

CONCURSO PROFESSOR ADJUNTO A - BIOFÍSICA AMBIENTAL

Nº	NOME
1	CLAUDIA MARIA CAMPINHA DOS SANTOS
2	ALLAN AMORIM SANTOS
3	CAIO CESAR RIBEIRO
4	CASSIANO AUGUSTO ROLIM BERNARDINO
5	NATALIA PESSOA NOYMA
6	BARBARA MANHÃES MOURA REIS
7	CLAUDIO ERNESTO TAVEIRA PARENTE
8	MONIZZE VANUCCI E SILVA
9	MAURO CESAR PALMEIRA VILAR
10	DHOONE MENEZES DE SOUZA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
 Concurso para Professor Adjunto
 RD-001 - Biofísica Ambiental
 Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
 de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 1

No. fl.
1

1. Mudanças Climáticas e seus impactos na qualidade de água e biodiversidade de ambientes aquáticos.

A natureza evolui e reevolui em ciclos que se inter-relacionam com toda a vida.

Os ciclos biogeoquímicos autorregulam a biosfera, ciclando matéria e energia, em permuta com três grandes reservatórios - hidrosfera, atmosfera e litosfera - na manutenção do equilíbrio do planeta Terra.

O ciclo hidrológico, considerado como ciclo energético terrestre, distribui a energia solar, pelos compartimentos hidrosfera e litosfera que trocam com a atmosfera, sendo essencial para a manutenção da vida.

Com o desenvolvimento da sociedade, decorrente da Revolução Industrial, novos materiais foram requeridos para melhoria da qualidade de vida. Produtos químicos são utilizados como insumos em diversas indústrias, na agricultura, nos alimentos e na saúde.

Desta forma, em seus processos na manufatura de produtos nos pólos industriais ou naturalmente nos ciclos



biogeoquímicos, compostos químicos ciclaram entre os reservatórios ambientais como o solo, água, atmosfera e biomassa, causando impactos e estresses ambientais.

Vivemos entre duas eras do gelo e o aquecimento neste período é esperado. Porém com a ação antropogênica, eventos que levariam milhares de anos para serem sentidos, estão sendo antecipados e hoje vivemos em condições de risco climático e ambiental.

O IPCC (2022) - Intergovernmental Panel on Climate Change - evidenciou que 3,3 bilhões a 3,6 bilhões de seres humanos estão em estado de vulnerabilidade climática.

Mudanças climáticas são aquelas relacionadas as alterações no clima. Entende-se por clima, os eventos relacionados ao Complexo Climático, estimados em longo período de tempo, por exemplo 30 anos.

O aquecimento global está intimamente relacionado as mudanças no clima. Este aquecimento é possível pela interação de gases, que absorvem a luz IV (infravermelho), na atmosfera, logarithmicamente proporcional a concentração destes gases (Lei de Beer-Lambert), causando aquecimento adicional, principalmente dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4).

Em constante troca entre atmosfera e hidrosfera,



na água os gases, como o CO_2 , tendem a solubilizar, o que é conhecido como "bomba física" e através da ação de organismos levados para o fundo, o que denomina-se de "bomba biológica".

No fundo dos oceanos o CO_2 pode ficar armazenado por milhares de anos, podendo ser transformado em carbonato de cálcio estrutural, fazendo parte da carapaça de alguns seres vivos ou ainda transformar-se em rochas, o que leva muito tempo. O sedimento do fundo também serve para alimentar seres abissais, caracterizando-se como fonte única de nutriente.

O CO_2 é o principal gás de efeito estufa (GEE) e assim como os outros gases GEE, estão aquecendo o planeta. Com o aumento de temperatura a água nos oceanos, lagos e rios ficam mais quentes do que o habitual, impedindo a solubilidade de gases importantes para a vida, o oxigênio (O_2). Assim com a diminuição do oxigênio da água, os peixes morrem e seres anaeróbicos se ~~propaga~~ proliferam tornando a água imprópria a vida e ao uso para beber, pois estará contaminada, afetando a biodiversidade.

Com a intensificação das mudanças climáticas teremos vários eventos extremos, como inundações, impactando na qualidade da água.



3- Escassez de água: Contaminação, poluição, tratamento, reuso e biorremediação.

