https://doi.org/10.58951/dataset.2024.038
Dataset Reports 3:1 (2024)
ISSN 2965-1182

REVIEW ARTICLE

DATASET REPORTS

Como o sistema circulatório humano pode ser comparado com o sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade

How the human circulatory system can be compared to a city's water and sewage treatment system

Fabio José Buchedid Vazquez [a*]

[a] Universidade Anhembi Morumbi, 03164-000, São Paulo, São Paulo, Brasil.

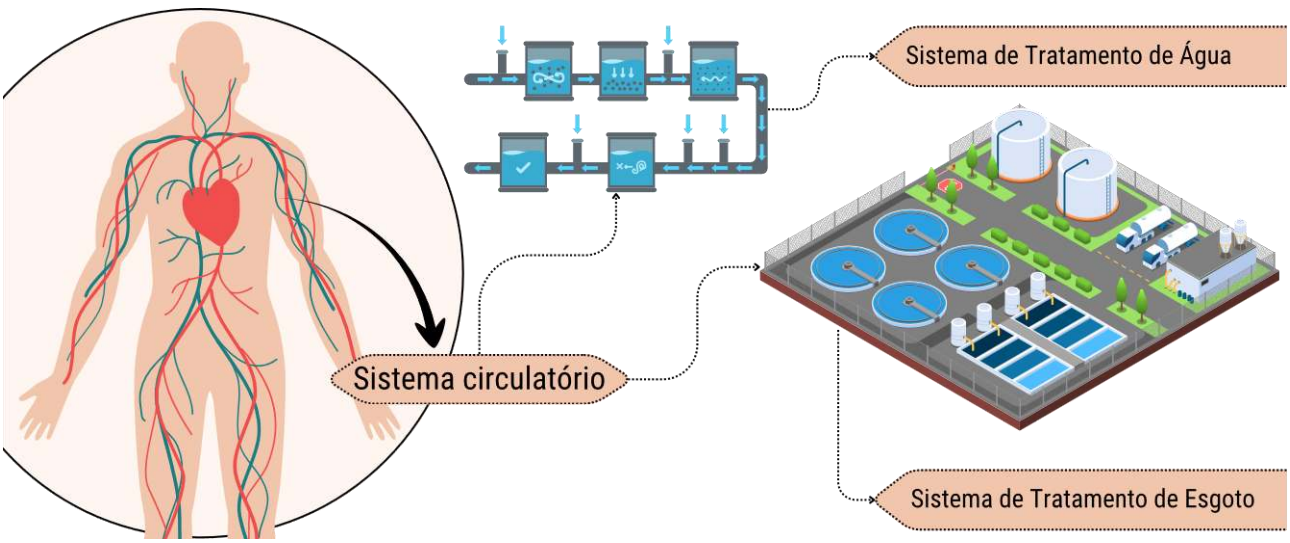
Resumo
O presente artigo explora as similaridades entre o sistema sanguíneo humano e o sistema de tratamento de água e esgoto utilizado em cidades. Por meio de uma análise analógica, destacam-se os processos hidráulicos e de filtragem como elementos comuns a ambos os sistemas. No corpo humano, o coração, as artérias, veias, pulmões e rins desempenham funções vitais para transporte e purificação do sangue, enquanto no sistema urbano, tubulações, bombas e estações de tratamento asseguram o abastecimento de água potável e o descarte seguro de resíduos. Embora compartilhem princípios fundamentais, como a dinâmica de fluidos e o transporte eficiente, os sistemas biológicos demonstram maior complexidade e adaptabilidade. Este estudo reforça a relevância das inspirações biológicas para o aprimoramento das tecnologias humanas, destacando a eficiência e a resiliência do corpo humano.

Palavras-chave: Sistema circulatório humano. Sistema de tratamento de água. Processos hidráulicos. Processos de filtração.

Abstract
This article explores the similarities between the human circulatory system and the water and sewage treatment system used in cities. Through an analogical analysis, hydraulic and filtration processes are highlighted as common elements in both systems. In the human body, the heart, arteries, veins, lungs, and kidneys perform vital functions for blood transport and purification, while in urban systems, pipes, pumps, and treatment plants ensure the supply of clean water and safe waste disposal. Although they share fundamental principles such as fluid dynamics and efficient transport, biological systems exhibit greater complexity and adaptability. This study emphasizes the importance of biological inspirations for the advancement of human technologies, highlighting the efficiency and resilience of the human body.

