UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA GONÇALVES

CISALHAMENTO E ESTANQUEIDADE NAS LIGAÇÕES DE POÇOS DE VISITA COM TUBOS DE PVC EM SISTEMAS DE ESGOTO

SANTOS/SP
2016

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA GONÇALVES

CISALHAMENTO E ESTANQUEIDADE NAS LIGAÇÕES DE POÇOS DE VISITA COM TUBOS DE PVC EM SISTEMAS DE ESGOTO

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior.

SANTOS/SP

2016

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Gonçalves, Marcus Vinicius de Oliveira.
Cisalhamento e estanqueidade nas ligações de Poços de Visita com tubos de PVC em Sistemas de Esgoto/ Marcus Vinicius de Oliveira Gonçalves --2016.
71 p.

Orientador: Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior
Coorientadores: Prof. Dr. Aldo Ramos Santos e Prof. Dra. Marlene Silva de Moraes

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2016.
1. Poços de Visita. 2. Sistemas de esgoto.I Moraes Jr, Deovaldo de, orientador. II Santos, Aldo Ramos e Moraes, Marlene Silva de, coorientadores. III Cisalhamento e Estanqueidade nas ligações de Poços de Visita com tubos de PVC em sistemas de esgoto.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

Dedico este trabalho a Deus pela saúde e força e pela minha mãe Leni que me impulsiona ao crescimento pessoal e moral.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por mais uma oportunidade de superar meus limites. Agradeço em especial meu orientador Professor Doutor Deovaldo de Moraes Junior e aos coorientadores Professores Doutores Aldo Ramos Santos e Marlene Silva de Moraes pela dedicação, aos colegas Professor Mestre Manoel, engenheiros Carlos Alberto e José Guilherme pela parceria e companheirismo. Agradeço também aos engenheiros Vicente e Marcos pela ajuda com as informações técnicas da Asperbrás e à minha querida esposa Claudia e querida filha Ana Julia pelo incentivo e apoio.

RESUMO

São inúmeras as doenças e epidemias relacionadas à falta da qualidade da água. O transporte adequado do esgoto sanitário e seu tratamento, são ações relevantes para a mitigação da degradação ambiental e dos problemas de saúde pública.
O poço de visita (PV) é uma câmara abaixo do nível do pavimento, visitável através de um tampão no topo com o intuito de facilitar a inspeção, desobstrução, reparo e troca de canalizações. É comumente instalado em pontos de curvas, junções e degraus. A grande maioria dos PV é confeccionada de concreto, que têm como inconveniências a falta de estanqueidade com a movimentação natural do solo e o elevado custo. O presente trabalho teve por objetivo abordar uma alternativa com a instalação de PV confeccionado em plástico polietileno, buscando a eficiência quanto a estanqueidade, o cisalhamento, a resistência a impactos e a integridade física da base para reduzir o transtorno em sistemas de saneamento instalados em solos argilosos e lençol freático alto típicos de regiões litorâneas, a infiltração de areia.
Os materiais e os métodos empregados foram especificados nas normas EN 1277, EN 295-3, EN 744, NTS 234 e EN 14830, que contemplam cisalhamento.
Os resultados indicaram que o PV plástico submetido aos testes em laboratório atendeu às exigências, não apresentando trincas, fissuras, vazamentos ou deformidades. Quanto à análise dos custos, o PV plástico mostrou-se mais vantajoso, com a economia de 7,65% em relação ao PV convencional. Sugere-se para a realização de novos trabalhos, verificar possíveis deformações no elevador, cone e bocal de acesso do PV plástico, melhorando ainda mais os parâmetros de qualidade e confiabilidade do produto.

Palavras chave: Cisalhamento. Estanqueidade. Poços de Visita. Polietileno. Sistemas de esgoto.

ABSTRACT

There are numerous diseases and epidemics related to lack of water quality. The proper transport of sewage and its treatment are relevant actions for the mitigation of environmental degradation and public health problems. The manhole (PV) is a chamber below the floor level, visitable through a cap on top in order to facilitate inspection, clearing, repair and replacement of plumbing. It is commonly installed on curve points, junctions and steps. Most PV are made of concrete, which have the inconvenience the lack of sealants for natural soil movement and the high cost. This work was aimed at addressing an alternative to the PV installation made of polyethylene plastic, seeking efficiency for leaks, shear impact resistance and physical integrity of the base to reduce the disorder in sanitation systems in soils clayey and high water table typical of coast areas sand infiltration. The materials and methods employed were specified in standards EN 1277, EN 295-3, EN 744, NTS 234 and EN 14830, which include shear.
The results indicated that the plastic PV subjected to laboratory tests met the requirements, showing no cracks, cracks, leaks or deformities. The analysis of costs, PV plastic was more advantageous to the economy of 7.65 % compared to conventional PV. The results indicated that the plastic PV subjected to laboratory tests met the requirements, showing no cracks, cracks, leaks or deformities. The analysis of costs, PV plastic was more advantageous to the economy of 7.65 % compared to conventional PV. It is suggested to carry out further work, check for possible deformations in the elevator, and access cone nozzle of plastic PV, further enhancing the quality parameters and reliability.

Keywords: Shear. Tightness. Manholes. Polyethylene. Sewage systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - ETE Peruíbe, bancos de areia acumulada no fundo da estação 17
Figura 2 - ETE Peruíbe, estação esvaziada para limpeza 18
Figura 3 - ETE Peruíbe, estação sendo limpa manualmente por funcionários 18
Figura 4 - Ligação do PV de concreto e tudo de esgoto, visto de cima 19
Figura 5 - Ligação do PV de concreto e tudo de esgoto, destaque da infiltração 19
Figura 6 - Tensão de cisalhamento 20
Figura 7 - Modelo convencional de Poço de Visita em concreto 22
Figura 8 - Modelo de tampão de ferro fundido para Poço de Visita 23
Figura 9 - Configuração básica de Poço de Visita segmentado 25
Figura 10 - Configuração básica de Poço de Visita monolítico 25
Figura 11 - Poço de Visita com DN de1000 mm saída DN 150 mm 27
Figura 12 - Vedações, anéis, juntas e serras para instalação de Poços de Visita e inspeção 27
Figura 13 - Poço de Visita e Poço de inspeção 29
Figura 14 - Implantação do PV - Vista do PV antes do assentamento 30
Figura 15 - Implantação do PV - Abrindo ponta para saída do efluente do PV para ser instalada a luva maleável fixada por braçadeiras 31
Figura 16 - Implantação do PV - Abrindo furo para tubulação de entrada afluente com serra tipo “Atlas Copo” 31
Figura 17 - Implantação do PV - Colocação de anel de borracha nitrílica flexível para receber tubulação 31
Figura 18 - Implantação do PV - Descida do PV na vala, com esgotamento do lençol subterrâneo 32
Figura 19 - Implantação do PV - Colocação do PV na vala, vide luva maleável de borracha presa por braçadeiras metálicas maleáveis 32
Figura 20 - Implantação do PV - Vide tubulação efluente, já acoplada ao anel 32
Figura 21 - Implantação do PV, Aterro apiloado com arenoso, após aprumar e nivelar o PV 33
Figura 22 - Implantação do PV - Apiloamento manual com arenoso 33

Figura 23 - Implantação do PV - Vista do PV compactado, aprumado e nivelado 33
Figura 24 - Implantação do PV - Anel de concreto, com espessura de 0,15 a 0,20 m, a depender do tráfego, rejuntada com massa e ferro para evitar infiltrações 34
Figura 25 - Finalização do Anel de concreto 34
Figura 26 - Ligação do PV de polietileno e tubo de esgoto 35
Figura 27 - Ligação do PV de polietileno e tubo de esgoto, visto de cima 35
Figura 28 - Preparação da amostra para o teste 36
Figura 29 - Poço de Visita plástico de 1000DN 37
Figura 30 - Equipamentos da base preparada, manômetro e cronômetro 38
Figura 31 - Equipamentos dos testes da base com o tubo de conexão 38
Figura 32 - Equipamentos do ensaio de estanqueidade, angulômetro, atuador hidráulico e coluna de mercúrio (Hg) 38
Figura 33 - Dispositivo mecânico ou hidráulico e cronômetro 39
Figura 34 - Dispositivo de impacto: percursor semiesférico de queda livre 39
Figura 35 - Medidor da deformação horizontal 40
Figura 36 - Medidor da deformação vertical 40
Figura 37 - Coluna de mercúrio (Hg) para medição de vácuo 40
Figura 38 - Painel de comando e aquisição de dados 41
Figura 39 - Controlador lógico programável (CLP) aquisitor e transdutor 41
Figura 40 - Notebook para leitor de aquisição de dados 41
Figura 41 - Sistema completo para teste de integridade física 42
Figura 42 - Desenho esquemático da montagem do teste 43
Figura 43 - Usinagem da base preparada, utilizando a furadeira e a serra copo 44
Figura 44 - Base preparada já usinada 44
Figura 45 - Junta elástica e tubo acoplados na base 45
Figura 46 - Peça na estrutura metálica 45
Figura 47 - Conjunto com o tubo de pvc, *cap*, anel borracha e torneira instalados 46
Figura 48 - Indicação da instalação da torneira para tomada de pressão 47
Figura 49 - Esquema da montagem do teste de cisalhamento 48
Figura 50 - Fixação da base 48
Figura 51 - Conjunto preparado para teste de Cisalhamento 49
Figura 52 - Posicionamento da cinta de fixação de pesos 49
Figura 53 - Peças com massa de 1,3 kg colocados na cinta 49
Figura 54 - Alimentação de água e tomada de pressão 50

Figura 55 - Desenho do dispositivo de queda livre conforme Norma EN 744 54
Figura 56 - Dispositivo de impacto conforme Norma EN 744 55
Figura 57 - Corpos de prova 55
Figura 58 - Esquema gráfico da base metálica e representação real 56
Figura 59 - “batedor” de perfil semiesférico 56
Figura 60 - Dispositivo para lançamento em queda livre, esquema gráfico e real 57
Figura 61 - Pontos de medição das deformações do canal principal 58
Figura 62 - Pontos de medição da flexão do canal principal 59
Figura 63 - Pontos de medição do esmagamento do canal principal 59
Figura 64 - Deformação vertical 62
Figura 65 - Deformação horizontal 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da resina para fabricação dos Poços 26
Tabela 2 - Dados de calibração dos equipamentos utilizados 42
Tabela 3 - Valores de deflexão angular, conforme exigências da NTS 234 46
Tabela 4 - Dados coletados para equação 53
Tabela 5 - Exigências de desempenho – NTS 234 60
Tabela 6 - Dados de calibração dos equipamentos utilizados 64
Tabela 7 - Dados de materiais utilizados 65
Tabela 8 - Dados da mão de obra utilizada 66

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO 14
2 - OBJETIVO 16
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17
3.1 - Problema: acúmulo de areia em ETE da baixada santista 17
3.2 - Conceito de tensão de cisalhamento 20
3.3 - Estanqueidade 21
3.4 - Poços de Visita: material e métodos 22
3.5 - Rotinas de instalação 28
3.6 - Caso prático de instalação de um PV de polietileno 30
3.7 - Situação real de um PV plástico em funcionamento 34
4 - MATERIAL E MÉTODOS 35
4.1 - Equipamentos utilizados 37
4.1.1 - Equipamentos utilizados nos testes de Estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV 37
4.1.2 - Equipamentos utilizados no ensaio de cisalhamento 39
4.1.3 - Equipamentos Utilizados no ensaio de resistência a impacto 39
4.1.4 - Equipamentos utilizados no ensaio de integridade estrutural 40
4.1.5 - Dados da aferição dos equipamentos 42
4.2 - Materiais utilizados 42
4.2.1 - Materiais utilizados nos testes de Estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV 42
4.2.2 - Materiais utilizados no ensaio de cisalhamento 42
4.2.3 - Materiais utilizados no ensaio de resistência a impacto 43
4.2.4 - Materiais utilizados no ensaio de integridade estrutural 43
4.3 - Método, procedimentos e objetivos dos ensaios 43
4.3.1 - Procedimentos aplicados nos ensaios de Estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV 43
4.3.2 - Procedimentos aplicados nos ensaios de cisalhamento 47
4.3.3 - Procedimentos aplicados nos ensaios de impacto em bases de câmara (conforme Norma EN 744) 54
4.3.4 - Procedimentos aplicados nos ensaios de integridade estrutural 57

5 - RESULTADOS 60
5.1 - Resultados dos testes de estanqueidade da base com tubo de conexão corpos de prova de 1000 mm 61
5.2 - Resultados dos testes de resistência ao cisalhamento corpo de prova de 1000 mm 61
5.3 - Resultados dos testes de resistência a impacto em bases de câmara (conforme Norma EN 744) 61
5.4 - Resultados dos testes de integridade estrutural 62
6 - ESTUDO ECONÔMICO DAS INSTALAÇÕES 64
7 - CONCLUSÃO 67
8 - SUGESTÕES 69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 INTRODUÇÃO

Um dos importantes compromissos firmados entre governantes de todo o mundo nas últimas décadas foi a II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, conhecida como Eco 92, que aconteceu no ano de 1992 no Rio de Janeiro. O foco da conferência era o desenvolvimento sustentável e a redução do processo de degradação do meio ambiente que o mundo inteiro vinha passando.

Dentre tantos compromissos firmados por diversos países, para o Brasil ficou um importantíssimo item a ser cumprido: fornecimento de serviços de saneamento básico para toda a sua população. Os princípios estão elencados nos documentos básicos da ECO 92, como a chamada Carta da Terra, a Agenda 21, a Declaração do Rio, entre outros que tinham necessidade de implantação urgente.

