

# Nota Técnica 6 – Avaliação dos efeitos do descarte de papel higiênico nos sistemas de esgotamento sanitário e na gestão de resíduos sólidos

*Technical Note 6 - Evaluation of the impact of toilet paper disposal on wastewater systems and solid waste management*

Rafael Pessoa Santos Brochado<sup>1</sup> , Marcela França Dias<sup>2</sup> , Livia Cristina da Silva Lobato<sup>3</sup> ,  
Izabel Cristina Chiodi de Freitas<sup>4</sup>, Devson Paulo Palma Gomes<sup>5</sup>,  
José Roberto Santo de Carvalho<sup>6</sup>, Carlos Augusto de Lemos Chernicharo<sup>7\*</sup> 

## RESUMO

A utilização crescente do papel higiênico mundialmente levanta questões sobre onde se deve realizar seu descarte: no cesto de lixo ou no vaso sanitário. De forma geral, países mais desenvolvidos tendem a realizar o descarte no vaso sanitário, e países em desenvolvimento na lixeira, embora existam diversos outros fatores que contribuem para a escolha no descarte. Enquanto vários países adotam critérios para a rotulagem de produtos que podem ser descartados no esgoto, como a capacidade de desintegração, o Brasil ainda carece de legislação e normas técnicas específicas nesse aspecto. Essa lacuna pode resultar em problemas como entupimentos, possivelmente pela falta de desintegração adequada do papel higiênico disponível no mercado nacional. Por outro lado, o descarte no cesto de lixo apresenta riscos potenciais de contaminação, especialmente em banheiros públicos, além de gerar odor nos banheiros dos usuários. Esta nota técnica busca esclarecer os desafios e oportunidades associados aos impactos no sistema de esgotamento sanitário e, também, no manejo e gestão dos resíduos sólidos relacionados à coleta, tratamento e destino final, além de avaliar a possibilidade de recuperação da celulose do papel higiênico.

**Palavras-chave:** entupimento; papel higiênico; descarte de resíduos; rede coletora de esgoto; tratamento de esgoto; desintegração.

## ABSTRACT

The increasing use of toilet paper worldwide raises questions about the appropriate disposal method: in the trash can or in the toilet. Generally, more developed countries tend to dispose of toilet paper in the toilet, while developing countries more commonly use the trash can. However, many other factors influence this choice. While several countries have criteria for labeling products that can be disposed of in the sewage system, such as disintegration capacity, Brazil still lacks specific legislation and technical standards in this regard. This gap can lead to issues like blockages, possibly due to the inadequate disintegration of toilet paper available in the national market. On the other hand, disposing of toilet paper in the trash can poses potential contamination risks, especially in public restrooms, and can cause odor problems in users' bathrooms. This technical note aims to clarify the challenges and opportunities related to the impacts on the sanitation system and the management of solid waste, including collection, treatment, and final disposal. It also evaluates the potential for recovering cellulose from toilet paper.

**Keywords:** clogging, toilet paper; waste disposal; waste water treatment; sewage system; disintegration.

<sup>1</sup>Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>2</sup>Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos e doutora em Genética pela Universidade Federal de Minas Gerais. Membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>3</sup>Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis – Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>4</sup>Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Especialista em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz/Escola de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais. Membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis. – Belo Horizonte (MG).

<sup>5</sup>Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis – Recife (PE), Brasil.

<sup>6</sup>Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Membro Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis – Recife (PE), Brasil.

<sup>7</sup>Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Newcastle upon Tyne – UK. Professor titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. Coordenador do INCT ETES Sustentáveis – Belo Horizonte (MG), Brasil.

\*Endereço para correspondência: Avenida Antônio Carlos 6627 – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Bloco 1. Belo Horizonte, MG. CEP: 31270-901. e-mail: calemos@desa.ufmg.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os papéis *tissue*, ou papéis sanitários, são aqueles destinados à higiene pessoal e doméstica, tais como papel higiênico, papel-toalha, guardanapos e lenços umedecidos (SOUZA e BASTOS, 2018; VIDAL e HORA, 2013). De acordo com a Suzano, uma das maiores produtoras de celulose do Brasil, o consumo de papéis sanitários vem aumentando de forma acentuada, atingindo uma produção de 41 milhões de toneladas em 2021 no mundo inteiro. Desse total, 25 milhões de toneladas correspondem ao papel higiênico (SUZANO, 2023a). No Brasil, o consumo *per capita* anual de papel higiênico em 2021 era de 5,34 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (SUZANO, 2023b), com tendência de crescimento para os próximos anos. A expansão do mercado de papéis sanitários está relacionada ao desenvolvimento econômico e à qualidade de vida da população (FARINHA E SILVA, BUENO e NEVES, 2015). O consumo e a destinação desses papéis são variados, uma vez que dependem do grau de urbanização, do padrão de consumo e da infraestrutura de saneamento, relacionando-se positivamente com o Produto Interno Bruto (PIB) do local e o grau de desenvolvimento do país (LI, WU e LIU, 2019; PALMIERI *et al.*, 2019). Vale ressaltar, no entanto, que aspectos culturais e religiosos também podem influenciar no uso do papel higiênico. Dessa forma, o descarte do papel higiênico, sendo um produto cada vez mais consumido, pode trazer impactos cada vez maiores relacionados a sua destinação final.

Em grande parte dos países desenvolvidos esse papel higiênico é descartado no vaso sanitário, sendo removido ou recuperado nas estações de tratamento de esgoto. Em estudo realizado por Brochado (2018), na região metropolitana de Belo Horizonte, foi constatado que a maioria da população descartava o papel higiênico no cesto de lixo, o que também foi verificado por Franco (2012) no sul de Minas Gerais. Embora não haja estudos em nível nacional, essa tendência de descarte nas lixeiras possivelmente também deve ocorrer no Brasil de forma geral para a maior parte da população. Essa tendência pode ser explicada por razões culturais, pela falta ou precariedade de sistemas de esgotamento sanitário, pela precariedade nas instalações prediais das residências ou mesmo pela deficiência na vazão

de descarga do vaso sanitário, que pode contribuir para que os moradores evitem o lançamento de papel higiênico no vaso sanitário, livrando-se de potenciais entupimentos. Relatos feitos por funcionários de uma companhia de saneamento apontados por Brochado (2018) indicam divergência com relação ao impacto do papel higiênico. Para alguns, ele é um dos grandes responsáveis por entupimentos do vaso sanitário e/ou na rede coletora de esgotos e normalmente é identificado em conjunto com outros detritos do esgoto, formando uma espécie de bucha que prejudica o fluxo do esgoto nas tubulações. Outros consideram que o papel higiênico fica retido nas caixas de gordura e, portanto, não interfere nos entupimentos das redes coletoras.

O papel higiênico teve seu primeiro registro histórico na China em 1393, com um material formado de fibra de arroz (REARDON-ANDERSON, 1986). Entretanto, somente em 1857 o produto foi comercializado em grande escala e começou a se popularizar. Paralelamente, após uma série de surtos de cólera na região de Londres, à época a cidade mais populosa do mundo, foi descoberto por John Snow, em 1854, que a doença era propagada por meio da água contaminada pelos esgotos da cidade. Como consequência, os sistemas de esgotamento sanitário começavam a ser desenvolvidos da maneira que conhecemos hoje, com a coleta dos esgotos separadamente às águas limpas, o que foi iniciado ao longo da segunda metade do século XIX. No Brasil, a coleta de esgoto começou tardiamente e de forma vagarosa. Diversas localidades ainda não são atendidas, atualmente, pelos serviços de esgotamento sanitário. A lentidão nos avanços de esgotamento sanitário no país enquanto o papel higiênico já era popularizado pode ter sido um dos fatores que levaram a uma cultura de descarte no cesto de lixo, que embora também engendre problemas ambientais quando há destinação para aterros controlados ou lixões, tem impactos negativos mais invisíveis aos olhos dos usuários.

Diante desse contexto, a investigação dos possíveis impactos e formas de mitigação relacionados ao descarte do papel higiênico é de grande relevância, para que os atores envolvidos (usuários, legisladores, empresas de celulose, gestores de resíduos sólidos e de esgotamento

sanitário) atuem da melhor forma possível para garantir a preservação do meio ambiente. Poucos estudos abordam a destinação mais adequada para o papel higiênico, não havendo diretrizes específicas sobre o assunto no país.

Determinar qual prática é a mais adequada — o descarte do papel higiênico no vaso sanitário ou nas lixeiras — não é tarefa simples, sobretudo ao se considerar a situação do saneamento no Brasil. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023a), as redes de esgoto atendem somente 56% da população, pois ainda é grande o uso de soluções individuais de esgotamento sanitário, sejam adequadas, como os tanques sépticos, sejam inadequadas, como as fossas rudimentares. Do esgoto total gerado (somando-se destinações inadequadas, soluções públicas adequadas e inadequadas e soluções individuais adequadas e inadequadas), 52% é tratado. Apenas 49% dos 2.895 municípios que são atendidos por rede coletora de esgoto tratam mais que 40% do esgoto gerado. Consequentemente, o papel higiênico descartado no vaso sanitário, assim como o esgoto de forma geral, pode acabar contribuindo para a poluição do solo e/ou das águas que o receberem em grande parte dos municípios. Com relação aos resíduos sólidos, a cobertura de coleta chega em média a 90,4% da população brasileira, entretanto apenas 45,4% dos municípios possuem destinação adequada em aterros sanitários. O número de lixões e aterros controlados que são destinações inadequadas (2.170 unidades) supera em muito o de aterros sanitários (626 unidades), e a destinação inadequada dos resíduos pode levar à contaminação do solo e/ou do lençol freático (SNIS, 2023b). Ainda é relevante destacar que os dados do Brasil referentes ao esgotamento sanitário e resíduos sólidos são médias que mascaram as desigualdades regionais do país. As Regiões Norte e Nordeste, por exemplo, apresentam déficits muito maiores no saneamento quando comparadas às Regiões Sul e Sudeste.

