

**PROJETO 1: REMOÇÃO DE MICROCONTAMINANTES E VÍRUS EM ETAS E ETES, COM ÊNFASE NO USO DE CARVÃO ATIVADOS E MEMBRANAS**

Responsável Técnico: CRISTINA CELIA SILVEIRA BRANDÃO

Cargo: Professor Associado

Titulação: PhD

E-mail: cbrandao@unb.br

Tel: (61)981519913

Viagem e Diária

Nº Viagem: 0

Sim ( ) Não (X)

Nº Diária: 0

**Contextualização, justificativa e informações relevantes**

Uma das principais rotas de contaminação de mananciais de águas superficiais por patógenos, microcontaminantes e microplásticos, particularmente em locais onde não há indústrias, é o lançamento de esgotos, ainda que tratados biologicamente. No lago Paranoá, como em vários mananciais do país, ocorre a captação de água para consumo humano em mananciais que recebem efluentes de estações de tratamento de esgotos - ETEs, caracterizando um reuso indireto da água. O lago Paranoá, por ser um lago urbano, e de múltiplos usos, tem sua qualidade ameaçada também por outras fontes de poluição, apresentando uma diversidade de contaminantes químicos e micro-organismos patogênicos.

Em estudo realizado entre 2009 e 2012, Abbt-Braun et al. (2014) analisaram 52 compostos químicos, considerados microcontaminantes emergentes, em 6 pontos do lago Paranoá (4 nos braços, e 2 próximos à barragem, sendo um deles um futuro ponto de captação de água), e nos efluentes das ETEs Brasília Sul e Norte. Os compostos analisados estavam distribuídos em 11 grupos, entre eles: fármacos; pesticidas e seus metabolitos; cianotoxinas; e, compostos perfluorados. Dos 52 compostos investigados, apenas 15 (cerca de 29%) não foram detectados nos efluentes das ETEs e no Lago Paranoá. Nas ETEs, 21 compostos foram detectados em 100% das amostras coletadas, com os demais compostos apresentando prevalência entre 20% e 90% das amostras. Já nos pontos de coleta do lago Paranoá, 8 compostos foram detectados em 100% das amostras, enquanto a prevalência dos demais compostos variou entre 7% e 93%.

Entre os microcontaminantes emergentes detectados por Abbt-Braun et al. (2014), cabe destacar os 2 compostos perfluorados (Ácido perfluoro octanossulfônico – PFOS; Ácido perfluoro octanóico - PFOA) que estavam presentes em 100% das amostras coletas no lago Paranoá. No lago, a concentração variou na faixa de 7 a 16 ng/L, e foi de cerca de 37 ng/L nos efluentes ETES.

De acordo o EIA do Sistema de Abastecimento de Água com Captação no Lago Paranoá (Caesb, 2013), a Caesb, em 2009-2010, em parceria com a UFOP, também avaliou 13 microcontaminantes, na sua maioria, distintos daquelas analisados por Abbt-Braun et al. (2014). Foram realizadas coletas nos efluentes finais das ETES Brasília Sul e Norte, além de cinco pontos do Lago Paranoá, num total de 131 amostras. As substâncias detectadas com mais frequência foram o bisfenol-A e o dietilftalato em, respectivamente, 77% e 85% das amostras. No efluente das ETES Brasília Sul e Norte, a concentração média de bisfenol-A (BPA) variou de 5 a 44,7 ng/L, com valor máximo de 76,9 ng/L. Nos diferentes pontos e profundidades do lago Paranoá, a variação, em média, foi de 14,8 a 88,7 ng/L, com valor máximo de 249,5 ng/L, sendo as concentrações maiores observadas no período chuvoso.

Os dados revelam, portanto, que há também outras fontes de contaminação de BPA além dos efluentes das ETES e/ou que tais compostos estão sendo acumulados no lago Paranoá. Adicionalmente, segundo Sodré e Sampaio (2020), o BPA também foi detectado em todas as 14 amostras de água potável coletadas em 2017-2018, em 7 pontos distintos do sistema de distribui o de água da Caesb, incluindo a água tratada pela ETA Lago Norte.

A legislação brasileira, seja de qualidade da água para consumo humano, seja de padrões de lançamento ou de água superficial, não apresenta limites máximos para os microcontaminantes emergentes. O mesmo acontece no cenário internacional, entretanto vale destaque as iniciativas tomadas, nas últimas duas décadas, pela Comunidade Europeia (CE), Estados Unidos da América (EUA), e outros países desenvolvidos, no sentido de estabelecer/definir valores limites para alguns microcontaminantes, entre eles o bisfenol-A (BFA) e os per e polifluoralquilas (PFAS), que são conhecidos como “poluentes eternos”.

A Diretiva 2020/2184 do Parlamento da Comunidade Europeia (OJEU, 2020) determina que a partir janeiro de 2026 a água potável de todos os estados membros da CE deve atender um valor máximo de 2,5 µg/L (2500 ng/L) de BPA, de 0,5 µg/L (500 ng/L) de PFAS Total (26 compostos) e de 0,1 µg/L (100 ng/L) de PFAS-20 (20 compostos), ambos incluindo PFOA e PFOS. Na mesma direção, em julho de 2021, a USEPA tornou público (Federal Register, 2021), para conhecimento e comentários, o “draft” da 5ª lista de contaminantes candidatos a regulamentação em água para consumo humano. Nesta lista constam, entre outros, o BPA, e os PFAS, sinalizando a importância de se limitar esses compostos na água potável. Mais recentemente, junho de 2022, a USEPA tornou público (Federal Register, 2021) que os limites de alerta (Health Advisory Level – HAL) para água potável do PFOA e PFOS são 0,004 e 0,02 ng/L, respectivamente. Adicionalmente, a USEPA sinalizou que, ainda em 2022, deve estabelecer o Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) na água de consumo humano tanto para o PFOA como para o PFOS, indicando que o valor a ser adotado será menor que 4 ng/L.