Assim, os órgãos responsáveis iniciaram grandes projetos para implantação de saneamento básico em todo o país. Destacando-se o estado de São Paulo, cujo desenvolvimento e grande concentração urbana demandavam grandes obras, e muitas vezes de grande complexidade. Com o avanço das instalações, problemas peculiares foram surgindo, desafiando os profissionais e demandando projetos de soluções inovadoras.

Durante a implantação das redes coletoras do sistema de esgotamento sanitário que atingiram grandes extensões territoriais, ocorreram diversas situações atípicas que geraram problemas em regiões litorâneas devido ao alto nível do lençol freático, o que exigiu experiências singulares para a engenharia, impulsionando-a a criar novas estratégias.

Desta forma, dependendo das peculiaridades, do tipo de solo, da área geográfica em que são instalados, podem surgir problemas típicos do local, como nas regiões litorâneas ou de mangue, o caso da região da Baixada Santista, litoral de São Paulo, que retrata bem tal condição. Constantemente os sistemas sofrem abalos e precisam de manutenção, ora por excesso de água, ora por infiltrações, e por diversos fatores como carga excessiva devido ao fluxo do transporte portuário.

Um problema corriqueiro nas estações de tratamento de esgoto é a grande quantidade de grãos de areia que ficam acumulados nos tanques dessas estações,

atrapalhando o bom funcionamento do sistema e gerando transtornos para retirada desses excessos e prejuízos em geral.

Assim, verifica-se que em determinados trechos utilizados para manutenção da rede, por exemplo, em que se utilizam os Poços de Visita (PV), há casos em que ocorre a infiltração de areia, que é então levada juntamente com o esgoto até as estações.

Através da tecnologia foi possível confeccionar PV em material plástico rotomoldado, como o polietileno e o policloreto de vinila (PVC), que são mais resistentes, flexíveis e impermeáveis, diferente dos antigos Poços de ferro (com frequentes problemas de oxidação) ou concreto (que comumente sofriam fissuras), que então facilitam a manutenção e reduzem significativamente as infiltrações.

A abordagem da aplicação de novos materiais resinosos para desenvolvimento de PV sem polietileno rotomoldado para obras de saneamento, é um assunto relativamente recente e já tem demonstrado grande eficiência. Mas, para a implantação definitiva é necessária a realização de diversos testes para comprovar a eficiência e viabilidade da aplicação, razão pela qual algumas normas padronizadoras de qualidade foram instituídas para fabricação dos mesmos.

Para garantir a eficiência do PV de polietileno diversos testes devem ser realizados em laboratório, verificando a estanqueidade, a resistência ao cisalhamento, a resistência a impactos e a integridade física, pois não basta que os PV rotomoldados facilitem o trabalho e a manutenção, eles devem ser funcionais e duradouros e terem entre suas principais vantagens a minimização máxima da infiltração de areia no sistema, bem como a impossibilidade de vazamento do esgoto para o solo.

2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi testar a eficiência da implantação dos Poços de Visita plástico, na redução da quantidade de areia acumulada nas estações de esgoto, a fim de minimizar sua infiltração no sistema.

Dentre os objetivos específicos, buscou-se verificar a sua eficiência quanto à estanqueidade, o cisalhamento, a resistência a impactos e a integridade física da base, na implantação destes tipos de Poços em sistemas de esgoto quando instalados em solos com areia de baixa granulometria e em solos com alto lençol freático.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Problema: acúmulo de areia em ETE da baixada santista

A característica do solo argiloso em muitas áreas da Baixada Santista se dá ao fato de que os sedimentos costeiros como areias de praias e dunas, argilas e lamas orgânicas dos mangues, e sedimentos detríticos que normalmente são bem finos, mas também psefíticos (rudito, rocha sedimentar maior que a areia como cascalho, pedregulho e argila glacial), que acabam por serem arrastados pela rede pública de drenagem, das serras vizinhas para o litoral, sendo que ali ficam acumulados nas planícies aluviais, canais fluviais, restingas, praias, lagunas (ALMEIDA, 1964).

O acúmulo de areia pode ser verificado nas Figuras de 1 a 3, na Estação de Tratamento de Esgoto de Peruíbe no estado de São Paulo.

Figura 1 - ETE Peruíbe, bancos de areia acumulada no fundo da estação.

Figura 2 - ETE Peruíbe, estação esvaziada para limpeza.

Figura 3 - ETE Peruíbe, estação sendo limpa manualmente por funcionários.

A limpeza das estações exige grande mobilização, é preciso esvaziá-la remover manualmente toda a areia, para então reativar o funcionamento do sistema, o que leva dias de serviço e despende de mão de obra e recursos.

Nas Figuras 4 e 5 verifica-se um PV de concreto com infiltração, instalado no litoral sul do Estado de São Paulo.

Figura 4 - Ligação do PV de concreto e tudo de esgoto, visto de cima.

Figura 5 - Ligação do PV de concreto e tudo de esgoto, destaque da infiltração.

Observa-se na Figura 5 a infiltração entre a ligação do tubo de plástico (cor ocre) de esgotos com o PV de concreto, onde é apenas fixado com massa de cimento, cal e areia.

3.2 Conceito de tensão de cisalhamento

Inicialmente cabe conceituar o que é a chamada Tensão de Cisalhamento ou Tensão de Corte, que é um tipo de Tensão gerada por forças aplicadas em sentidos opostos, porém em direções semelhantes no material analisado. O cisalhamento ocorre devido ao deslizamento entre corpos sólidos ou entre partículas do solo. Os principais fenômenos que permitem menor ou maior deslizamento são o atrito e a coesão (VARGAS, 1977).

Trata-se de uma tensão mecânica, chamada de tensão de cisalhamento ou tensão tangencial, como se vê na Figura 6.

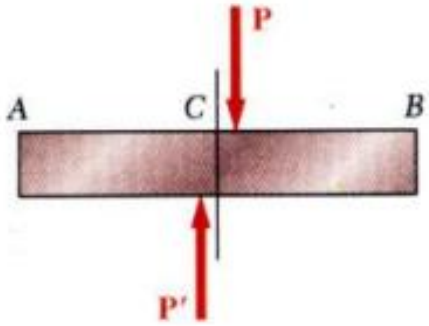

Figura 6 - Tensão de cisalhamento.

Fonte: Hibbeler (2010)

O cisalhamento ocorre constantemente nos casos em que o PV é feito de concreto, tendo em vista que sua junção aos tubos de PVC não é flexível, assim com a movimentação natural do solo, pressão e carga sobre o pavimento ao qual ele está inserido, acabam por forçar o tubo, que por sua vez, perde a resistência e cisalha.

Parte da dinâmica do cisalhamento relaciona-se com a resistência por atrito entre as partículas, ao que se atribui o nome de coeficiente de atrito, trata-se de uma força tangencial necessária para ocorrer o deslizamento de um plano, em outro paralelamente a este. Esta força também é proporcional à força normal ao plano. O ângulo formado entre a força normal e a resultante das forças, tangencial e normal, é chamado de ângulo de atrito φ (fi), sendo o máximo ângulo que a força cisalhante pode ter com a normal ao plano sem que haja deslizamento (Pinto, 2006).

No cisalhamento dos solos, a resistência acontece principalmente por causa do atrito entre os grãos. A atração físico-química entre partículas, chamada de

coesão real, é independente da força normal e tem uma parcela de resistência significativa em determinados tipos de solos.

Assim, cabe ressaltar que a coesão real não se confunde com a coesão aparente (peculiar de solos argilosos úmidos não saturados), está determinada pela pressão capilar da água, pois tal resistência desaparece à medida que o solo vai sendo saturado.

Coesão é a parcela de resistência ao cisalhamento de um solo, independente da tensão efetiva normal atuante, provocada pela atração físico-química entre partículas ou pela cimentação destas. A coesão é tanto maior quanto menores forem os diâmetros das partículas e maior o seu grau de “achatamento”. Em linguagem popular, é o “grudar” ou “colar” entre partículas. Observe que só existe coesão (entre partículas muito pequenas) havendo água, sendo que muita água diminui a coesão e pouca água a aumenta (ALMEIDA, 2005).

O fato é que neste objeto de estudo que é o sistema de esgoto, onde se utiliza tradicionalmente a tubulação de concreto, com a movimentação do solo acontece o cisalhamento do PV de concreto e também de suas junções, onde ocorre uma espécie de “trinca”, sem contar que tal movimentação também prejudica a estanqueidade do sistema.

3.3 Estanqueidade

Estanqueidade, de forma sucinta é a propriedade conferida pela impermeabilização, de impedir a passagem de água. Dessa forma, a estanqueidade de uma estrutura de concreto pode ser então entendida como a capacidade dessa estrutura de não permitir a percolação de líquidos, por nenhuma das paredes, juntas ou lajes que os confinam (BRITEZ et al., 2013).

Para tanto, é necessário a realização de testes de estanqueidade, tendo em vista que é o processo que verifica a integridade de uma peça ou componente quanto a possibilidade de sofrer vazamentos, avaliando-se trincas, furos, porosidade, solda ou brasagem (solda com liga de cobre e zinco) incompleta, solda fraca, assentamento impróprio de componentes, ajustes, apertos ou montagens impróprias, componentes faltantes, vedações defeituosas e defeitos de superfície de acabamento (HELENE, 1980).

Tendo em vista a aplicação prática do PV de concreto em solos com constante movimentação, como no caso da Baixada Santista, é importante que se conheça as causas e consequências de tais vazamentos no sistema, uma vez que podem ocorrer para dentro ou para fora do PV.

Diversos testes precisam ser realizados, com diferentes tipos de vedações, pois existem casos que ocorre o vazamento em apenas uma direção.

3.4 Poços de Visita: material e métodos

Conceitualmente um Poço de Visita é um tipo de câmara visitável, que possui uma abertura na parte superior, que deve ficar nivelado com o terreno que será instalado, feito para conectar dois ou mais trechos de tubulações em sequência e possibilitar serviços de manutenção nos trechos a ele ligados (DEC, 2015).

Segue o esquema de um modelo convencional de PV de concreto na Figura 7.

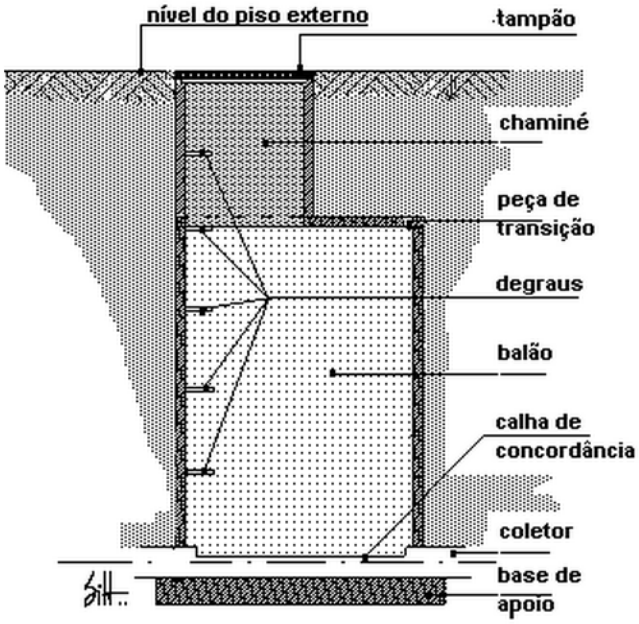

Figura 7 - Modelo convencional de Poço de Visita em concreto.

Fonte: DEC (2015).

Um PV convencional feito em concreto tem dois compartimentos diferentes: chaminé e o balão, esses feitos em diâmetro e estrutura que comportem a entrada de uma pessoa, com espaço suficiente para realização das rotinas de manutenção e execução das funções para as quais foi projetado.

Para melhor compreender a estrutura do PV, o balão ou câmara de trabalho é o compartimento principal da estrutura, de seção circular, quadrada ou retangular, que é o local em que são feitas todas as manobras internas, onde o operador deverá fazer as operações manuais ou mecânicas, no caso da execução de eventuais serviços de manutenção nos trechos conectados ao PV ao longo do sistema. Na parte inferior, ou seja, no piso ou no fundo, estão moldadas as calhas de concordância entre as seções de entrada dos trechos a montante e da saída para jusante. Estas calhas são projetadas de modo que fiquem dispostas na posição para guiar as correntes líquidas, desde as entradas no Poço, até o início do trecho de jusante do coletor principal que atravessa o PV. Assim, assegura-se um mínimo de turbilhonamento e retenção do material em suspensão, devendo suas arestas superiores serem niveladas, no mínimo, com a geratriz superior do trecho de saída, (DEC, 2015).

Descrevendo-se a chaminé, que também é chamada de pescoço ou tubo de descida, é uma ligação entre o balão e a superfície para a parte externa. Geralmente inicia-se com um furo central feito na laje de cobertura do balão, que vai até a superfície do terreno, sendo fechada por um tampão de ferro fundido, conforme a Figura 8.

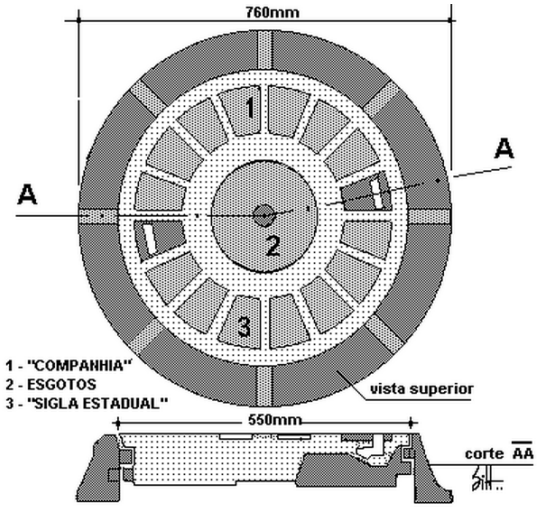

Figura 8 - Modelo de tampão de ferro fundido para Poço de Visita.

Fonte: DEC (2015).

