

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EDMILSON RAMOS DE SOUZA JUNIOR
TALISSON LUAN CLAUDINO DOS SANTOS**

**CORRELAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS HIDROSANITÁRIOS
GRAVITACIONAL E A VÁCUO**

**RECIFE
2023**

**EDMILSON RAMOS DE SOUZA JUNIOR
TALISSON LUAN CLAUDINO DOS SANTOS**

**CORRELAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS HIDROSANITARIOS
GRAVITACIONAL E A VÁCUO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário
Brasileiro - Unibra como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof^a. Dr. Carolina de Lima França

RECIFE
2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Laís Cardoso, CRB-4/PE-1753/P.

J95c Souza Junior, Edmilson Ramos de.
Correlações entre os sistemas hidrossanitários gravitacional e a
vácuo / Edmilson Ramos de Souza Junior, Talisson Luan Claudino
dos Santos. - Recife : Edição do Autor, 2023.
36 p. : il. color.

Orientador(a): Dra. Carolina Lima França.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Brasileiro – Unibra. Engenharia Civil, 2023.
Inclui Bibliografia.

1. Economia de água. 2. Vácuo. 3. Esgoto. I. Santos, Talisson
Luan Claudiano dos. II. Centro Universitário Brasileiro - Unibra. III.
Título.

CDU: 624

RESUMO

Em análise ao cenário atual da coleta de esgoto sanitário no Brasil, onde o sistema por gravidade é predominante, mas enfrenta desafios na eficiência do tratamento de esgoto. O objetivo geral da pesquisa foi explorar a economia de água do sistema de esgotamento a vácuo como uma alternativa promissora. A metodologia empregada incluiu a revisão da literatura existente sobre os dois sistemas e a análise de casos de aplicação do sistema a vácuo em setores específicos, como aviação, navios, plataformas de petróleo, shoppings e supermercados. Os principais resultados destacam que o sistema de esgotamento a vácuo apresenta vantagens significativas, como uma economia de água superior a 50% em comparação com os sistemas convencionais. A eficiência é evidenciada pelo consumo mínimo, sendo aproximadamente seis vezes menor do que os vasos sanitários com caixa acoplada. Além disso, o sistema reduz a produção de esgoto, contribuindo para práticas mais ambiental e socialmente responsáveis. Concluindo, este estudo sugere que o sistema de esgotamento a vácuo não apenas se mostra viável em termos ambientais, mas também representa uma opção financeiramente vantajosa, reduzindo custos nas estações de tratamento de esgoto. A implementação mais ampla desse sistema em edificações pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a sustentabilidade do saneamento básico no Brasil.

Palavras-chave: Economia de água, vácuo, esgoto.

ABSTRACT

In analysis of the current scenario of sanitary sewage collection in Brazil, where the gravity system is predominant, but faces challenges in the efficiency of sewage treatment. The overall objective of the research is to explore the water saving of the vacuum sewage system as a promising alternative. The methodology used includes the review of existing literature on the two systems and the analysis of cases of application of the vacuum system in specific sectors, such as aviation, ships, oil platforms, shopping malls and supermarkets. The main results highlight that the vacuum drainage system presents significant advantages, such as water savings of more than 50% compared to conventional systems. The efficiency is evidenced by the minimum consumption, being approximately six times lower than toilets with an attached tank. Furthermore, the system reduces sewage production, contributing to more environmentally and socially responsible practices. In conclusion, this study suggests that the vacuum sewage system is not only viable in environmental terms, but also represents a financially advantageous option, reducing costs in sewage treatment plants. The wider implementation of this system in buildings can be an effective strategy to improve the sustainability of basic sanitation in Brazil.

Keywords: Saving water, vacuum, sewage.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS GERAL.....	14
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. ORIGEM DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL/VÁCUO.....	16
4.1. HISTORICIDADE DO HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL/VÁCUO.....	17
4.2. SISTEMA HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL.....	18
4.3. SISTEMA HIDROSSANITÁRIO A VÁCUO E CIÊNCIA.....	19
5. NORMATIZAÇÃO.....	20
6. COMPONENTES DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL/VÁCUO	21
6.1. COMPONENTES DE UM SISTEMA HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL	22
6.2. COMPONENTES DE UM SISTEMA HIDROSSANITÁRIO A VÁCUO	23
7. METODOLOGIA.....	24
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
10. REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da autoconsciência humana sobre o mundo ao seu redor, o vácuo sempre figurou como um tema intrigante. No século XVII, Evangelista Torricelli realizou uma experiência marcante, inserindo um tubo de vidro cheio de mercúrio em um recipiente também contendo mercúrio. Surpreendentemente, uma coluna de aproximadamente 76 cm sustentou-se, revelando pela primeira vez a existência de um espaço "vazio" acima da coluna de mercúrio. Esta experiência evidenciou não apenas que o ar possui peso, mas também exerce uma pressão significativa (TORRICELLI, século XVII).

O sistema a vácuo, em sua essência, concentra-se no controle atmosférico para extrair moléculas do ambiente, sendo aplicado para aprimorar e viabilizar processos influenciados pela atmosfera (CARVALHO JÚNIOR, 2018). Conjuntos de coleta a vácuo são amplamente utilizados globalmente, abrangendo desde sistemas de coleta de efluentes até a coleta de resíduos sólidos e dispositivos mais simples, como aspiradores de pó. Ao abordar a coleta de efluentes, observa-se que essa tecnologia é pouco explorada no Brasil.

Os Sistemas a vácuo são destinados a economizar água e facilitar instalações sanitárias em empreendimentos prediais públicos e privados, comerciais e industriais (CARVALHO JÚNIOR, 2018). Baseando-se na diferença de pressão para a coleta dos efluentes, esses sistemas propiciam uma economia significativa de água nas bacias sanitárias e flexibilidade nas instalações. Os vasos sanitários a vácuo, independentes da gravidade, funcionam até mesmo sem água, sendo o vazio na tubulação e a pressão atmosférica que conduzem os dejetos ao ponto de entrega final. Com um consumo máximo de 1,2 litros por descarga, esses sistemas não possuem praticamente limitações de distância ou número de aparelhos, desde que atendam a todos os critérios da norma NBR 15710.

Com o intuito de elucidar o funcionamento do sistema a vácuo e compará-lo ao sistema convencional de esgotamento sanitário predial, o presente trabalho busca reunir informações cruciais sobre economia de água, peças e conexões, espaços e mudanças de layouts, higiene e mão de obra, embasando-se em diversas fontes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O propósito principal deste estudo é evidenciar e analisar a viabilidade dos sistemas hidrossanitários, com foco nos modelos gravitacionais e a vácuo.

2.1. Objetivos específicos

- a) Comparar a eficiência na economia da utilização de água;
- b) Descrever e discutir a economia de peças, conexões, espaços, mão de obra, praticidade em mudança de layout entre os sistemas e aplicabilidade da eficiência na higiene entre eles;
- c) Dimensionar o sistema gravitacional, de acordo com a norma ABNT NBR 9648/1986 e da ABNT NBR 9649/1986;
- d) Demonstrar diferenças técnicas de projeto, implantação, manutenção, operação e fatores ambientais para os dois sistemas;
- e) Comparar custos de implantação dos distintos projetos e;
- f) Demonstrar as restrições, vantagens e desvantagens dos dois sistemas.

3. Referencial teórico

3.1. Historicidade do hidrossanitário convencional/vácuo

A utilização do sistema de esgotamento convencional, ou por gravidade, é geral, ou seja, seu uso não possui exclusividades. É o sistema mais utilizado em todo globo.

A coleta das águas servidas já era uma preocupação das civilizações antigas. Em 3.750 a.C., eram construídas galerias de esgoto em Nipur (Índia) e na Babilônia. Em 3.100 a.C. já se tem notícia do emprego de manilhas cerâmicas (Azevedo Netto, 1984.). Na Roma imperial eram feitas ligações diretas das casas até os canais. Por se tratar de uma iniciativa particular de cada morador, nem todas as casas apresentavam essas benfeitorias (Metcalf e Eddy, 1977.).

A preocupação com o tratamento dos esgotos surgiu primeiramente na Inglaterra, após nova epidemia de cólera ocorrida em 1848, com 25.000 vítimas fatais. Esse país, devido à pouca extensão de seus rios e ao crescimento acelerado de algumas cidades, foi um dos primeiros a sofrer as consequências da poluição hídrica, decorrente do lançamento dos esgotos (sem tratamento), nos corpos d'água. Foi também pioneiro na promulgação das primeiras leis de saneamento e Saúde Pública (Metcalf E Eddy, 1977). Ainda em Londres, no ano de 1854, foi estabelecido um marco muito importante no estudo da epidemiologia, Jonh Snow provou cientificamente a relação entre certas doenças, entre elas a cólera, e a qualidade das águas. Em 1857 foi criado o Conselho de Proteção das Águas do Rio Tâmsa, na Inglaterra (Azevedo Netto, 1984.).