Keywords: Human circulatory system. Water treatment system. Hydraulic processes. Filtration processes.

Graphical Abstract



*Corresponding author: Fabio J. B. Vazquez. E-mail address: fabio.vazquez@gmail.com
Submitted: 21 November 2024; Accepted: 04 December 2024; Published: 04 December 2024.
© The Author(s) 2024. Open Access (CC BY 4.0).

ROYALDATASET

1. Introdução

O sistema circulatório humano e o sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade desempenham papéis essenciais para a manutenção do equilíbrio e da saúde, sendo fundamentais para o bom funcionamento tanto do organismo quanto das cidades. O sistema circulatório é responsável por transportar oxigênio, nutrientes e hormônios a todas as células do corpo, enquanto o sistema de tratamento de água e esgoto assegura o fornecimento de água potável e a eliminação segura de resíduos (Rodrigues & Ribeiro, 2021). Ambos os sistemas possuem estruturas e processos complexos de filtragem, transporte e purificação, essenciais para a manutenção da vida e da saúde pública.

Dentro do corpo humano, o sangue circula pelas artérias e veias, sendo filtrado pelos rins para eliminar impurezas e manter a homeostase (Rodrigues & Ribeiro, 2021). Similarmente, a água que abastece as cidades passa por tratamentos rigorosos, como filtração, cloração e desinfecção, antes de ser distribuída à população, garantindo sua potabilidade (Souza et al., 2020). O tratamento de esgoto, por sua vez, envolve processos complexos de purificação para remover resíduos e poluentes, garantindo que o efluente devolvido ao meio ambiente seja seguro (Araújo et al., 2016; Cornelli et al., 2014). Tais sistemas, tanto no corpo humano quanto nas cidades, têm como objetivo filtrar, purificar e transportar substâncias vitais, além de evitar o acúmulo de impurezas que possam prejudicar a saúde ou o meio ambiente.

Este artigo tem como objetivo explorar as semelhanças estruturais e funcionais entre esses dois sistemas, destacando como a analogia entre o corpo humano e as infraestruturas urbanas pode trazer insights valiosos para melhorar tanto a saúde pública quanto o cuidado ambiental.

2. Metodologia

O estudo adota uma abordagem qualitativa e descritiva, com base em revisão bibliográfica sobre o funcionamento do sistema sanguíneo e o tratamento de água e esgoto. São comparados os processos de transporte e purificação no corpo humano e nas estações de tratamento, destacando semelhanças entre as funções das artérias, veias, coração e rins com as fases de coagulação, floculação, filtração e desinfecção da água. A análise busca identificar analogias entre os dois sistemas para proporcionar uma compreensão integrada.

3. Resultados e Discussão

A analogia entre o sistema sanguíneo e o sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade pode ser uma maneira interessante de compreender o funcionamento e a importância desses dois sistemas essenciais para a manutenção da vida. Ambos têm como objetivo fundamental a purificação e o transporte de elementos necessários para o bem-estar, utilizando um mecanismo complexo e eficiente. O sangue no corpo humano circula através de um sistema complexo de vasos sanguíneos e órgãos que garantem o transporte de nutrientes, oxigênio, e a eliminação de resíduos, realizando a "filtragem" necessária para o bom funcionamento do organismo. Esse processo pode ser comparado ao sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade, que também busca purificar, filtrar e transportar elementos essenciais, garantindo a saúde e qualidade de vida da população.

A seguir são discutidas questões que auxiliam na compreensão das semelhanças entre os sistemas circulatório e de tratamento de água e esgoto.

3.1 Equação de Bernoulli e o fluxo do sangue e da água

Daniel Bernoulli foi um físico e matemático suíço do século XVIII. Nascido em 1700, ele investigou, entre muitos outros assuntos, as forças associadas ao movimento dos fluidos. Em 1738, ele estabeleceu uma das equações mais importantes na mecânica dos fluidos, conhecida como a Equação de Bernoulli. Essa equação descreve a conservação das energias cinética, potencial e de escoamento em uma corrente de fluido. Ela também explica a conversão entre essas formas de energia nas regiões de escoamento, onde o efeito médio das forças viscosas é desprezível, e sob certas condições restritivas.