A partir da chaminé a entrada e saída do operador é feita com o auxílio de uma escada de ligas metálicas inoxidáveis, do tipo marinheiro, sendo afixada de degrau em degrau na parede do Poço ou, se o caso, através de escadas móveis para Poços de pequenas profundidades.

Em se tratando de PV confeccionados com plástico, existem algumas normas no Brasil que são elaboradas por empresas que utilizam de tais PV, cujas especificações devem ser seguidas pelos fabricantes.

A título de exemplo, a Companhia de Saneamento do Paraná, ressalta quanto à utilização de tais PV em polietileno, que deverá seguir o padrão do Poço de Visita Tipo H – Polietileno - DN 800. O PV do tipo “H” é projetado para locais específicos como a região litorânea que são áreas alagadiças ou banhados com presença constante do lençol freático alto, sendo que não há impedimento para a sua utilização em outros tipos de solo, desde que haja viabilidade econômica financeira ou interesse próprio da empresa que irá utilizá-lo (SANEPAR, 2015).

Ainda segundo tais especificações, A Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) indica que o Poço de Visita de polietileno deve ter as entradas para as redes coletoras vedadas de fábrica, para serem abertas conforme a necessidade de cada obra; a conexão da rede com o PV deve ser feita por meio de junta elástica, ou anel de vedação; a saída do PV deve ser em DN 150, sendo que se for necessário que a saída seja em diâmetro inferior deverá ser utilizada uma redução excêntrica.

Aponta também que os Poços devem ser moldados e entregues em peça única ou segmentadas, unidas por junta elástica, sendo ajustados para altura efetiva do PV através de corte no local da obra, atentando-se de que o PV pode ser estocado sob a exposição de raios solares e ou intempéries por um período de até um ano, se for por períodos maiores precisam ser guardados longe do sol, bem como, sobre os anéis de vedação que são de borracha nitrílica, devem ser armazenados de forma adequada e abrigados do calor, dos raios solares e de intempéries, tudo isso para não prejudicar a integridade do produto e não interferir na qualidade do sistema (SANEPAR, 2015).

Já de acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2014) a Norma Técnica Sabesp NTS 234, que trata das especificações dos PV, por definição os Poços de Visita podem ser fabricados em peça única (monolítico, sem juntas) ou em segmentos, sendo que no caso da fabricação segmentada, a união entre os segmentos, deve ser efetuada por meio de uma junta elástica que garanta a estabilidade e estanqueidade do conjunto (SABESP, 2014).

Segue na Figura 9 o esquema de um PV segmentado e na Figura 10 um PV monolítico no caso de plástico, seguindo a mesma norma.

Figura 9 - Configuração básica de Poço de Visita segmentado.
Fonte: SABESP, (2014)

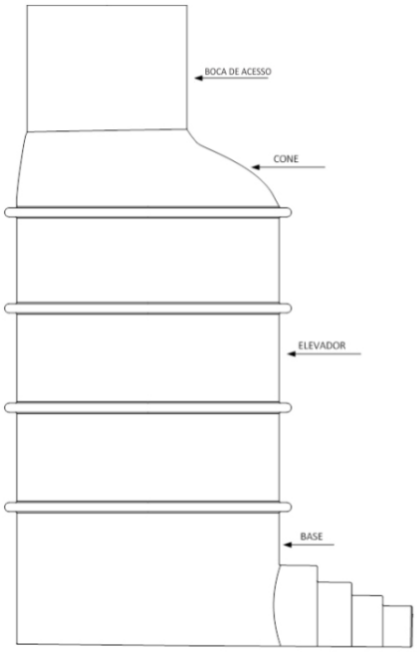

Figura 10 - Configuração básica de Poço de Visita monolítico.
Fonte: SABESP, (2014)

Os materiais a serem utilizados na fabricação de tais Poços devem ter características específicas, atendendo aos requisitos normativos correspondentes. Os materiais da base do PV devem atender também às exigências de desempenho e do impacto a – 29 ºC.

No caso das especificações Técnicas da SANEPAR, segundo documento de Especificações Básicas para Poços de Visita e Poços de Inspeção em Polietileno de nº EB/USMA/065, podem-se destacar os requisitos gerais quanto aos materiais para fabricação do PV de plástico da Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da resina para fabricação dos Poços.

Característica	Requisito	Parâmetros de ensaio		Método de ensaio
Densidade	0,935 g/cm^3 (2)	Temperatura	23 ± 2 °C	NBR 14684
Índice de fluidez	4,2 g/10 min (1)	Temperatura	190 °C	NBR 9023
		Massa	2,16 kg	

1 - variação de 15% para mais ou para menos.
2 - variação de 0,002 g/cm^3 para mais ou para menos.

Fonte: SANEPAR (2015)

Esta mesma norma ainda aponta que os Poços são dimensionados para trabalharem enterrados com o objetivo de se obter acesso físico e ou visual e possibilitar a manutenção pontual da rede coletora de esgotos sanitários, despejos industriais não agressivos ao polietileno, sem pressão hidrostática interna e com temperatura de fluido não superior a 40 ºC.

A título de exemplo, destaca-se a Figura 11 que apresenta um modelo real de um Poço de Visita rotomoldado monolítico, fabricado em polietileno pela empresa ASPERBRAS, que segue os padrões das Normas Técnicas citadas anteriormente, bem como a Figura 12 que mostra as juntas e anéis que promovem a estanqueidade do sistema, seguindo as mesmas normas.

Figura 11 - Poço de Visita com entrada DN de 1000 mm e saída DN 150 mm.
Fonte: ASPERBRAS (2015)

Figura 12 - Vedações, anéis, juntas e serras para instalação de Poços de Visita e inspeção.
Fonte: ASPERBRAS (2015)

Destaca-se que não é permitido o uso de material reprocessado ou reciclado na fabricação das peças, nem o uso de composto de cor preta na fabricação dos mesmos. O PV deve permitir a conexão de tubos com base em normas específicas. Tais exigências são imprescindíveis para assegurar que o PV não possui imperfeições que facilitarão ao cisalhamento do tubo.

3.5 Rotinas de instalação

Comparando-se a instalação de um PV de concreto e um PV de polietileno, as etapas não se diferem totalmente, pois se deve preparar o local, inclusive casos em que necessite de lajes em concreto armado, mas a principal diferença está na segurança de que o material não será trincado durante a instalação nem depois dela, devido ao tipo de material que é confeccionado.

Para a instalação nos sistemas de saneamento, há uma rotina a seguir com alguns critérios, que incluem escavação em terreno de qualquer natureza, exceto rocha, carga, transporte a qualquer distância, descarga e espalhamento do material excedente da escavação em bota-fora, sinalização, tapume, execução de lastro e lajes em concreto armado, assentamento dos tubos de concreto, canaleta de fundo, cintas de amarração, assentamento de tubulação entre o limite da cava e a parede interna do Poço de Visita, aterro compactado e assentamento de tampão em ferro fundido (SABESP, 2014).

Assim, dadas as exigências para sua confecção, adotou o polietileno que é quimicamente o polímero mais simples, parcialmente cristalino, flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina, sendo o plástico, mais adequado até o momento, para tal aplicação.

Segundo Asperbras (2015), que utiliza como material o polietileno linear de media densidade, para profundidades de até 4,0 m, eles têm cinco entradas - nas posições de 90°, 135°, 180°, 225° e 270°, para tubos de diâmetro DN 150 - 200 – 300 mm, com saída para tubos de diâmetros até DN 300 mm e diâmetro de 1,00 m, conforme Figura 13.

Figura 13 - Poço de Visita e Poço de inspeção.

Fonte: ASPERBRAS (2015)

Na Figura 13, que apresenta um Poço de Visita (PV) e um Poço de inspeção, é possível notar-se a dimensão real de um PV, tendo em vista que deve haver espaço suficiente para um operador trabalhar dentro dele e realizar as rotinas de manutenção.

Quanto à sequência para sua instalação, primeiro preparam-se as instalações de entrada e saída dos tubos que serão conectados ao Poço de Visita, depois se instala o PV na escavação onde serão fixadas as conexões dos tubos da rede de esgotos e em seguida se faz os testes de escoamento e vedação (estanqueidade) das conexões, estando aprovado, será realizado o preenchimento da escavação e então a instalação é finalizada nivelando com o pavimento.

O objetivo da aplicação de tal material nesse tipo de sistema é a facilidade da instalação e manutenção, por ser um plástico de alta impermeabilidade, flexibilidade e resistência. A instalação é rápida e segura, tanto para a operação em si, como para a finalidade que é a manutenção da rede de esgotos.

3.6 Caso prático de instalação de um PV de polietileno

Da Figura 14 à 25 é apresentada a sequência de instalação dos PV, considerando que foram aplicados Poços de Visita em polietileno linear de alta densidade, doados pela “ASPERBRÁS” à Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A - EMBASA a título de experiência, sendo que foi instalado em local crítico, no Bairro dos Alagados, na bacia de Lobato no dia 5 de dezembro de 2012 (EMBASA,2012).

Observou-se que no assentamento dos PV e ao longo do funcionamento destes, o produto aplicado atendeu bem às necessidades a que se propõe principalmente no que diz respeito a estanqueidade, durabilidade, fácil instalação e manuseio.

Mesmo considerando situações adversas, tais como, terrenos arenosos, terrenos alagadiços, áreas próximas a variações das marés, locais próximos a encostas, entre outros. A seguir as Figuras 14 a 25 estão à sequência da implantação do PV, no bairro dos Alagados na Bahia.

Figura 14 - Implantação do PV - Vista do PV antes do assentamento.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 15 - Implantação do PV – Abrindo a ponta de saída do efluente do PV para ser instalada a luva maleável fixada por braçadeiras.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 16 - Implantação do PV - Abrindo furo para tubulação de entrada afluente com serra tipo "Atlas Copo".
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 17 - Implantação do PV - Colocação de anel de borracha nitrílica flexível para receber tubulação.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 18 - Implantação do PV - Descida do PV na vala, com esgotamento do lençol subterrâneo.
Fonte: EMBASA (2012)

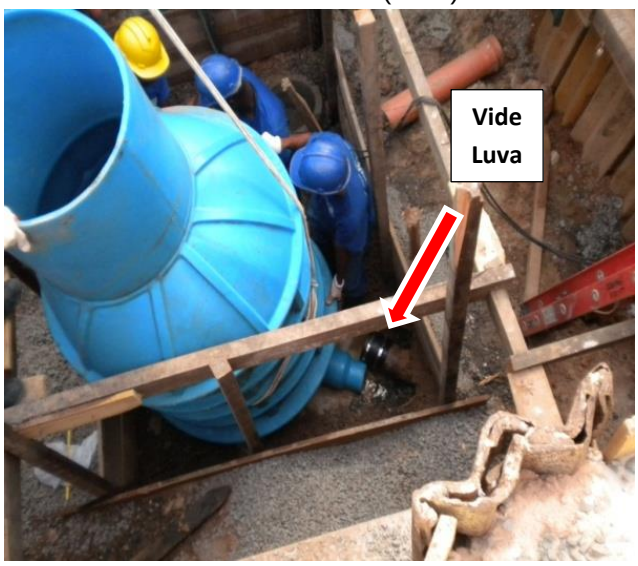

Figura 19 - Implantação do PV - Colocação do PV na vala, vide luva maleável de borracha presa por braçadeiras metálicas maleáveis.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 20 - Implantação do PV - tubulação efluente, já acoplada ao anel.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 21 - Implantação do PV - Aterro apiloado com arenoso, após aprumar e nivelar o PV.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 22 - Implantação do PV - Apiloamento manual com arenoso.
Fonte: EMBASA (2012)

OBS. Nota-se no fundo uma camada de sujeira, que nada mais é que arenoso da vala a ser limpo.

Figura 23 - Implantação do PV - Vista do PV compactado, aprumado e nivelado.
Fonte: EMBASA (2012)

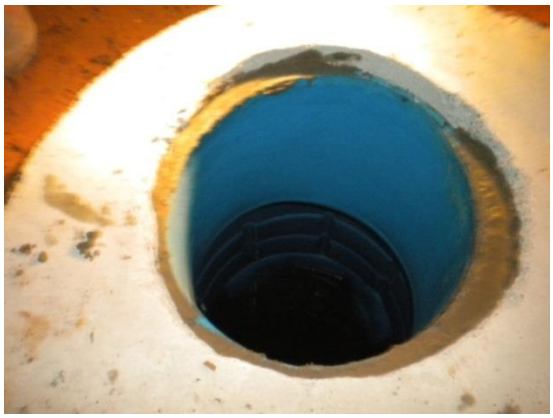

Figura 24 - Implantação do PV - Anel de concreto, com espessura de 0,15 a 0,20 m, a depender do tráfego, rejuntada com massa ferro para evitar infiltrações.
Fonte: EMBASA (2012)

Figura 25 - Finalização do Anel de concreto.
Fonte: EMBASA (2012)

Diante do exposto, atestou-se a facilidade de instalação do produto.

3.7 Situação real de um PV plástico em funcionamento

A seguir as fotos que foram tiradas pelo autor, mostram às situações reais que foram verificadas as instalações de PV de polietileno para darem uma noção mais clara, da aplicação prática nos sistemas de esgotamento.

Nas Figuras 26 e 27, apresentou-se um PV de polietileno que foi instalado no litoral norte do Estado de São Paulo.

Figura 26 - Ligação do PV de polietileno e tubo de esgoto.

Figura 27 - Ligação do PV de polietileno e tubo de esgoto, visto de cima.

Pode-se observar que não há infiltração entre a ligação do tubo de plástico (cor ocre) de esgotos com o PV de polietileno, que foi vedado com um anel de borracha, diferentemente das Figuras 4 e 5 que foram apresentadas no início do trabalho.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os testes foram realizados pelo laboratório BOMA Soluções Técnicas em outubro de 2012 para homologação dos PV da empresa Asperbras, analisando-se os materiais e os métodos a seguir descritos na sequência de realização dos ensaios,

com o objetivo de se comprovar a eficiência do conjunto para utilização em sistemas de esgoto.