No ano de 1882, foi registrado na Europa pela primeira vez o uso de esgotos sanitários a vácuo, sendo o engenheiro holandês Charles Liernur, o primeiro a aplicar a drenagem por pressão negativa, na segunda metade do século XIX. O uso do sistema a vácuo era restrito aos navios, trens e aviões. Somente em 1959 na Suécia, Historicamente, os esgotos a vácuo têm sido um produto de nicho , usados apenas em trens , aviões e áreas planas com solos arenosos e lençóis freáticos elevados . Os esgotos por gravidade eram usados para a maioria das aplicações porque, embora os esgotos a vácuo fossem mais baratos de instalar, sua manutenção era mais cara. No século XX, a tecnologia de esgotos a vácuo melhorou significativamente: sensores de localização de falhas reduziram os custos de operação e manutenção , e alguns operadores consideram agora que os esgotos a vácuo podem ser mais baratos de operar do que os esgotos por gravidade convencionais, as técnicas do sistema de esgoto a vácuo foram implementadas por Joel Liljendahl e logo em seguida lançadas no mercado pela Electrolux (FERNANDES,2015).

3.2. Sistema hidrossanitário Convencional

Na elaboração de projeto de esgoto sanitário convencional deve-se atender as especificações exigidas na norma ABNT.

De acordo com Hélio Creder (1977), destaca-se que o projetista, em conjunto com o executor, deve possuir conhecimento acerca da disposição dos diversos aparelhos sanitários indicados no projeto de arquitetura. A orientação é que se busque

a rota mais direta e linear para a tubulação coletora, com o objetivo de otimizar a eficiência do sistema hidrossanitário.

Um projeto hidrossanitário completo deve compreender:

- Planta, esquema e detalhes com dimensionamento e itinerário das tubulações;
- Memórias descritivas, justificativas e de cálculo;
- Especificações dos materiais todos atendendo as normas técnicas para melhor funcionamento;
- Orçamento, levantamento de materiais, serviços e mão de obra, atendendo o projeto.

Devem atender as especificações da norma onde exige a separação correta dos:

- Esgoto primário;
- Ventilação;
- Esgoto Sanitário secundário;
- Águas pluviais.

- 1- Permitir escoamento rápido dos despejos e fáceis, desobstruções de todo o sistema por gravidade;
- 2- Vedar as passagens de gases e entrada de animais nas tubulações;
- 3- Não permitir vazamento de dejetos ou gases do interior da tubulação;
- 4- Impedir contaminação de água.

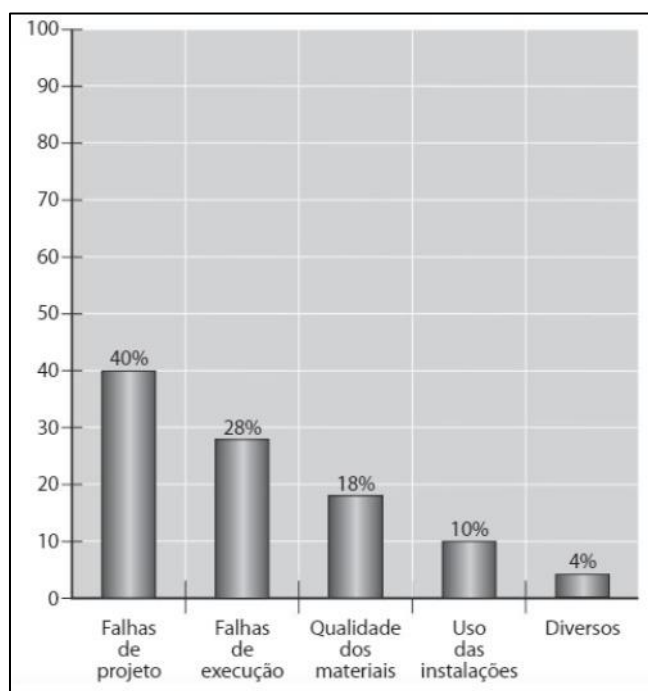
Buscando a cada dia inovações na construção civil e utilização racional de recursos naturais não poderia deixar de ser ponto recorrente principalmente ligada à sustentabilidade. Um deles é minimizar a utilização de água principalmente nos sistemas sanitários. As louças sanitárias têm desempenhado papel fundamental. Os vasos, por exemplo, passaram de um consumo de 12 e 18 litros de água por descarga para 6,8 litros e procurando diminuir a cada dia mais. Surge como inovação o sistema sanitário a vácuo, que utiliza 1,2 litros de água a cada acionamento da descarga o sistema de descarga a vácuo que funciona por pressão negativa ao ar atmosférico, buscando coletar e conduzir os efluentes gerados nos equipamentos sanitários a uma

rede pública de coleta ou sistema particular de tratamento destacar com maior eficiência e economia (CARVALHO JÚNIOR, 2018a). Desta forma, conforme destaca Hélio Creder (1977, p. 264), "o emprego de novas tecnologias com produtos e sistemas cada vez mais sustentáveis" evidencia a necessidade de preservação dos recursos hídricos e o emprego da água de forma racional.

3.3 Pontos negativos esgoto por gravidade

Os sistemas prediais hidrossanitários são considerados como um dos principais causadores de manifestação patológica. Segundo Carvalho Júnior (2018), as manifestações podem ser atribuídas as seguintes proporções (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

Figura 1: Variantes de proporções



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

O levantamento apresentado se refere a origens das patologias construtivas em geral, e permite concluir que, proporcionalmente, a maior parte das patologias decorrem por falhas no projeto e na execução, com menor grau de importância pelos respectivos materiais e por falhas de uso e manutenção.

Estudos, com base em dados de manifestações patológicas em obras residenciais verticais já existentes, apontam que por volta de 30% dos defeitos construtivos constatados no pós-obra estão diretamente associados a vazamentos, entupimentos, falhas de manutenção e defeitos em componentes dos SPHS (MOREIRA; PAULA, 2014).

Inúmeras pesquisas já comprovaram que é mais econômico e mais seguro, executar corretamente o sistema logo na primeira vez para evitar gastos com reparação, intervenções ou retrabalhos (DÓREA et al., 2010).

Justificando a pesquisa no âmbito de apresenta presentes falhas e danos causados na vida útil dos materiais e na má execução das instalações. que diz respeito à durabilidade dos sistemas, manutenções da edificação e o conforto dos usuários.

Assim sendo, com finalidade de obter o conforto dos clientes, deve-se realizar um projeto bem planejado, acompanhar a execução dos sistemas e diagnosticar corretamente as patologias que ali se encontram, utilizando soluções técnicas e específicas que as previnam, caso ocorra, efetuar as devidas correções, para que assim se tenha o desempenho normal dos SPHS (CARVALHO JÚNIOR, 2018a).

Além das leis criadas para amparar o consumidor, como o código de defesa do consumidor instituído pela lei 8078/90, entrou em vigor, em julho de 2013, a nova norma de desempenho Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 15575 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2013).

3.4. Sistema hidrossanitário a vácuo a ciência

Durante séculos o vácuo foi muito discutido e debatido inicialmente no campo da Filosofia e Ciências Naturais. Na Antiga Grécia identificamos uma primeira tentativa sistemática de uma interpretação racional aos fenômenos físicos e à natureza do mundo. No século V a.C. Parmênides de Eléia dizia ser o universo preenchido completamente pela presença do “ser” a que ele denominava Eon. Essa palavra significa o que do sentido à existência das coisas materiais. O vazio absoluto seria uma contradição lógica ou o “não ser”. Logo o vácuo não poderia existir. Por volta do ano 420 a.C. dois outros gregos davam uma explicação completamente diferente e, aparentemente, até muito de acordo com as ideias modernas da Física. Eram eles Leucipo e seu aluno Demócrito que propunham uma explicação para a natureza das

coisas a partir de uma teoria atômica. Tudo seria composto de átomos. Os átomos teriam existido sempre e sempre existiriam inalterados e diferindo por suas formas geométricas. Esses átomos se reuniram ao acaso formando a matéria e entre os átomos não haveria nada. Entre esses átomos existiria o vácuo. (Sociedade Brasileira de Vácuo, 2002)

Mais tarde, Aristóteles (384-322 A.C) viria considerar o problema do vácuo, negando a possibilidade de sua existência. Aristóteles não aceitava a teoria atômica de Demócrito. O raciocínio de Aristóteles, para provar a não existência do vácuo, utilizava a experiência de queda dos corpos. Os corpos ao caírem sofrem uma resistência do meio em que caem: resistência do ar, da água etc. Alguns meios oferecem maior resistência, outros menor resistência. Mas essa resistência está sempre presente, limitando a velocidade. Se houvesse vácuo, os corpos não encontrariam resistência alguma e sua velocidade cresceria indefinidamente chegando a uma velocidade infinita (STEMPNIAK, 2002).