Em países desenvolvidos, o descarte é realizado majoritariamente no vaso sanitário, não sendo identificados problemas na rede coletora de esgoto relacionados a essa prática em razão da característica de desintegração, em contato com a água, dos papéis higiênicos desses países. Em diversas organizações internacionais existe até mesmo

o *slogan* do que pode ser descartado no vaso sanitário: “*Pee, poo and toilet paper*” (urina, fezes e papel higiênico), os três “P”. Quando o papel é descartado, a água e a turbulência gerada pela descarga conseguem desintegrar/quebrar o papel higiênico em vários pedaços menores, o que faz com que a rede coletora de esgoto esteja menos suscetível a entupimentos por esse descarte. Ademais, a quantidade desse material lançada na rede coletora de esgoto implica a possibilidade de recuperação dele, ou até pelo incremento de biogás dependendo das condições do tempo de residência dos sólidos do sistema de tratamento do esgoto (CHEN *et al.*, 2017; LI, WU e LIU, 2019).

Assim, para avaliar as possíveis implicações da entrada de papel higiênico no sistema de esgotamento sanitário, as características da rede coletora (tais como o diâmetro da tubulação e a tensão trativa), a capacidade de desintegração do papel higiênico, sua biodegradabilidade para o tratamento e suas propriedades (número de folhas, aditivos, frações inorgânicas etc.) devem ser avaliados.

A presente nota técnica tem o objetivo de fornecer orientações a respeito da destinação ambientalmente adequada dos resíduos de papel higiênico (aterros sanitários ou estações de tratamento de efluentes) e alternativas relativas à sua utilização para a geração de subprodutos ou bioenergia no Brasil.

## 2. COMPOSIÇÃO, FABRICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO PAPEL HIGIÊNICO

O papel higiênico faz parte do grupo dos papéis sanitários ou *tissues*, os quais possuem baixa gramatura e maior suavidade (SOUZA e BASTOS, 2018). Para que o papel higiênico adquira uma textura atrativa para os consumidores (elevados índices de maciez), diferentes tipos de fibras de celulose são utilizados em sua fabricação. Segundo a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP, 2014), um exemplo de proporção de fibras de papel higiênico pode ser de 60% de fibras curtas oriundas de árvores folhosas (como o eucalipto), que conferem maciez, e 40% de fibras longas oriundas de coníferas, que proporcionam maior resistência mecânica ao rasgo do papel. Também pode haver papel higiênico com 100% de fibras curtas, mas o que normalmente ocorre é a predominância

de fibras curtas. Essa proporção pode variar de acordo com a disponibilidade da matéria-prima, além de aspectos culturais que irão afetar uma demanda menor ou maior da maciez do papel. Comparativamente, na proporção de fibras em um papel toalha há a predominância de fibras longas, pois a resistência é mais relevante nesse caso do que a maciez (ABTCP, 2014).

As fibras de celulose podem ser virgens ou recicladas, embora as últimas tenham menor aceitação, uma vez que estão associadas a um papel de menor qualidade (HANYU *et al.*, 2000) e à presença de substâncias prejudiciais à saúde humana, como o bisfenol A, ou BPA, que dificilmente são removidas durante o processo de reciclagem (BJÖRNSDOTTER, BOER e BALLESTEROS-GÓMEZ, 2017). O BPA é um conhecido desregulador endócrino, com ação semelhante à do hormônio estrogênio.

De forma geral, a fabricação do papel higiênico inclui as etapas de separação dos cavacos de madeira, cozimento, branqueamento e secagem (SUZANO, 2009). Os cavacos de madeira são transportados até digestores, onde ocorre o cozimento com adição de soda cáustica e sulfato de sódio. Tal processo permite maior preservação da resistência e uniformidade das fibras. Nessa etapa, também ocorre a separação da lignina e da resina de celulose. A lignina remanescente é removida durante o “pré-branqueamento”. No branqueamento são aplicados agentes branqueadores, como o dióxido de cloro. A presença de cloro não é permitida uma vez que pode gerar subprodutos como dioxinas, compostos orgânicos persistentes e altamente tóxicos. Por fim, são realizadas a secagem e a conversão à folha de papel. A polpa de celulose é encaminhada para máquina de papel onde ocorre a formação da folha com distribuição homogênea. Em seguida, a folha é prensada para a remoção de água por meio de sucção e compressão, sendo o restante de água removido por um cilindro secador. Nessa etapa também são realizadas correções de alcalinidade, se necessário (D’ALMEIDA, 1988).

A qualidade das fibras depende das características da madeira, do processamento e do maquinário utilizado (SUZANO, 2009). Por exemplo, o teor de hemicelulose (associada à maior coesão entre as fibras e a um papel mais

rugoso e resistente) é determinado tanto pela sua concentração na madeira quanto pela capacidade de extração da hemicelulose durante o cozimento e branqueamento. Segundo Foelkel (2007), é interessante para o papel higiênico possuir baixo teor de hemicelulose, uma vez que ela está associada à alta capacidade de coesão, consolidação e ligação entre as fibras, tornando o papel mais rugoso e, portanto, com menor capacidade de se desagregar. Uma redução de 2,5% no teor de hemicelulose de uma polpa pode representar reduções de até 10% na resistência à tração e melhorias imediatas na porosidade, absorção, maciez e volume específico aparente do papel.

No Brasil, para que o papel higiênico esteja em conformidade com as normas técnicas, os seguintes parâmetros são avaliados conforme a NBR 15134 (ABNT, 2020):

- Gramatura: trata-se da densidade da folha ( $\text{g.m}^{-2}$ ).
- Fator de reflectância difusa no azul: não pode ser utilizado em folhas coloridas, é realizado considerando-se a presença de agentes branqueadores fluorescentes.
- Resistência à tração ponderada: considera-se a resistência à tração, o alongamento no momento de ruptura e a energia absorvida na tração.
- Resistência à tração a úmido: força máxima de tração por unidade de largura que o papel úmido suporta, antes de se romper, sob as condições definidas no método de ensaio normalizado (definida pela NBR 15010:2017).
- Índice potencial de maciez: resultante do produto entre a resistência à tração (direção de fabricação) e a resistência à tração (direção transversal) dividido pela gramatura. A maciez é um dos aspectos mais relevantes para a aceitação do produto pelo consumidor. A direção e deformidade das fibras têm impacto direto na percepção de maciez (ABTCP, 2014).
- Pintas: com o objetivo de verificar a quantidade de partículas ou manchas, de tamanho mínimo especificado, tendo uma reflectância de luz suficientemente contrastante com respeito à área circundante da folha, de acordo com o padrão de comparação.
- Capacidade e tempo de absorção de água: objetiva-se medir o tempo requerido para molhar a amostra por completo e verificar a massa absorvida por unidade do corpo de prova.

- Número de furos: somente deve ser avaliado para folhas simples.
- Citotoxicidade *in vitro*: ensaio dermatológico que deve ser realizado durante o desenvolvimento do produto.

### 3. CONSUMO E PEGADA HÍDRICA DO PAPEL HIGIÊNICO

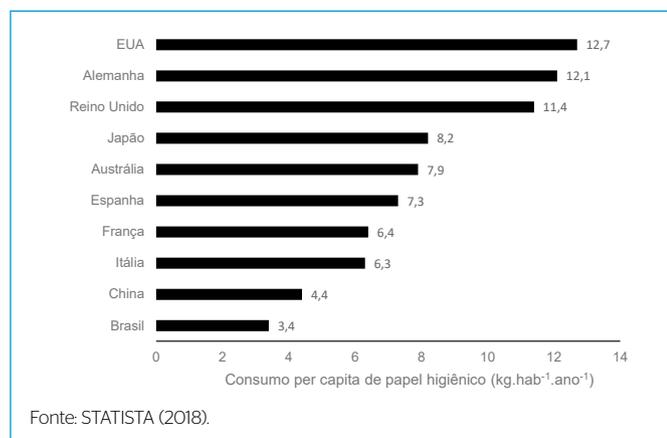
O consumo de papel higiênico no mundo vem crescendo progressivamente, o que está relacionado, entre outros fatores, ao desenvolvimento econômico e ao aumento na qualidade de vida da população (COSTA e BACHA, 2017). Mesmo que não seja o único parâmetro a ser associado ao consumo de papel higiênico, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) mantém forte relação entre seu valor e o consumo aparente (calculado segundo a produção, exportação e importação do papel higiênico). Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), de 2000 a 2014, o IDH médio nacional passou de 0,684 para 0,752 (PNUD, 2018). De fato, o consumo de papel higiênico é elevado em grande parte dos países desenvolvidos, com maiores IDH. Os cinco países que mais consumiram papel higiênico em 2018 foram os EUA, Alemanha, Reino Unido, Japão e Austrália (Figura 1). No entanto, o Brasil constava na décima posição (3,4 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), embora existam outros países com melhor IDH e que consumiram menos. Em 2021, o Brasil atingiu o consumo *per capita* de 5,34 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (SUZANO, 2023a), crescimento de cerca de 57% em apenas três anos. Nesse caso, a pandemia de COVID-19 pode ser um fator

que explica o aumento expressivo, uma vez que houve aumento generalizado de vendas de papel higiênico não só no Brasil, mas no mundo.

Os hábitos alimentares da população, a disponibilidade e o uso de duchas higiênicas e *bidets*, além de aspectos socioeconômicos e culturais, são outros aspectos que podem explicar os diferentes índices de consumo do papel higiênico. Na Índia, por exemplo, o uso de água para a higienização é predominante, e, conseqüentemente, o consumo de papel higiênico é bastante reduzido. Nos EUA, por outro lado, não é comum a presença de duchas higiênicas ou *bidets*, o que ajuda a explicar o elevado consumo *per capita* do papel higiênico.

De forma geral, observa-se que o Brasil vem ampliando sua participação no mercado de papéis sanitários e que o consumo nacional de papel higiênico tem acompanhado essa tendência, seja por chegar às pessoas que não tinham acesso a esse produto antes, seja pelo aumento da oferta e demanda de um papel higiênico com cada vez mais camadas (folhas triplas e quadruplas) e, portanto, com maior volume. A comercialização de papéis com mais camadas (logo, com maior massa) tem aumentado de forma considerável. Segundo Costa e Bacha (2017), no Brasil, o papel higiênico é classificado em quatro categorias: popular, folha simples de boa qualidade, folha simples de alta qualidade e folha dupla de alta qualidade (os de folha tripla e umedecidos passaram a ser comercializados posteriormente). O consumo de papel de folha dupla praticamente triplicou no país entre 2006 e 2011, superando o de folha simples de boa qualidade (SOUZA e BASTOS, 2018). Com relação ao tipo de papel higiênico utilizado no Brasil, por exemplo, a tendência é o crescente consumo de papel higiênico do tipo folhas duplas como reflexo do aumento do poder aquisitivo das classes C e D, com conseqüente diminuição do mercado das folhas simples.