Foram efetuados os seguintes testes:

a) Ensaio de estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV rotomoldados em polietileno;
b) Ensaio de cisalhamento para garantir a integridade dos componentes envolvidos, anel de borracha, tubo de esgotos de PVC e o corpo do PV;
c) Ensaio de resistência aos impactos da queda de um percussor do tipo d90 a uma queda livre de 2,5 m;
d) Ensaio de integridade estrutural.

O PV foi separado em partes para algumas etapas dos testes, assim, o esquema a seguir na Figura 28, exemplifica graficamente a preparação das amostras para o teste em que são utilizados fragmentos do PV rotomoldado.

Nota: *Conforme Norma EN 14830 - O conjunto pode ser girado em 180 ° para simplificar o teste.*

Figura 28 - Preparação da amostra para o teste.
Fonte: BOMA (2012)

Na Figura 29 está apresentado o PV 1000 DN que é o utilizado pelo autor como referência para os testes no presente trabalho.

Figura 29 - Poço de Visita plástico de 1000DN.
Fonte: ASPERBRAS (2015)

O Poço da Figura 29 foi confeccionado em polietileno linear, para profundidades de até 4,0 m; possui cinco entradas nas posições de 90º, 135º, 180º, 225º e 270º para tubos de diâmetro DN 150-200, 250-300 e 400 mm; possui diâmetro de 1,00 m; não flutua em lençol freático alto e tem a inclinação da entrada central em relação à saída de 1%.

4.1 Equipamentos utilizados

4.1.1 Equipamentos utilizados nos testes de Estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV

Foram utilizados: fonte de pressão, dispositivo para medição de pressão, carga, dispositivo mecânico ou hidráulico, cronômetro e furadeira.

Nas Figuras 30, 31 e 32 estão alguns dos equipamentos utilizados para a realização dos testes de estanqueidade da base com o tubo de conexão.

Figura 30 - Equipamentos da base preparada, manômetro e cronômetro.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 31 - Equipamentos dos testes da base com o tubo de conexão.
Fonte: BOMA (2012)

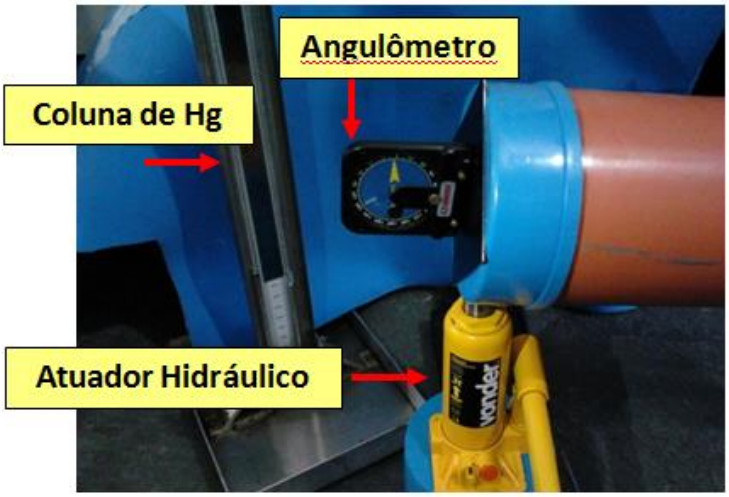

Figura 32 - Equipamentos do ensaio de estanqueidade: angulômetro, atuador hidráulico e coluna de mercúrio (Hg).
Fonte: BOMA (2012)

4.1.2 Equipamentos utilizados no ensaio de cisalhamento

Foram utilizados: fonte de pressão, dispositivo para medição de pressão, carga, dispositivo mecânico ou hidráulico, cronômetro e furadeira.

Na Figura 33, estão alguns dos equipamentos dos testes de resistência ao cisalhamento.

Figura 33 - Dispositivo mecânico ou hidráulico e cronômetro.
Fonte: BOMA (2012)

4.1.3 Equipamentos Utilizados no ensaio de resistência a impacto

Testes conforme as normas SABESP NTS 234 Anexo B e EN 744 Item 4.

Foram utilizados os equipamentos, Dispositivo de Impacto, Escala Métrica e Balança de Precisão.

A Figura 34 apresenta um dos equipamentos utilizados, o percursor semiesférico de queda livre.

Figura 34 - Dispositivo de impacto: percursor semiesférico de queda livre.
Fonte: BOMA (2012)

4.1.4 Equipamentos utilizados no ensaio de integridade estrutural

Foram utilizados: Medidor da deformação horizontal, Medidores da deformação vertical, Coluna de Hg – vacuômetro, CLP – Aquisitor – Transdutores, Controlador lógico programável (CLP) aquisitor, transdutor e notebook.

As Figuras de 35 a 41 apresentam alguns dos equipamentos utilizados.

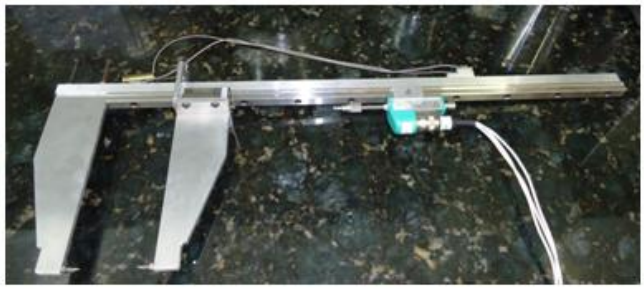

Figura 35 - Medidor da deformação horizontal.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 36 - Medidor da deformação vertical.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 37 - Coluna de mercúrio (Hg) para medição da pressão negativa (vácuo).
Fonte: BOMA (2012)

Figura 38 - Painel de comando e aquisição de dados.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 39 - Controlador lógico programável (CLP) aquisitor e transdutor.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 40 - Notebook para leitor de aquisição de dados.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 41 - Sistema completo para teste de integridade física.
Fonte: BOMA (2012)

4.1.5 Dados da aferição dos equipamentos

Na Tabela 2 seguem os dados de calibração dos equipamentos utilizados nos testes em laboratório.

Tabela 2 - Dados de calibração dos equipamentos utilizados.

Equipamento	Marca	Nº. Certificado	Entidade	Validade
Inclinômetro	Vertex	147.01/13	Laftec	Ago/15
Vacuômetro	Ashcroft	R6749/12	Elus	Set/14
Cronômetro digital	Technos	R5498/13	Elus	Jul/15

Fonte: BOMA (2012)

4.2 Materiais utilizados

4.2.1 Materiais utilizados nos testes de Estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV

Para o ensaio de estanqueidade foram utilizados: junta elástica, *cap* e serra copo com diâmetro nominal de150 mm.

4.2.2 Materiais utilizados no ensaio de cisalhamento

Empregou-se ensaio de cisalhamento: uma junta elástica, um *cap* e uma serra copo com diâmetro nominal de 150 mm.

4.2.3 Materiais utilizados no ensaio de resistência a impacto

No ensaio de resistência a impactos foram utilizados somente os corpos de prova retirados da base do PV.

4.2.4 Materiais utilizados no ensaio de integridade estrutural

Foi empregado no ensaio de integridade estrutural apenas a base do PV.

4.3 Método, procedimentos e objetivos dos ensaios

4.3.1 Procedimentos aplicados nos ensaios de Estanqueidade entre as juntas de borracha e a base de PV

O ensaio de estanqueidade foi realizado conforme norma EN 1277 e teve como objetivo testar a capacidade de vedação do Anel de Borracha (*Groomet*) entre o tubo de PVC e as bases (PI / PV) sob condições adversas (pressão, ângulo de inclinação e carga).

A Figura 42 apresenta o desenho esquemático da montagem do teste.

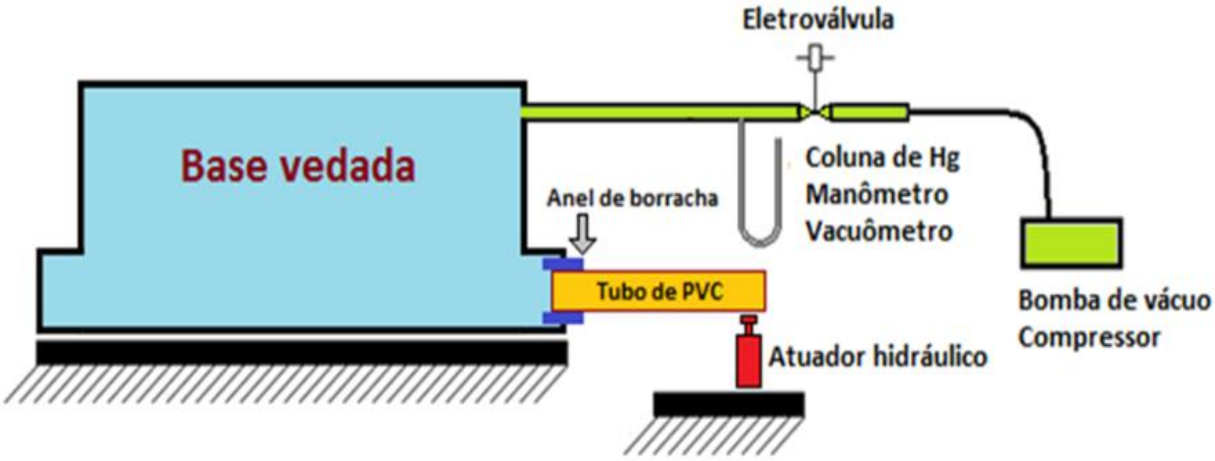

Figura 42 - Desenho esquemático da montagem do teste.
Fonte: BOMA (2012)

A seguir está a sequência dos procedimentos a partir das Figuras de 43 a 48, de acordo com a Instrução de Trabalho IT 8.2.4-26, realizados pela empresa que confecciona o PV.

As operações feitas no PV a seguir visam verificar a determinação da capacidade de vedação do Anel de Borracha sob carga, e a integridade dos componentes (Anel, tubo de PVC e corpo), de acordo com as seguintes referências normativas: EN 295-3, NTS-234:2014-VER 2 e EB/USMA/ Versão 5 de 2015, de acordo com Asperbras (2013).

Primeiramente, preparou-se um tubo de diâmetro nominal (DN) 150 mm com comprimento maior ou igual a 1000 mm, em seguida, usinou-se a base para colocação da junta com a utilização da furadeira e da serra copo, de acordo com as Figuras 43 e 44.

Figura 43 - Usinagem da base preparada, utilizando a furadeira e a serra copo.
Fonte: Asperbrás (2013)

Figura 44 - Base preparada já usinada.
Fonte: Asperbrás (2013)

Em seguida colocou-se a junta elástica na base da peça com vaselina sólida para facilitar a instalação.

Após lubrificar as extremidades do tubo com vaselina sólida, o mesmo foi fixado na base, conforme demonstrado na Figura 45.

Figura 45 - Junta elástica e tubo acoplados na base.
Fonte: Asperbrás (2013)

O próximo passo foi realizado com o auxílio da empilhadeira, para colocar a peça em uma estrutura metálica de forma que a peça ficasse justa na estrutura, conforme Figura 46.

Figura 46 - Peça na estrutura metálica.
Fonte: Asperbrás (2013)

Depois fixou-se o *cap* na extremidade do tubo e fechou-se a torneira acoplada na parte superior da base conforme Figura 47.

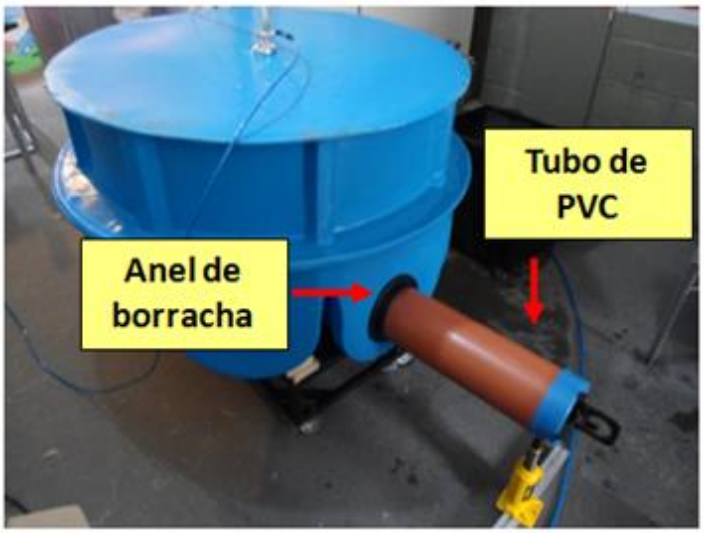

Figura 47 - Conjunto com o tubo de pvc, *cap*, anel de borracha e torneira instalados.
Fonte: Asperbrás (2013)

Foi injetada água com temperatura entre 19 e 9 °C no sistema.

Na operação com pressão de vácuo parcial interno, a temperatura da água esteve na faixa de 23 a 5 °C com variação máxima de 2 °C durante o teste.

Aplicou-se a deflexão angular especificada para a articulação de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - valores de deflexão angular, conforme exigências da NTS 234.

Deflexão angular α	Diâmetro nominal d_n
2	≤315 mm
1,5	315 mm < d_n ≤ 630 mm
1	d_n > 630 mm

$\alpha\ 0^{+0,2}$

Fonte: Asperbrás (2013)

Dando sequência aos testes, ligou-se a bomba, abriu-se a válvula próxima ao quadro e a torneira, para extrair todo o ar do sistema, em seguida aplicou-se a pressão de vácuo no primeiro instante (P1) gradualmente ao longo de um período não inferior a 5 minutos. Manteve-se o vácuo durante um período não inferior a 5 minutos para estabilizar o conjunto. A primeira pressão (P1) foi de 0,3 bar ± 10%.