Logo, o vácuo não pode existir. Como sabemos, Aristóteles foi o filósofo que mais influenciou o pensamento científico dos séculos que se seguiram e essas ideias foram se propagando até a época do renascimento com uma frase repetida frequentemente: “A natureza tem horror ao vácuo...”. E essa concepção era utilizada para interpretar determinados fenômenos como, por exemplo, quando mergulhamos um canudo em um copo de água. Ao chuparmos o ar contido no canudo a água sobe para preencher o espaço onde se retirou o ar para que não houvesse vácuo (STEMPNIAK, 2002).

3.5 Estudos para produzir vácuo

Para melhor compreender esse fato Galileu fez pesar dois balões de vidro: um com ar e outro que fora aquecido reduzindo a quantidade de ar e notou que pesavam diferentemente: a ar tinha peso. Galileu não chegou a desenvolver um trabalho mais amplo nesse terreno e a sua conclusão era de que a coluna de água acabava por romper-se por seu próprio peso. Essas pesquisas foram continuadas de modo brilhante por um aluno de Galileu, Evangelista Torricelli (1608-1647) que interpretou o fenômeno como relacionado com o “peso do ar” ou mais especificamente com a pressão atmosférica capaz de equilibrar uma coluna de 10,3 m de água. Em 1644 Os

trabalhos de Torricelli levaram-no a estabelecer uma técnica metrológica para a medição da pressão atmosférica, construindo o primeiro barômetro. Mais tarde verificou que utilizando mercúrio no lugar da água a coluna era de cerca de 76 cm. Observou que a razão entre as alturas da coluna de água e de mercúrio era justamente a razão entre as densidades desses dois materiais. O mercúrio tem uma densidade relativa à água de $13,6 \text{ g/cm}^3$ e, realmente, $10,3\text{m} \div 0,76 = 13,6 \text{ g/cm}^3$. O barômetro de Torricelli consiste de um tubo fechado em uma de suas extremidades o qual é cheio de mercúrio. A extremidade aberta é, então momentaneamente fechada e o tubo é emborcado com essa extremidade em uma vasilha de mercúrio. O nível de mercúrio desce, então, até chegar a 76 cm aproximadamente entre o nível de mercúrio da vasilha e o do tubo. A interpretação é que a pressão do ar atmosférico sobre a superfície livre equilibra a coluna de mercúrio. Se a pressão atmosférica for menor o tamanho da coluna será menor, conforme Blaise Pascal, na França verificou ao medir a pressão atmosférica na base e no pico de uma montanha, além de outras experiências importantes. É interessante perceber que a experiência de Torricelli, com o seu barômetro foi uma das primeiras técnicas para produzir vácuo artificialmente. (AUGUSTO ROSA, 2012).

3.6 Primeiras bombas de vácuo

Experiências e estudos de Torricelli e pascal mostraram a importância da pressão atmosférica, trazendo maneiras de controlar a pressão do ar para cada situação. tais pesquisas e estudos abriram a gama para novos experimentos e novos pesquisadores. um deles foi no ano de (1602-1686) onde Otto Von Guericke fascinado pela pressão atmosférica o 'melhor falando fascinado pela ausência da pressão atmosférica e quais vantagens poderia trazer. Otto seguindo com sua experiência em que queria retirar água em tubo fechado usando uma bomba de água achando que não restaria partículas de ar dentro da tubulação, mas notou que o ar penetrava para dentro da tubulação por pequenas frestas buscando melhorar o sistema de vedação para melhorar o desempenho e gerar vácuo.

Logo após as devidas alterações Otto conseguiu produzir o vácuo, mas ainda precário. mas em 1672 conseguiu o grande feito sobre a sua experiência em que ele aplicou em dois hemisférios de metal com vedação em couro onde eram aplicadas uma oposta a outra, interligadas a uma esfera retirando todo o ar interno da aplicou

ao esforço de 8 cavalos puxando os hemisférios e escutou um grande estrondo aos hemisférios desacoplar obtendo em sua experiência sucesso chamando a de (ut vocantur Magdeburgia) que significa novos experimento de Magdeburgia sobre o espaço evacuado!

4. NORMATIZAÇÃO

Segundo a NBR 8160 de 1999, estabelece padrões e exigências para a elaboração de projetos hidrossanitário, onde o projeto deve seguir rigorosamente para ter uma boa execução, visando relativas ao projeto, o bom funcionamento estabelecendo segurança e higiene aos usuários já que estamos falando de uns maiores causadores de doenças que são a contaminação na água.

O sistema de coleta de esgoto por meio de rede à vácuo é relativamente novo, por este motivo no Brasil só se tem até o momento uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas que foi feita em 2009, a NBR 15710. A norma NBR 15710 traz outras normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas que corroboram a aplicação da rede de coleta à vácuo, sendo estas:

- NBR 5363: Instalações Elétricas em atmosferas explosivas;
- NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução;
- NBR 9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário;
- NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
- NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico;
- NBR IEC 60079-0: Atmosferas explosivas – Parte 0: Equipamentos -Requisitos Gerais;
- NBR IEC 60029: Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).

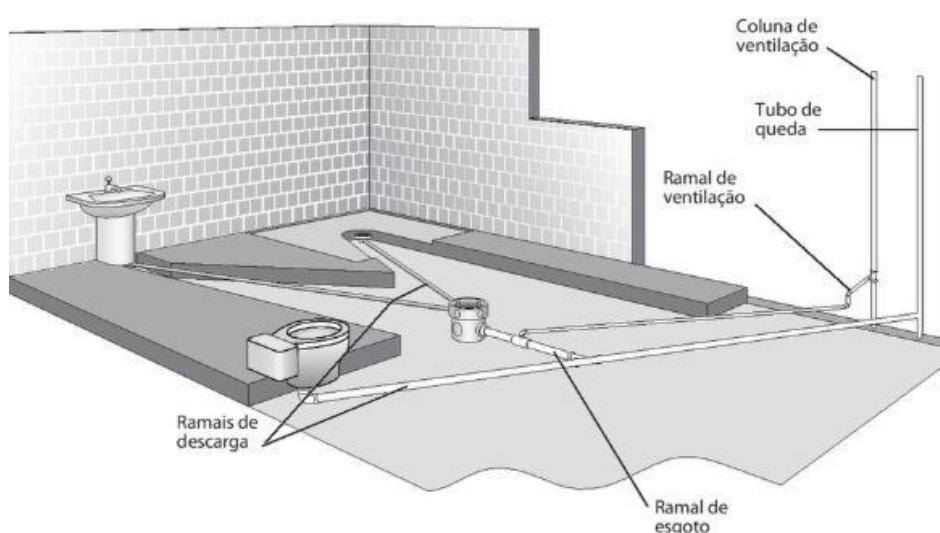
5. COMPONENTES DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL/VÁCUO

5.1. Componentes de um sistema hidrossanitário convencional

O ramal de descarga é responsável por receber água dos aparelhos sanitários. O ramal onde os vasos sanitários estão ligados devem ser conectados diretamente ao tubo de queda onde interligam a uma caixa de inspeção, desprezando na maioria das vezes às conexões de ângulo de 90°(graus), com o intuito de prevenir obstruções ao ramal principal, ajudando em preventivas e manutenções. As caixas de inspeção devem ser instaladas no final do ramal do tubo de queda piso térreo da edificação e interligada a um coletor público destinando-se a um ponto de tratamento de esgotos e efluentes.

Os ramais onde são interligados os lavatórios devem ser interligados em um Desconecto (é um componente provido de fecho hídrico responsável por vedar a passagem de gases oriundo das tubulações de esgoto para o ambiente sanitário.) despejando de forma correta ao seu ramal de coleta específica (CARVALHO JÚNIOR, 2018a).

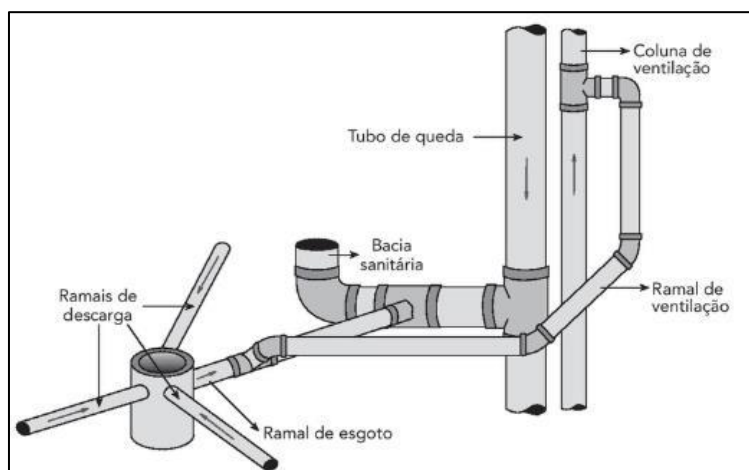
Figura 2: Ramal de descarga e tubo de queda



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

O ramal de ventilação é o principal componente para ajudar ao escoamento dos efluentes do tubo de queda assim aliviando pressão e sobrepressão do sistema. Liberando os gases para atmosfera, evitando o mal cheiro e mal proliferação de bactérias através dos aparelhos sanitários (CARVALHO JÚNIOR, 2018).