Para a produção de celulose usualmente se utilizam árvores plantadas. No caso do papel higiênico, como há predominância de fibras curtas, o eucalipto é sua principal fonte de celulose. De 2018 para 2021 a demanda por eucalipto cresceu 26%, enquanto a quantidade de eucaliptos plantados cresceu 10%, o que sugere o consumo insustentável de eucalipto no país (SUZANO, 2023a).



**Figura 1** - Ranking dos 10 maiores consumidores *per capita* de papel higiênico em 2018.

Essa diferença, segundo a Suzano, pode ser explicada pelo aumento no custo do plantio, por incertezas climáticas e pela substituição do gás natural pela biomassa como fonte de energia.

O consumo de água pela Suzano em 2023 foi de 26,6 m<sup>3</sup>.ton<sup>-1</sup> de produto vendável, que inclui o papel higiênico e demais papéis sanitários, enquanto a Klabin registrou consumo médio de 3,1 m<sup>3</sup>.ton<sup>-1</sup>, com participação menor em papéis sanitários (KLABIN, 2023; SUZANO, 2023b). Os valores referem-se à diferença do que foi gasto para a produção de celulose e o que foi devolvido por meio de processos de recuperação da água. Considerando-se a média utilizada pela Suzano, pode-se estimar que a quantidade de água gasta na produção de um rolo de papel higiênico (365 g) seja de 9,7 litros. Dado o consumo *per capita* de papel higiênico em 2021 (5,34 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), a quantidade de água gasta por habitante no ano seria de 141,4 litros. Escalando para o país, com a população de cerca de 203 milhões de habitantes (IBGE, 2022), o consumo de água relacionado ao papel higiênico seria de 28,7 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ao ano no Brasil.

#### 4. DESTINAÇÃO DO PAPEL HIGIÊNICO

Após o uso do papel higiênico, este pode ter dois destinos: o vaso sanitário ou as lixeiras. De forma resumida, quando ele é lançado no vaso sanitário pode gerar entupimentos dependendo da quantidade e de suas características, ou, se apresentar característica de desintegração, pode ser encaminhado até a estação de tratamento de esgoto — ETE (se existir) por meio do sistema de coleta de esgoto. A outra rota possível é o descarte do papel higiênico na lixeira. Nesse caso, o papel higiênico é condicionado em sacolas plásticas, que precisa ser transportada por meio de diferentes intermediários, como o próprio usuário, funcionários do prédio ou estabelecimentos comerciais e, por fim, pelos responsáveis pela coleta e transporte para a destinação final, idealmente um aterro sanitário.

##### 4.1. Preferência do usuário no descarte do papel higiênico

A escolha da destinação adequada para o papel higiênico descartado ainda é muito heterogênea no cenário

global. A maior parte da Europa e América do Norte faz o descarte usualmente no vaso sanitário. Países em desenvolvimento no Sudeste Asiático, alguns países sul-americanos e africanos tendem ao descarte no cesto de lixo. No Brasil, em 2012, foi realizado um estudo de caso por Franco (2012) sobre a composição gravimétrica dos resíduos na região do sul de Minas, onde o papel higiênico foi agrupado em “resíduos de banheiro”. Em cada residência onde foram coletadas amostras dos resíduos para análise da composição gravimétrica, foi perguntado se o papel higiênico era descartado na lixeira ou no vaso sanitário. A pesquisa, que considerou para sua amostra a representatividade econômica das classes A, B e C, obteve que 89% das pessoas descartavam o papel higiênico nas lixeiras e 11% no vaso sanitário. O estudo agrupou, ainda, os resultados em função do porte populacional das cidades: i) até 5 mil habitantes; ii) com 100 mil habitantes. A conclusão foi que não havia diferenças significativas com relação ao percentual da composição gravimétrica dos resíduos de banheiro em função do porte populacional das cidades. Foi observado, também, que as pessoas da classe A descartavam significativamente mais papel higiênico no vaso sanitário do que as pessoas das classes B e C, sendo estes percentuais iguais a aproximadamente 35, 25 e 5%, respectivamente. Tais resultados sugerem que o descarte do papel higiênico seja mais direcionado às lixeiras quanto menor for a renda do indivíduo, o que pode ser explicado pelo fato de as pessoas de baixa renda contarem com instalações sanitárias em condições não ideais, o que acarreta uma inibição do descarte no vaso sanitário.

Em pesquisa realizada na região metropolitana de Belo Horizonte, Brochado (2018) confirmou o que foi reportado por Franco (2012). Dos 163 entrevistados, 70,7% afirmaram descartar o papel higiênico exclusivamente nos cestos de lixo. Ainda havia uma pequena parcela que descartava tanto no vaso sanitário quanto na lixeira. Na pesquisa também foi confirmada a maior incidência de descarte no vaso sanitário à medida que a renda familiar aumentava. Isso pode ser explicado possivelmente pela melhor infraestrutura sanitária das pessoas de maior renda, além do provável maior contato com a cultura de países desenvolvidos,

já que o custo para a visitação deles é elevado e muitas vezes inviável para pessoas de menor renda.

A discussão sobre o descarte adequado do papel higiênico não se limita apenas a aspectos culturais ou conforme a renda familiar e o PIB da região. Atualmente existem outros fatores que ganham peso na seleção de qual destinação é a mais adequada. Em estudo realizado na China, foi reportado que 80% dos chineses de determinada região optam pelo descarte no cesto de lixo (SUN e HAN, 2021). Todavia, o ano de 2020 foi marcado pela instauração da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2, que foi responsável por levantar muitas discussões a respeito da infecciosidade viral e sobre o controle da proliferação dos vírus em geral. As medidas de segurança tomadas na China fizeram com que muitos locais públicos retirassem as lixeiras que antes estavam disponíveis nos banheiros para evitar uma possível transmissão viral pelas fezes e urinas contidas no papel higiênico descartado (SUN e HAN, 2021). Vale ressaltar, no entanto, que ainda são necessárias maiores investigações para concluir se há transmissão viral do SARS-CoV-2 pelas fezes e urina. De toda forma, este fato fez com que as pessoas mudassem gradativamente seus hábitos, aumentando o descarte nos vasos sanitário no lugar dos cestos de lixo. Os impactos dessa mudança de hábito nas redes coletoras e sistemas de tratamento de esgotos na China ainda não foram mensurados e estão sendo alvo de estudo no país. Em contrapartida, uma das medidas adotadas pelo governo chinês foi o fornecimento de papel higiênico com alta capacidade de desintegração como medida de evitar problemas operacionais das redes coletoras.

## 4.2. Sistema de esgotamento sanitário

Este tópico irá avaliar os impactos referentes ao descarte do papel higiênico no vaso sanitário e as implicações relacionadas ao sistema de esgotamento sanitário na rede coletora e no tratamento do esgoto.

### 4.2.1. Avaliação das redes coletoras de esgoto e ramais prediais em localidades diversas

Um dos problemas mais recorrentes no sistema de esgotamento sanitário são os entupimentos, sejam na rede

coletora, nos ramais prediais, sejam nas caixas de passagem ou no próprio vaso sanitário. Apresentado esse problema, algumas possíveis causas podem ser levantadas como responsáveis ou parcialmente responsáveis para a ocorrência de entupimentos, a exemplo das características da rede coletora de esgoto.

Para evitar obstruções e entupimentos, as redes coletoras de esgoto devem atender a certos parâmetros, sobretudo o diâmetro da tubulação e a velocidade mínima do líquido (que depende da rugosidade, da declividade das tubulações e da vazão mínima). No Brasil, o critério de velocidade mínima foi substituído pelo de tensão trativa em 1986, ou seja, a tensão tangencial exercida pelo líquido sobre as paredes do conduto.

Apesar da Norma Brasileira (NBR) 9.649/1986, que define os critérios na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, considerar 100 mm como diâmetro mínimo, o valor usualmente adotado nas redes coletoras de esgoto no Brasil é de 150 mm, salvo em sistemas condominiais de esgotamento sanitário, em que usualmente se adotam 100 mm. Já no caso das velocidades mínimas, a NBR 9.649/1986 não apresenta um valor de referência, mas este pode ser calculado com base na tensão trativa mínima requerida na rede coletora de esgoto para 1 Pascal<sup>1</sup> (considerando-se o PVC como material da tubulação). Para fins comparativos, na **Tabela 1** são indicados, para diferentes países, os diâmetros e a velocidade mínima para as redes coletoras de sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, nos quais as águas pluviais e o esgoto são conduzidos por tubulações independentes. No entanto, é importante pontuar que essa não é realidade dos sistemas de esgotamento sanitário da maioria das cidades brasileiras; embora seus sistemas sejam projetados como separadores absolutos, na prática são identificadas interligações do sistema de drenagem de água pluvial no sistema de esgotamento sanitário e o contrário também.

No Brasil, embora o diâmetro mínimo (150 mm) usualmente adotado para a rede coletora de esgoto seja semelhante ao de países desenvolvidos, em localidades na Inglaterra e Austrália, a velocidade de escoamento

<sup>1</sup>Vale ressaltar que não existem estudos no Brasil que comprovem a ocorrência de uma vazão mínima de 1,5 L.s<sup>-1</sup>, vazão esta utilizada para determinar a tensão trativa mínima de 1 Pa.