A Equação de Bernoulli é fundamental para compreender o comportamento de fluidos em movimento, especialmente em sistemas onde o fluido é incompressível e a viscosidade é negligenciada. Ela expressa a lei da conservação de energia para fluxos de fluido, relacionando a pressão, a velocidade e a altura (potencial gravitacional) do fluido ao longo de uma linha de corrente. Essa equação é aplicada em diversos campos, como em sistemas hidráulicos, aerodinâmica e até mesmo na medicina, em modelos do sistema circulatório humano (Silva Junior, 2016).

3.2 Aquedutos

Éfeso era a maior cidade da costa oeste da Ásia Menor e se destacou como um centro comercial marítimo e rodoviário da região. No final do primeiro século d.C., era a quarta maior cidade do Império Romano, com grande importância administrativa, política e cultural. Os romanos fizeram de Éfeso o centro administrativo da província da Ásia, e muitos de seus governantes e oficiais conduziam seus negócios na cidade, que também era famosa por seus santuários religiosos, teatros e edifícios públicos elegantes.

Durante o século II a.C., Éfeso já era famosa por suas realizações, como a Artemesium (templo de Ártemis), a Biblioteca de Celso e sua renomada escola de medicina. A cidade estava situada às margens do mar Egeu, com uma vista distante para a ilha de Patmos. A localização estratégica de Éfeso atraía navios de diversas partes do Império Romano.

Com o crescimento urbano, a demanda por um sistema adequado de fornecimento de água se tornou essencial. Durante o reinado de Augusto (27 a.C. – 14 d.C.), os romanos construíram três aquedutos para fornecer água à cidade (**Fig. 1**). A água fluía de fontes ornamentais através das ruas, oferecendo aos moradores uma fonte confiável para suas necessidades diárias. Caminhar por Éfeso hoje é como fazer uma verdadeira viagem no tempo, observando vestígios de banhos públicos, teatros, ginásios, igrejas, casas, latrinas e o avançado sistema de aquedutos que era um marco da engenharia romana.



Fig. 1 Aquedutos em Éfeso. Fonte: Portal São Francisco. (2016).

3.3 Como o sistema circulatório pode ser comparado com o sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade

A analogia entre o sistema sanguíneo e o sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade é uma maneira interessante de ilustrar como ambos os sistemas são responsáveis pela manutenção da saúde e do bem-estar. Vamos detalhar as funções dos componentes do sistema sanguíneo em relação aos processos de tratamento de água e esgoto.

3.3.1 Saneamento

Saneamento é um conjunto de medidas que objetivam preservar ou modificar o meio ambiente para prevenir doenças e semear saúde. Ele melhora a qualidade de vida dos cidadãos, a produtividade do indivíduo e otimiza a atividade econômica.

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e pela Lei nº. 11.445/2007. É definido como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

Portanto, o tratamento da água e do esgoto (parte intrínseca do conceito de saneamento básico) é fundamental para uma boa qualidade de vida de uma população.

3.3.2 Tratamento de esgoto

Em análise à Norma ANBT: NBR 8160/1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução, que estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução, ensaio e manutenção dos sistemas prediais de esgoto sanitário, para atenderem às exigências mínimas quanto à higiene, segurança e conforto dos usuários, tendo em vista a qualidade destes sistemas, aonde destacamos as “bombas” como sendo um dos principais componentes envolvidos no sistema hidráulico, pois é quem rege a orquestra sistêmica, conforme listado a seguir (ABNT, 1999).

Os efluentes de aparelhos sanitários e de dispositivos instalados em nível inferior ao do logradouro devem ser descarregados em uma ou mais caixas de inspeção, as quais devem ser ligadas a uma caixa coletora, disposta de modo a receber o esgoto por gravidade.

A partir da caixa coletora, por meio de bombas, devem ser recalcados para uma caixa de inspeção (ou poço de visita), ramal de esgoto ligado por gravidade ao coletor predial, ou diretamente ao mesmo, ou ao sistema de tratamento de esgoto.

As bombas devem ser de construção especial, à prova de obstruções por águas servidas, massas e líquidos viscosos.