Figura 3: Ramal de ventilação



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

5.2. Componentes de um sistema hidrossanitário a vácuo

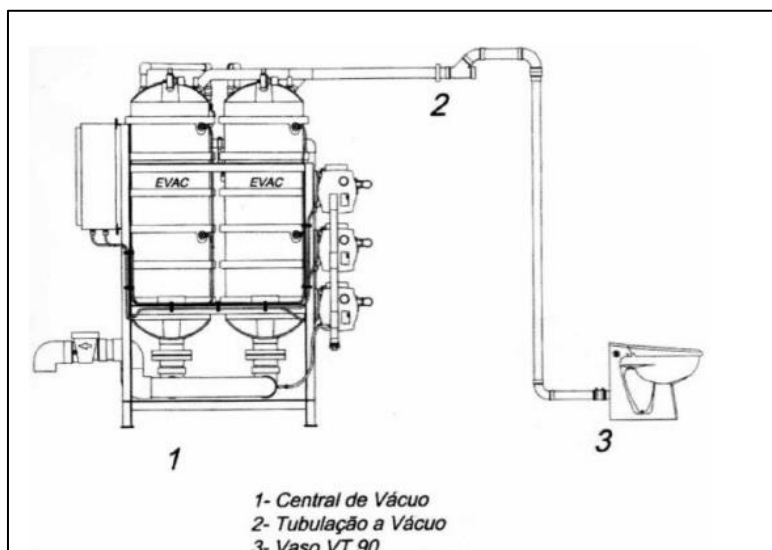
Central de vácuo

Painel elétrico: fornece a energia para as bombas e demais componentes eletroeletrônicos da central, além de controlar e comandar todo o sistema. Esse controle é realizado por CLP (Controlador Lógico Programável), (AIRVAC, 2019).

- Bombas de vácuo: responsável por produzir e manter o vácuo no interior do tanque de coleta e, conseqüentemente, em toda a rede de transporte de esgoto;
- Bombas de descarte: responsável pelo esgotamento do tanque de coleta. Bombeia o esgoto para uma estação de tratamento de efluentes.
- Tanque de coleta: responsável por receber o esgoto da rede, quando submetido a uma pressão de vácuo gerado pelas bombas de vácuo. Possui em seu interior sensores de níveis de esgoto, os quais são conectados ao CLP para o controle do sistema.

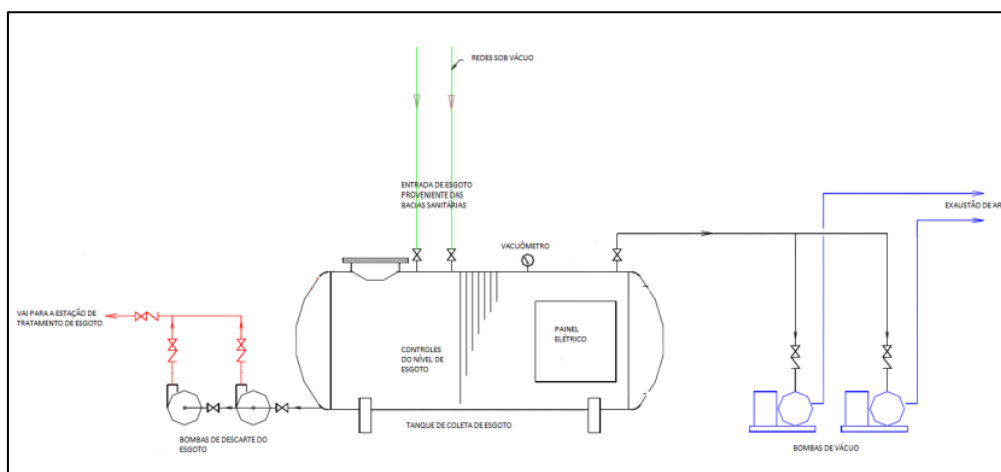
- d) Vacuômetros – que podem ser instalados tanto no tanque quanto na rede - medem o nível de vácuo do sistema.

Figura 4: Componentes de um sistema hidrossanitário a vácuo



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Figura 5: Central de Vácuo



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Figura 6: Central de Vácuo



Fonte: Autoria Própria (2023)

Figura 7: Central de Vácuo



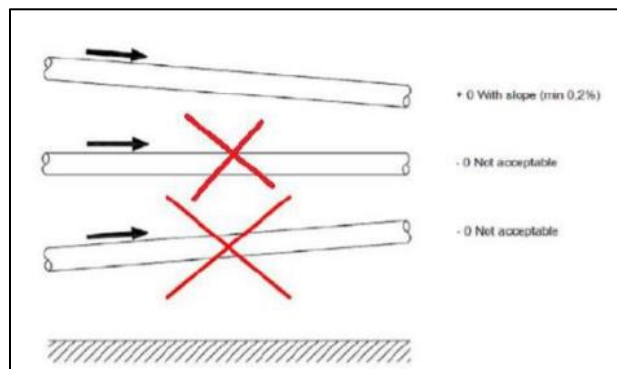
Fonte: Própria Autoria (2023)

Tubulação de vácuo

Parte do sistema responsável pelo transporte do esgoto desde a fonte até o tanque de coleta quando submetido a uma pressão de vácuo gerado pelas bombas de vácuo. O material mais utilizado em tubulação de vácuo é o PVC.

Caso a tubulação de vácuo seja mal projetada e/ou mal instalada inviabilizará a operação do sistema, dificultando a chegada do esgoto até o tanque de coleta, além de causar retorno dos dejetos nos vasos. Para evitar isso são adotados pelos fabricantes critérios para a disposição dos tubos, conforme a seguir: (Figura 8).

Figura 8: Decaimento da linha horizontal

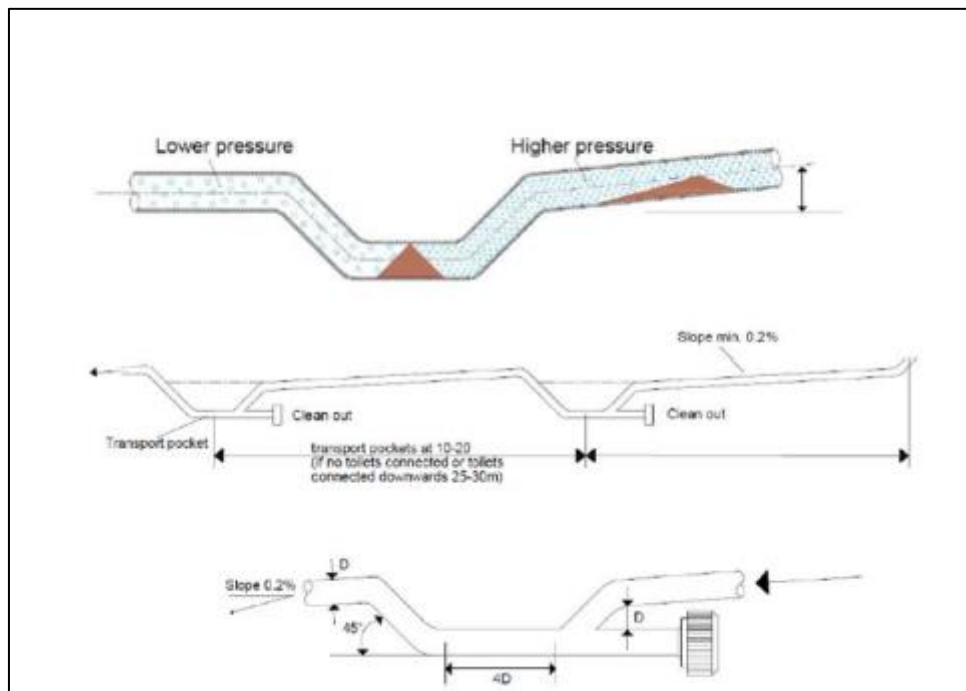


Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Linha horizontal:

Decaimento de no mínimo 0,2% (sentido do fluxo de esgoto). Quando existe uma distância relativamente grande a ser percorrida pelo esgoto, é necessário realizar as chamadas bolsas de reformas (Figura 9).