**Tabela 1** - Diâmetro e velocidade mínima na rede coletora de esgoto em diferentes localidades.

Localidade	Diâmetro mínimo na rede coletora de esgoto* (mm)	Diâmetro mínimo do ramal predial (mm)	Velocidade mínima (m.s <sup>-1</sup> )	Referência
Brantford (CAN)	250	100	0,60	CCB (2024)
EUA	200	-	0,60	EPA (2002)
País de Gales	150	-	0,75	PAÍS DE GALES (2019)
Querétaro (MÉX)	300	150	0,30	CEA (2013)
Singapura	200	-	0,90	PUB (2019)
Gold Coast (AUS)	150	-	0,60	GCC (2013)
<b>Brasil</b>	<b>100 (150)</b>	<b>100</b>	<b>0,41<sup>1</sup></b>	<b>ABNT (1986)</b>

\*Pode haver variação da velocidade e diâmetro mínimos dependendo do número de residências atendidas pela rede coletora de esgotos. Velocidade calculada considerando-se a tensão trativa mínima de 1 Pa requerida para a rede coletora de esgoto.

nas redes coletoras nacionais é inferior às demais, o que pode contribuir para a deposição de sólidos nas tubulações, causando entupimentos. Entretanto, valores muito elevados de velocidade também não são desejados, uma vez que podem acarretar ressalto hidráulico na rede coletora de esgoto, podendo ocasionar vazamentos e aumento da manutenção necessária. Vale ressaltar que o diâmetro nos ramais prediais e as velocidades mínimas podem não respeitar os critérios da NBR 9.649/1986, especialmente em construções mais antigas<sup>2</sup>, cuja rugosidade pode afetar o fluxo do esgoto nas tubulações, sendo essa não conformidade determinante para aumentar a ocorrência de entupimentos. Outras características das instalações sanitárias, como a baixa vazão das descargas, também são fatores que podem determinar a ocorrência de entupimentos. Tubulações antigas em ferro fundido tendem a entupir mais facilmente em razão de sua maior rugosidade (EPA, 2002).

Além das características do sistema de esgotamento sanitário, outro aspecto que pode ser determinante para a ocorrência de entupimentos é a característica do material descartado no sistema de esgotamento sanitário, sendo de grande relevância, portanto, que sejam estabelecidos critérios para que o material não cause problemas para o sistema.

#### 4.2.2. Critérios para o descarte de materiais nos sistemas de esgotamento sanitário

Desde 2003, países desenvolvidos elaboram protocolos para padronizar quais produtos podem ser descartados nos

sistemas de esgotamento sanitário sem que estes sejam prejudicados, já que eles têm problemas de entupimento principalmente com lenços umedecidos. Apesar de não existir uma legislação específica para o papel higiênico em termos de padrão para lançamento na rede de esgoto, existe um padrão para o lançamento de materiais no geral. De acordo com a *Europe International Water Industry*, os itens que podem ser descartados na rede coletora de esgoto são os três “P”: *pee, poo and toilet paper*” (urina, fezes e papel higiênico). O restante dos produtos, até que se tenha um padrão acordado internacionalmente, deve ser rotulado como “*do not flush*”, ou seja, “não dê descarga”. A declaração foi assinada por 250 organizações mundiais relacionadas à água.

O *International Water Service Flushability Group* (IWSFG) é uma organização que tem associada a ela governos, empresas e universidades de diversos países do mundo, entre eles Austrália, Japão, Espanha, Canadá, Nova Zelândia, EUA, Inglaterra, Canadá e Turquia. Em 2018 foi publicada uma série de critérios que estabelecem se um material pode ser destinado ao sistema de esgotamento sanitário (IWSFG, 2018). Em novembro de 2020, houve a atualização de alguns critérios, que os tornaram um pouco menos rigorosos. Alguns lugares já incorporaram esses critérios para a sua legislação local; é o caso dos estados de Washington e Califórnia nos EUA, que exigem que os lenços umedecidos sejam rotulados como aptos para serem descartados no vaso sanitário se atenderem aos critérios da *Association of the Nonwoven Fabrics Industry* — INDA/*European Disposables and Nonwovens*

<sup>2</sup>Antes de 1986, a tensão trativa não era o critério adotado no Brasil, mas sim a velocidade mínima cujo valor era de 0,6 m.s<sup>-1</sup>.

*Association* — EDANA (USA, 2021; 2022). No Japão, foram incorporados os critérios estabelecidos em 2018, que são um pouco mais rigorosos em alguns tópicos. Já no Brasil (2017; 2019), nenhum dos critérios é adotado, embora dois Projetos de Lei (PL 8609/2017 e PL 5349/2019) sobre a obrigatoriedade de papel higiênico hidrossolúvel (termo inadequado) tenham sido encaminhados para apreciação da câmara dos deputados, mas ainda não foram apreciados. Os critérios estabelecidos pelo IWSFG (2020) são:

#### *Critério 1 — Segurança ambiental na composição do material*

Os produtos devem ser testados conforme o teste T401 das agências *Technical Association of the Pulp and Paper Industry* (TAPPI) e *American National Standards Institute* (ANSI), o qual analisa a composição das fibras do papel. Para ser aceitável, o relatório deve apontar, se a fibra identificada for sintética, quais seus componentes principais; e, se houver substâncias plásticas (polietileno, poliamida, poliéster e polipropeno, entre outros), sua porcentagem não deve ultrapassar 1% do peso da fibra sintética. Além disso, nenhum produto deve ter intencionalmente fibras plásticas como ingrediente.

#### *Critério 2 — Desentupimento do vaso sanitário e da rede coletora*

O teste deve ser feito segundo o INDA/EDANA 2018, FG 501.R1: *Toilet and Drainline Clearance Test*, das agências INDA e EDANA. Para ser aceito, o produto não deve demandar desentupidores ou excesso de água para passar pelo vaso sanitário, nem permanecer no mesmo ponto da rede coletora de esgoto após cinco descargas consecutivas.

#### *Critério 3 — Desintegração*

O teste para este critério está especificado em *IWSFG 20020: PAS 3 (Disintegration Test Method — Slosh Box)*. Para ser aceito, se o produto permanecer retido na peneira de 25 mm após 1 min de lavagem com água corrente, o percentual da massa seca que passa pela peneira deve ser superior a 80%.

#### *Critério 4 — Sedimentação*

Os produtos devem ser testados de acordo com o *Settling Test* (FG504/2013) da INDA/EDANA. Para atender a esse critério, o resultado deve ser:

- Pelo menos 90% do material deve sedimentar à velocidade mínima de 1 mm.seg<sup>-1</sup>, ao longo de 1.150 mm (ou seja, devem se assentar na faixa de 1.150 mm dentro de 20 min).
- Nos testes bem-sucedidos, o material ou parte desintegrada dele não podem se tornar suficientemente flutuantes a ponto de subirem em mais de 300 mm da parte inferior da coluna em um período de 24 horas.
- Pelo menos 90% de todo o material testado deve atender aos dois critérios anteriores.

#### *Critério 5 — Biodesintegração*

Esse teste baseia-se nas recomendações do *Anaerobic Biodisintegration Test* da INDA/EDANA 2018 (FG 506.R1). Para ser aceito, caso haja material retido na peneira de 1 mm após 2 min de lavagem, o percentual da massa seca inicial que passa pela peneira deve ser maior que 95%.

#### *4.2.3. Avaliação da desintegração do papel higiênico brasileiro e de países diversos*

O entupimento dos vasos sanitários e da rede coletora de esgoto por causa do papel higiênico no Brasil é um problema bastante apontado e que pode estar relacionado a diversos fatores. Segundo o Comitê Brasileiro de Celulose e Papel (ABNT, 2017b), o papel higiênico deve apresentar características de desintegração (desagregação) em contato com a água. Tal fato acontece quando a afinidade química entre fibra e água é maior do que entre fibra e fibra. O conceito de desintegração é muitas vezes confundido com os de biodegradabilidade e hidrossolubilidade. Todos os papéis *tissue* são biodegradáveis, embora no tratamento de esgotos normalmente não haja tempo suficiente para que essa degradação ocorra, exceto em condições específicas, conforme apontado por Chen *et al.* (2017). Os papéis *tissue*, no entanto, não são hidrossolúveis, uma vez que as fibras lignocelulósicas contidas neles não são solúveis em água, ou seja, não estabelecem uma solução homogênea com uma fase apenas.

É importante ressaltar que o papel higiênico não deve ter aditivos como agente de resistência a úmidos, que enfraquece a sua desagregação. A cura acelerada com calor é usualmente utilizada para conferir a máxima resistência

a úmido que um papel sanitário (principalmente o papel-toalha) pode atingir (ABNT, 2017a).

Em pesquisa realizada na Turquia por Eren e Karadagli (2012), foi apontado que a desintegração do papel higiênico acontece facilmente onde a turbulência é relativamente grande (Re: 52.900), sendo tanto maior quanto maior o diâmetro e a declividade na rede coletora, mas é limitada quando em baixas turbulências. Além de evitar entupimentos, o estudo demonstra que, ao se desintegrar, o papel higiênico propicia a absorção de óleos e gorduras presentes no esgoto bruto pelos fragmentos das fibras de celulose, o que pode ocasionar a diminuição da sua deposição na rede coletora de esgoto. Nesse sentido, é desejado que haja uma desintegração inicial para evitar entupimentos no vaso sanitário que afetam mais diretamente o usuário. Para isso, a vazão das descargas é outro fator a ser considerado para a desintegração, uma vez que é necessária uma turbulência suficiente para que as quebras das fibras do papel higiênico ocorram. A vazão mínima recomendada pela ABNT (1986) referente ao cálculo da tensão trativa nos sistemas de esgotamento sanitário é de  $1,5 \text{ L.s}^{-1}$ , enquanto, em vasos sanitários com caixa acoplada, usualmente têm-se 6 L de água que são liberados quando a caixa é acionada. Uma estimativa simplificada da turbulência nas duas situações pode ser feita considerando-se um diâmetro de 100 mm, viscosidade igual à da água e vazões de  $1,5 \text{ L.s}^{-1}$  e  $6,0 \text{ L.s}^{-1}$ . Nesse caso o número de Reynolds (Re) iria variar

de 19.100 a 76.400, podendo ou não ficar dentro da faixa recomendada por Eren e Karadagli (2012). Vale ressaltar que a turbulência real é provavelmente superior, já que o bocal inicial no vaso sanitário possui diâmetro superior aos 100 mm, e a viscosidade do líquido considerando as excretas é também superior à da água.

