 50 mm	unid.	6,00	2,60	15,60
11.02.06	90° - 60 mm	unid.	4,00	9,33	37,32
11.02.07	90° - 75 mm	unid.	12,00	29,59	355,08
11.02.08	45° - 75 mm	unid.	6,00	28,40	170,40
11.02.09	90° - 85 mm	unid.	8,00	54,40	435,20
11.03	Tê				
11.03.01	c/ bucha de latão azul (SRM)- 25X1/2"	unid.	75,00	4,70	352,50
11.03.02	25 mm	unid.	94,00	0,45	42,30
11.03.03	40 mm	unid.	25,00	4,40	110,00
11.03.04	50 mm	unid.	5,00	0,40	2,00
11.03.05	50x25mm	unid.	15,00	4,12	61,80
11.03.06	40x25mm	unid.	5,00	3,00	15,00
11.03.07	32x25mm	unid.	3,00	3,44	10,32
11.03.08	60 mx50m	unid.	6,00	14,26	85,56
11.03.09	75x50mm	unid.	9,00	25,20	226,80

11.03.10	85x75mm	unid.	2,00	54,18	108,36
11.04	Registro de gaveta em liga de bronze				
11.04.01	11/2"-50mm (bruto)	unid.	11,00	37,50	412,50
11.04.02	2"-60mm (bruto)	unid.	2,00	57,98	115,96
11.04.03	21/2"-75mm (bruto)	unid.	3,00	210,10	630,30
11.04.04	3"-85mm (bruto)	unid.	3,00	279,90	839,70
11.04.05	Base Hydra p/válvula 4550 11/2" 504 ou equivalente	unid.	-	64,88	-
11.04.06	Base DECA p/registro gaveta 3/4" 4509 ou equivalente	unid.	50,00	28,90	1.445,00
11.04.07	Base DECA p/registro gaveta 11/2" 4509 ou equivalente	unid.	36,00	52,75	1.899,00
11.04.08	Base DECA p/registro de pressão 3/4" 4416 ou equivalente	unid.	2,00	23,66	47,32
11.05	Adaptador PVC para registro				
11.05.01	25X3/4"	unid.	104,00	0,25	26,00
11.05.02	50X11/2"	unid.	72,00	1,48	106,56
11.06	Tubo de descarga				
11.06.01	Tubo de descarga EX-5 para as válvulas de 11/2"	unid.	-	3,01	-
11.06	Bucha de redução				
11.06.01	60x50 mm	unid.	4,00	2,10	8,40
11.06.02	75x60 mm	unid.	4,00	4,60	18,40
11.06.03	50x40 mm	unid.	3,00	1,08	3,24
11.06.04	40x32 mm	unid.	3,00	0,96	2,88
11.06.05	32x25 mm	unid.	3,00	0,33	0,99
11.07	Tubo de ferro galvanizado				
11.07.01	Bitola 60 mm	m	3,00	45,68	137,04
11.07.02	Bitola 50 mm	m	3,00	33,45	100,35
11.08	União em ferro galvanizado				
11.08.01	60 mm	unid.	1,00	93,94	93,94
11.08.02	50 mm	unid.	1,00	62,08	62,08
11.09	Válvula de Retenção				
11.09.01	50 mm	unid.	1,00	76,00	76,00
11.10	Mão-de-obra de remanejamento das caixas de hidrante (retirando da copa e instalando no corredor)	unid.	10,00	622,20	6.222,00
11.11	SUB-TOTAL				23.865,58

12.	FORNECIMENTO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				
12.01	Cabo, 3x2,5mm ² , isolação PVC, 750V	m	6.000,00	2,20	13.200,00
12.02	Cabo, 3x4,0mm ² , isolação PVC, 750V	m	500,00	3,40	1.700,00
12.03	Interruptor duplo 10 A/250V, com espelho branco em caixa metálica 4x2"	unid	5,00	7,82	39,10
12.04	Interruptor simples, 10 A/250V, com espelho branco em caixa metálica 4x2"	unid	50,00	9,55	477,50
12.05	Tomada simples, 2P+T, 10 A/250V, espelho branco em caixa met.4x2"	unid	90,00	13,55	1.219,50
12.06	Disjuntor termomagnético unipolar, 16 A, 6,0 kA, 230 V	unid	20,00	14,50	290,00
12.07	Disjuntor termomagnético unipolar, 30 A, 6,0 kA, 230 V	unid	30,00	13,50	405,00
12.08	Dispositivo tipo DR, 30 A, circuito monofásico	unid	30,00	81,40	2.442,00
12.09	Luminária fluoresc. 2x32w, de embutir, super-refletora em alumínio, reator elet. AFP	unid	96,00	148,50	14.256,00
12.10	Quadro de comando das bombas	unid	1,00	1.250,00	1.250,00
12.11	Bóias de nível	unid	2,00	120,00	240,00