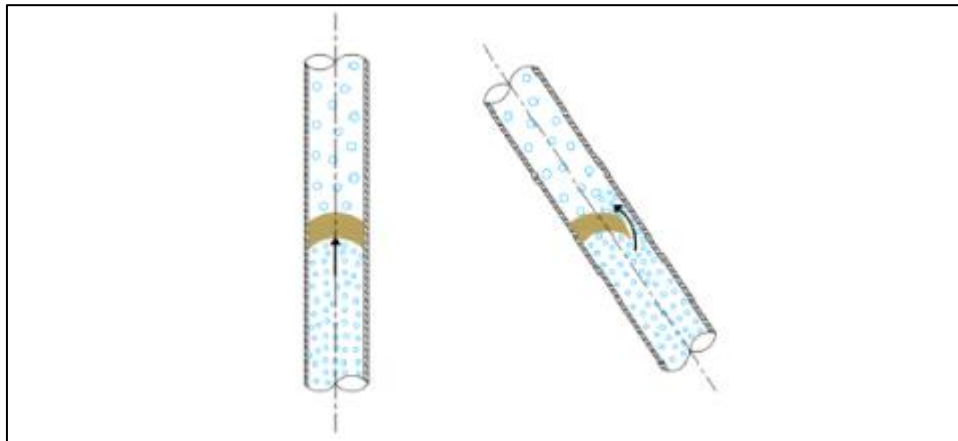
Figura 9: Posição e exemplo de bolsa e reforma



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Linha vertical - A tubulação precisa estar na vertical tolerando-se uma inclinação de no máximo 2°. Do contrário, quando for elevar o esgoto, devido à gravidade haverá sedimentação de esgoto e admissão de ar para o interior da tubulação, passando pelo esgoto, causando retorno dele, conforme a (Figura 10).

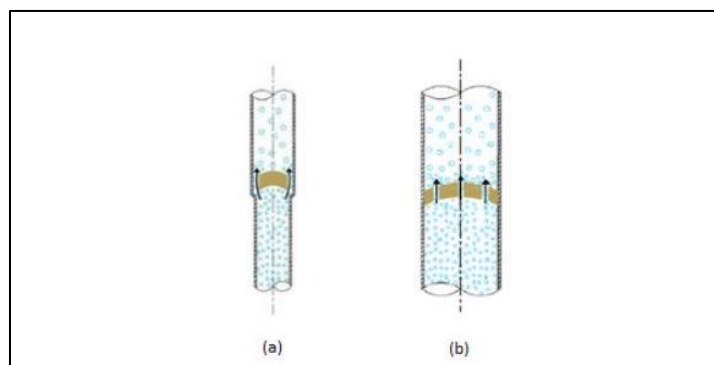
Figura 10: Admissão de ar devido inclinação vertical



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Uma mesma tubulação na vertical não pode ter aumento em seu diâmetro devido ao fato de que o ar será admitido pelos lados por causa da diferença entre o diâmetro de esgoto e da tubulação como visto na (Figura 11). Tem que ser observado também o comprimento do diâmetro, pois se for muito grande haverá admissão de ar pelos espaços vazios, inviabilizando a sucção do esgoto.

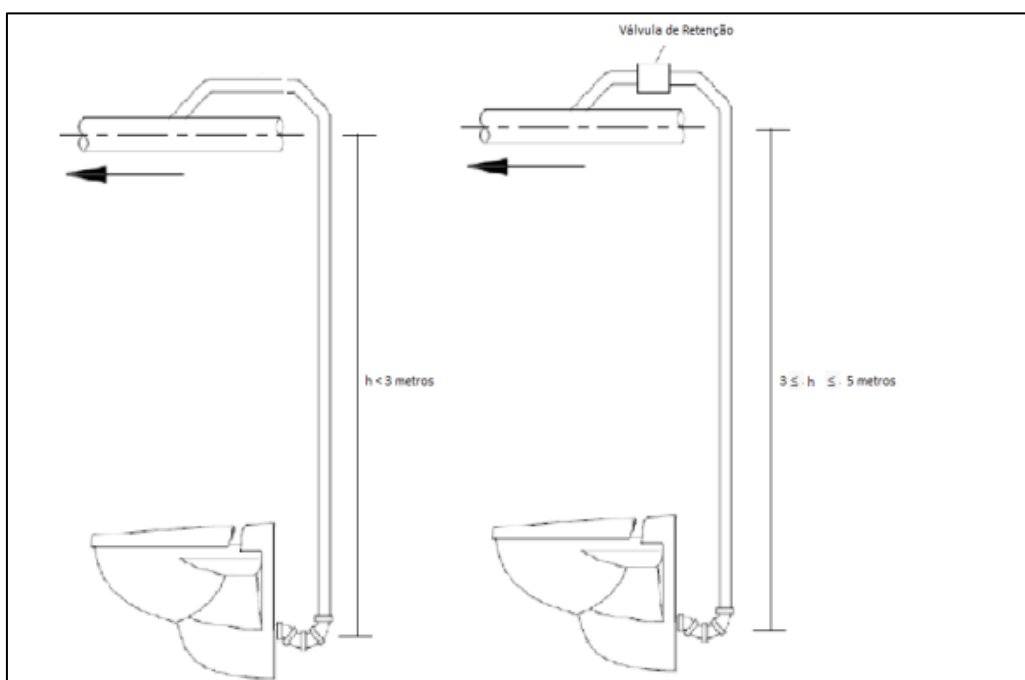
Figura 11: Admissão de ar devido aumento de diâmetro numa mesma tubulação



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

De acordo com a altura da linha horizontal em relação ao vaso sanitário, os fabricantes adotam o seguinte critério: altura igual ou superior a 3 metros e abaixo de 5 metros exige-se a instalação de válvula de retenção próximo da conexão com a linha principal (Figura 12).

Figura 12: Instalação de válvula de retenção em ramal do vaso acima de 3 metros

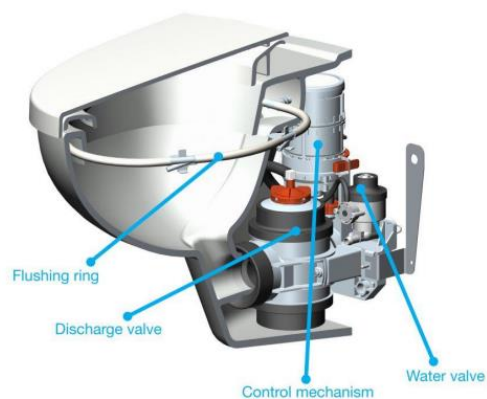
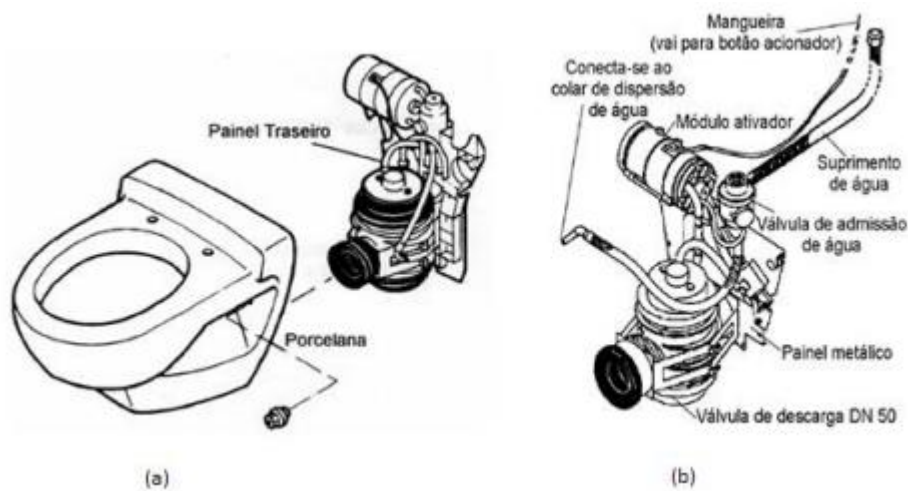


Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Vaso sanitário

Componente do sistema onde o esgoto ou efluente sanitário é lançado para ser coletado até o tanque via tubulação. Composto de duas partes - a porcelana e o painel traseiro – o vaso sanitário opera pneumaticamente quando acionado pelo usuário (Figura 13). Por se tratar de peça importante para se entender a operação do sistema a vácuo será dada a seguir uma maior ênfase a esse componente.

Figura 13: Vaso sanitário e partes principais e painel traseiro



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Figura 14: Vaso sanitário e partes principais e painel traseiro



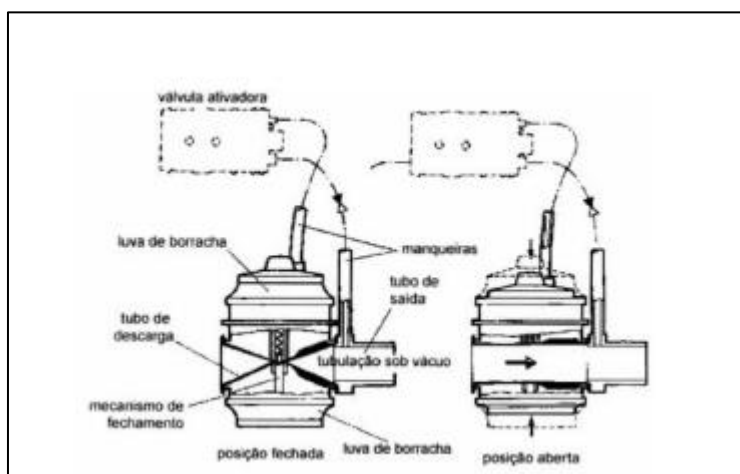
Fonte: Própria Autoria (2023)

Operação da Válvula de Descarga

Peça importante da bacia sanitária, a válvula de descarga (Figura 15) é composta de uma câmara estanque, com luvas de borrachas em suas extremidades. Dentro desta câmara é montada uma guilhotina que se mantém fechada pela ação de uma mola. Por dentro desta guilhotina, um tubo de borracha é instalado. Quando a válvula está fechada, a câmara está em seu estado relaxado e a guilhotina fechada comprime o tubo de borracha que isola a tubulação a vácuo da pressão atmosférica.