O funcionamento das bombas deve ser automático e alternado, comandado por chaves magnéticas conjugadas com chaves de boia, devendo essa instalação ser equipada com dispositivo de alarme para sinalizar a ocorrência de falhas mecânicas.

A capacidade da bomba, que deve atender à vazão máxima provável de contribuição dos aparelhos e dos dispositivos instalados que possam estar em funcionamento simultâneo.

A caixa coletora deve ter a sua capacidade calculada de modo a evitar a frequência exagerada de partidas e paradas das bombas por um volume insuficiente, bem como a ocorrência de estado séptico por um volume exagerado.

O tratamento dos esgotos domésticos tem como objetivo, principalmente: remover o material sólido; reduzir a demanda bioquímica de oxigênio; exterminar micro-organismos patogênicos; reduzir as substâncias químicas indesejáveis.

As diversas unidades da estação convencional podem ser agrupadas em função das eficiências dos tratamentos que proporciona. Assim temos:

- ✓ Tratamento preliminar: gradeamento, remoção de gorduras e remoção de areia.
- ✓ Tratamento primário: tratamento preliminar, decantação, digestão do lodo e secagem do lodo.
- ✓ Tratamento secundário: tratamento primário, tratamento biológico, decantação secundária e desinfecção.

3.3.3 Estação de Tratamento de Água (ETA)

A água oferecida à população é submetida a uma série de tratamentos apropriados que vão reduzir a concentração de poluentes até o ponto em que não apresentem riscos para a saúde. Cada etapa do tratamento representa um obstáculo à transmissão de infecções (**Fig. 2**).

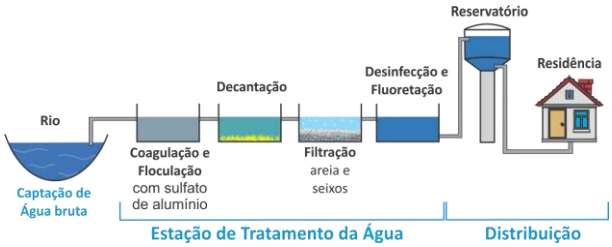


Fig. 2 Esquema simplificado de uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Fonte: Águas de Corupá (sd).

A primeira dessas etapas é a COAGULAÇÃO, quando a água bruta recebe, logo ao entrar na estação de tratamento, uma dosagem de sulfato de alumínio. Este elemento faz com que as partículas de sujeira iniciem um processo de união.

Segue-se a FLOCULAÇÃO, quando, em tanques de concreto, continua o processo de aglutinação das impurezas, na água em movimento. As partículas se transformam em flocos de sujeira.

A água entra em outros tanques, onde vai ocorrer a DECANTAÇÃO. As impurezas, que se aglutinaram e formaram flocos, vão se separar da água pela ação da gravidade, indo para o fundo dos tanques ou ficando presas em suas paredes.

A próxima etapa é a FILTRAÇÃO, quando a água passa por grandes filtros com camadas de seixos (pedra de rio) e de areia, com granulações diversas e carvão antracitoso (carvão mineral). Aí ficarão retidas as impurezas que passaram pelas fases anteriores.

A água neste ponto já é potável, mas para maior proteção contra o risco de infecções de origem hídrica, é feito o processo de DESINFECÇÃO. É a cloração, para eliminar germes nocivos à saúde e garantir a qualidade da água até a torneira do consumidor. Nesse processo pode ser usado o hipoclorito de sódio, cloro gasoso ou dióxido de cloro.

O passo seguinte é a FLUORETAÇÃO, quando será adicionado fluossilicato de sódio ou ácido fluossilícico (é um composto químico inorgânico, também conhecido como hexafluorsilícico, com a fórmula H2SiF6). É um líquido incolor, não viscoso, com cheiro forte e gosto amargo. É altamente corrosivo e deve ser manuseado com extremo cuidado; devendo, portanto, ser aplicado em dosagens adequadas. A função disso é prevenir e reduzir a incidência de cárie dentária, especialmente nos consumidores de zero a 14 anos de idade, período de formação dos dentes.

A última ação nesse processo de tratamento da água é a CORREÇÃO de pH, quando é adicionado cal hidratado ou barrilha leve (carbonato de sódio) para uma neutralização adequada à proteção da tubulação da rede e da residência dos

usuários. Entre a entrada da água bruta na ETA e sua saída, já potável, decorrem cerca de 30 minutos.