Se não for completamente desintegrado durante a descarga inicial do vaso sanitário, o papel higiênico descartado pode ser submetido à desintegração física na rede coletora de esgoto (KARADAGLI, MCAVOY e RITTMANN, 2009). No entanto, essa desintegração ocorrerá a depender das características do papel higiênico, cuja capacidade de desintegração é variável no mundo.

Com o propósito de investigar a capacidade de desintegração dos papéis higiênicos nacionais, Brochado (2018) realizou testes com 11 marcas de papel higiênico do Brasil, Colômbia, França e Espanha, cujas características são apresentadas na **Tabela 2**.

Cada picote de papel higiênico foi inicialmente pesado e posteriormente submetido a um ensaio em triplicata de *jar test* (adaptado de Karadagli, 2015), que consiste, basicamente, em submeter os picotes a condições de elevada turbulência (rotação de 200 rpm, dimensões de 23 cm × 36 cm × 65 cm e 1,5 litro de água) durante 30 segundos. Em seguida, os fragmentos foram transferidos para uma peneira de 7 mm de abertura e lavados com 2 litros de água. A massa retida na peneira foi seca em estufa por

**Tabela 2.** Características físicas dos papéis higiênicos testados.

Marca	País	Gramatura 1 picote (g/m <sup>2</sup> )	Largura e comprimento 1 picote (cm)	Nº de folhas por picote	Percentual de desintegração (%)
A	Brasil	44,2	11,6 × 10,1	3	0
B	Brasil	29,4	11,6 × 10,2	2	11
C	Brasil	43,4	11,6 × 10,2	3	7
D	Brasil	28,1	11,4 × 10,2	2	17
E	Brasil	29,3	11,6 × 10,2	2	2
F	Brasil	34,1	11,6 × 10,2	2	2
G	Brasil	18,9	11,4 × 10,3**	1	32
H	Colômbia	44,4	11,4 × 9,1*	3	54
I	Colômbia	44,2	11,0 × 9,2*	3	36
J	Espanha	34,9	12,5 × 9,4	2	57
K	França	35,1	12,4 × 9,5	2	61

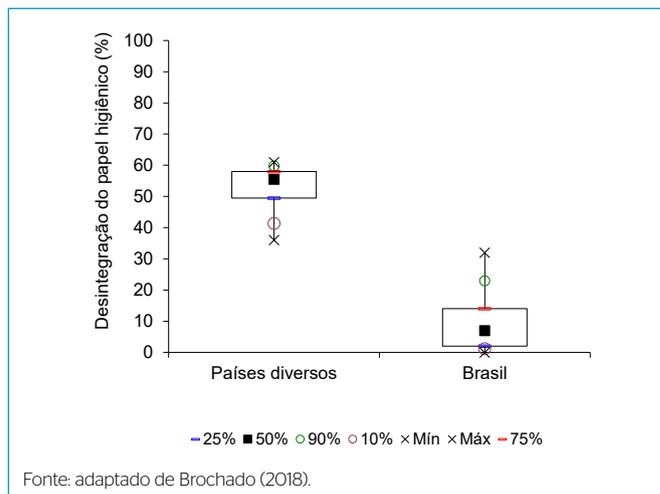
\*Foi cortado um picote com 1 cm a mais de comprimento para aproximar as áreas dos papéis. \*\*Como o papel higiênico popular não possui "picote", foi feito um recorte do papel considerando-se a média das dimensões dos papéis brasileiros.

1 hora a 105°C e então pesada. O percentual de desintegração foi obtido subtraindo-se a massa inicial da massa retida na peneira, sendo os resultados apresentados na **Tabela 2** e **Figura 2**.

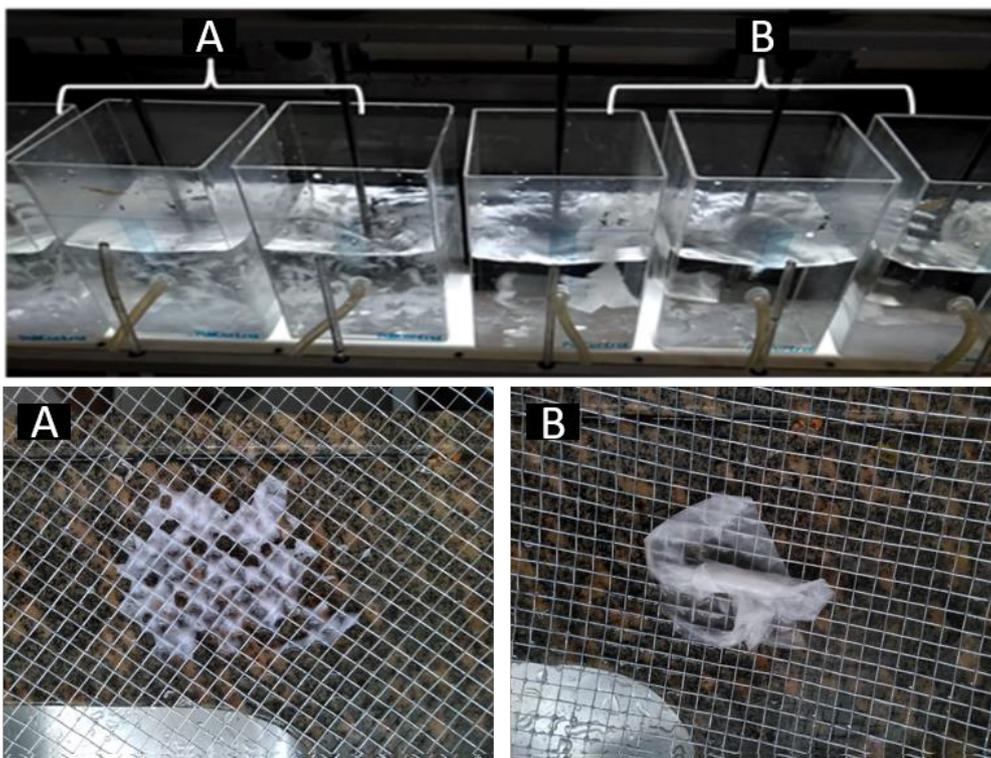
Os testes sugerem que o papéis higiênicos brasileiros analisados não se desintegram em condições de elevada turbulência. Enquanto as marcas nacionais tiveram a maior parte da sua massa retida na peneira (desintegração média de 10%), as estrangeiras apresentaram, em média, 52,0% de desintegração. A diferença é notável quando se compara um papel higiênico considerado de alta qualidade no Brasil (B) com um estrangeiro (A), como mostrado na **Figura 3**. É possível observar que o papel higiênico A se apresenta em um estágio mais avançado de desintegração do que o papel higiênico B. Essa diferença entre os papéis higiênicos estrangeiros e brasileiros pode ser atribuída a processos distintos na produção da fibra de celulose.

As evidências de que os papéis higiênicos nacionais possivelmente são mais resistentes à desintegração levam a questionamentos sobre sua adequabilidade para

descarte em vaso sanitário. Dessa forma, a implementação, por parte dos fabricantes, de um protocolo que assegure essa capacidade, como apresentado anteriormente, poderia auxiliar na compreensão das consequências de



**Figura 2** - Percentual de papel higiênico desintegrado passando na peneira de 7 mm considerando-se quatro amostras de países diversos (Espanha, França e dois da Colômbia) e sete para papéis higiênicos comercializados no Brasil.



Fonte: adaptado de Brochado (2018).

**Figura 3** - Imagens do papel higiênico da Espanha (A) e do Brasil (B) antes e após o teste de desintegração em jar test, realizado em triplicata.

seu descarte na rede coletora de esgoto. Tal diferença não acontece somente com os papéis do Brasil. Sun e Han (2021) reportaram que o descarte do papel higiênico em cestos de lixo na China é comum, mas que foi mudando durante a pandemia pelo potencial risco de contaminação. Cinco das seis marcas de papel higiênico mais vendidas da China não apresentaram característica de desintegração, e 82% do papel higiênico vendido no país não indicava se o produto poderia ser descartado no vaso sanitário, enquanto 77% dos papéis higiênicos nos EUA continham essa informação.

Joksimovic (2020) realizou um teste de desintegração seguindo os critérios da IWSFG (2018) com 101 produtos rotulados como adequados e inadequados para o descarte no sistema de esgotamento sanitário — entre eles papel higiênico, lenços umedecidos, papel-toalha e fraldas. Os produtos foram manufaturados em diferentes países. Apenas 23 produtos foram rotulados como adequados para o descarte no vaso sanitário. Todos os papéis higiênicos testados (11) foram completamente desintegrados e eram rotulados como adequados para o descarte no vaso sanitário. Nenhum dos demais produtos conseguiu a desintegração completa, mesmo alguns que haviam sido rotulados como adequados para descarte no vaso sanitário (como foi o caso dos lenços umedecidos). O estudo é um indicativo da importância da utilização de critérios adequados para determinar se um produto pode ser disposto no sistema de esgotamento sanitário, e também revela que o papel higiênico, em diversos lugares do mundo, se desintegra com facilidade. Além disso, reforça que os órgãos competentes devem aumentar o rigor de fiscalização para aferir se os produtores realmente estão cumprindo com os critérios estabelecidos para a rotulagem de produtos passíveis de descarte no vaso sanitário.

#### 4.2.4. Impactos no tratamento do esgoto e potenciais de recuperação

Considerando-se que o papel higiênico apresenta características de desintegração, ele deve chegar idealmente à ETE sem maiores problemas. A celulose, em

função da etapa limitante da hidrólise, não é rapidamente degradada em um sistema comum de tratamento de esgoto, de forma que parte das fibras de papel higiênico será removida do sistema junto com o lodo de esgoto. O lodo, por sua vez, no Brasil, é usualmente encaminhado para aterro sanitário, mas a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente — Conama 498, de 19 de agosto de 2020, estabelece critérios para que ele seja disposto em solo para fins agrossilvopastoris. Apesar disso, a degradação da celulose pode acontecer nas ETE. Chen *et al.* (2017) e Li, Wi e Liu (2019) reportaram a digestão completa da celulose em reatores anaeróbios com membrana em tempos de residência de sólidos específicos. Os resultados indicaram eficiência de conversão de demanda química de oxigênio (DQO) de até 92,6%, resultando em um biogás com alto conteúdo de  $\text{CH}_4$ . Liu *et al.* (2022) relataram a degradação da celulose reportada em diversos estudos em condições aeróbicas, anóxicas e anaeróbicas. Em sistemas de lodos ativados, Li, Wi e Liu (2019) mostraram que cerca de 30% da celulose pode ser degradada em condições típicas de tempo de retenção de sólidos de 15–20 dias.