O bisfenol-A (BPA) é um composto reconhecido como perturbador do sistema endócrino, que pode estar associado a uma série de alterações no corpo humano e seu funcionamento, bem como em animais aquáticos. A estrogenicidade do BPA foi investigada em estudo in vitro e os resultados mostraram que o BPA é capaz de estimular a síntese e proliferação de células cancerígenas. Outros estudos, realizados em cobaias, mostraram que baixas concentrações de BPA, cerca de 2 µg/kg em doses diárias, foram suficientes para provocar efeitos nos órgãos sexuais. Para concentrações diárias de 20 µg/kg houve redução na produção de espermatozoides desses animais. Pesquisas realizadas em peixes da espécie *Pimephales promelas*, expostos a concentrações entre 1 e 1.280 µg/L, mostraram uma redução na fertilidade desses animais (Lintelmann et al., 2003). Flint et al. (2012) destaca que enquanto animais silvestres terrestres estão menos expostos ao BPA, invertebrados, peixes e espécies anfíbias e bentônicas estão mais sujeitos à exposição.

Segundo diversos autores, ETEs baseadas em tratamento biológicos apresentam grande variabilidade na remoção de BFA. Para exemplificar, destaca-se o estudo desenvolvido por Guerra et al. (2015), que avaliaram a remoção de BPA em 25 ETEs. Os autores observaram valores medianos de eficiências de remoção de BPA entre 1 e 77%. As maiores eficiências observadas foram nos sistemas com remoção biológica de nutrientes, com 25 a 75% das 19 amostras coletadas apresentando remoções de BPA entre 65 e 90%, aproximadamente. Os tratamentos biológicos sem remoção de nutrientes apresentaram maior variabilidade, com 25 a 75% das amostras com remoção de BPA entre 40 e 90%, aproximadamente. Importante destacar que a remoção de BPA ocorre, em grande parte, por adsorção do BPA no lodo biológico, o que sugere cuidados na sua destinação. Além disso, nos afluentes das ETEs estudadas por Guerra et al. (2015), a concentração variou entre 34 e 8000 ng/L de BPA (mediana de 400 ng/L), e os níveis de remoção observados no estudo não necessariamente garantirão a minimização dos riscos ambientais. Vale comentar que Flint et al (2012) cita um estudo de risco ambiental em que a concentração de BPA sem efeito previsível (PNEC) foi estimada de 0,06 µg/L (60 ng/L).

Similarmente, o tratamento convencional de água, e suas variantes, segundo Muhamad (2016) não é efetivo o suficiente para remover BPA. Na verdade, a literatura mostra também uma grande variabilidade nos valores de remoção de BPA pelo tratamento convencional, como exemplificado

nos artigos citados a seguir. Chen et al (2013) reportaram remoção de 72% de BPA em amostras de ETAs convencionais em Taiwan, ressaltando que a remoção foi majoritariamente devida à oxidação com cloro. Avaliação realizada por Padhye et al. (2014) em escala real nos EUA, revelou que a remoção de BPA foi, em média, de 37,4%, mas apresentando grande variabilidade ( $\pm 51,4\%$ ), para o tratamento convencional, mesmo com uso de pré-ozonização e ozonização intermediária, além de cloração ao final.

Os PFAS (substâncias per e polifluoralquilas) compõem uma classe de cerca de 400 produtos químicos antropogênicos que têm sido utilizados em ampla variedade de processos industriais, desde a década de 1940. Os PFAS são bioacumulativos, podem entrar facilmente no corpo e são expelidos lentamente, características que se intensifica com o comprimento da cadeia de carbono, de modo que os PFAS de cadeia longa, à princípio, são mais preocupantes do que as variantes de cadeia curta, segundo Dauchy (2019). O órgão e o sistema do corpo humano que podem ser mais afetados com a presença dos PFAS, são o fígado e o sistema imunológico, com particular preocupação dos efeitos causados no desenvolvimento de crianças pequenas. Adicionalmente, suspeita-se de efeitos no sistema reprodutivo e na tireoide, o que também caracteriza os PFAS como perturbadores endócrinos. Por fim, há, também, preocupação com a carcinogenicidade dos PFAS (Klein e Braun, 2018; Rice, 2018). Estudos epidemiológicos revelaram o desenvolvimento de toxicidade por PFOA em macacos, peixes, arroz, coelhos e humanos (DeWitt, 2015).