A água é essencial a vida. Mesmo os povos mais primitivos necessitam de água para higiene e alimentos.

O aumento da população leva ao aumento do consumo, aumentando os resíduos e dejetos a serem despejados nos corpos hídricos, causando poluição.

A poluição pode ser pontual ou difusa, quando não é possível identificar a fonte. Os contaminantes podem ser de diferentes tipos como os xenobióticos, por exemplo o plástico ou recalcitrantes, quando são de difícil degradação, entre outros. O despejo de pesticidas pode provocar a proliferação de algas levando a um processo conhecido como Eutrofização, pelo excesso de nutrientes como fosfatos (PO_4^{3-}) e nitratos (NO_3^-).

A água consumida pela população é tratada em uma Estação de Tratamento (ETA), onde passa por processos para retirada dos poluentes. Iniciando com Gradamento e caixa de areia, para retirada de sólidos grosseiros, na sequência adição ^{de} químicos no processo de coagulação e floculação, depois passa pela decantação, filtração e por último cloração.

Antes de ir para o reservatório para ser distribuído



A água recebe flúor, obrigatório, de acordo com a legislação. A água é distribuída e utilizada pela população e coletada em parte para o tratamento na Estação de Tratamento de Esgoto. Após tratamento, que pode ser primário, ~~ou~~ secundário ou terciário. Geralmente após o tratamento secundário o efluente está adequado para ser despejado no corpo receptor. Nesta etapa a água pode ser aproveitada como água de reuso em outros processos. Indústrias utilizam água de reuso em seus processos o que ajuda na diminuição dos custos.

Ainda no tratamento de água residual pode-se utilizar a biorremediação. A biorremediação é um processo que utiliza organismos vivos para remediar a poluição.

Quando os poluentes são compostos orgânicos, esta ~~ou~~ ocorre por degradação através da metabolização por microrganismos, transformando em compostos com menor toxicidade. No caso de ~~metais~~ metais tóxicos, geralmente são imobilizados pela ação dos microrganismos.

A biorremediação pode ser in situ, quando ocorre no local ou ex-situ quando é realizada em outro local.

Existem vários tipos de biorremediação e a sua escolha deve ser de acordo com os aspectos



observados e o tipo de poluente a ser remediado.

A bioaugmentação que consiste em utilizar microrganismos autóctones (oriundos de culturas ou de outros locais) ou organismos geneticamente modificados. Já na bioestimulação utiliza-se organismos autóctones, do próprio local, estimulando a sua atuação através de nutrientes, por exemplo.

A água é um bem precioso, fundamental para a sobrevivência da humanidade.

Mesmo o planeta sendo coberto por água, somente uma pequena parcela está disponível para uso. Vivemos uma crise hídrica e devemos o quanto antes valorizar e cuidar deste recurso tão importante para a vida em nosso planeta.



6. Controle de qualidade analítica em amostras ambientais, limites de detecção e quantificação e análises de valores máximos aceitáveis.

Os ânions mais estudados em amostras ambientais são os fosfatos (PO_4^{3-}), nitratos (NO_3^-) e fluoretos (F^-).

No controle das amostras ambientais, a cromatografia iônica é utilizada para detectar os índices estabelecidos por lei, verificando a conformidade.

Os equipamentos a serem utilizados devem ser calibrados e amostras padrões podem ser necessárias para comparação.

O biomonitoramento com o uso de bioindicadores, podem indicar a presença ou alteração de poluentes sendo importantes na detecção dos mesmos e nas amostras como indicadores.

Os valores quantificados são analisados seguindo orientações prescritas nas normas. Para cada poluente critérios específicos devem ser analisados e de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas.

A natureza da amostra influenciara' no métodos e no controle a serem aplicados



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 2

No. fl.

1

Tópico 1

Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade da água e biodiversidade de ambientes aquáticos

Ao longo dos últimos décadas os ecossistemas vêm sendo impactados diretamente pelas ações humanas. Essas ações refletem diretamente em cenários de aumento de temperatura e modificações do ciclo hidrológico. Essas são as duas consequências principais que definem o panorama das mudanças climáticas.