As fibras de celulose presentes no lodo de esgoto são passíveis de serem separadas. Segundo Ruiken *et al.* (2013), a utilização de peneiras de malha fina (menor que 0,35 mm) na etapa de pré-tratamento do esgoto possibilitou a retenção das fibras de celulose, resultando em considerável redução nos custos do tratamento. A recuperação da celulose propiciou diminuição de até 20% dos custos com a aeração e redução de 10% na geração de lodo. Evidentemente, essa economia vai depender da composição do esgoto em relação ao teor de celulose. Um estudo em escala piloto realizado na Holanda mostrou que cerca de 40% dos sólidos suspensos do esgoto doméstico correspondem à celulose proveniente do papel higiênico, o que equivaleria a aproximadamente 25 a 30% da DQO nesse efluente (RUIKEN *et al.*, 2013). Anteriormente, Honda, Miyata e Iwahori (2002) reportaram cerca de 20% de celulose dos sólidos suspensos presentes no lodo primário, cerca de 40 mil toneladas de celulose por ano no lodo

primário no Japão. Ainda na Holanda, foi inaugurada, em 2017, a primeira planta de recuperação de celulose de águas residuárias no mundo, a qual recupera cerca de 400 kg de celulose por dia do esgoto doméstico<sup>3</sup>. A celulose foi então incorporada ao processo produtivo da construção de ciclovias e exportada para a Inglaterra, onde é usada como matéria-prima para biocompostos.

No Brasil, provavelmente o teor de celulose é inferior ao do esgoto desses países, considerando-se a tendência brasileira de descarte nos cestos de lixo e a ausência de desintegração em grande parte dos papéis higiênicos. A temperatura mais elevada do Brasil também deve favorecer a degradação da celulose, conforme apontado por Liu *et al.* (2022) comparando diversos estudos relativos à degradação da celulose no tratamento de esgoto.

A celulose possui aplicações em diversas atividades, como na indústria têxtil e na construção civil. Os produtos decorrentes da recuperação da celulose são diversos. Liu *et al.* (2022) citam alguns: floculante à base de celulose (reduz o consumo de polímero comerciais), desidratação assistida com celulose (melhora a eficiência de desidratação do lodo), aplicação em argamassa (melhora a leveza, a microestrutura e a capacidade de absorção de umidade), celulose nanocristais (produto de alto valor adicionado utilizado em aplicações como compósitos e biomedicamentos). Assim, seu beneficiamento com base no papel higiênico usado poderia ser vantajoso tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, em sintonia com o paradigma da economia circular. Nessa perspectiva, busca-se promover a reinserção de resíduos na cadeia produtiva sempre que possível.

Com base no exposto, é possível concluir que o papel higiênico descartado no vaso sanitário oferece possibilidades potencialmente atrativas considerando-se a possibilidade de reinserção da celulose na cadeia produtiva e a potencial geração de energia pelo incremento da produção de biogás. Por outro lado, parte dessas vantagens está associada a um esgoto já caracterizado pela presença de celulose, onde o descarte de papel higiênico é feito majoritariamente no vaso sanitário. Ademais, o déficit relacionado ao esgotamento sanitário no país

ainda é muito grande, de forma que grande parte dos municípios brasileiros nem sequer tem ETE.

### 4.3. Gestão e manejo dos resíduos sólidos

Este tópico irá avaliar os impactos referentes ao descarte do papel higiênico no cesto de lixo e as implicações relacionadas ao sistema de coleta e destinação dos resíduos sólidos.

#### 4.3.1. Acondicionamento, coleta e composição dos resíduos sólidos

Quando descartado nos cestos de lixo, o papel higiênico é usualmente acondicionado em sacolas plásticas, que são transportadas pelos usuários para outro ponto de armazenamento intermediário. Na maior parte do país ocorre a coleta domiciliar dos resíduos sólidos. Normalmente é utilizado um caminhão, tratores ou carroças para o transporte dos resíduos domiciliares até a destinação final. Associado a esse transporte está o consumo de combustível e a emissão de poluentes atmosféricos, a depender do transporte utilizado.

A maior parte do resíduo sólido gerado no Brasil é composta de resíduos orgânicos. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) 45,3% dos resíduos brasileiros são orgânicos e 16,8% são compostos de plásticos. Para a avaliação do risco potencial para o usuário e os coletores dos resíduos, é relevante que se tenha um panorama dos resíduos potencialmente infectantes, especialmente os domiciliares e os presentes em locais públicos. Cussiol, Rocha e Lange (2006) realizou testes da composição gravimétrica dos resíduos na zona sul de Belo Horizonte. Do resíduo domiciliar,  $5,47 \pm 1,11\%$  era potencialmente infectante e não perfurocortante. Já os perfurocortantes, que também são potencialmente infectantes, representam  $0,02 \pm 0,02\%$  do total. A composição gravimétrica desse estudo mostrou que  $3,00 \pm 0,90\%$  dos resíduos domiciliares são compostos de papel higiênico ou papel-toalha, o que representa, em média, 54,84% dos resíduos potencialmente infectantes. Isso demonstra que os papéis sanitários,

<sup>3</sup>Mais informações sobre o empreendimento, desenvolvido pela empresa CirTec, estão disponíveis no endereço <https://www.cirtec.nl/case-studies/cellulose-recovery/>. Acesso em: 17 out. 2024.

especialmente o higiênico, representa a maior parcela como resíduo potencialmente infectante nos domicílios. Vale ressaltar que, nesse estudo, o resíduo domiciliar foi coletado na zona sul de Belo Horizonte, onde se concentram os moradores de maior poder aquisitivo na cidade. Amostras mais representativas da realidade da cidade provavelmente resultariam em um percentual de papel higiênico mais elevado, já que a maior parte da população de Belo Horizonte é de baixa renda e as classes econômicas mais baixas mostraram ter maior tendência para o descarte do papel higiênico nas lixeiras, conforme estudo apontado por Brochado (2018).

Apesar de a exposição a um resíduo potencialmente infectante ocorrer nas residências onde este é descartado no cesto de lixo, o risco de transmissão de doenças advindas da contaminação ambiental é uma possibilidade bastante remota na maioria dos casos, desde que sejam tomadas precauções básicas e que a disposição final seja feita em aterros sanitários (Cussioli, Rocha e Lange, 2006). A grande preocupação, no entanto, dá-se pelo fato de que nem sempre são tomadas precauções básicas no transporte dos resíduos sólidos, e grande parte destes ainda é disposta em lixões ou aterros controlados, que são destinações inadequadas. Ademais, em locais de grande circulação de pessoas que utilizam banheiros públicos, o risco torna-se ainda maior. Sun e Han (2021) já relataram a remoção de cestos de lixos nos banheiros públicos durante a pandemia de COVID-19, forçando as pessoas a descartarem o papel higiênico no vaso sanitário, de forma que o risco de contaminação fosse reduzido.

Outro aspecto relevante no que se refere ao acondicionamento do papel higiênico nos cestos de lixo é a geração de odor aos banheiros do usuário. Nesse sentido, esse é um aspecto de aceitação social relevante. Brochado (2018) reportou que parte das pessoas que faziam o descarte do papel higiênico no vaso sanitário o faziam por ser mais higiênico ou para evitar mau cheiro.

#### 4.3.2. Destinação dos resíduos sólidos

Após a coleta dos resíduos, estes podem ser encaminhados para serem reutilizados, reciclados, tratados ou

encaminhados para disposição final em aterro sanitário. De acordo com o European Tissue Symposium (ETS, s.d.), os papéis sanitários podem ser encaminhados sem problemas para aterros sanitários, incineradores e compostagem, sendo este último beneficiado pelo melhor equilíbrio entre C/N propiciado pelo papel, além de o maior volume facilitar a entrada de oxigênio no sistema, o que melhora sua eficiência. Além disso, esses papéis são facilmente degradados sob condições anaeróbicas nos aterros sanitários, o que propicia também um aumento na produção de biogás para aproveitamento energético nos aterros.

Em reunião realizada com integrantes da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), foi discutido o impacto que o papel higiênico poderia trazer a um aterro sanitário. Em termos operacionais, não foi detectado nenhum problema. Todavia, a reciclagem e reutilização do papel higiênico seria inviável de ser implementada. Do ponto de vista de impacto na vida útil do aterro sanitário, seria um valor irrisório. Segundo o SNIS (2023b), a média *per capita* de resíduos sólidos gerados é de  $0,98 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  ou  $357,7 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . A média de consumo *per capita* de papel higiênico, segundo a Suzano (2023a), é de  $5,34 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , o que representa 1,5% do total de resíduos gerado em massa por habitante. Após o uso do papel higiênico, entretanto, haverá um ligeiro aumento de sua massa pela absorção dos restos das excretas, de forma que esse percentual real deve ser também superior ao calculado. Cussioli, Rocha e Lange, 2006 (2016) obtiveram percentual de cerca de 3% formado por papel-toalha ou papel higiênico descartados (já usados), o que se mostra compatível com o estimado pelas médias *per capita* do Brasil. Para uma avaliação mais justa relativa à vida útil do aterro sanitário, ainda seria necessário fazer uma comparação em termos de volume e considerar o grau de compactação dos diferentes rejeitos dispostos no aterro sanitário. Por outro lado, muitos municípios não fazem a destinação final adequada dos rejeitos (são encaminhados para lixões ou aterros

controlados) e aqueles que o fazem em aterros sanitários não necessariamente fazem sua compactação.

## 5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO DESCARTE DO PAPEL HIGIÊNICO NO VASO SANITÁRIO OU NO CESTO DE LIXO

De maneira geral, os prós e contras do descarte do papel higiênico no vaso sanitário ou no cesto de lixo podem ser resumidos na **Tabela 3**.