Sabemos que o saneamento básico e tratamento de água e esgoto são práticas de extrema importância. Tanto para saúde e bem-estar da humanidade quanto para um país ser considerado desenvolvido.

O nosso sistema sanguíneo pode ser comparado com o sistema de tratamento de água e esgoto de uma cidade, pois parecem ser muito semelhantes em termos de sistema hidráulico, em seu mecanismo e finalidade que é a purificação do líquido do sistema fluido; todavia o processo de nosso corpo humano se mostra mais rico, pois a filtragem sanguínea é um sistema mais complexo, pela sintonia de vários órgãos envolvidos. É um paralelismo muito interessante a ser analisado.

3.4 Quais as funções que desempenham as artérias, veias e os órgãos como o coração, pulmão e rins?

3.4.1 Sistema sanguíneo

O sangue é um tecido conjuntivo líquido que circula pelo sistema vascular sanguíneo dos animais vertebrados. O sangue é produzido na Medula óssea vermelha e tem como função a manutenção da vida do organismo por meio do transporte de nutrientes, toxinas (metabólitos), oxigênio e gás carbônico. O sangue é constituído por diversos tipos de células, que constituem a parte "sólida" do sangue. Estas células estão imersas em uma parte líquida chamada plasma. As células são classificadas em Leucócitos (ou Glóbulos Brancos), que são células de defesa; eritrócitos (glóbulos vermelhos ou hemácias), responsáveis pelo transporte de oxigênio; e plaquetas (fatores de coagulação sanguínea).

O sangue é mais espesso que a água - e o plasma sanguíneo também é: o sangue flui de maneira diferente da água. Qualquer pessoa que já se cortou sabe que o sangue flui de maneira viscosa e um tanto errática. A semelhança entre sangue e ketchup não é algo que apenas os cineastas conhecem. Os especialistas se referem a esses materiais como "fluidos não newtonianos", dos quais o ketchup e o sangue são os principais exemplos. Esses fluidos têm propriedades de fluxo que mudam dependendo das condições, com alguns se tornando mais viscosos, enquanto outros se tornam menos viscosos. O sangue (como o ketchup) é um "fluido diluidor de cisalhamento" que se torna menos viscoso com o aumento da pressão e é isso que permite que o sangue flua para os capilares mais estreitos. As propriedades de fluxo da água são, em contraste, essencialmente constantes (ScienceDaily, 2013).

Até agora, presumia-se que as características especiais de fluxo exibidas pelo sangue se deviam principalmente à presença dos glóbulos vermelhos, que representam cerca de 45% do volume do sangue. O plasma sanguíneo era geralmente considerado simplesmente como um espectador que não desempenhava nenhum papel ativo. Por décadas, os pesquisadores presumiram que o plasma sanguíneo flui como água. Afinal, o plasma, o líquido em que as células sanguíneas estão suspensas, consiste em 92% de água.

3.4.2 Sistema cardiovascular

Conforme ilustrado na **Fig. 3**, o coração, os vasos sanguíneos e o sangue formam o sistema cardiovascular ou circulatório.

A circulação do sangue permite o transporte e a distribuição de nutrientes, gás oxigênio e hormônios para as células de vários órgãos. O sangue também transporta resíduos do metabolismo para que possam ser eliminados do corpo.

O coração de uma pessoa tem o tamanho aproximado de sua mão fechada, e bombeia o sangue para todo o corpo, sem parar. Trabalhando como uma espécie de bomba, o coração se contrai e se dilata.

As artérias são vasos de paredes relativamente espessas e musculares, que transportam sangue do coração para os diversos tecidos do corpo.

As veias são vasos de paredes relativamente finas, que transportam sangue dos diversos tecidos do corpo para o coração.

O sangue oxigenado é bombeado pelo ventrículo esquerdo do coração para o interior da aorta. Essa artéria distribui o sangue oxigenado para todo o corpo, através de inúmeras ramificações, como a artéria coronária, a artéria carótida e a artéria braquial.

Nos tecidos, o sangue libera gás oxigênio e absorve gás carbônico.

Nos pulmões, o sangue libera o gás carbônico e absorve o gás oxigênio captado do ambiente pelo sistema respiratório. Esse fenômeno, em que o sangue é oxigenado, chama-se hematose.