Segundo o relatório de avaliação de 2022 (AR6) do IPCC, nos próximos anos a população sentirá efeitos dessas mudanças em pelo menos uma vez ao longo de sua vida.

O ciclo hidrológico é afetado, por exemplo, por mudanças a nível global como as alterações na corrente de Walker (combinação de movimentos de massas de ar e correntes marinhas) que podem ser movidas pelo aquecimento das águas do pacífico, o El Niño (ou ENSO)

Em consequência dessas alterações os regimes de precipitação são alterados marcando eventos extremos e prolongados de chuvas ou secas. Segundo o relatório, até 2019 45% dos desastres naturais foram proporcionados por eventos de ~~precipitação~~ inundações enquanto 71% por secas meteorológicas.

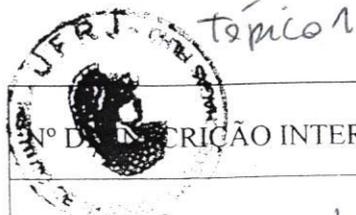


A extensão desses eventos podem ter proporções inestimáveis quanto a qualidade da água e biodiversidade, afetando os acentos do ter-
-restre.

Além dos impactos imediatos, com o soterramento, os efeitos intensos e imundações podem provocar um aumento no escoamento superficial de regiões com atividades agrícolas, & ~~região~~ extravasamento de sistemas coletivos de esgotamento sanitário, que é afetado em regiões onde a cobertura de saneamento é precária.

A lixiviação de produtos agrícolas podem acarretar no transporte de contaminantes, dentre pesticidas e metais tóxicos, para o corpo d'água mais próximo e localizado na bacia de drenagem de região, além como acarretar no enriquecimento de nutrientes (P e N), favorecendo o processo de eutrofização, comprometendo a qualidade da água para a biota.

Além disso, eventos de seca meteorológica e hidrológica podem influenciar no diminuição do fator de diluição de muitos ambientes aquáticos em consequência de diminuição do volume de água. Nos eventos de seca ocorridos entre 2014 e 2016 na região Sudeste do Brasil, os níveis de reservatório de água para abastecimento reduziram até o chamado "volume morto", regiões profundas ricas em matéria orgânica e com péssima qualidade que podem conter diferentes tipos de contaminantes acumulados no sedimento. Com a captação de água afetada a movimentação hidráulica e a influência de fatores como pH, aeragem e desbalanceamento redox, muitos contaminantes podem ser resolubilizados para o volume d'água.



Favor não escrever no verso

No. fl.

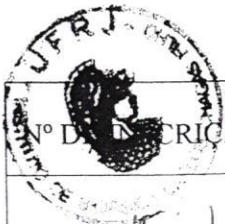
4

nesses camadas, quando quedas de hipóxia. Isso a potencializado ~~o~~ com a decomposição da biomassa de cianobactérias por microrganismos heterotróficos e o estabelecimento de heterotrofia em detrimento de produtividade primária ~~de~~ caracter em eventos de depleção total de oxigênio, resultando em fenômenos de mortandade de peixes, por exemplo.

Além disso, as cianobactérias podem produzir metabólitos tóxicos para diferentes organismos inclusive os seres humanos. Essas toxinas (cianotoxinas) podem ser classificadas como hepatotóxicas, neurotóxicas e citotóxicas. Alguns exemplos são as microcistinas e saxitoxinas. A presença dessas toxinas ~~se~~ configura numa ameaça global tanto a níveis de exposição crônica quanto aguda uma vez que o tratamento convencional de água é insuficiente para removê-las.

Se estendendo aos efeitos de impactos na biodiversidade, o relatório gerado pela conferência The Global Wetland Outlook em 2018 trouxe dados de 35% de perda de cobertura de terras alagadas até o ano de 2015 em diferentes partes do mundo. Isso ~~se~~ ^{forma} preocupante já que os wetlands se configuram como um importante habitat para diferentes espécies.

Segundo o AR6, um dos maiores impactos mencionados pelas mudanças climáticas será sentido pelas regiões de corais, muito sensíveis ao aumento de temperatura. Já foi registrado uma perda de cobertura no região do Pacífico conhecida como Triângulo dos Corais mesmo diante do cenário de menor aumento de temperatura, anteriormente previsto pelo IPCC, mas já registrado em algumas regiões (0,5°C) (McManus et al 2020).