Depois fechou-se a ligação entre a fonte de vácuo e a peça de ensaio, medindo e registrando a pressão interna negativa conforme Figura 48.

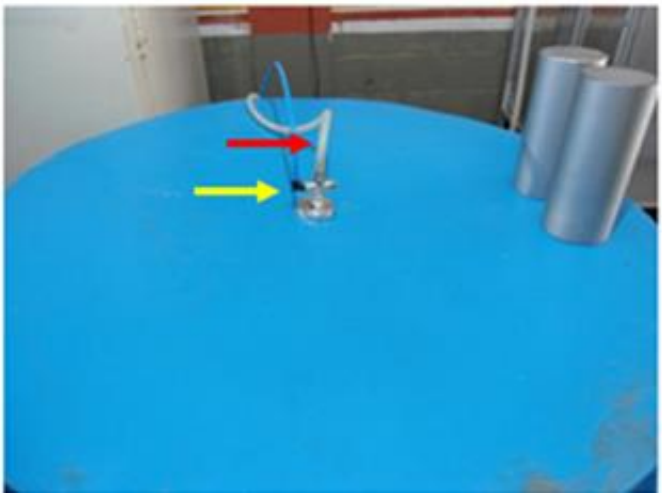

Figura 48 - Indicação da instalação da torneira para tomada de pressão.
Fonte: Asperbrás (2013)

Após 15 minutos, realizou-se uma nova medição e registrou-se a pressão negativa interna novamente. Assim, calculou-se a perda de vácuo. O percentual especificado para a perda de vácuo foi estabelecido em 10%, conforme a NTS 234.

Em seguida, elevou-se a pressão hidrostática gradualmente ao longo de um período não inferior a 5 minutos para a pressão de ensaio da segunda parte (P2), manteve-se esta pressão durante, pelo menos 15 minutos, analisou-se a peça de teste para identificar qualquer vazamento. A (P2) foi de 0,005 bar ± 10%.

Por fim, aumentou-se a pressão hidrostática gradualmente durante um período não inferior a 5 minutos para a pressão de ensaio final (P3). A pressão final foi mantida entre 0,5 bar (5 m.c.a) e 0,5 bar adicionado 10%, ou seja, 0,55 bar (5,5 m.c.a).

4.3.2 Procedimentos aplicados nos ensaios de cisalhamento

O ensaio de Resistência ao Cisalhamento teve como objetivo testar a capacidade de vedação do Anel de Borracha (*Groomet*) sob carga, e a integridade dos componentes (Anel, tubo de PVC e corpo).

A Figura 49 apresenta um esquema da montagem do teste.

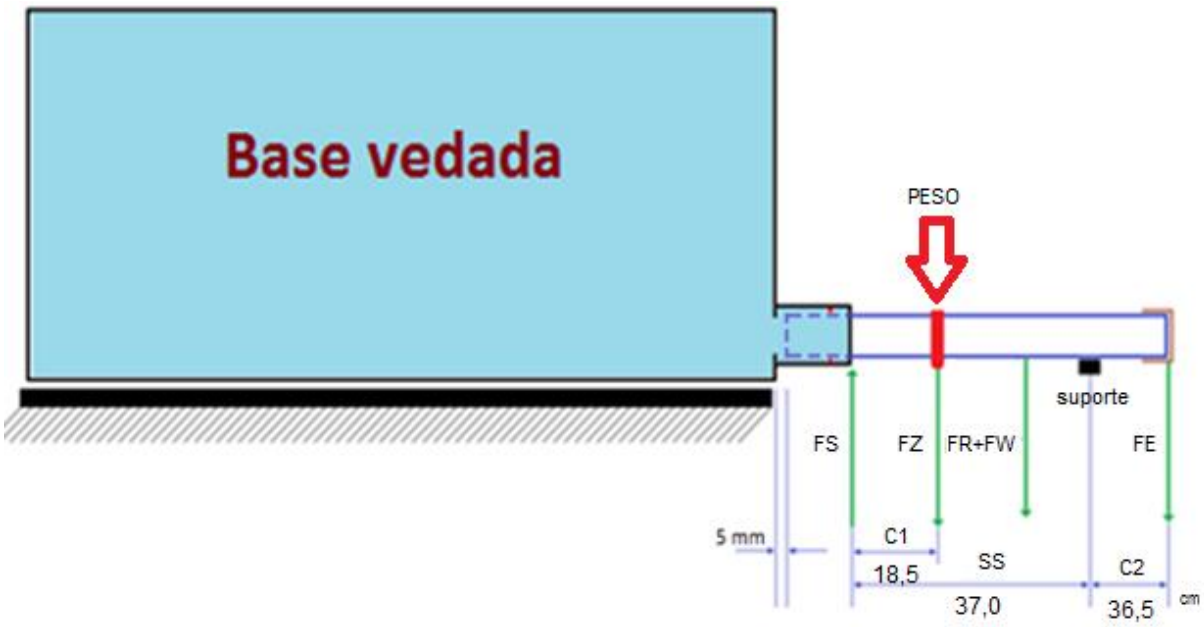

Figura 49 - Esquema da montagem do teste de cisalhamento.
Fonte: Asperbrás (2013)

Inicialmente o processo para preparação da peça foi igual à realizada no ensaio de estanqueidade, conforme já representado nas Figuras 43 a 44.

A peça foi fixada num suporte especial, conforme Figura 50.

Figura 50 - Fixação da base.
Fonte: Asperbrás (2013)

Após, montou-se o conjunto de acordo com as Figuras 51, 52 e 53 para ser aplicada a carga necessária ao teste.

Figura 51 - Conjunto preparado para teste de Cisalhamento.
Fonte: Asperbrás (2013)

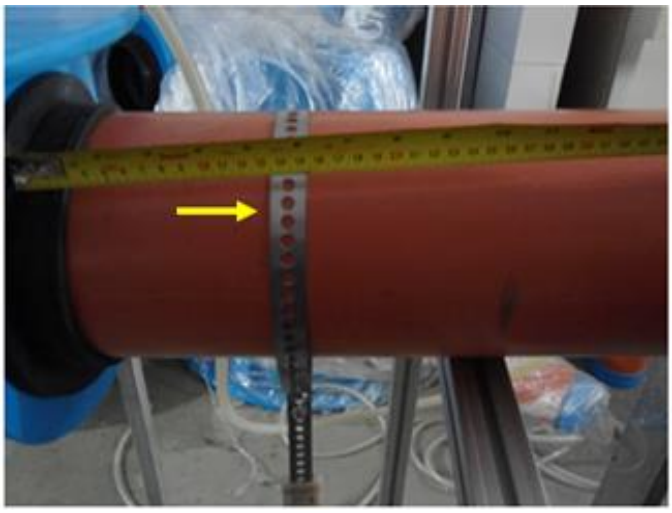

Figura 52 - Posicionamento da cinta de fixação de pesos.
Fonte: Asperbrás (2013)

Figura 53 – Peças com massa de 1,3 kg colocados na cinta.
Fonte: Asperbrás (2013)

Em seguida, preencheu-se completamente o conjunto com água, ligou-se a bomba e abriu-se a válvula próxima ao quadro e a torneira para extrair todo o ar do sistema, conforme Figura 54.

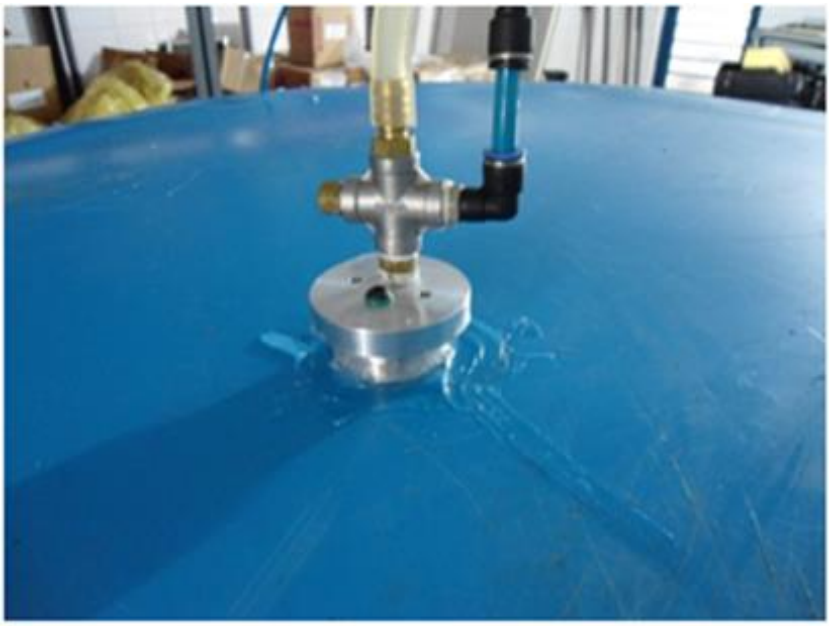

Figura 54 - Alimentação de água e tomada de pressão.
Fonte: Asperbrás (2013)

Aplicou-se no conjunto uma pressão de 0,5 bar por um período de 15 minutos. Examinou-se o conjunto visualmente para certificar possíveis vazamentos e defeitos tais como fissuras e rachaduras.

Com base no desenho da Figura 49, foram realizados diversos cálculos envolvendo massa, força, e tempo dentre outras variáveis, conforme a sequência a seguir, de modo a ser determinado a força F_Z que será convertida em massa para o teste de cisalhamento.

a) A força F_Z que será aplicada para o teste de cisalhamento conforme equação 1:

$$F_Z = \frac{1}{S_S - C_1} * \left[F_S * S_S + F_E * C_2 - \left(\frac{F_R + F_W}{2}\right) * (S_S - C_2)\right] \quad (1)$$

Sendo:

F_Z a força aplicada calculada

S_S a distância entre a conexão e o suporte à direita da tubulação

C_1 a distância entre a conexão e a linha de direção de F_Z

F_S a força de cisalhamento (reação)

F_E a força do peso próprio da tampa de vedação

C_2 a distância entre o suporte e a linha de direção de F_E

F_R a força do peso próprio da tubulação

F_W a força do peso da água contida na tubulação

b) Força (F_E) referente ao peso próprio nominal do *cap* (tampão) força em quilo Newton (kN) conforme equação 2.

De acordo com os dados do fabricante do *cap* a massa do tampão é de 293,5 gramas.

Força = (massa em quilograma) x (aceleração da gravidade) (2)

$F_E = 0{,}2935 \text{ kg} \times 9{,}8067 \text{ m/s}^2 = 2{,}878 \text{ N}$ (3)

$F_E = 0{,}0029 \text{ kN}$

c) Força (F_R) referente ao produto da massa do tubo pela aceleração da gravidade conforme equação 3.

$F_R = 1{,}9155 \text{ kg} \times 9{,}8067 \text{ m/s}^2 = 18{,}7851 \text{ N}$ (4)

$F_R = 0{,}0188 \text{ kN}$

d) Força (F_W) referente a massa da água no tubo em quilo Newton (kN).

Tem-se:

Massa igual ao volume multiplicado pela densidade conforme equação 5.

Massa = volume x densidade (5)

e) Volume.

O volume igual à área da base multiplicado pela altura conforme equação 6.

Volume = área x altura (6)

f) A área da base do tubo circular.

A área da base do tubo circular é referente à área do círculo conforme equação 7.

$$\text{Área} = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (7)$$

Em que.

π a razão entre o perímetro de um círculo e o seu diâmetro;
d o diâmetro do tubo em metros.

Como o tubo é de 200 mm, substituindo na equação 7, tem-se:

$$\text{Área} = \frac{\pi * 0{,}20^2}{4} = 0{,}0314 \text{ m}^2 \quad (8)$$

Considerando a altura de 0,7 metros, obtém-se o volume pela equação 6.

Volume = 0,0314 m² x 0,7 m = 0,02198 m³ (9)

Sendo a densidade da água 1000 kg/m³ tem-se através da equação 4 a quantidade de massa.

Massa = 0,02198 m³ x 1000 kg/m³ = 21,98 kg (10)

Para obter a força F_W, multiplica-se a massa pela aceleração da gravidade, conforme equação 11.

F_W = 21,98 kg x 9,8067 m/s² = 215,551 N (11)
F_W = 0,21551 kN

g) Força de Cisalhamento (F_S).

A força F_S é dada pelo produto do diâmetro do tubo (0,20 m) por 25 (Norma Sabesp – NTS 234), conforme equação 12.

F_S = 25 x 0,2 m = 5 N (12)
F_S = 0,005 kN

A força de reação F_Z, a carga aplicada em kN, foi obtida com os valores da Tabela 4 segundo a norma BS EN 295-3, na equação 1.

Tabela 4 - Dados coletados para equação.

F_E (kN)	F_R (kN)	F_S (kN)	F_W (kN)	S_S (m)	C_1 (m)	C_2 (m)	F_Z (kN)	PESO (kg)
0,0029	0,0188	0,005	0,21551	0,37	0,185	0,365	0,012555	1,28115

Em que

S_S a distância entre a vedação e o suporte, em metros
C_1 a distância entre a vedação e a linha de aplicação da carga, em metros
C_2 a distância entre o suporte e a linha de carga FE, em metros

$$F_Z = \frac{1}{0{,}37-0{,}185} * \left[0{,}005 * 0{,}37 + 0{,}0029 * 0{,}365 - \left(\frac{0{,}0188 + 0{,}21551}{2}\right) * (0{,}37 - 0{,}365)\right] \quad (13)$$

$$F_Z = 0{,}01255 \text{ kN} = 12{,}55 \text{ N} \times \frac{1 \text{ kgf}}{10 \text{ N}} = 1{,}255 \text{ kgf} \quad (14)$$

Com a força F_Z de 12,55 N dividida pela aceleração da gravidade se obtem a massa de 1,28115 kg, adotou-se para o ensaio a massa de 1,3 kg, ou seja, 13 peças com massa de 100 gramas cada.