Então, o sangue oxigenado retorna ao átrio esquerdo do coração, transportado pelas veias pulmonares. Do átrio esquerdo, o sangue oxigenado passa para o ventrículo esquerdo e daí é impulsionado para o interior da aorta, reiniciando o circuito.

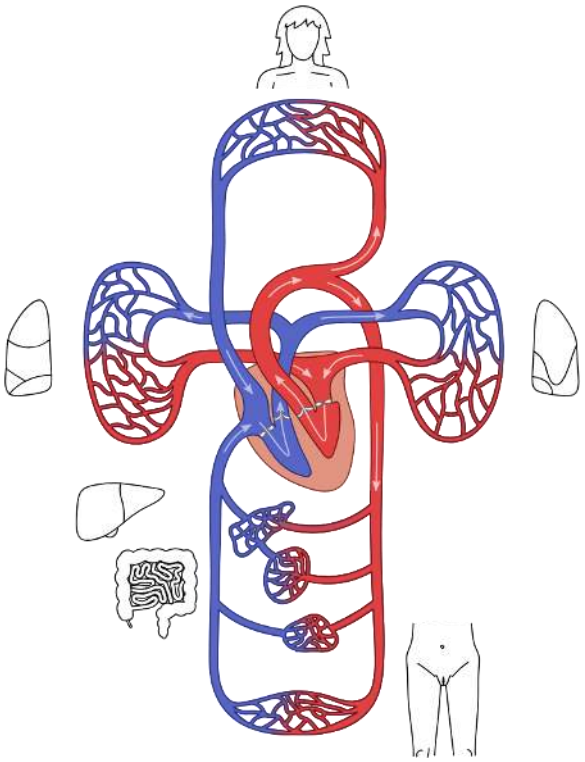


Fig. 3 Sistema circulatório humano. Num circuito completo pelo corpo, o sangue passa duas vezes pelo coração humano. Fonte: Wikimedia Commons (2020).

3.4.3 Os pulmões

A principal função dos pulmões é oxigenar o sangue e eliminar o dióxido de carbono, permitindo que o ar que respiramos entre em contato com o sangue que circula no corpo. Esse contato possibilita uma troca gasosa essencial para a vida e consiste, basicamente, na absorção do oxigênio pelo sangue a fim de, ligado à hemoglobina, ser transportado para todas as células do

organismo, e na eliminação do gás carbônico, que as células produziram para gerar energia.

Para realizar essa troca, o pulmão é composto de uma membrana muito fina, a membrana alveolar, que separa aproximadamente 1 litro de sangue de 5 litros de ar. Se essa membrana fosse estendida como um tapete, atingiria o tamanho de uma quadra de tênis.

O cigarro e a poluição são os maiores responsáveis pelo aparecimento de doenças respiratórias que podem danificar os pulmões.

3.4.4 Os rins

A função dos rins é, entre outras, filtrar o sangue para eliminar substâncias nocivas ao organismo, como amônia, ureia e ácido úrico. Eles também atuam secretando substâncias importantes para nossa saúde. Os rins, fazem parte do sistema excretor e osmorregulador, pois filtram e excretam os dejetos presentes no sangue.

Microscopicamente, é formado por cerca de 1 milhão de pequenas estruturas chamadas néfron. Cada néfron elimina resíduos do sangue, mantém o equilíbrio hidroeletrolítico do corpo, controla a quantidade de líquidos no organismo, regula a pressão arterial e secreta hormônios, além de produzir urina. Por isso, o néfron é chamado de unidade funcional do rim, pois cada néfron realiza todas as funções renais. O equilíbrio das funções químicas do nosso corpo tem grande participação do trabalho dos rins. As principais funções dos rins são:

- ✓ Filtrar o sangue;
- ✓ Eliminar as toxinas do sangue;
- ✓ Participar da formação do sangue;
- ✓ Regular a formação dos ossos;
- ✓ Controlar o balanço químico do corpo;
- ✓ Manter o equilíbrio de líquidos do corpo;
- ✓ Regular a pressão sanguínea: o controle e a regulação da pressão arterial sanguínea também é funções dos rins. Cabe a eles controlarem a concentração de sódio e principalmente a quantidade de líquidos no nosso corpo. Quando há falhas e estas funções não são efetuadas corretamente pelos rins, uma das consequências é o aumento da pressão sanguínea.