Duas recentes revisões de literatura (Yadav et al., 2022; Lenka et al., 2021) ressaltam a baixa eficiência de remoção dos PFAS pelos tratamentos mais comumente usados em ETAs e ETEs e reforçam a necessidade de usar técnicas avançadas para remoção destes compostos. Para exemplificar, destaca-se o estudo descrito por Appleman et al. (2014), no qual foi avaliada a remoção de PFOA e PFOS em 15 ETAs estadunidenses. A remoção de PFOA foi consistentemente inferior a 15% em ETAs convencionais ou com uso de membranas de baixa pressão (MF e UF), mas também nas etapas de oxidação com cloro. Valores negativos de remoção foram observados quando foi usado ozônio na oxidação/desinfecção. Já com relação ao PFOS, observou-se grande variabilidade nos processos de tratamento já mencionados, com grande incidência de valores negativos de remoção. Os autores destacaram que para o PFOS a FAD e a UF foram os processos que apresentaram maior remoção, atingindo 49% e 24%, respectivamente. Por outro lado, ETAs dotadas de osmose inversa e carvão ativado granular apresentaram elevada remoção, chegando a atingir valores superiores a 90% tanto para PFOA quanto PFOS. As baixas eficiências de remoção de PFOA e PFOS (< 30%) na sequência de coagulação-floculação-sedimentação já haviam sido relatadas por Xiao et al. (2013) a partir de ensaios controlados em teste de jarros.

De acordo com revisão realizada por Arvanity e Stasinakis (2015), os PFAS também não são consistentemente removidos no tratamento biológico de esgotos, podendo inclusive serem observadas remoções negativas para certos compostos, indicando formação destes via degradação de compostos precursores. Estudos de degradação citados pelos autores mostraram resultados discrepantes. Vale destacar que a remoção de alguns PFAS em ETEs a nível secundário foi atribuída a adsorção dos compostos nos lodos primário e secundário, particularmente para PFAS de cadeias longas. Mais uma vez ressalta-se a preocupação com o destino final destes lodos. Campo et al. (2014) reforçaram a inefetividade dessas ETEs ao listar estudos sobre levantamentos da concentração de PFAS em efluente de ETEs em vários países.

Em função das limitações das tecnologias mais comumente usadas para o tratamento de água para consumo humano e para o tratamento de esgotos domésticos, para obter remoção adequada da maioria dos microcontaminantes emergentes, incluindo os aqui destacados (BPA e PFAS), nas últimas duas décadas as técnicas avançadas de tratamento têm sido avaliadas. As mais recentes revisões de literatura sobre remoção de BPA e de PFAS (Ohore e Zhang, 2019; Lenka et al. 2021;

Yadav et al., 2022) reforçam a necessidade de uso de técnicas como adsorção, membranas e oxidação avançada para a remoção de BPA e PFAS.

Segundo o site da Caesb (2022a) o DF conta com 12 ETAs, sendo que 4 delas adotam a tecnologia de filtração direta (ascendente ou descendente), 1 de dupla filtração, 5 de tratamento convencional (com sedimentação ou com flotação) e 2 de membranas de ultrafiltração. Não consta no site a recentemente inaugurada ETA Corumbá, convencional com flotação. Ainda segundo o site da Caesb (2022b), o DF conta com 15 ETEs, sendo que 10 delas adotam como tecnologia os reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA) combinado com outros tratamentos biológicos, como lagoas e/ou reatores aeróbios. Entre as demais ETEs, 1 adota somente lagoas e 4 a tecnologia de lodos ativados (sem ou com remoção biológica de nutrientes) seguida de tratamento físico-químico voltado, geralmente, para a remoção de fósforo.

Apesar da excelente cobertura de tratamento de água e de tratamento de esgotos no DF, ao confrontar as tecnologias usadas nas ETAs e ETEs operadas pela Caesb, com os relatos da literatura, observa-se que tais tecnologia não são efetivas para remoção e microcontaminantes e, considerando: (i) a já constatada presença do BPA e de PFAS, mais especificamente PFOS e PFOA, nas águas do lago Paranoá, que ao mesmo tempo é corpo receptor de efluentes de ETEs e manancial de abastecimento; (ii) que a aplicabilidade de técnicas avançadas é influenciada pela matriz (água ou esgoto) e pelos parâmetros operacionais de cada técnica; a presente proposta de pesquisa aplicada traz como hipótese “que o uso das técnicas de adsorção em carvão ativado e de nanofiltração podem ser integradas à ETA Lago Norte e às ETEs Brasília Sul e Norte com o objetivo de proteger o lago Paranoá e a saúde humana com relação à microcontaminantes específicos”.

Embora o foco maior da pesquisa seja a remoção de PFAS (PFOA e PFOS) e BPA, a remoção de hormônios e vírus também serão avaliadas. A inclusão dos hormônios, também perturbadores endócrinos, vem do relato da presença de hormônios na água tratada na ETA Lago Norte (Sodré e Sampaio, 2020) e a preocupação da sociedade em geral com relação à presença de hormônios na água. Adicionalmente, considerando a reconhecida capacidade de remoção de vírus nos processos de membranas e as necessidades de melhoria geral da qualidade dos efluentes das ETEs Brasília Sul e Norte para o atendimento de parâmetros mais restritivos de lançamento no lago Paranoá, será avaliado o uso da ultrafiltração, como parte do sistema MBR (biorreatores com membranas).

Finalmente, aproveitando que a pesquisa intensificará ainda mais a cooperação já existente entre os técnicos da Caesb e os pesquisadores da UnB, pretende-se fazer uma avaliação preliminar da capacidade de remoção de microplásticos (MP) nas ETEs Brasília Sul e Norte. Quando lançados no ambiente, os MPs podem ter efeito físico ou químico. O efeito físico está associado aos tamanhos, formas, comprimentos ou concentração das partículas microplásticas. O efeito químico está associado aos produtos químicos adicionados aos plásticos durante a fabricação (plastificantes, antioxidantes, estabilizadores de UV, lubrificantes, corantes e retardadores de chamas) que podem ser liberados para o ambiente aquático (Rodrigues et al., 2019).