As vantagens decorrentes do descarte do papel higiênico no vaso sanitário, quando comparada ao descarte no cesto de lixo, é dependente da característica do papel higiênico, que deve possuir capacidade de se desintegrar em contato com a água. De forma geral, os impactos na gestão do sistema de esgotamento sanitário são mais relevantes quando comparados à gestão dos resíduos sólidos (impactos positivos ou negativos). Isso fica claro quando se considera que, na Holanda, 40% dos sólidos suspensos eram provenientes do papel higiênico dos esgotos, enquanto se estima que pouco mais que 1,5% em massa corresponde à fração de papel higiênico nos aterros sanitários.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o contexto brasileiro de ainda muita precariedade em relação ao saneamento, tanto em relação ao esgotamento sanitário como aos resíduos sólidos, é necessário ainda que se avaliem os impactos causados pelo papel higiênico se descartado em cada um dos sistemas, considerando-se que a maioria dos lugares não oferece destinação adequada. No entanto, como o descarte do papel higiênico no vaso sanitário existe e o problema com entupimentos pode ser facilmente solucionado com a determinação de critérios técnicos já adotados em diversos países (como a exigência da capacidade de desintegração), é importante que exista uma mobilização para torná-lo adequado para as redes coletoras de esgoto, amenizando, dessa forma, a ocorrência de entupimentos e, conseqüentemente, gastos com manutenção que poderiam ser utilizados para fins mais construtivos para o saneamento. Uma regulamentação ou norma técnica que assegure a capacidade de desintegração do papel higiênico, combinada com uma rotulagem sistemática dos produtos adequados para descarte no vaso sanitário, são medidas que podem mitigar os problemas

**Tabela 3 - Vantagens e desvantagens do descarte do papel higiênico no vaso sanitário ou no cesto de lixo.**

Descarte no vaso sanitário	Descarte no cesto de lixo
<b>Vantagens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor exposição de um resíduo potencialmente contaminante aos moradores e coletores</li> <li>Transporte parcial por gravidade, sem custo energético a depender da localidade</li> <li>Possibilidade de recuperação da celulose, transformação do lodo com celulose em bio-sólido para aplicação agrossilvopastoril, potencial aumento na produção de energia nos sistemas com recuperação de biogás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não interfere no sistema operacional de gestão de resíduos sólidos</li> <li>Não está sujeito a entupimentos ou problemas onerosos àqueles que fazem o descarte do papel higiênico</li> <li>Potencial para incrementar a eficiência de compostagem e potencial para aumentar a geração de energia em aterros sanitários com recuperação do biogás</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser produzido de maneira a não se desintegrar na rede coletora de esgoto, contribuindo para entupimentos e maior necessidade de manutenção</li> <li>Possibilidade de entupimento no vaso sanitário caso as instalações sanitárias estejam inadequadas e o papel higiênico não tenha as características previstas para esse descarte</li> <li>Grande parte da população não tem acesso a esgoto tratado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maior exposição de um resíduo potencialmente infectante aos moradores e coletores e maior geração de odor aos banheiros</li> <li>Não há viabilidade de recuperação do papel higiênico</li> <li>Maior geração de plástico (sacola que acondiciona o papel higiênico)</li> <li>Grande parte dos resíduos domiciliares é disposta de forma inadequada em lixões e aterros controlados</li> </ul>

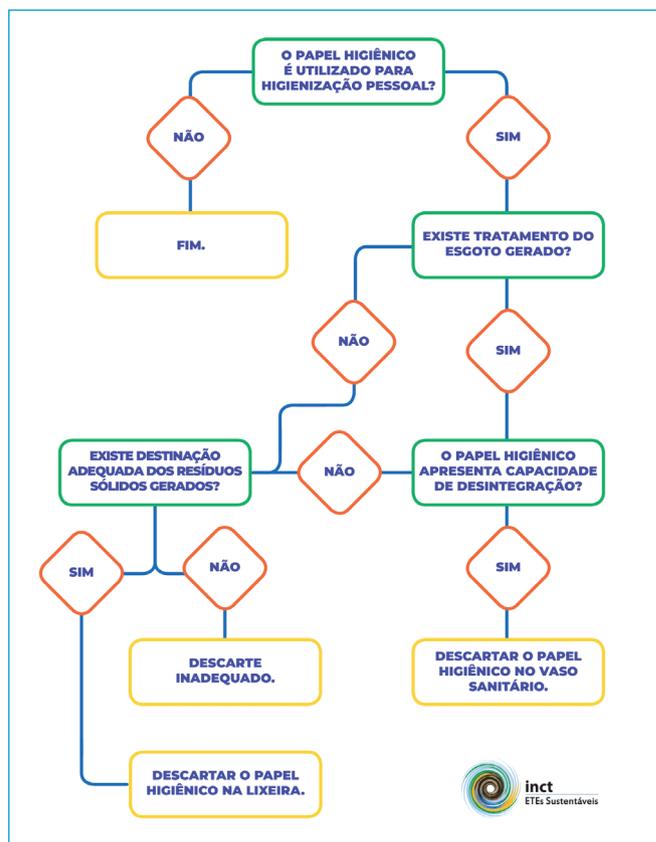
de entupimento nos sistemas de esgotamento sanitário no Brasil. Além disso, essas iniciativas podem se tornar um diferencial competitivo no mercado interno de papel higiênico do país. Em longo prazo, ainda é possível monitorar a quantidade de celulose presente no lodo de esgoto, a fim de avaliar o custo-benefício de seu reaproveitamento.

Posto isso, a **Figura 4** resume a recomendação desta nota técnica para o descarte de papel higiênico no Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais — FAPEMIG e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto — INCT ETEs Sustentáveis.

*Este trabalho faz parte da série de publicações do INCT ETEs Sustentáveis.*



**Figura 4** - Organograma para descarte do papel higiênico.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 9649:1986*: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. São Paulo: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15010*: papel para fins sanitários - Determinação da resistência à tração a úmido. São Paulo: ABNT, 2017a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). CB-029 - Comitê Brasileiro de Celulose e Papel. *Desagregação de papel tissue*. São Paulo: ABNT, 2017b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15134*: produto de papel para fins sanitários - Métodos de ensaio. São Paulo: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. [S.l.]: ABRELPE, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL (ABTCP). *Curso básico sobre fabricação de papel tissue*. Setembro

de 2014. Disponível em: [https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2014\\_Tissue\\_Fabricacao.pdf](https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2014_Tissue_Fabricacao.pdf). Acesso em: 04 jul. 2024.

BJÖRNSDOTTER, M.K.; BOER, J.; BALLESTEROS-GÓMEZ, A. Bisphenol A and replacements in thermal paper: a review. *Chemosphere*, v. 182, p. 691-706, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653517307725>. Acesso em: 20 jun. 2020.

BRASIL. Congresso Nacional. *Projeto de Lei nº 8609, de 2017*. Dispõe sobre a obrigatoriedade de estabelecimentos comerciais e alimentares, Shoppings centers e instituições públicas utilizarem papel higiênico hidrossolúvel. 2017. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1599062&filename=PL%208609/2017](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1599062&filename=PL%208609/2017). Acesso em: 15 mar. 2019.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Gabinete do Deputado Roberto Pessoa. *Projeto de Lei nº 5349, de 2019*. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de papel higiênico hidrossolúvel ou duchas higiênicas em banheiros de estabelecimentos comerciais e alimentares e prédios de instituições públicas. 2019. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarint](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarint)

egra?codteor=1815527&filename=PL%205349/2019. Acesso em: 5 jul. 2024.

BROCHADO, R.P.S. *Características do papel higiênico e suas implicações no sistema de esgotamento sanitário e na gestão de resíduos sólidos*. 2018. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

CCB. Sanitary Sewers: design and construction manual: linear municipal infrastructure. Brentford (Canadá): CCB, 2024. Disponível em: <https://www.brantford.ca/en/your-government/resources/Documents/CorporatePlansProjects/DesignConstruction/4-Linear-Sanitary.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

CEA. *Normas e Lineamientos Técnicos para las instalaciones de agua potable, agua tratada, Alcantarillado Sanitario y Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro*. Querétaro (México): CEA, 2013. Disponível em: <http://www.ceaqueretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/II-Alcantarillado-Sanitario-2013.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2018.

CHEN, R.; YULUN, N.; HIROYUKI, K.; JIANG, W.; TETSUYA, U.; JIANBO, L.; SHANGCHAO, Y.; HONGYU, J.; LU, Z.; YU-YOU, L. Methanogenic degradation of toilet-paper cellulose upon sewage treatment in an anaerobic membrane bioreactor at room temperature. *Bioresource Technology*, v. 228, p. 69-76, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.089>

COSTA, L.A.; BACHA, C.J.C. Análise da estrutura produtiva e do consumo de papéis *tissue* no Brasil. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v. 23, n. 48, 2017. <https://doi.org/10.5335/rtee.v23i48.7362>

CUSSIOL, N.; ROCHA, G.; LANGE, L. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da regional sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1183-1191, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2006000600007>

D'ALMEIDA, M.L.O. *Celulose e papel: tecnologia de fabricação de papel*. 2. ed. v. 2. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo de Nigris, Depto. Regional de São Paulo, IPT - Centro Técnico de Celulose e Papel, 1988.

EREN, B.; KARADAGLI, F. Physical disintegration of toilet papers in wastewater systems: experimental analysis and mathematical modeling. *Environmental Science and Technology*, v. 46, n. 5, 2870-2876, 2012. <https://doi.org/10.1021/es203589v>

EUROPEAN TISSUE SYMPOSIUM (ETS). *Integrated Waste Management*. s.d. Disponível em: [https://europeantissue.com/sustainability\\_old/environment/integrated-waste-management/](https://europeantissue.com/sustainability_old/environment/integrated-waste-management/). Acesso em: 07 jul. 2024.

FARINHA E SILVA, C.A.; BUENO, J.M.; NEVES, M.R. A indústria de celulose e papel no Brasil na primeira década do século XXI - algumas considerações sobre o que poderá ainda acontecer. Guia ABTCP - Fornecedores & Fabricantes - Celulose e Papel 2015/2016. S.l.: s.n., 2015.