É complicado dizer que algum órgão é mais importante que o outro, mas a nossa sobrevivência certamente depende do funcionamento adequado dos rins, visto que uma pessoa com problemas renais graves dificilmente consegue sobreviver.

4. Conclusões

Este artigo revela as analogias entre o sistema sanguíneo humano e os sistemas urbanos de tratamento de água e esgoto, evidenciando como processos hidráulicos e de filtragem são cruciais tanto para a purificação do sangue quanto para o fornecimento de água potável e a gestão de resíduos. Embora os princípios fundamentais de dinâmica de fluidos e transporte eficiente sejam comuns a ambos os sistemas, a maior complexidade e adaptabilidade do corpo humano, com seus órgãos especializados, conferem-lhe uma resiliência superior. Essa comparação destaca a importância de se inspirar nos sistemas biológicos para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e resilientes, reforçando o valor da natureza como modelo para soluções inovadoras na engenharia e na gestão dos recursos hídricos e sanitários.

Contribuições dos Autores

F.J.B.V.: Curadoria de Dados, Redação - Preparação do Rascunho Original; Edição, Revisão e Edição. O autor leu e aprovou o manuscrito final.

Conflitos de Interesses

O autor declara que não tem interesses conflitantes.

Referências

Águas de Corupá. (sd). *Processo de Tratamento de Água*. Acesso em: 3 de dezembro 2024. Disponível em: <https://aguasdecorupa.com.br/institucional/processo-de-tratamento-de-agua>.

Araújo, K. S. D., Antonelli, R., Gaydeczka, B., Granato, A. C., & Malpass, G. R. P. (2016). Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Revista Ambiente & Água, 11*, 387-401. https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1862

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1997). *NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução*. ABNT: Rio de Janeiro.

Çengel, Y.; Cimbala, J. M. (2007). *Mecânica dos fluidos: Fundamentos e Aplicações*. São Paulo: Mc Graw Hill Editora.

Cornelli, R., Amaral, F. G., Danilevicz, Â. D. M. F., & de Macedo Guimarães, L. B. (2014). Métodos de tratamento de esgotos domésticos: uma revisão sistemática. *Revista de Estudos Ambientais, 16*(2), 20-36. https://doi.org/10.7867/1983-1501.2014v16n2p20-36

López-Manjón, A., & Angón, Y. P. (2009). Representations of the human circulatory system. *Journal of Biological Education, 43*(4), 159-163. https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656176

Mahmoud, A., Alsalemi, A., Bensaali, F., Hssain, A. A., & Hassan, I. (2021). A review of human circulatory system simulation: Bridging the gap between engineering and medicine. *Membranes, 11*(10), 744. https://doi.org/10.3390/membranes11100744

Portal São Francisco. (2016). *Éfeso*. Acesso em: 3 dez. 2024. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/turismo/efeso>.

Rodrigues, A. D., & Ribeiro, L. R. (2021). Sistemas sanguíneos, incompatibilidade e procedimentos alternativos à transfusão. *Brazilian Journal of Development, 7*(2), 13007-13027. https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-085

Silva Júnior, A. G. da. (2016). *Equação de Bernoulli*. Slides de aula. Curso: Técnico em Mecânica. Disciplina: Mecânica dos Fluidos. Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/andouglassilva/disciplinas/mecanica-dos-fluidos/aula-5-equacao-de-bernoulli>.

ScienceDaily. (2013). Blood is thicker than water – and blood plasma is, too. *ScienceDaily* Acesso em: 3 de dezembro 2024. Disponível em: <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/02/130218092505.htm>.

Souza, J. L. D. de, Kadosaki, D. J., da Luz, P. N. V., Costa, B. N., da Silva, I. C. S., & Gonçalves, C. K. (2020). Internações e procedimentos cirúrgicos de urgência de doenças do sistema circulatório no Brasil. *Brazilian Journal of Health Review, 3*(5), 11691-11700. https://doi.org/10.34119/bjhrv3n5-027

Wikimedia Commons. (2020). *File:Human circulatory system.svg* -. Acesso em: 3 de dezembro de 2024. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_circulatory_system.svg>.