**Pergunta de Pesquisa:** o problema do estudo deve ser uma especificação do tema da pesquisa, devendo ser bem definido e apresentado na forma interrogativa. A pergunta deve ser específica, clara, explícita e operacional, com o objetivo de se chegar, ao final do estudo, a uma resposta.

Considerando a integração com os sistemas de tratamento existentes na Caesb, os processos de ultrafiltração, nanofiltração e adsorção em carvão ativados podem ser aplicáveis para a remoção de microplásticos, vírus, perturbadores endócrinos (bisfenol-A e hormônios), PFAS (substâncias per e polifluoroalquilas) no tratamento de água para consumo humano e no tratamento de esgotos no Distrito Federal (DF)?

**Objetivos e Metas:** a pesquisa no setor de saneamento deve ter metas bem definidas e resultados previstos, por ser diferente da pesquisa acadêmica pura, que se caracteriza pela liberdade de investigação.

Objetivo geral:

Avaliar a aplicabilidade da adoção da adsorção em carvão ativado ou da separação em membranas (ultrafiltração e nanofiltração) como etapas de tratamento a serem integradas na ETA Lago Norte e ETEs Brasília Norte e Sul com objetivo de aperfeiçoar a remoção de vírus e de microcontaminantes, de acordo com os objetivos específicos descritos a seguir.

Objetivos Específicos:

- (1) Avaliar desempenho operacional e a remoção de BPA, PFOA, PFOS e Estradiol com uso do carvão ativado e de membranas de nanofiltração integradas ao tratamento da ETA Lago Norte;
- (2) Avaliar desempenho operacional e a remoção de BPA, PFOA, PFOS por meio de membranas de nanofiltração como pós-tratamento das ETEs Brasília Norte e Sul;
- (3) Avaliar o impacto do uso da UF submersa, em sistema de MBR, sobre a eficiência de remoção de patógenos (incluindo vírus) e sobre qualidade do efluente secundário das ETEBs Norte e Sul.
- (4) Avaliar a remoção de microplásticos (MPs) nas ETEBs Norte e Sul.

Para atender os objetivos específicos, no contexto do objetivo geral, na Tabela abaixo são apresentados metas e indicadores.

No	Descrição da meta Indicador	Indicador
1	Detalhar procedimentos experimentais e instalações piloto para o desenvolvimento da pesquisa	Produção e disponibilização de procedimentos e dados obtidos para a Caesb via relatórios e reuniões periódicas.  O detalhamento de indicadores específicos e periodicidade das reuniões com a equipe da Caesb responsável pelo acompanhamento do projeto será definida no Workshop de kickoff.  Nas reuniões, os dados serão discutidos e ajustes de “rota” poderão ser identificadas. Além da discussão dos dados, as reuniões periódicas, bem como os Seminário Anuais, permitirão a transferência e apropriação de conhecimento, métodos e procedimentos para que a Caesb possa reproduzi-los em pesquisas futuras na companhia.
2	Implementar e validar métodos analíticos para quantificação dos microcontaminantes alvo (BPA, PFOA, PFOS e hormônios), de vírus e de MPs.	
3	Realizar experimentos de adsorção em carvões ativados voltados para remoção de microcontaminantes alvo no tratamento de água para consumo humano.	
4	Realizar experimentos com membranas de nanofiltração voltados para remoção dos microcontaminantes alvo para o pós tratamento de água para consumo humano.	
5	Realizar experimentos com membranas de nanofiltração voltados para remoção dos microcontaminantes alvo para o pós tratamento de esgotos domésticos.	
6	Avaliar metodologias de quantificação de microplásticos no esgoto e aplicar a metodologia para avaliação da remoção de microplásticos em ETEs.	
7	Realizar experimentos para avaliar uso de membranas de UF submersa, no sistema MBR, no tratamento aeróbio de esgotos domésticos.	
8	Realizar avaliação preliminar da aplicabilidade das tecnologias no contexto das ETAs e ETEs objeto de estudo (ETA Lago Norte, ETEs Brasília Norte Sul) considerando aspectos operacionais e de custos, e também potenciais manejo e destinação de resíduos gerados.	

9	Produção de relatório final	Avaliação pela Caesb
---	-----------------------------	----------------------

**Benefícios Esperados:** devem ser demonstrados separadamente, para os usuários e para a concessionária, destacando para cada projeto, os impactos relevantes.

**Para a Caesb**

Com os resultados obtidos a partir do desenvolvimento desta proposta de pesquisa, buscar-se-á disponibilizar para a Caesb alternativas para complementação do tratamento da ETA Lago Norte, com objetivo de aumentar a segurança da água de consumo humano para a população abastecida por esta ETA, bem como preparar a Caesb para uma futura (e provável) legislação de potabilidade mais restritiva com relação a microcontaminantes emergentes.

Similarmente, buscar-se-á disponibilizar alternativas de adequações e/ou sistemas de pós tratamento para as ETEs Brasília Sul e Brasília Norte baseados em processos de separação em membranas com objetivo de preservar a água do lago Paranoá, tanto do ponto de vista ambiental, como de manancial de abastecimento de água. As ETEs além de preservarem a qualidade da água do lago Paranoá, também serão as primeiras barreiras de segurança para água de consumo humano.