FOELKEL, C. *As fibras dos eucaliptos e as qualidades requeridas na celulose Kraft para a fabricação de papel*. ABTCP. 2007. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PTO3\\_fibras.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PTO3_fibras.pdf). Acesso em: 26 out. 2018.

FRANCO, C.S. *Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e percepção dos hábitos de descarte no sul de Minas Gerais*. 2012. 157 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

GCC. *Policy 11: Land Development Guidelines, Section 5 - Sewerage Reticulation - Design Requirements*. 2013. Disponível em: [https://www.goldcoast.qld.gov.au/gcplanningscheme/policies/attachments/policies/policy11/section\\_5\\_sewerage\\_reticulation.pdf](https://www.goldcoast.qld.gov.au/gcplanningscheme/policies/attachments/policies/policy11/section_5_sewerage_reticulation.pdf). Acesso em: 15 fev. 2020.

HANYU, K.; KISHINO, H.; YAMASHITA, H.; HAYASHI, C. Linkage between recycling and consumption: a case of toilet paper in Japan. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 30, n. 3, p. 177-199, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00060-4](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00060-4)

HONDA, S.; MIYATA, N.; IWAHORI, K. Recovery of biomass cellulose from waste sewage sludge. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 4, p. 46-50, 2002. <https://doi.org/10.1007/s10163-001-0054-y>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo*. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 07 jul. 2024.

INTERNATIONAL WATER SERVICES FLUSHABILITY GROUP (IWSFG). *Publicly Available Specification (PAS) 1: 2018 criteria for recognition as a flushable product*. S.l.: IWSFG, 2018. Disponível em: <https://www.iwsfg.org/wp-content/uploads/2018/06/2018-06-05-IWSFG-PAS-1-Criteria-for-Recognition-as-a-Flushable-Product.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

INTERNATIONAL WATER SERVICES FLUSHABILITY GROUP (IWSFG). *Publicly Available Specification (PAS) 1: 2020 criteria for recognition as a flushable product*. S.l.: IWSFG, 2020. Disponível em: <https://www.iwsfg.org/wp-content/uploads/2021/06/IWSFG-PAS-1-Criteria-for-Recognition-as-a-Flushable-Product-2.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2021

JOKSIMOVIC, D.; KHAN, A.; ORR, B. Inappropriate disposal of "flushable" consumer products - reason for concern. *Water Science & Technology*, v. 81, n. 1, p. 102-108. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86971-z>

KARADAGLI, F. *Disintegration of flushable wet wipes in wastewater systems*. 2015. Disponível em: [https://www.cwwa.ca/pdf\\_files/2015Flushables/Karadagli.pdf](https://www.cwwa.ca/pdf_files/2015Flushables/Karadagli.pdf). Acesso em: 15 out. 2018.

KARADAGLI, F.; MCAVOY, D.C.; RITTMANN, B.E. Development of a mathematical model for physical disintegration of flushable consumer products in wastewater systems. *Water Environment Research*, v. 81, n. 5, p. 459-465, 2009. <https://doi.org/10.2175/106143008x357101>

KLABIN. *Uso de água*. Ecossistemas relacionados à água (florestas, aquíferos e rios) protegidos e restaurados, gerando segurança hídrica para as sociedades. 2023. Disponível em: <https://esg.klabin.com.br/web/guest/uso-de-agua>. Acesso em: 19 maio 2024.

LI, S.; WU, Z.; LIU, G. Degradation kinetics of toilet paper fiber during wastewater treatment: effects of solid retention time and microbial community. *Chemosphere*, v. 225, p. 915-926, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.097>

LIU, R.; LI, Y.; ZHANG, M.; HAO, X.; LIU, J. Review on the fate and recovery of cellulose in wastewater treatment. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 184, p. 106354, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106354>

PAÍS DE GALES. Welsh Ministers. *Standards for new gravity foul sewers and lateral drains*. October 2012. Disponível em: <https://www.gov.wales/sites/default/files/publications/2019-06/standards-for-new-sewers-and-lateral-drains.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2018.

PALMIERI, S.; CIPOLLETTA, G.; PASTORE, C.; GIOSUÈ, C.; AKYOL, Ç.; EUSEBI, A.L.; FRISON, N.; TITTARELLI, F.; FATONE, F. Pilot scale cellulose recovery from sewage sludge and reuse in building and construction material. *Waste Management*, v. 100, p. 208-218, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1930594X>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). *Human Development Indices and Indicators: 2018 Statistical Update 123*. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/idh/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-2018.html>. Acesso em: 03 nov. 2018.

PUB. *Code of practice on sewerage and sanitary works*. S.l.: s.n., 2019. Disponível em: <https://www.pub.gov.sg/-/media/PUB/PDF/Compliance/Used-Water/GreaseTrap/COPSSW2nded2019.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2019.

REARDON-ANDERSON, James. Science and Civilisation in China. v. 5. Chemistry and Chemical Technology, Part I. Paper and Printing. By Tsien Tsuen-Hsui. Edited by Joseph Needham. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 485 p. *The China Quarterly*, v. 108, p. 733-735, 1986. Disponível em: [https://www.cambridge.org](https://www.cambridge.org/core/journals/china-quarterly/article/abs/science-and-civilisation-in-china-volume-5-chemistry-and-chemical-technology-part-i-paper-and-printing-by-tsien-tsuenhsui-edited-by-joseph-needham-cambridge-cambridge-university-press-1985-485-pp/249530757A5FF8DFF41F965A577321CC)

[core/journals/china-quarterly/article/abs/science-and-civilisation-in-china-volume-5-chemistry-and-chemical-technology-part-i-paper-and-printing-by-tsien-tsuenhsui-edited-by-joseph-needham-cambridge-cambridge-university-press-1985-485-pp/249530757A5FF8DFF41F965A577321CC](https://www.cambridge.org/core/journals/china-quarterly/article/abs/science-and-civilisation-in-china-volume-5-chemistry-and-chemical-technology-part-i-paper-and-printing-by-tsien-tsuenhsui-edited-by-joseph-needham-cambridge-cambridge-university-press-1985-485-pp/249530757A5FF8DFF41F965A577321CC). Acesso em: 15 maio 2024.

RUIKEN, C.J.; BREUER, G.; KLAVERSMA, E.; SANTIAGO, T.; VAN LOOSDRECHT, M.C.M. Sieving wastewater - cellulose recovery, economic and energy evaluation. *Water Research*, v. 47, n. 1, p. 43-48, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.08.023>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Diagnóstico temático serviços de água e esgoto*. Brasília: SNIS, 2023a.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Diagnóstico temático manejo de resíduos sólidos urbanos*. Brasília: SNIS, 2023b.

SOUZA, S.D.C.; BASTOS, S.L. Análise de mercado e nível de concentração da indústria de papel *tissue* no Brasil. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 1, p. 165-188, 2018.

STATISTA. *The US leads the world in toilet paper consumption*. S.l.: s.n., 2018. Disponível em: <https://www.statista.com/chart/15676/cmo-toilet-paper-consumption/#:~:text=Estimates%20from%20the%20Statista%20Consumer,equating%20to%20roughly%2012.7%20kilograms>. Acesso em: 06 jul. 2024.

SUN, S.; HAN, J. Unflushable or missing toilet paper, the dilemma for developing communities during the COVID-19 episode. *Environmental Chemistry Letters*, v. 19, p. 711-717, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01064-z>. Acesso em: 07 set. 2021.

SUZANO. Relatório de Sustentabilidade. 2009. [http://www.suzano.com.br/wp-content/uploads/2016/10/relatorio\\_sustentabilidade\\_2009.pdf](http://www.suzano.com.br/wp-content/uploads/2016/10/relatorio_sustentabilidade_2009.pdf). Acesso em 10 de março de 2020

SUZANO. 13th CEO Forum. Bradesco BBI. 2023a. Disponível em: [https://s201.q4cdn.com/761980458/files/doc\\_news/2023/11/Apresentacao/2023-11-14-Bradesco-BBI-13th-CEO-Forum.pdf](https://s201.q4cdn.com/761980458/files/doc_news/2023/11/Apresentacao/2023-11-14-Bradesco-BBI-13th-CEO-Forum.pdf). Acesso em: 06 jul. 2024.

SUZANO. Relatório de sustentabilidade. 2023b. Disponível em: <https://www.suzano.com.br/sustentabilidade/relatorios-de-sustentabilidade>. Acesso em: 06 jul. 2024.

UNITED STATES OF AMERICA (USA). California. Assembly Bill No. 818. An act to add Part 9 (commencing with Section 49650) to Division 30 of, and to repeal Section 49652 of, the Public Resources Code, relating to solid waste. CHAPTER 590. 2021. Disponível em: [https://leginfo.ca.gov/faces/billVersionsCompareClient.xhtml?bill\\_id=20210220AB818](https://leginfo.ca.gov/faces/billVersionsCompareClient.xhtml?bill_id=20210220AB818). Acesso em: 5 de julho de 2024.

UNITED STATES OF AMERICA (USA). Washington. ESHB 2565, C 121 L 20. Concerning the labeling of disposable wipes products. Olympia: Legislative Assembly, 2022. Final report. Sponsored by Representatives Fitzgibbon, Doglio, and Hudgins. Committees: House Committee on Environment & Energy, Senate Committee on Environment, Energy & Technology. Disponível em: <https://lawfilesexternal.wa.gov/biennium/2019-20/Pdf/Bill%20Reports/House/2565-S.E%20HBR%20FBR%2020.pdf?q=20220801084959>. Acesso em: 03 jul. 2024.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). EPA 832-F-02-007: collection systems technology fact sheet. S.l.: s.n., 2002. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P10053D9.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2000%20Thru%202005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMet>

hod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C00THRU05%5CTXT%5C00000021%5CP10053D9.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=6&ZyEntry=1. Acesso em: 19 set. 2024.

VIDAL, A.C.F.; HORA, A.B. *Panorama de mercado: papéis sanitários*. Biblioteca Digital BNDES. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1495/1/A%20mar37\\_07\\_Panorama%20de%20mercado-pap%C3%A9is%20sanit%C3%A1rios.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1495/1/A%20mar37_07_Panorama%20de%20mercado-pap%C3%A9is%20sanit%C3%A1rios.pdf) (2013). Acesso em: 07 jul. 2024.