Quando se faz vácuo dentro desta câmara (pela ação da válvula ativadora), seu volume diminui, comprimindo a mola e abrindo a guilhotina, o que libera o tubo de borracha, permitindo assim a passagem de efluente para o interior da tubulação a vácuo. A válvula ativadora é quem controla a existência de vácuo dentro da câmara da válvula de descarga, sendo assim a responsável pelo tempo de abertura da válvula de descarga (EVAC, 2004).

Figura 15: Válvula de descarga



Fonte: Carvalho Júnior, 2018.

Figura 16: Válvula de descarga



Fonte: Própria Autoria (2023)

7. METODOLOGIA

A metodologia empregada nesta pesquisa adotou uma abordagem bibliográfica, focalizando a revisão de estudos e pesquisas dos últimos 10 anos relacionados aos sistemas hidrossanitários gravitacionais e a vácuo. Durante essa revisão, foram contemplados descritores como "sistema hidrossanitário a vácuo," "sistema hidrossanitário gravitacional," "viabilidade," "economia de água," "eficiência energética," e outros, com o propósito de compreender a amplitude das contribuições acadêmicas e técnicas no campo.

A condução da revisão bibliográfica, especificamente no âmbito da engenharia voltada para sistemas hidrossanitários gravitacionais e a vácuo, e a avaliação da viabilidade de suas peças e conexões, envolveram a exploração de diversas bases de dados especializadas. Destacam-se o *IEEE Xplore*, centrado em engenharia elétrica, eletrônica e de computação, o *ScienceDirect*, referência em engenharia civil e ambiental, o Scopus, uma base de dados interdisciplinar, e a *SpringerLink*, concentrada em publicações científicas e técnicas. Adicionalmente, a ACM Digital Library, com foco em ciência da computação, e a *EBSCOhost*, abrangendo diversas bases, incluindo *Engineering Source*, foram consultadas para garantir uma abordagem completa e específica no contexto da engenharia hidrossanitário.

No desenvolvimento da pesquisa, uma análise minuciosa das demandas específicas de cada modelo foi conduzida, não apenas considerando a eficiência das

peças isoladamente, mas também avaliando sua interação com o sistema como um todo. Esse enfoque proporcionou uma visão abrangente das implicações práticas e econômicas relacionadas às peças e conexões, permitindo uma compreensão mais profunda da viabilidade global desses sistemas inovadores no contexto hidrossanitário.

A metodologia bibliográfica, associada aos dados específicos provenientes do comparativo de viabilidade das peças e conexões, constitui uma base robusta para a compreensão das particularidades desses sistemas, fundamentando uma análise criteriosa na escolha entre eles.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises realizadas visando atender a cada objetivo proposto revelaram aspectos significativos na comparação entre os sistemas hidrossanitários gravitacionais e a vácuo.

Ao avaliar a eficiência na economia de água foi constatado que o sistema a vácuo, utilizando apenas 1,2 litros de água por acionamento de descarga, destaca-se por sua considerável economia em comparação com o sistema gravitacional, que demanda volumes superiores.

Na análise da economia de peças, conexões, espaços, mão de obra, praticidade em mudança de layout e eficiência na higiene, o sistema a vácuo demonstrou vantagens expressivas. Requer menos peças e conexões, ocupa menos espaço, exige menor mão de obra e oferece maior praticidade em mudanças de layout. Além disso, sua eficiência na higiene é notável devido à redução do consumo de água, minimizando a disseminação de patógenos.

Quanto ao dimensionamento do sistema gravitacional conforme as normas ABNT NBR 9648/1986 e 9649/1986, a aplicação destas normas proporcionou o adequado dimensionamento do sistema, garantindo sua conformidade com padrões técnicos e regulamentares.

Na análise das diferenças técnicas de projeto, implantação, manutenção, operação e fatores ambientais, observou-se que o sistema a vácuo demanda técnicas específicas de implantação, mas destaca-se pela facilidade operacional e baixa necessidade de manutenção. Além disso, sua menor demanda de água contribui para a redução de impactos ambientais.

Ao comparar os custos de implantação dos diferentes projetos, evidenciou-se que, apesar dos custos iniciais mais elevados do sistema a vácuo, suas economias operacionais a longo prazo podem compensar esses investimentos iniciais.

Ao abordar as restrições, vantagens e desvantagens dos dois sistemas, ficou claro que o sistema gravitacional apresenta dependência de topografia favorável e maior consumo de água, enquanto o sistema a vácuo supera essas limitações, mas enfrenta desafios na aceitação e custos iniciais.

Dessa forma, os resultados e discussões destacam as particularidades de cada sistema, fornecendo subsídios para uma avaliação criteriosa na escolha entre sistemas hidrossanitários gravitacionais e a vácuo, considerando aspectos técnicos, econômicos, operacionais, ambientais e sociais. Durante o estudo comparativo dos sistemas hidrossanitários convencionais e a vácuo, chegamos ao pressuposto de viabilidade ao sistema a vácuo se tornando viável ao longo prazo somente para empreendimentos comerciais, hospitalares, universidades e indústrias.

De acordo com pesquisas em Normas em estudo de viabilidade o sistema hidrossanitário a Vácuo apresenta tais vantagens ao sistema convencional. O sistema hidrossanitário a vácuo se destaca por uma série de vantagens que transformam significativamente a abordagem convencional do saneamento básico. A redução notável de até 90% no consumo de água por descarga representa não apenas uma economia considerável de recursos hídricos, mas também uma contribuição significativa para práticas mais sustentáveis. Esta eficiência estende-se à redução do volume total de esgoto gerado, reforçando a responsabilidade ambiental do sistema.

Além da economia de água, o sistema a vácuo promove a eficiência energética ao reduzir consideravelmente o consumo de energia elétrica empregada no recalque de água. Sua instalação rápida, de 5 a 10 vezes mais veloz em comparação com sistemas convencionais, destaca-se como uma vantagem adicional, assim como a flexibilidade de instalação independente da gravidade.

A utilização de tubulações de menor diâmetro não apenas simplifica a infraestrutura, mas também contribui para um sistema mais compacto e eficiente. O caráter completamente lacrado e pressurizado do sistema elimina qualquer possibilidade de vazamentos ou infiltrações, garantindo sua integridade ao longo do tempo.

A eliminação de possíveis contaminações do solo pelo esgoto representa um avanço em termos de preservação ambiental. A abolição do sistema de ventilação,

poços de inspeção e espaços confinados simplifica ainda mais a infraestrutura, promovendo uma operação mais segura e descomplicada.

Além dessas vantagens, o sistema a vácuo ostenta um custo operacional e de manutenção significativamente menor, com redução no número de intervenções. A drástica redução de entupimentos e vazamentos assegura uma operação mais eficiente e menos propensa a problemas. Os usuários também desfrutam de maior conforto e higiene, pois cada acionamento aspira cerca de 60 litros de ar.

Globalmente, o sistema a vácuo contribui para a diminuição do impacto ambiental, consumindo menos água e gerando menos esgoto. Sua participação expressiva na obtenção de certificações "verdes" destaca-se como um selo de reconhecimento às práticas sustentáveis adotadas por esse inovador sistema hidrossanitário.

No próximo segmento, serão apresentados os resultados do comparativo de viabilidade das peças e conexões entre os sistemas hidrossanitários convencionais e a vácuo (Objetivo 6). Esta análise minuciosa visa oferecer dados sobre a eficiência e a praticidade desses componentes em ambos os sistemas. A avaliação incluirá não apenas a durabilidade e funcionalidade das peças, mas também a facilidade de instalação, manutenção e substituição, considerando as demandas específicas de cada modelo. O objetivo é fornecer uma visão abrangente das implicações práticas e econômicas relacionadas às peças e conexões, permitindo uma compreensão mais profunda da viabilidade global desses sistemas inovadores no contexto hidrossanitário.