Embora a aplicabilidade direta seja nas ETEs Brasília Sul e Brasília Norte e na ETA Paranoá, a apropriação pela Caesb, e seu corpo técnico, do conhecimento sobre os processos avançados, dos métodos e procedimentos de avaliação destes processos, permitirá a ampliação da aplicação para outras ETAs e ETEs com vista a garantir o atendimento de parâmetros de qualidade da água potável e de lançamento de efluentes mais restritivos.

**Setor de Saneamento**

O setor saneamento será beneficiado como um todo pela formação de recursos humanos especializados nas técnicas avançadas objeto da proposta, uma vez que o desenvolvimento do trabalho contará com a participação de mestrandos e doutorandos, além de alunos do curso de Engenharia Ambiental da UnB.

O setor também se beneficiará dos avanços e experiência da Caesb, pois é reconhecida a influência que a Caesb pode ter nas práticas de outras companhias de saneamento, vide o pioneirismo da Caesb no uso da ultrafiltração para o tratamento da água do lago Paranoá e como isto tem servido de exemplo para outras companhias.

**Sociedade e meio ambiente**

A melhoria da qualidade da água do lago Paranoá, a preservação da vida aquática, e dos usos múltiplos desse símbolo de Brasília é, sem dúvida, o maior benefício da aplicação prática dos resultados desta pesquisa. Não menos importante será a segurança da qualidade da água para consumo humano produzida a partir da captação de água no lago Paranoá, e seus efeitos positivos sobre a saúde e qualidade de vida da população.

**RELEVÂNCIA EM TERMOS DE IMPACTOS**

Contribuições e Impactos Tecnológico: Inovação Tecnológica de Processo

O projeto tem caráter de pesquisa aplicada voltada para adequação/modernização da ETEs Brasília Sul e Brasília Norte e ETA Lago Norte, por meio da otimização da aplicação de técnicas avançadas (carvão ativado e membranas).

**Contribuições e impactos socioambientais****Risco de impactos ambientais**

Considerando que um dos produtos é a melhoria da qualidade da água do lago Paranoá, particularmente com relação à microcontaminantes e patógenos por meio da adoção de técnicas baseadas em uso de membranas de ultrafiltração e nanofiltração, os impactos serão positivos. Como todo processo de separação de impurezas, nos processos de membranas também é gerado o concentrado que deve ser devidamente manejado, preferencialmente usando recirculação sujeito, ou não, à previa oxidação dos resíduos.

**Risco de impactos na segurança hídrica**

O projeto não apresenta contribuições neste item.

**Risco de impactos na qualidade de vida da comunidade**

Os impactos na qualidade de vida serão positivos e evidentes, já que a melhoria da qualidade da água do lago Paranoá permitirá à comunidade aproveitá-lo em atividades de lazer, além também do impacto positivo sobre a saúde humana pela adequação/modernização da ETA Lago Norte.

**Contribuições e impactos econômicos**

Buscar-se-á avaliar se a adoção das técnicas avançadas como parte do tratamento da água e do tratamento do esgoto melhorará a qualidade da prestação dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. A médio e a longo prazo, estas melhorias redundarão em redução dos custos com saúde pública e com recuperação ambiental.

**RECURSOS FINANCEIROS (R\$)**

Total Previsto (R\$)	Fontes	Origem dos Recursos Previstos (R\$)				
		Onerosos		Não Onerosos		
		Próprio	Financiamento	Programa PDI	Executora	Parceiros
2.075.128,28	Caesb e UnB	-	-	730.126,68	1.345.001,60	-

Cronograma Físico – Previsto													
Atividade		Ano 1 - Mês											
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	Kickoff	■											
M1	A1 - Seleção dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo	■	■	■	■								
	A2 - Aquisição de material de consumo para permitir implementação, validação e uso dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo				■	■	■						
	A3 - Aquisição do gerador de Nitrogênio para permitir implementação, validação e uso dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo	■	■	■									
	A4 - Manutenção do LC-MS/MS para permitir implementação e validação dos métodos analíticos para micropoluentes do estudo				■	■	■						
	A5 - Detalhamento da instalação piloto de MBR			■	■	■							
	A6 -Seleção dos métodos de quantificação de microplásticos em esgoto a serem estudados	■	■										
M2	A1 - Implementar e validar métodos analíticos para quantificação dos microcontaminantes alvo (BPA, PFOA, PFOS e hormônios)				■	■	■	■					
	A2 - Aquisição e cultivo de vírus MS2 para avaliação de eficiência de remoção de vírus				■	■	■						
	A3 - Selecionar vírus alvo para avaliação de eficiência de remoção de vírus em experimento com esgoto			■	■	■							
	A4 - Implementar e validar método de quantificação de microplásticos em esgoto			■	■	■							
	A5 - Implementar e validar método PCRq em tempo real para quantificação do vírus alvo selecionado em M2.A3						■	■	■	■			
M3	A1 - Experimentos com carvão ativado para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrapura						■	■	■				
	A2 - Experimentos com carvão ativado para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte									■	■	■	
M6	A1 - Coletas de amostras e avaliação da eficiência de remoção de microplásticos nas diferentes etapas de tratamento da ETE Brasília Norte						■	■	■	■	■		
	A2 - Coleta de amostras e avaliação de microplásticos no desidratado da ETE Brasília Norte									■	■	■	■