4.3.3 Procedimentos aplicados nos ensaios de impacto em bases de câmara (conforme Norma EN 744)

Esse ensaio teve como objetivo verificar a resistência do material do PV (Poço de Visita) sob impacto de um “batedor” semiesférico, à temperatura de 23 ± 5 °C. A Figura 55 apresenta um esboço do dispositivo empregado no ensaio conforme Norma EN 744 e a Figura 56 uma fotografia do mesmo.

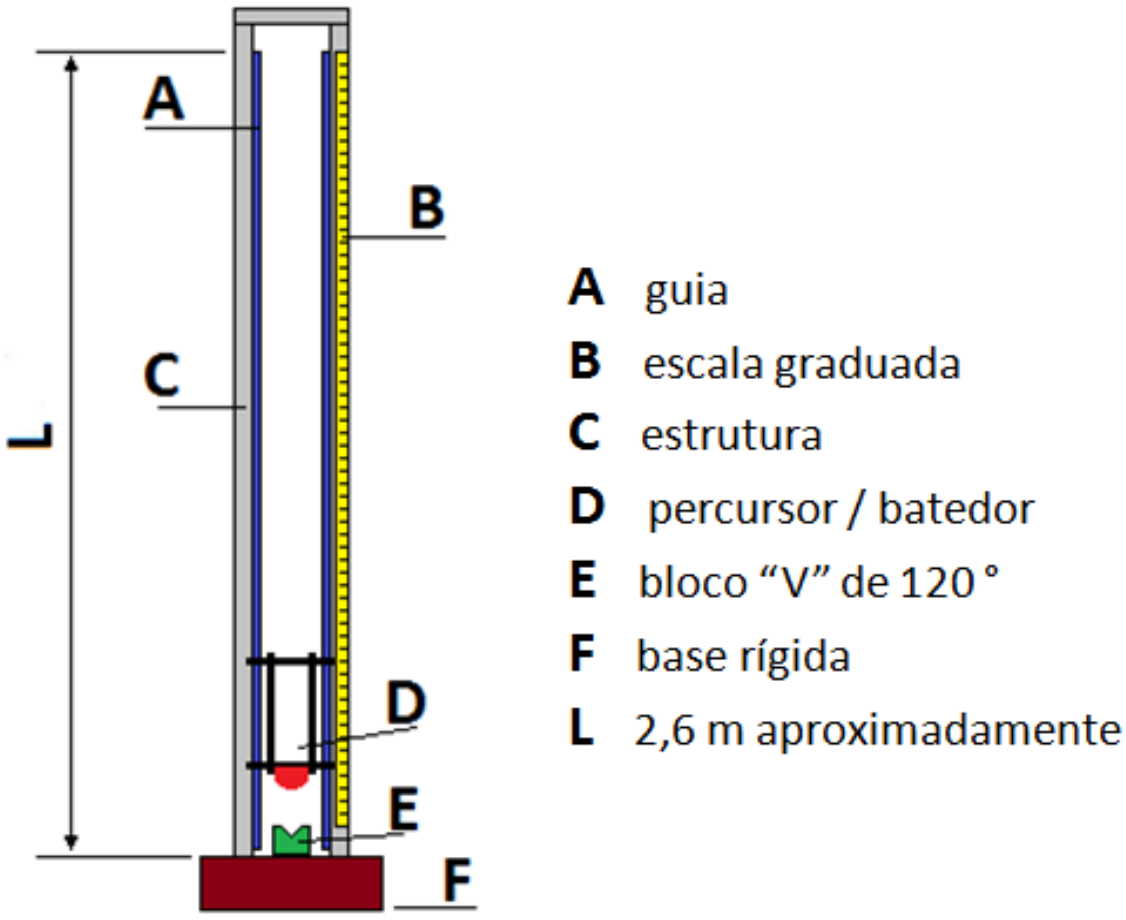

Figura 55 - Desenho do dispositivo de queda livre conforme Norma EN 744.
Fonte: BOMA (2012)

Figura 56 - Dispositivo de impacto conforme Norma EN 744.
Fonte: BOMA (2012)

Os corpos de prova foram retirados da base do PV, conforme os recortes apresentados na Figura 57.

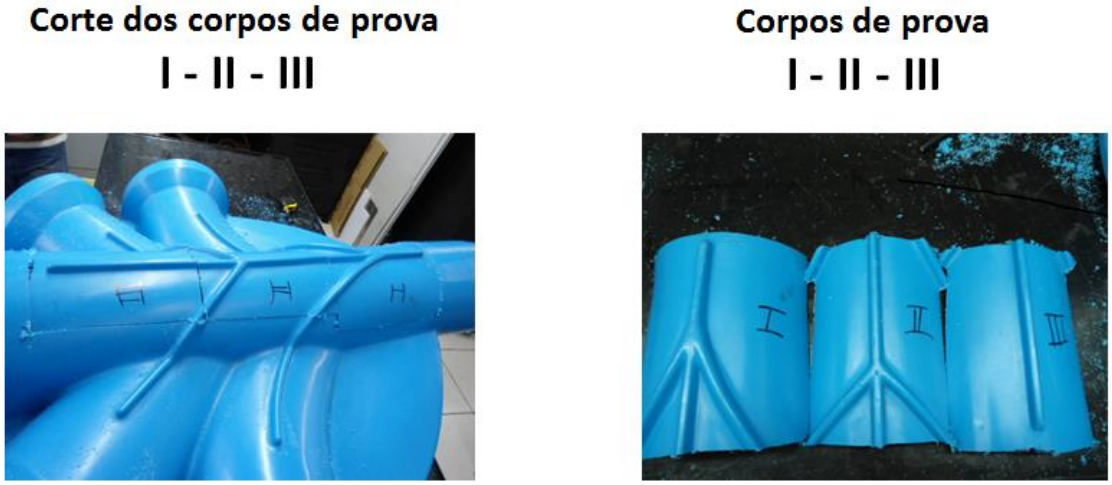

Figura 57 - Corpos de prova.
Fonte: BOMA (2012)

A seguir os corpos de prova foram acomodados numa base metálica, de perfil tipo “V” com ângulo de 120°, confeccionado de acordo com a norma EN 744 item 4c, conforme Figura 58.

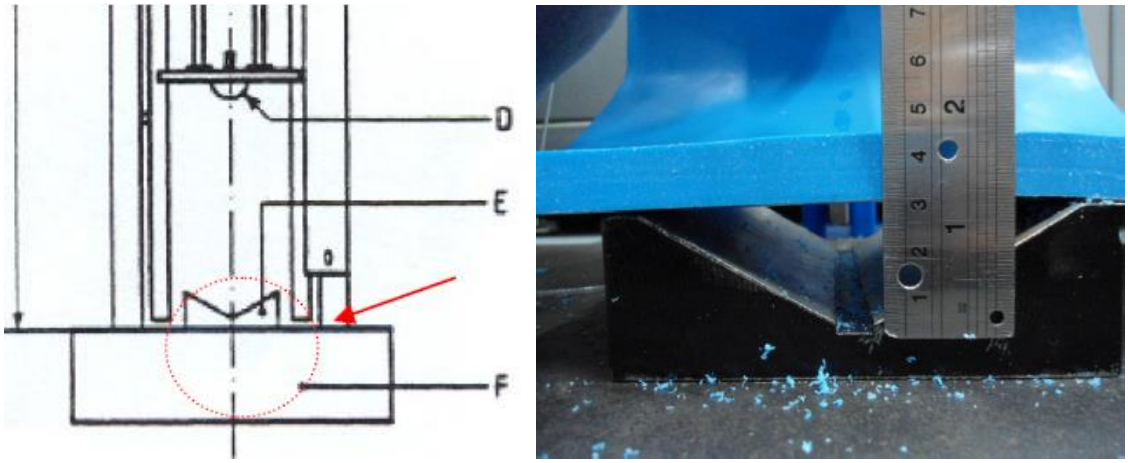

Figura 58 - Esquema gráfico da base metálica e representação real.
Fonte: BOMA (2012)

Posicionaram-se os corpos de prova na base metálica do dispositivo de impacto, com a altura do vão (canal entalhado) de aproximadamente 30 mm de altura.

Posteriormente, o “batedor” de perfil semiesférico (1500 g) confeccionado de acordo com a norma EN 744 item 4b, conforme Figura 59 foi elevado a uma altura de 2.500 mm e lançado em queda livre (Figura 60). Os testes foram executados à temperatura de 23 ± 5 °C, tanto na parte interna quanto na parte externa do duto.

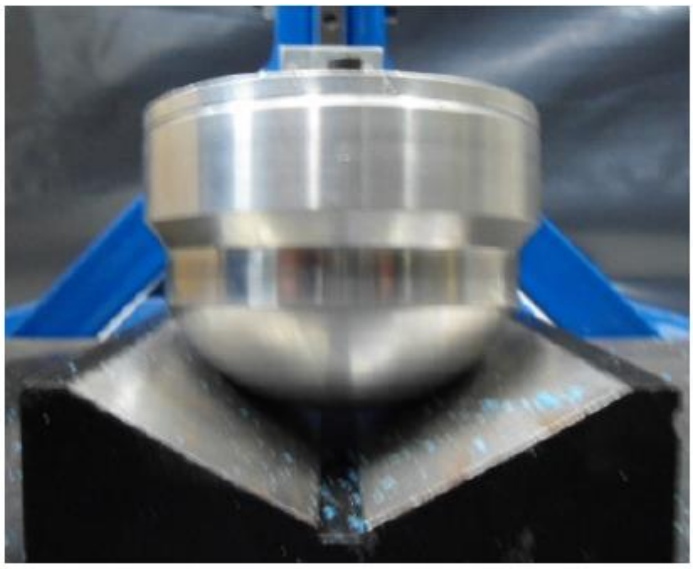

Figura 59 - “batedor” de perfil semiesférico.
Fonte: BOMA (2012)

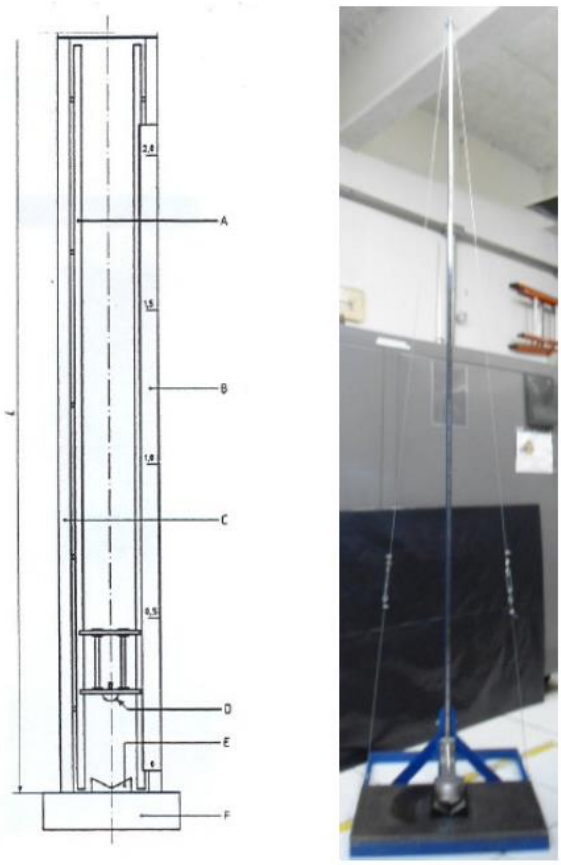

Figura 60 - Dispositivo para lançamento em queda livre, esquema gráfico e real.
Fonte: BOMA (2012)

Em sequência, foram analisados os corpos de prova, após o impacto para avaliação de eventuais danos.

4.3.4 Procedimentos aplicados nos ensaios de integridade estrutural

Segundo as exigências para atender a Integridade Estrutural e durabilidade de materiais usados em projetos específicos da NTS 234, Anexo A (normativo) que está de acordo com a EN 14830, a durabilidade das bases envolveu uma verificação da Integridade Estrutural (Colapso Geométrico) e uma verificação da durabilidade do material conforme usado no projeto específico.

De acordo com a NTS 234, quando a deformação na direção horizontal (largura do perfil de fluxo) for menor que 10%, o equipamento normal de inspeção e limpeza pode entrar no sistema de esgoto e quando a deformação na direção vertical for menor que 5% os efeitos sobre o desempenho do fluxo podem ser descartados.

Para atender os parâmetros do ensaio quanto à integridade estrutural do PV, foi necessário trabalhar com a pressão entre 0,50 bar, a temperatura entre 23 ± 2 °C e o tempo de teste de até 1000 horas.

Conforme a NTS 234 não deverá haver nenhum colapso ou rachaduras, as deformações verticais deverão ser menores ou iguais a 5% do diâmetro externo do tubo de esgoto principal e as deformações horizontais deverão ser menores ou iguais a 10% do diâmetro externo do tubo principal de esgoto.

O Objetivo do teste foi verificar as características mecânicas, conforme a Norma SABESP NTS 234 que define as exigências para Poços de Visita de diâmetro interno de 1 m, instalado até 4 m de profundidade e Poços de Inspeção de diâmetro interno de 0,60 m, instalado até 1,60 m de profundidade, fabricados em polietileno (PE) ou polipropileno (PP).

Foram analisados também os pontos de medição das deformações do canal principal, conforme as Figuras 61, 62 e 63, tendo como parâmetros a Deformação vertical – flexão do canal e a Deformação horizontal – diminuição do diâmetro do canal (esmagamento).