12.12	Serviço de adaptação dos quadros elétricos existente nos pavimentos	unid	1,00	2.700,00	2.700,00
12.13	Acessórios (fita isolante, arame guia, vaselina, tirante, etc)	unid	1,00	1.800,00	1.800,00
12.14	SUB-TOTAL				40.019,10
13.	CUSTO DIRETO (somatório dos sub-totais de 01 a 12)				745.128,81
14.	Benefícios e Despesas Indiretas – BDI (incidente sobre o item 13. “Sub-total”)	%	30,00%		223.538,64
15.	PREÇO DE REFERÊNCIA				968.667,45

Fonte: SERAT.

7 – Memória de Cálculo

7.1 – TABELA 4.2a.

Nesse caso os cálculos foram simplificados pela não incidência de taxas ao longo do fluxo financeiro analisado. Por exemplo, para o cálculo do TRI, dado o FC constante de R\$28.447,22 (que é a economia anual feita nos pagamentos das contas de água, depois da implantação do sistema a vácuo), bastou a divisão do custo do sistema pela economia feita para se obter o TRI:

$$379.002,54/28.447,22 = 13,32 \text{ (anos)} \quad 7.1.1$$

A leitura feita pela planilha eletrônica utilizada foi, evidentemente, em cima da fórmula do item 3.1.4.4, qual seja $FC_0 = \sum FC_j / (1 + i)^j$, $j = 1,2...n$, em que FC_0 é o valor do investimento feito R\$ 379.002,54. Como não foram consideradas incidências de taxas (nem devidas a majoração de tarifas nem a TMA), $i = 0$, o que torna o segundo termo da equação reduzido a FC_j (a somatória somente é aplicada quando há variação ou quando isso é interessante, dependendo do ângulo de análise. No caso, como o buscado é o tempo (em anos) para o pagamento do investimento feito, bastou a divisão 7.1.1, com a somatória dos FC_j sendo desnecessária, por FC_j ser constante e anual, isto é, já se constituir em média aritmética para ser dividendo na operação de cálculo.

Caso diferente é quando FC_j não é constante. Nesse caso, há incidência de taxas e equação 3.1.4.4 faz a taxa i ser a diferença entre a contribuição constituída pelo aumento de tarifa e a do custo de oportunidade (TMA), geralmente, e preferencialmente, igual ao reajuste da poupança (no caso, considerou-se taxas idênticas, de 7% ao ano, conforme explícito na tabela 4.2d). Feitos os cálculos dos diversos FC_j (tabela 4.2c à pg. 72, por exemplo), basta fazer a média aritmética deles e jogar do outro lado como dividendo da operação de divisão

com o custo inicial (também acrescido de juros) como divisor. Exatamente como feito para o caso de FCj constante. Então, a única pergunta que resta é como foram obtidos os FCjs. E isto pode ser respondido assim: pela capitalização, ano a ano, do primeiro FCj obtido (vide tabela 4.2b para o primeiro FCj obtido).

Quanto ao VPL, como este se trata do primeiro FCo não negativo no fluxo de caixa, isto é, um FCo em que a soma dos diversos FCjs neutralizou o investimento feito (sempre considerado um FC negativo), a idéia é ir somando os diversos FCjs até ver qual somatório se iguala (ou ultrapassa) o valor do investimento inicial, não importando se o fluxo foi considerado constante (FCJs iguais) ou não. Assim, na tabela 4.2a obteve-se um VPL positivo no tempo de 15 anos.

Deve-se observar que, mesmo a taxas iguais para o reajuste tarifário e para a poupança, o TRI caiu sem que se mudasse as demais condições. É que mudou a relação avaliada:

*FCo: passou de 379.002,54 para 906.484,36 $379.002,54 \times (1 + 0,067)^{15}$, tomando-se o rendimento da caderneta de poupança como 6,7% a.a.

* $\sum FC_j / (1 + i)^j$: passou de 28.447,00 para 88.491,45, isto é, esse é o valor da média aritmética dos FCs devidos à economia anual auferida depois de implantado o sistema a vácuo, considerando o reajuste tarifário médio dos últimos anos (acima da inflação – cerca de 14,9 % a.a. - para capitalizar as concessionárias).

Tem-se, agora, o novo TRI:

$$906.484,36 / 88.491,45 = 10,24 \text{ (anos)} \quad 7.1.2$$

As demais simulações feitas no capítulo 4 obedecem ao mesmo processo de cálculo do exemplificado nos itens 7.1.1 e 7.1.2. Valores nominais de taxas são sempre controversos e, por isso, têm relativa importância na análise final.