Cronograma Físico – Previsto													
Atividade		Ano 3 - Mês											
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M3	A6 - Experimentos com carvão ativado para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte	■	■	■	■								
M4	A3 - Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte	■	■	■	■	■							
	A4 - Experimentos complementares em escala piloto com nanofiltração para remoção de BPA em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte						■	■	■	■			
	A5 - Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte										■	■	■
Relatório Parcial – Ano 3													■
Prestação de Contas e Seminário anual												■	■

Cronograma Físico – Previsto													
Atividade		Ano 4 - Mês											
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M4	A5 - Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte	■	■	■									
M5	A1- Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz efluente da ETE Brasília Norte	■	■	■									
	A2 - Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de BPA em matriz efluente da ETE Brasília Norte				■	■	■						
	A3 -Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de PFOA, PFOS e BPA em matriz efluente da ETE Brasília Norte							■	■	■	■	■	■
Reunião de acompanhamento com técnicos da Caesb							■						
M8	A1.1 – Levantamento dos métodos de avaliação de custos aplicáveis às técnicas avançadas	■	■	■	■	■							
	A1.2 – Levantamento com base na literatura e experimentos desenvolvidos das potencias alternativas de manejo e destinação de rejeitos gerados nos processos estudados.	■	■	■	■	■							
	A2 - Discussão com técnicos da Caesb				■			■			■		



Cronograma Financeiro PDI- Previsto - Ano 1														
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
0	Kickoff													0,00
M1	A1	Seleção dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo												0,00
	A2	Aquisição de material de consumo para permitir implementação, validação e uso dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo				50.000,00								50.000,00
	A3	Aquisição do gerador de Nitrogênio para permitir implementação, validação e uso dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo	191.183,20											191.183,20
	A4	Manutenção do LC-MS/MS para permitir implementação e validação dos métodos analíticos para micropoluentes do estudo				137.735,60								137.735,60
	A5	Detalhamento da instalação piloto de MBR												0,00
	A6	Seleção dos métodos de quantificação de microplásticos em esgoto a serem estudados												0,00
M2	A1	Implementar e validar métodos analíticos para quantificação dos microcontaminantes alvo (BPA, PFOA, PFOS e hormônios)							6.300,00				6.300,00	12.600,00
	A2	Aquisição e cultivo de vírus MS2 para avaliação de eficiência de remoção de vírus											0,00	
	A3	Selecionar vírus alvo para avaliação de eficiência de remoção de vírus em experimento com esgoto											0,00	
	A4	Implementar e validar método de quantificação de microplásticos em esgoto											0,00	
	A5	Implementar e validar método PCRq em tempo real para quantificação do vírus alvo											0,00	
M3	A1	Experimentos com carvão ativado para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrapura											0,00	
	A2	Experimentos com carvão ativado para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte											0,00	
M6	A1	Coletas de amostras e avaliação da eficiência de remoção de microplásticos nas diferentes etapas de tratamento da ETE Brasília Norte											0,00	
	A2	Coleta de amostras e avaliação de microplásticos no desidratado da ETE Brasília Norte											0,00	
M7	A1	Montagem da instalação piloto de membrana UF submersa em arranjo MBR							30.000,00					30.000,00
	A2	Experimentos com instalação piloto de UF submersa, em arranjo MBR, usando água ultrapura enriquecida com vírus MS2											0,00	
Prestação de Contas e Seminário Anual													0,00	
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>			2.091,39		2.091,39			2.091,39		2.091,39		8.365,56		
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			193.274,59		189.826,99			38.391,39		8.391,39		<b>429.884,36</b>		

Cronograma Financeiro PDI- Previsto - Ano 2															
Atividade			Mês											Total R\$	
Nº		Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
<b>Projetos</b>															
M3	A3	Experimentos com carvão ativado para remoção de BPA em matriz água ultrapura	20.600,00			3.000,00									23.600,00
	A4	Experimentos com carvão ativado para remoção de BPA em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte				17.600,00			6.000,00						23.600,00
	A5	Experimentos com carvão ativado para remoção de hormônio em matriz água ultrapura							14.600,00						14.600,00
M4	A1	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrapura							8.000,00						8.000,00
	A2	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte										12.600,00			12.600,00
M7	A3	Experimentos com instalação piloto de UF submersa, em arranjo MBR, usando efluente do reator biológico da ETE Brasília Norte										8.000,00			8.000,00
Prestação de Contas e Seminário Anual															0,00
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>			2.091,39			2.091,39			2.091,39			2.091,39			8.365,56
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			22.691,39			22.691,39			30.691,39			22.691,39			<b>98.765,56</b>

Cronograma Financeiro PDI- Previsto - Ano 3															
Atividade			Mês											Total R\$	
Nº		Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
<b>Projetos</b>															
M3	A6	Experimentos com carvão ativado para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte	28.900,00												28.900,00
M4	A3	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte				28.900,00									28.900,00
	A4	Experimentos complementares em escala piloto com nanofiltração para remoção de BPA em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte							22.600,00						22.600,00
	A5	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte										22.600,00			22.600,00
Prestação de Contas e Seminário Anual															0,00
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>			2.091,39			2.091,39			2.091,39			2.091,39			8.365,56
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			30.991,39			30.991,39			24.691,39			24.691,39			<b>111.365,56</b>