Levantamentos de materiais sistema convencional:

LEVANTAMENTO DE MATERIAIS SISTEMA CONVENCIONAL					
ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	UNID.	R\$ UNIT	R\$ TOTAL
1	Bacia sanitária convencional de louça esmaltada na cor branco gelo ref.: deca studio kids pi.16.17 para sanitário família,	1	UND	400,83	400,83
2	Bacia para Caixa Acoplada Monte Carlo-Branco Deca + Caixa Acoplada com acionamento Duo CD01F.17 - com kit de fixação	1	UND	1.099,90	1.099,90
3	Bacia para PNE sem abertura	1	UND	555,08	555,08
4	Assento em resina termofixa de alta durabilidade com sistema de amortecimento ref.: deca easyclean e slow close studio kids ap.166.17	1	UND	164,07	164,07

5	Kit de instalação (anel de vedação, parafuso de fixação) ref.: deca sp.13.01	1	UND	100,05	100,05
6	Tubo de ligação ref.: deca 1968.c.kid ou similar-para sistema a vácuo	1	UND	83,84	83,84
7	Acionamento por sensor de alimentação em corrente bivolt ref.: deca decalux 2780.c ou similar.	1	UND	2.030,97	2.030,97
8	Ligação flexível 1/2" 40 cm ref.: deca 4607.c.040 ou similar	1	UND	28,15	28,15
9	Tubo soldável 25 mm	1	UND	15,05	15,05
10	Tubo soldável 32 mm	1	UND	38,95	38,95
11	Te redução. soldável de 32x25 mm	1	UND	4,95	4,95
12	Te soldável 25 mm	1	UND	0,84	0,84
13	Te soldável 32 mm	1	UND	2,96	2,96
14	bucha de redução curta soldável. 32x25 mm	1	UND	0,98	0,98
15	Luva soldável 25 mm	1	UND	0,89	0,89
16	Luva soldável. 32 mm	1	UND	2,37	2,37
17	Joelho soldável 90x25 mm	1	UND	0,49	0,49
18	Joelho soldável 90x32 mm	1	UND	2,58	2,58
19	Registro PVC esfera soldável 25 mm	1	UND	6,90	6,90
20	Registro PVC esfera soldável 32 mm	1	UND	12,90	12,90
21	Tubo esgoto 50 mm	1	UND	51,17	51,17
22	Tubo esgoto 100 mm	1	UND	71,52	71,52
23	Joelho 90º esgoto 50 mm	1	UND	2,16	2,16
24	Joelho 90º esgoto 100 mm	1	UND	4,87	4,87
25	Luva esgoto simples 50 mm	1	UND	3,29	3,29
26	Luva esgoto simples 100 mm	1	UND	3,62	3,62
27	Te esgoto redução 100x50 mm	1	UND	20,00	20,00
28	Junção esgoto simples 100x 50 mm	1	UND	19,49	19,49
29	Junção esgoto simples 100x100 mm	1	UND	20,11	20,11
30	Anel esgoto borracha 100 mm	1	UND	1,14	1,14
31	Anel esgoto borracha 50 mm	1	UND	0,67	0,67
32	Fita veda rosca 18mmx50m	1	UND	5,20	5,20
33	Pasta lubrificante 950g	1	UND	23,28	23,28
34	Lâmina serra Starret	1	UND	8,40	8,40
35	Solução limpadora 1000cc	1	UND	40,64	40,64
36	Cola Adesivo PVC 850g	1	UND	70,15	70,15
TOTAL GERAL		R\$		4.898,46	

Levantamento de materiais sistema a vácuo:

LEVANTAMENTO DE MATERIAIS SISTEMA A VÁCUO					
ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	UNID.	R\$ UNIT	R\$ TOTAL
1	Central de vácuo Parati D-060-30	1	UND	340.000,00	340.000,00
2	Bacia Sanitária convencional de louça esmaltada, cor branco gelo, compatível com sistema de esgotamento a vácuo, fornecimento EVAC.	1	UND	3.699,00	3.699,00
3	Bacia sanitária convencional de louça esmaltada, cor branco gelo, para sanitário família, com sistema a vácuo, fornecimento EVAC REF. COMERCIAL: LINHA STUDIO KIDS (EASYCLEAN E SLOW CLOSE)	1	UND	3.277,00	3.277,00
4	Bacia sanitária para portadores de necessidades especiais de louça esmaltada, fixada em parede, cor branco gelo, para sanitário família, com sistema a vácuo, fornecimento EVAC.	1	UND	4.429,00	4.429,00
5	Assento em resina termofixa de alta durabilidade. Ref. EVAC	1	UND	INCLUSO	
6	Botão Cromado Optima 5	1	UND	396,00	396,00
7	Acabamento de válvula para bacias com sistema de esgotamento à vácuo, acabamento cromado, para sanitários acessíveis. Ref. EVAC	1	UND	74,00	74,00
8	Acabamento de válvula para bacias com sistema de esgotamento à vácuo, acabamento cromado. Ref.EVAC	1	UND	74,00	74,00
9	Tubo soldável 25 mm	1	UND	15,05	15,05
10	Tubo soldável 32 mm	1	UND	38,95	38,95
11	Tubo soldável 50 mm	1	UND	59,43	59,43
12	Tubo soldável 60 mm	1	UND	131,48	131,48
13	Tubo soldável 75 mm	1	UND	209,00	209,00
14	Tubo soldável 85 mm	1	UND	279,90	279,90
15	Tubo soldável 110 mm	1	UND	331,45	331,45
16	Te redução soldável de 32x25 mm	1	UND	4,95	4,95
17	Te soldável 25 mm	1	UND	0,84	0,84
18	Te soldável 32 mm	1	UND	2,96	2,96
19	bucha de redução curta soldável. 32x25 mm	1	UND	0,98	0,98
20	bucha de redução curta soldável. 60x50 mm	1	UND	7,29	7,29
21	bucha de redução curta soldável. 75x60 mm	1	UND	17,77	17,77
22	bucha de redução curta soldável. 85x75 mm	1	UND	22,52	22,52
23	bucha de redução curta soldável. 110x85 mm	1	UND	118,84	118,84
24	Luva soldável 25 mm	1	UND	0,89	0,89
25	Luva soldável 32 mm	1	UND	2,37	2,37
26	Luva soldável 50 mm	1	UND	5,89	5,89
27	Luva soldável 60 mm	1	UND	17,64	17,64
28	Luva soldável 75 mm	1	UND	21,42	21,42
29	Luva soldável 85 mm	1	UND	59,90	59,90
30	Luva soldável 110 mm	1	UND	68,81	68,81
31	Junção PVC Soldável 50mm - Plastfran	1	UND	29,90	29,90

32	Joelho soldável 90x25 mm	1	UND	0,49	0,49
33	Joelho soldável 90x32 mm	1	UND	2,58	2,58
34	Curva longa 45° soldável 50 mm	1	UND	11,90	11,90
35	Curva longa 45° soldável 60 mm	1	UND	29,90	29,90
36	Curva longa 45° soldável 75 mm	1	UND	53,04	53,04
37	Curva longa 45° soldável 85 mm	1	UND	54,75	54,75
38	Curva longa 45° soldável 110 mm	1	UND	136,77	136,77
39	Registro PVC esfera soldável 25 mm	1	UND	6,90	6,90
40	Registro PVC esfera soldável 32 mm	1	UND	12,90	12,90
41	Registro PVC esfera soldável 50 mm	1	UND	18,90	18,90
42	Registro PVC esfera soldável 60 mm	1	UND	44,90	44,90
43	Registro PVC esfera soldável 75 mm	1	UND	112,82	112,82
44	Registro PVC esfera soldável 85 mm	1	UND	246,85	246,85
45	Registro PVC esfera soldável 110 mm	1	UND	377,67	377,67
46	Lâmina serra Starret	1	UND	8,40	8,40
47	Solução limpadora 1000cc	1	UND	40,64	40,64
48	Cola Adesivo PVC 850g	1	UND	70,15	70,15
TOTAL GERAL		R\$		354.626,79	

Feitas tais exposições dos resultados obtidos nas análises comparativas entre os sistemas hidrossanitários gravitacionais e a vácuo, adentramos agora a fase crucial de discussão desses dados.

Nota-se que eficiência na economia de água é um ponto destacado, evidenciando que o sistema a vácuo, com seu consumo de apenas 1,2 litros por acionamento, supera significativamente o sistema gravitacional, que demanda volumes mais elevados, como apontado por Carvalho Júnior (2018). Ao analisar a economia de peças, conexões, espaço e eficiência na higiene, o sistema a vácuo, conforme as conclusões, apresenta vantagens expressivas. Menos peças, menor espaço ocupado, menor demanda de mão de obra e maior praticidade em mudanças de layout são aspectos ressaltados, alinhando-se com as observações de Creder (2012) sobre a simplificação proporcionada por esse sistema.

A aplicação das normas técnicas ABNT NBR 9648/1986 e 9649/1986 no dimensionamento do sistema gravitacional, mencionada nos resultados, reforça a conformidade com padrões técnicos e regulamentares, como destacado por Hélio Creder (2012) em sua abordagem sobre normas e regulamentos técnicos.