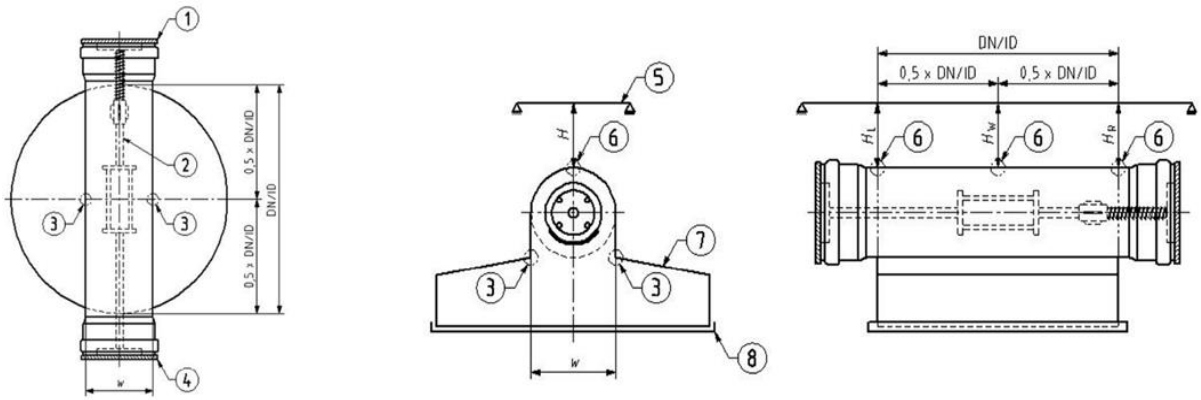

Figura 61 - Pontos de medição das deformações do canal principal.
Fonte: BOMA (2012)

Em que:

1 Vedação da entrada
2 Dispositivo de suporte para as vedações
3 Pontos de medição da largura do canal
4 Vedação da saída
5 Plano de referência vertical
6 Pontos de medição da flexão do canal
7 Base separada e girada de 180 graus
8 Tampa removível

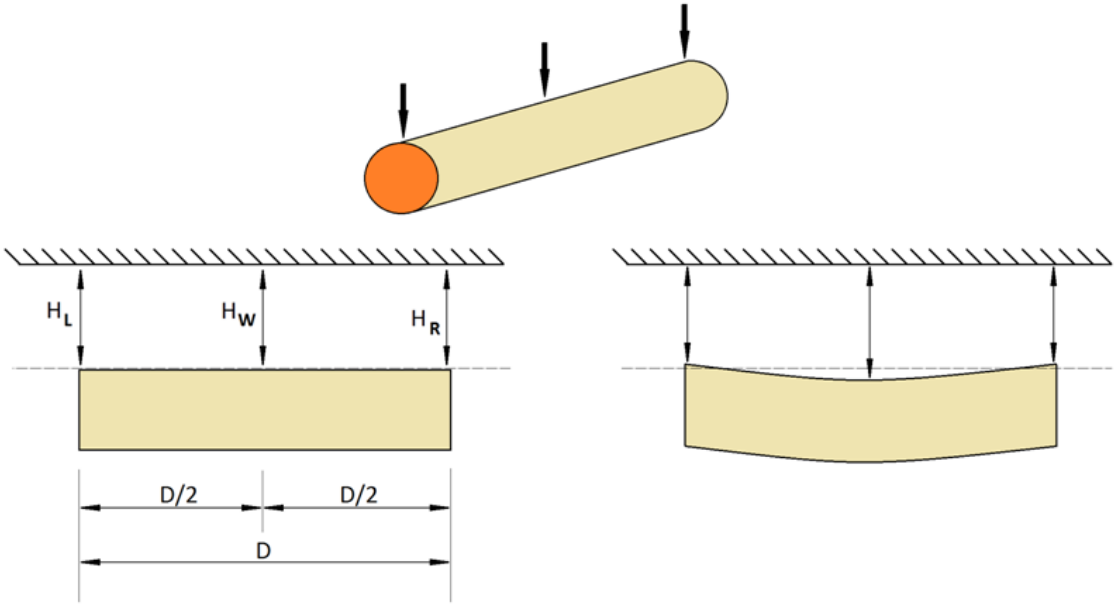

Figura 62 - Pontos de medição da flexão do canal principal.
Fonte: BOMA (2012)

Sendo:

D o diâmetro nominal interno da base

H_L o ponto de medição esquerdo

H_w o ponto de medição central

H_R o ponto de medição direito

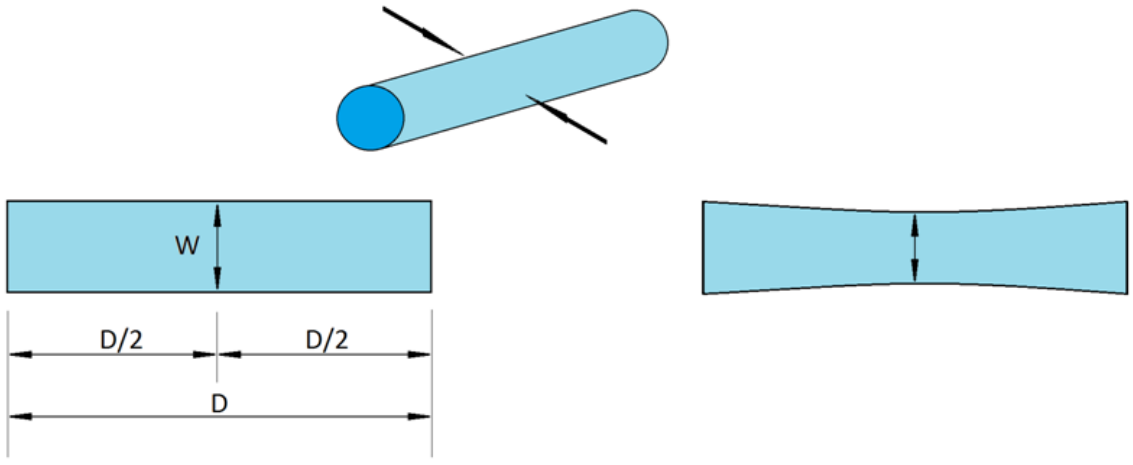

Figura 63 - Pontos de medição do esmagamento do canal principal, sendo W a largura.
Fonte: BOMA (2012)

5 RESULTADOS

Os cálculos a seguir foram realizados pelo autor quanto aos testes de estanqueidade, resistência ao cisalhamento, resistência ao impacto e integridade estrutural, com base nos ensaios realizados na Asperbras (relatório os t 8628).

Todos os ensaios foram efetuados utilizando os padrões da norma Sabesp - NTS 234, item 8 das Exigências de desempenho, Tabela 5 e EN 1277/B.

Tabela 5 - Exigências de desempenho – NTS 234.

Ensaios	Parâmetros de teste		Exigências	Método de teste
	Parâmetro	Valor		
BASE				
Estanqueidade das juntas de borracha do tubo conectado à base[a b c]	Temperatura de teste	(23±5)ºC	Nenhum vazamento no teste de pressão interna. Perda de pressão máxima de 0,03 bar no teste de vácuo.	EN 1277 Condição D
	Deflexão do tubo	≥ 10%		
	Deflexão da bolsa	≥ 5%[b]		
	Baixa pressão	0,05 bar		
	Alta pressão	0,3 bar		
	Vácuo parcial	0,5 bar		
	Deflexão angular: $d_e \leq 315$ $315 < d_e \leq 630$ $d_e > 630$	 2º 1,5º 1º		
Estanqueidade da base conectada ao elevador[1]	Baixa pressão	0,05 bar	Nenhum vazamento	EN 1277 Condição A
	Alta pressão	0,5 bar		
	Vácuo parcial	0,3 bar		
ELEVADOR				
Estanqueidade entre os elementos e componentes complementares	Pressão	0,5 bar[d] (PV)	Nenhum vazamento	Câmara cheia de água e internamente pressurizada
		0,3 bar (PI)		
	Duração	15 min		
CONE				
Estanqueidade[1]	Pressão	0,5 bar[d] (PV)	Nenhum vazamento	Câmara cheia de água e internamento pressurizada
		0,3 bar (PI)		
	Duração	15 min		
Capacidade de carga	Carga de teste	75 kN	Nenhum colapso, nenhuma rachadura. Tab 1 EN 14802	EN 14802
COMPONENTES PRÓXIMOS À SUPERFÍCIE				
Capacidade de carga[1]	Carga de teste	75 kN	Nenhum colapso, nenhuma rachadura	EN 14802

[a] Apenas necessário para conexões entre a base e tubos flexíveis.

[b] Apenas necessário para conexões entre a base e tubos flexíveis. Onde não for prático, devido ao projeto das conexões, defletir a bolsa, a ponta ou tubo deve ser defletido em 5% em lugar do método de teste conforme descrito.

[c] Apenas necessário para interligação dos adaptadores de transição entre a base do poço e tubos rígidos, por ex. concreto, cerâmico, etc.

[d] Geral: Testes de estanqueidade para bases sob infiltração (pressão negativa) e pressões positivas. O elevador e a base podem ser unidos por cintas.

[1] Somente para produtos segmentados.

Fonte: SABESP - NTS 234 (2014)

5.1 Resultados dos testes de estanqueidade da base com tubo de conexão corpos de prova de 1000 mm.

Foram feitos os testes de estanqueidade da base conforme norma Sabesp - NTS 234, com a amostra ensaiada nas seguintes condições: foram utilizados os corpos de prova de 1000 mm, sob pressão de trabalho de -0,3 bar; 0,5 bar; com ângulo de deflexão de 2°; durante o período total de 25 minutos, com o auxílio de um atuador hidráulico.

As peças testadas atenderam às duas exigências, a primeira sendo a perda de não ser superior a 0,03 bar de vácuo, no ensaio obteve-se a queda de vácuo de 0,02 bar para a peça 1, e queda de vácuo menor que 0,01 bar para a peça 2, ou seja, ambas atenderam à norma e não apresentaram vazamentos ou trincas com pressão interna.

5.2 Resultados dos testes de resistência ao cisalhamento corpo de prova de 1000 mm.

Os testes de resistência ao cisalhamento foram realizados conforme norma Sabesp - NTS 234, com a amostra ensaiada nas seguintes condições: foi utilizada uma peça base de PV de 1000 mm, sob temperatura de ensaio 23 ± 5 °C, no tempo de ensaio de 15 minutos, com força de cisalhamento (F_Z) 25x DN (tubo), peso de 1,3 kg a 185 mm da peça e sob pressão interna aplicada de 0,5 bar (5 m.c.a.).

Após o teste contatou-se que o produto atendeu às exigências, não apresentando trincas, fissuras e vazamentos.

5.3 Resultados dos testes de resistência a impacto em bases de câmara (conforme Norma EN 744)

Os testes de resistência a impacto foram executados conforme EN 744 com corpos de prova de 1000 mm de diâmetro nas seguintes condições: foram utilizados corpo de impacto do tipo d90 com massa de 1,0 kg, diâmetro do tubo de 100 mm a

106 mm, a altura do tubo de queda para o impacto aplicada foi de 2,5 m e o corpo de prova retirado da base do PV para ensaio de impacto em v à 120°.

Foi observado após os ensaios que o produto atendeu às exigências, não apresentou rachaduras ou danos que comprometam o funcionamento da base.

5.4 Resultados dos testes de integridade estrutural

Os ensaios concernentes a integridade física da base do PV de 1000 mm com tubo principal de 200 mm tiveram a duração de mais de 600 horas, seguindo as exigências da norma EN 14830.

Após o teste contatou-se que o produto atendeu às exigências, não apresentando nenhum colapso ou rachadura atendendo as deformações estabelecidas, ou seja, de 5% do diâmetro do tubo de esgoto principal para as deformações verticais e de 10% do diâmetro do tubo de esgoto principal para as deformações horizontais.

De acordo com a Figura 64, o eixo das ordenadas indica a deformação vertical em milímetros e o eixo das abscissas o número de dias em que foi submetido o ensaio de integridade. Pode-se observar nessa Figura que em 27 dias (640 horas) chegou-se a uma deformação vertical de 6,5 mm, atendido os 5% do diâmetro do tubo de 200 mm, o que atende aos parâmetros exigidos.

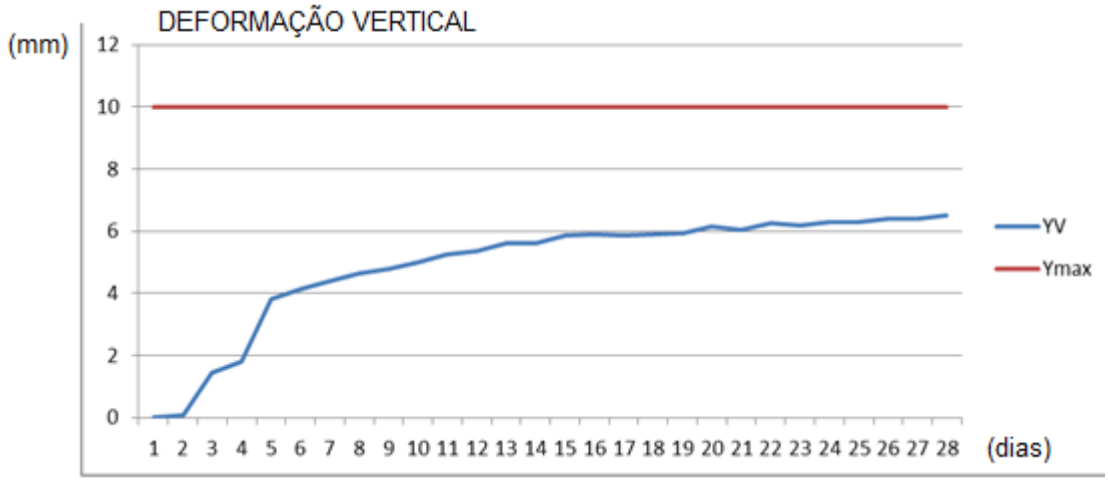

Figura 64 - Deformação vertical.
Fonte: BOMA (2012)

Conforme a Figura 65 para a deformação horizontal, em 27 dias (640 horas) chegou-se a uma deformação horizontal de 20 mm, atendido os 10% do diâmetro do tubo de 200 mm.