Cronograma Financeiro PDI- Previsto - Ano 4															
Atividade			Mês												Total R\$
Nº		Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>															
M4	A5	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte	27.956,08												27.956,08
M5	A1	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz efluente da ETE Brasília Norte				27.956,08									27.956,08
	A2	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de BPA em matriz efluente da ETE Brasília Norte							6.300,00						6.300,00
	A3	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de PFOA, PFOS e BPA em matriz efluente da ETE Brasília Norte										6.300,00			6.300,00
Reunião de acompanhamento com técnicos da Caesb															0,00
M8	A1	Levantamento dos métodos de avaliação de custos aplicáveis às técnicas avançadas Levantamento com base na literatura e experimentos desenvolvidos das potencias alternativas de manejo e destinação de rejeitos gerados nos processos estudados.													0,00
	A2	Discussão com técnicos da Caesb													0,00
	A3	Elaboração de relatório preliminar de aplicabilidade													0,00
M9	A1	Elaboração de relatório final													0,00
Gastos com registro de software ou patente						13.984,93									13.984,93
Prestação de Contas e Seminário Anual															0,00
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>			2.091,39			2.091,39			2.091,39			1.339,94			7.614,11
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			30.047,47			44.032,40			8.391,39			7.639,94			<b>90.111,20</b>

			Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 1												
Atividade			Mês												Total R\$
Nº	Descrição		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>															
0	Kickoff		4.244,00												4.244,00
M1	A1	Seleção dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo	17.008,00												17.008,00
	A2	Aquisição de material de consumo para permitir implementação, validação e uso dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo				12.756,00									12.756,00
	A3	Aquisição do gerador de Nitrogênio para permitir implementação, validação e uso dos métodos analíticos para micropoluentes alvo do estudo	12.756,00												12.756,00
	A4	Manutenção do LC-MS/MS para permitir implementação e validação dos métodos analíticos para micropoluentes do estudo				12.756,00									12.756,00
	A5	Detalhamento da instalação piloto de MBR			12.756,00										12.756,00
	A6	Seleção dos métodos de quantificação de microplásticos em esgoto a serem estudados	8.504,00												8.504,00
M2	A1	Implementar e validar métodos analíticos para quantificação dos microcontaminantes alvo (BPA, PFOA, PFOS e hormônios)				66.420,00									66.420,00
	A2	Aquisição e cultivo de vírus MS2 para avaliação de eficiência de remoção de vírus				12.756,00									12.756,00
	A3	Selecionar vírus alvo para avaliação de eficiência de remoção de vírus em experimento com esgoto			12.756,00										12.756,00
	A4	Implementar e validar método de quantificação de microplásticos em esgoto			12.756,00										12.756,00
	A5	Implementar e validar método PCRq em tempo real para quantificação do vírus alvo					17.008,00								17.008,00
M3	A1	Experimentos com carvão ativado para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrapura					12.756,00								12.756,00
	A2	Experimentos com carvão ativado para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte								12.756,00				12.756,00	
M6	A1	Coletas de amostras e avaliação da eficiência de remoção de microplásticos nas diferentes etapas de tratamento da ETE Brasília Norte					25.512,00								25.512,00
	A2	Coleta de amostras e avaliação de microplásticos no desidratado da ETE Brasília Norte								17.008,00				17.008,00	
M7	A1	Montagem da instalação piloto de membrana UF submersa em arranjo MBR					17.008,00								17.008,00
	A2	Experimentos com instalação piloto de UF submersa, em arranjo MBR, usando água ultrapura enriquecida com vírus MS2									12.756,00			12.756,00	
Prestação de Contas e Seminário Anual													8.504,00	8.504,00	
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>														0,00	
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			80.780,00			176.972,00			29.764,00			21.260,00		<b>308.776,00</b>	

			Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 2												
Atividade			Mês											Total R\$	
Nº		Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
<b>Projetos</b>															
M3	A3	Experimentos com carvão ativado para remoção de BPA em matriz água ultrapura	49.502,40												49.502,40
	A4	Experimentos com carvão ativado para remoção de BPA em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte					49.502,40								49.502,40
	A5	Experimentos com carvão ativado para remoção de hormônio em matriz água ultrapura									49.502,40				49.502,40
M4	A1	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrapura					49.502,40								49.502,40
	A2	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte									61.878,00				61.878,00
M7	A3	Experimentos com instalação piloto de UF submersa, em arranjo MBR, usando efluente do reator biológico da ETE Brasília Norte	84.253,60												84.253,60
Prestação de Contas e Seminário Anual													8.504,80		8.504,80
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>															0,00
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			133.756,00		99.004,80		111.380,40		8.504,80					<b>352.646,00</b>	

			Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 3												
Atividade			Mês											Total R\$	
Nº		Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
<b>Projetos</b>															
M3	A6	Experimentos com carvão ativado para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte	77.620,00												77.620,00
M4	A3	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz água ultrafiltrada da ETA lago Norte	107.025,00												107.025,00
	A4	Experimentos complementares em escala piloto com nanofiltração para remoção de BPA em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte					77.620,00								77.620,00
	A5	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte										58.215,00			58.215,00
Prestação de Contas e Seminário Anual													8.521,00		8.521,00
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>															0,00
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			184.645,00		77.620,00		0,00		66.736,00					<b>329.001,00</b>	

			Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 4												
Atividade			Mês												Total R\$
Nº		Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>															
M4	A5	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de hormônio em matriz água ultrafiltrada da ETA Lago Norte	26.128,20												26.128,20
	A1	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de PFOA e PFOS em matriz efluente da ETE Brasília Norte	26.128,20												26.128,20
M5	A2	Experimentos em escala de bancada com nanofiltração para remoção de BPA em matriz efluente da ETE Brasília Norte				31.128,20									31.128,20
	A3	Experimentos em escala piloto com nanofiltração para remoção de PFOA, PFOS e BPA em matriz efluente da ETE Brasília Norte								53.547,00					53.547,00
Reunião de acompanhamento com técnicos da Caesb						5.770,00									5.770,00
M8	A1	Levantamento dos métodos de avaliação de custos aplicáveis às técnicas avançadas Levantamento com base na literatura e experimentos desenvolvidos das potencias alternativas de manejo e destinação de rejeitos gerados nos processos estudados.	43.547,00												43.547,00
	A2	Discussão com técnicos da Caesb				5.770,00		5.770,00		5.770,00					17.310,00
	A3	Elaboração de relatório preliminar de aplicabilidade								52.256,40					52.256,40
M9	A1	Elaboração de relatório final								34.620,00					34.620,00
Gastos com registro de software ou patente														17.214,00	17.214,00
Prestação de Contas e Seminário Anual															0,00
<b>Taxa de Administração Projeto 5</b>															0,00
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>			95.803,40			129.544,60		59.317,00		22.984,00					<b>307.649,00</b>

## ANEXO I – BUSCA DE ANTERIORIDADE

Por se tratar de uma pesquisa aplicada (aplicação de processos existentes para verificar a viabilidade técnica e de custos na realidade da Caesb) sem produção de software e produtos tangíveis, não foi feita pesquisa no INPI / USPTO.

Portanto, considerando a natureza do projeto, que não envolve produção de patente, a busca de anterioridade foi realizada usando a Plataforma Lattes do CNPq que reúne os CV dos pesquisadores brasileiros. Foram analisados os CV Lattes de pesquisadores que apresentavam palavras-chaves relacionadas aos objetivos da proposta. Aqui vale comentar que as agências de fomento não dispõem, em seus sites, de uma lista de projetos financiados. Os projetos de pesquisa financiados pelas agências constam dos CVs Lattes dos pesquisadores.

Com relação à remoção de PFOA e PFOS por meio de processos de tratamento de água ou tratamento de esgoto não foi encontrado nenhum projeto financiado usando como palavras-chaves para a busca, “PFAS”, “PFOA”, “PFOS”.

Com relação à remoção de bisfenol-A, em 150 Cvs Lattes analisados a partir da palavra-chave “remoção de bisfenol”, também não foram encontrados projetos financiados e dois projetos sem financiamento.

Na busca usando como palavra-chave “biorreator de membrana” foram identificados 75 CVs Lattes e também não foi possível encontrar nenhum projeto com ênfase na remoção de vírus.

Vale destaque, entretanto, os trabalhos realizados pelo prof. Flávio Rubens Lapolli, da UFSC, que tem usado MBR para tratamento de esgoto com ênfase na remoção de nutrientes.

Usando a palavra-chave “remoção de microplástico” foram identificados 75 CVs e não foi localizado nenhum projeto financiado.

A não localização pela busca não significa a inexistência de projetos, mas sim que eles não foram cadastrados na Plataforma Lattes, embora seja raro um pesquisador não cadastrar seus projetos. Apesar da ausência de projetos financiados, há artigos publicados nas temáticas. Na tabela abaixo são destacados alguns artigos ou dissertações/teses publicados no Brasil. Não foram incluídos os artigos e dissertações em que a Responsável Técnica foi co-autora ou orientadora.

Código*	Título	Ano	Periódico/ Universidade
Artigo	Avaliação da adsorção de Fenol e Bisfenol A em carvões ativadas comerciais de diferentes matrizes carbonácea	2015	Ambiente & Água, v.10, n. 4.
Dissertação	Remoção de Bisfenol A de Águas Contaminadas através de Processos de Separação por Membranas e de Sorção	2013	UFRG/PPG Engenharia Química
Dissertação	Remoção de preto reativo 5 e bisfenol A por adsorção com carvão ativado e cinza de casca de arroz.	2021	UTFPR/ PPG em Ciência e Tec. Amb.
Artigo	Microplásticos em estações de tratamento de esgoto – Uma revisão	2021	Revista AIDIS, v.13, n2.

## **Pesquisas Correlatas**

Como apresentado no item 12, não foram identificados projetos de pesquisa financiados, exceto os coordenados pela Responsável Técnica. Ver CV Lattes e lista a seguir:

- 2005–2007 Remoção de perturbadores endócrinos (17-beta-estradiol e p-nonilfenol) por 3 diferentes processos de tratamento: carvão ativado, coagulação-floculação-sedimentação e membranas (CNPq)
- 2010-2014 Prosab 6 - Processos de separação por membranas ou carvão ativado (Finep);
- 2012-2015 Avaliação de sistema híbrido de membrana submersa no tratamento de água para consumo humano, com ênfase na remoção de vírus e matéria orgânica) (CNPq).

## **Termo de Compromisso**

Eu, Fuad Moura Guimarães Braga, Coordenador-Geral do Programa PDI – Adasa, me comprometo a:

1. Zelar cuidadosamente pela economicidade dos projetos, de modo a garantir que os gastos sejam apenas os estritamente necessários para a obtenção dos resultados esperados;
2. Zelar pela fiel execução dos prazos previstos nos cronogramas;
3. Responder às demandas de fiscalização e diligências da Adasa, no prazo solicitado;

Fuad Moura Guimarães Braga

838.607.113-34