Na análise das diferenças técnicas de projeto, implantação, manutenção, operação e fatores ambientais, as conclusões ressaltam que o sistema a vácuo

demanda técnicas específicas de implantação, mas destaca-se pela facilidade operacional e baixa necessidade de manutenção. Essa perspectiva corrobora com a ideia de Carvalho Júnior (2018) sobre a tecnologia avançada e o conhecimento técnico especializado necessários para o sistema a vácuo.

Os custos de implantação também são abordados, apontando para os custos iniciais mais elevados do sistema a vácuo, mas destacando as economias operacionais a longo prazo que podem compensar esses investimentos iniciais, como observado por Hélio Creder (2012) ao considerar o custo global do sistema ao longo de sua vida útil.

Ao abordar as restrições, vantagens e desvantagens dos dois sistemas, as conclusões indicam que o sistema gravitacional apresenta dependência de topografia favorável e maior consumo de água, enquanto o sistema a vácuo supera essas limitações, alinhando-se com as considerações de Carvalho Júnior (2018) sobre as inovações e desafios associados ao sistema a vácuo. De acordo com as pesquisas em normas e estudo de viabilidade mencionadas, o sistema hidrossanitário a vácuo, conforme defendido por Carvalho Júnior (2018), apresenta vantagens notáveis, como a significativa redução no consumo de água, eficiência energética, instalação rápida e redução de custos operacionais.

Ainda, a análise comparativa entre os levantamentos de materiais para sistemas hidráulicos residenciais revela diferenças notáveis, tanto em aspectos técnicos quanto financeiros. Considerando os princípios delineados por Carvalho Júnior (2018), bem como os fundamentos propostos por Hélio Creder (2012), a análise busca elucidar pontos-chave desses sistemas.

A análise aprofundada dos resultados da comparação entre os sistemas hidráulicos convencional e a vácuo destaca aspectos técnicos, financeiros e práticos que influenciam na escolha entre essas tecnologias.

No contexto do sistema convencional, a escolha de componentes tradicionais, como a bacia sanitária convencional, caixa acoplada e elementos do sistema de esgoto, resulta em um custo total de R\$ 4.898,46 reais. Esse sistema destaca-se pela simplicidade de instalação e manutenção, sendo uma opção atrativa para projetos com orçamento mais restrito. Entretanto, é fundamental considerar que, mesmo sendo uma alternativa mais acessível inicialmente, pode haver custos adicionais ao longo do tempo, principalmente relacionados à eficiência no consumo de água.

Por outro lado, o sistema a vácuo, com um custo total substancialmente superior de R\$ 354.626,79 reais, integra tecnologias avançadas, como uma central de vácuo e bacias sanitárias específicas. Essa abordagem apresenta potencial para otimização do uso da água e redução de espaço, o que pode ser vantajoso em projetos inovadores e sustentáveis. Contudo, é importante ressaltar que a implementação desse sistema exige conhecimento técnico especializado para instalação e manutenção, tornando-se uma escolha mais desafiadora para profissionais menos experientes.

No âmbito financeiro, o sistema convencional se destaca por um custo inicial mais baixo e manutenção acessível. Em contrapartida, o sistema a vácuo demanda um investimento inicial significativamente mais elevado, mas pode proporcionar economia a longo prazo devido à eficiência no uso da água e à menor propensão a patologias.

A recomendação final deve ser baseada nas necessidades específicas de cada projeto. Projetos que buscam inovação, eficiência no uso da água e têm recursos para investimentos iniciais mais substanciais podem se beneficiar do sistema a vácuo. Por outro lado, projetos com ênfase em eficiência financeira e simplicidade, especialmente aqueles em áreas com infraestrutura menos especializada, podem encontrar no sistema convencional uma solução mais adequada. A escolha entre essas tecnologias deve considerar não apenas os custos imediatos, mas também as projeções de longo prazo e a capacidade técnica disponível para implementação e manutenção.

9. CONCLUSÃO

Ao término deste estudo sobre a viabilidade dos sistemas hidrossanitários gravitacionais e a vácuo, torna-se evidente que ambas as abordagens apresentam características distintas, cada uma com suas vantagens e desafios. A comparação detalhada permitiu uma análise aprofundada, proporcionando insights valiosos para o entendimento das implicações técnicas, econômicas, operacionais e ambientais de cada sistema.

No que diz respeito ao primeiro objetivo, de comparar a eficiência na economia do consumo de água, os resultados revelaram que o sistema a vácuo, com uma redução impressionante de até 90% no consumo de água por descarga, destaca-se

como uma alternativa altamente sustentável em comparação com o sistema gravitacional.

Quanto ao segundo objetivo, que buscou descrever e discutir a economia de peças, conexões, espaços, mão de obra, praticidade em mudança de layout e aplicabilidade na eficiência da higiene, o sistema a vácuo demonstrou superioridade em diversos aspectos. Desde a instalação mais rápida até a eliminação de poços de inspeção e espaços confinados, suas vantagens são notáveis.

No terceiro objetivo, de dimensionar o sistema gravitacional de acordo com normas específicas, as aplicações das normas ABNT NBR 9648/1986 e 9649/1986 garantiram que o sistema convencional fosse projetado e dimensionado de maneira adequada, atendendo aos padrões técnicos estabelecidos.

Na análise das diferenças técnicas entre projeto, implantação, manutenção, operação e fatores ambientais (quarto objetivo), ficou claro que o sistema a vácuo demanda técnicas específicas, mas sua operação eficiente e menor impacto ambiental são aspectos a serem considerados.

Quanto ao quinto objetivo, de comparar os custos de implantação dos distintos projetos, embora o sistema a vácuo apresente custos iniciais mais elevados, sua eficiência operacional a longo prazo pode compensar esses investimentos iniciais.

Em relação ao sexto objetivo, que busca demonstrar as restrições, vantagens e desvantagens dos dois sistemas, as conclusões apontam para a dependência do sistema gravitacional em relação à topografia favorável, enquanto o sistema a vácuo supera essas limitações, embora enfrente desafios na aceitação e custos iniciais.

Em consideração aos benefícios adicionais, como a redução de entupimentos, vazamentos, conforto para os usuários e impacto ambiental reduzido, os resultados respaldam a viabilidade e a eficácia do sistema a vácuo em diversas áreas.

Portanto, com base nos objetivos propostos, conclui-se que os sistemas hidrossanitários a vácuo apresentam uma alternativa promissora, não apenas em termos de eficiência operacional, mas também em sustentabilidade ambiental. Recomenda-se uma consideração cuidadosa desses resultados ao implementar soluções hidrossanitárias, e sugere-se a continuidade de pesquisas para aprimorar ainda mais esses sistemas inovadores no contexto brasileiro.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT: Conheça a ABNT, 2014. Disponível em: Acesso em: 20 ago. de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM-ISO 07: Rosca para tubos onde a junta de vedação sob pressão é feita pela rosca. Rio de Janeiro, 2000. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5648: Sistemas prediais de água fria – Tubos e conexões de PVC 6,3, PN 750 kPa, com junta soldável – Requisitos. Rio de Janeiro, 1999. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5680: Dimensões de tubos de PVC rígido. Rio de Janeiro, 1977. 03 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7198: Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993. 06 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15813: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria. Rio de Janeiro, 2010. 27 p.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias – Princípios Básico para Elaboração de Projetos. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, R. Patologias em Sistemas Prediais Hidráulico-Sanitários. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2018.

CREDER, Hélio. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2012. 421 p.

Inovação Tecnológica. Vasos sanitários a vácuo: economia de água. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=vasos-sanitarios-a-vacu-economia-agua&id=010125100505>. Acesso em: 20 ago. de 2023.

FERNANDES, Everton da S.; OLIVEIRA, Jonatan C. Análise Técnica e Financeira para a Utilização de Tubos PE-X em Projetos de Instalações Hidráulicas de Edifícios Residenciais. 2015. 175 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2015. Cap. 5.

AIRVAC. Vacuum Sewer Design Seminar. Schematic of Typical Vacuum System.

GBC Brasil. Eficiência hídrica utilizando sistema de esgotamento a vácuo. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/eficiencia-hidrica-utilizando-sistema-de-egotamento-a-vacu/>. Acesso em: 20 ago. de 2023.

LEPIDUS. PROPOSTA DE MONITORAMENTO REMOTO DA REDE DE VÁCUO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE_OK_RF (2).Pdf.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE VÁCUO. O que é vácuo. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/noticias/o-que-e-vacu.pdf>. Acesso em: 20 ago. de 2023.

Torricelli, Evangelista. Biografia. Disponível em: <<https://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/torricel.htm>>. Acesso em: 20 ago. de 2023.

WIKIPEDIA The Free Encyclopedia. Vacuum sewer. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_sewer. Acesso em: 20 ago. de 2023.

https://funag.gov.br/loja/download/1020-Historia_da_Ciencia_-_Vol.II_Tomo_I_-_A_Ciencia_Moderna.pdf