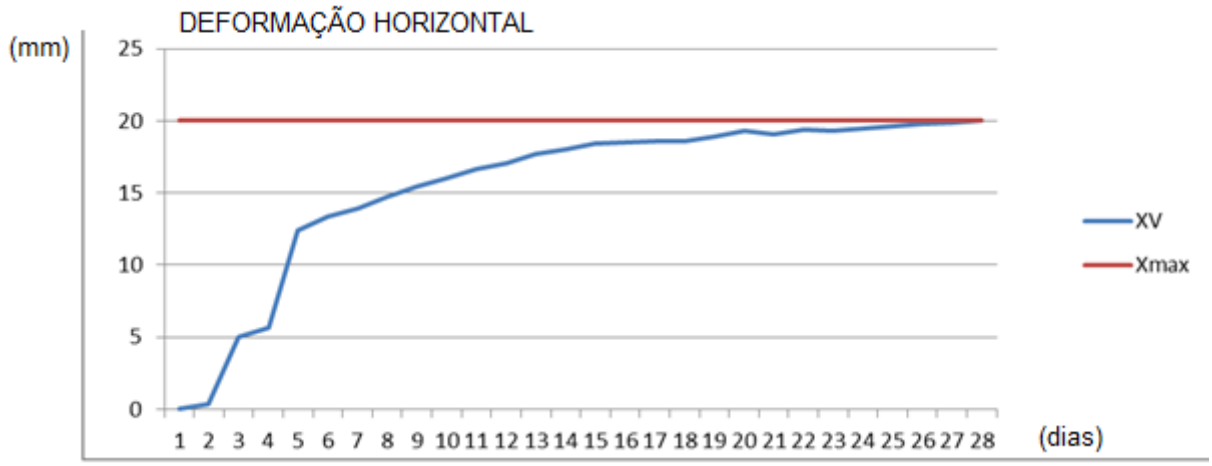

Figura 65 - Deformação horizontal.
Fonte: BOMA (2012)

6 ESTUDO ECONÔMICO DAS INSTALAÇÕES

Foi realizado um estudo comparativo de valores para execução de PV Convencional (concreto) e PV em Polietileno rotomoldado com 2 metros de profundidade. Os cálculos a seguir tabulados são parte de uma pesquisa de valores para construção e instalação de PV de concreto e de PVC, comparando-se custos reais para redes de esgoto. Empregou-se, como data de referência, o mês de outubro/2014 quando foram coletados os dados pelo autor para levantamento dos custos.

Os valores para calibração dos equipamentos a serem utilizados relacionados na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados de calibração dos equipamentos utilizados.

	PV Convencionais				PV em Polietileno rotomoldado			
Equipamento Utilizados	**Quant.**	**Hora/ Dia/L/m³**	**V. Unit.**	**Valor Total**	**Quant.**	**Hora/ Dia/Lts**	**V. Unit.**	**Valor Total**
Energia Elétrica (bomba)	1,00	28	R$ 4,50	R$ 126,00	1,00	4	R$ 4,50	R$ 18,00
Bomba de Rebaixamento	1,00	28	R$ 19,00	R$ 532,00	1,00	4	R$ 19,00	R$ 76,00
Quadro de Escoramento	0,00	0	R$ -	R$ -	0,00	0	R$ -	R$ -
Prancha de Escoramento	0,00	0	R$ -	R$ -	0,00	0	R$ -	R$ -
Bomba de Imersão	1,00	28	R$ 1,25	R$ 35,00	1,00	6	R$ 1,25	R$ 7,50
Retro Escavadeira	1,00	8	R$ 50,00	R$ 400,00	1,00	6	R$ 50,00	R$ 300,00
Gasolina Bomba de Imersão	1,00	1	R$ 2,60	R$ 2,60	1,00	0,3	R$ 2,60	R$ 0,78
Caminhão-Munk	1,00	6	R$ 20,00	R$ 120,00	0,00	0	R$ -	R$ -
Óleo diesel Retro	1,00	10,67	R$ 2,50	R$ 26,67	1,00	8	R$ 2,50	R$ 20,00
	Valor de equipamentos por PV instalado			**R$ 1.242,27**	Valor de equipamentos por PV instalado			**R$ 422,28**

Diante dos valores da Tabela 6, observa-se um ganho de R$ 819,99 nos valores relacionados à calibração dos equipamentos necessários para a instalação dos poços de visita.

Os valores dos materiais a serem utilizados em todo o processo de instalação, estão relacionados na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados de materiais utilizados.

	PV Convencionais				PV em Polietileno rotomoldado			
Materiais Utilizados	**Quant.**	**Hora/ Dia/L/m³**	**V. Unit.**	**Valor Total**	**Quant.**	**Hora/ Dia/Lts**	**V. Unit.**	**Valor Total**
Areia	1,00	0,2	R$ 15,10	R$ 75,48	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Pedra Brita 1	1,00	0,1	R$ 5,50	R$ 55,50	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Cimento CP II	1,00	1	R$ 20,00	R$ 20,00	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Aduela de 0,5 m	3,00	Não aplicável	R$ 85,00	R$ 255,00	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Laje cônica	1,00	Não aplicável	R$119,00	R$ 119,00	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Laje fundo com furos	1,00	Não aplicável	R$350,00	R$ 350,00	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Anel vedação entre aduelas	3,00	Não aplicável	R$190,00	R$ 570,00	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Conj. Completo do PV PEAD	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1,00		R$2.400,00	R$ 2.400,00
	Valor de materiais por PV instalado			**R$1.334,60**	Valor de materiais por PV instalado			**R$2.400,00**

A Tabela 7 indica que os materiais utilizados para a confecção do PV convencional, tem um ganho de R$ 1.065,40 em relação ao material do PV plástico rotomoldado.

No que concerne à mão de obra a (Tabela 8) demonstra um ganho do PV plástico de R$ 247,59 em relação a um PV convencional.

Tabela 8 - Dados da mão de obra utilizada.

	PV Convencionais				PV em Polietileno rotomoldado			
Mão de Obra Utilizada	**Quant.**	**Hora/ Dia/L/m³**	**V. Unit.**	**Valor Total**	**Quant.**	**Hora/ Dia/L/m³**	**V. Unit.**	**Valor Total**
Operador de Retro	1,00	9	R$ 8,00	R$ 72,00	1,00	4	R$ 8,00	R$ 32,00
Motorista	1,00	9	R$ 8,00	R$ 72,00	1,00	4	R$ 8,00	R$ 32,00
Vigilante noturno	1,00	24	R$ 12,00	R$ 288,00	0,00	0	R$ -	R$ -
Ajudantes	5,00	9	R$ 5,00	R$ 225,00	5,00	4	R$ 5,00	R$ 100,00
	Valor da mão de obra por PV instalado			**R$ 657,00**	Valor da mão de obra por PV instalado			**R$ 164,00**
	Soma das Tabelas 6, 7, 8			**R$3.233,86**	Soma das Tabelas 6, 7, 8			**R$ 2.986,28**

Em análise das três Tabelas de valores anteriores, verifica-se que numa instalação de 100 km de rede de esgotos, utilizando-se PV plástico de 2 metros de profundidade sendo que aproximadamente a cada 80 metros é instalado um PV para facilitar a manutenção do sistema, seriam utilizados um total de 1250 PV.

O custo total para a instalação do PV plástico considerando os preços para calibração dos equipamentos, os materiais utilizados e as despesas de mão de obra ficaram 7,65% menor do que se tivesse sido utilizado o PV convencional de concreto.

Partindo de tais premissas executando instalação de 100 km aproximadamente 1250 PV haveria uma economia no total de R$ 309.475,00 com vantagem significativa para o PV plástico com o PV convencional de concreto.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou os materiais e métodos da implantação de PV plástico nos sistemas de esgoto, em terrenos com maior movimentação do solo e lençol freático alto.

Foram realizados testes com base nas principais normas reguladoras para aprovação desta nova tecnologia de PV.

Assim, o trabalho permitiu concluir:

a) Para o teste de estanqueidade realizado com 2 corpos de prova com DN 1000 mm conforme a NTS 234, durante 25 minutos não ocorrendo perda de pressão superior a 0,02 bar de vácuo atendendo o limite de perda de pressão de 0,03 bar e em ambas as peças não houve vazamentos ou trincas.

b) No ensaio de resistência ao cisalhamento, executado conforme NTS 234 utilizou-se uma peça com DN 1000 mm sob temperatura de 23 ± 5 ºC, por 15 minutos sob força de cisalhamento constituída de ação de 1,3 kg e a peça pressurizada com 0,5 bar e após os 15 minutos a peça não apresentou trincas, fissuras ou vazamentos.

c) O teste de resistência a impactos realizado conforme a EN 744 com corpos de prova de 1000 mm. Sendo lançado um corpo de impacto com massa de 1,0 kg a uma altura de 2,5 m. Após o impacto os corpos de prova não apresentaram rachaduras ou danos que comprometessem seu funcionamento.

d) E para o teste de integridade estrutural da base do PV utilizou-se PV de 1000 mm com tubo de saída principal de 200 mm. Teve duração de 640 horas atendendo as exigências da EN 14830. A referida Norma estabelece para deformação vertical o limite de 5% do diâmetro do tubo principal, nesse caso, o tubo principal possuí 200 mm o que corresponde a 10 mm e foi obtido através dos ensaios uma deformação vertical de 6,5 mm. Os parâmetros para deformação horizontal definem que sejam menores ou iguais a 10% do diâmetro do tubo principal que tem 200 mm de diâmetro, e através dos ensaios obteve-se uma deformação horizontal de 20 mm que atende o limite de 20 mm representando 10% do diâmetro principal.

Quanto ao comparativo de custos da instalação do PV convencional de concreto com o PV plástico, houve vantagem significativa de cerca de 7,65% nos custos gerais para o PV plástico.

Todos os testes realizados em laboratório corroboraram com a tese de que o PV plástico é mais resistente à infiltração, o que ameniza a problemática do acúmulo de areia nas estações de tratamento de esgoto do sistema.

8 SUGESTÕES

Devido a não comprovação, até o momento, da integridade estrutural do PV plástico inteiro, profissionais da área de saneamento questionam a durabilidade do sistema em virtude do fenômeno que chamam de envelopamento, que seria a flambagem do elevador, do cone e do bocal do PV.

Assim, as empresas que se utilizam desta nova tecnologia, estão exigindo dos fabricantes testes quanto à integridade física do PV plástico inteiro, não apenas da base, com ensaios de 1000 horas.

Trabalhos futuros podem ser realizados para verificar possíveis deformações no elevador, cone e bocal de acesso do PV plástico, melhorando ainda mais os parâmetros de qualidade e confiabilidade do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. DE. **Fundamentos geológicos do relevo Paulista.** Boletim do Instituto Geográfico Geológico, São Paulo, v. 41, p. 169-263, 1964.

ALMEIDA, G. C. P. **Caracterização Física e Classificação dos Solos.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA FACULDADE DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES. Juiz de Fora – MG, 2005.

ASPERBRAS ROTOMOLDAGEM. **Procedimento gerencial inspeção e ensaios em Poços de Visita e inspeção.**PG 8.2.4-04. São Paulo, 07 de set. 2015.

ASPERBRAS ROTOMOLDAGEM. **ASPERBRAS – OS T 8628. Resultados dos Ensaios.** São Paulo, 06 de nov. 2013.

ASPERBRAS ROTOMOLDAGEM.**Poço de Visita e Poço de Inspeção.** Disponível em:<http://www.asperbrasrotomoldagem.com.br/produto/PV-DN-1000-x-150-mm/17/> Acesso em 16 de ago.de 2015.

BOMA, Soluções Técnicas. **Relatório de ensaio. Brinquedos Bandeirante S.A/ Asperbras rotomoldagem.** Nº. Relatório: 8423A-2012. Rev.03-CO. São Paulo – SP, 2012.

BRITEZ, C.; HELENE, P.; BUENO, S.; PACHECO, J. **Estanqueidade de lajes de subpressão**. CASO MIS-RJ. In: 55º Congresso Brasileiro do Concreto, 2013, Gramado. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, 2013.

DEC. Departamento de Engenharia Civil. UFCG. **Esgotos Sanitários.**Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES08_01.html> Acesso em 16 de ago. de 2015.

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.**Relatório: aplicação embasa & resultados. Poços de Visita e caixas de inspeção em polietileno linear de alta densidade.** Salvador, Bahia, 2012.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R.; SARDINHA, V. L. A. **Considerações sobre estanqueidade de estruturas de concreto.** In: Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 1980, p. 176-97.

HIBBELER, R.C. **Resistência dos Materiais**.7.ed. São Paulo: Pearson Prenace Hall,2010.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.**Norma Técnica Sabesp NTS 234: Poço de Visita e de inspeção em material plástico.**

Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS234.pdf> Acesso em 20 de setembro de 2014.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Assentamentos.**Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-4a-edicao/modulo_9_4ed_v00_-_assentamentos.pdf>Acesso em 16 de ago. de 2015.

VARGAS, M.. **Introdução à Mecânica dos Solos.** São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1977.

EN 1277:2003 – Plasting piping systems – Thermoplastics piping systems for buried non-pressure applications – Test methods for leak tightness of elastomeric sealing ring type joints.

EN 295-3:2012 – Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers – Test methods.

EN 744:1996 – Plastics piping and ducting systems – Thermoplastics pipes – Test method for resistance to external blows by the round-the-clock method.

EN 14830:2006 – Thermoplastics inspection chambre and manhole bases – Test methods for buckling resistance.