Tópico 1

Favor não escrever no verso

Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 2

No. fl.

5

Além, a presença de anoxia nas regiões de fundo das ecossistemas aquáticos, em especial os lacustres, podem favorecer a atividade de metanotrófia, o que contribui para a emissão desse gás de efeito estufa considerado uma das principais causas do aumento de temperatura.

Diante de todo esse caso que ainda pode ser potencializado, é de extrema importância contar com estratégias que protejam espécies ameaçadas bem como melhorar a qualidade de água, de modo a assegurar a segurança hídrica e manutenção da vida no terra.



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA:

2

Tópico 3

Escassez de água: contaminação, poluição, tratamento, reúso e bioremediação

No longo do século XXI um dos principais desafios que a população humana enfrentará é relacionado à distribuição de água de qualidade. A grande preocupação é a garantia da segurança hídrica, um conceito que estabelece o fornecimento de água de qualidade proporcional a toda população para garantir sua subsistência de consumo e atividades econômicas, garantindo um bem-estar social e políticos de paz. No entanto, a crise hídrica é uma ameaça real quanto a escassez de água, perda de qualidade e distribuição desigual para a população.

Os registros de crise hídrica contemplam eventos desde o antigo Egito (região de Anfor) onde a diminuição do nível do mar acarretou na redução de volume do rio Nilo, ~~afetando~~ afetando a colheita e consequentemente a organização da sociedade. Atualmente, registros de crise hídrica e consequente escassez de água tem sido observados em decorrência dos eventos de mudanças climáticas representados pelas mudanças nos regimes de precipitação, afetando diretamente a distribuição para produção de alimentos (agricultura) e consumo humano.

Nos eventos de seca meteorológica evidenciados na região Sudeste do Brasil entre 2014-2016 foi possível evidenciar uma ineficiência das estações de tratamento de água na distribuição. A redução do volume de água em reservatórios pode contribuir para a diminuição de



2 Tópico 3

fator de diluição e consequentemente o aumento da concentração de contaminantes presentes na região de fundo, acumulados no sedimento. Alguns fatores físico-químicos, principalmente mudança de pH e potencial redox, podem favorecer a mobilização para a água.

Esse cenário pode contribuir também para o aumento de concentrações de nutrientes, especialmente o fósforo que é mantido estocado no sedimento de fundo. Com isso, a eutrofização é potencializada e a dominância de cianobactérias pode ser registrada na comunidade do fitoplâncton, influenciando diretamente para o pioramento da qualidade de água e contaminação devido a capacidade desses microrganismos produzirem substâncias tóxicas, as cianotoxinas. Atualmente, a eutrofização tem sido associada a poluição principalmente nas áreas urbanas devido a liberação de efluentes domésticos e industriais.

Uma das grandes preocupações a esses eventos de aumento de contaminantes e tóxicos se dá pelo baixo cobertura de saneamento básico e ineficiência do tratamento de água convencional em remover essas substâncias. Esse fato é agravado em países em desenvolvimento como o Brasil.

O tratamento de água convencional se baseia no sistema de transpêndia de fases constituído pelos etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração, principalmente, em que nenhuma é capaz de remover esses possíveis contaminantes.

Assim, torna-se urgente o desenvolvimento de estratégias capazes de solucionar tal problemática, aliadas a capacidade de aumentar a penetração de água no solo, etapa fundamental em cenários de consequência



2

Tópico 3

a escassez hídrica para manter o solo saudável para atividades agrícolas. - as Estratégias sustentáveis que promovem serviços ecossistêmicos se configuram em boas alternativas para melhorar esse cenário, como por exemplo a recuperação de mata ciliar e a implementação de macrofitas. Além da capacidade de retenção de água, as macrofitas podem auxiliar a partir da biorremediação (fitoremediação) uma vez que funcionam como filtros biológicos para a remoção de nutrientes e diferentes tipos de contaminantes orgânicos e inorgânicos. A geração de resíduos resultante do bioinsumo pode ser aplicada como biofertilizantes para a recuperação de solos degradados e reflorestamento, bem como combustível biológico (biocombustível) para geração de energia limpa.

Uma das principais preocupações quanto a escassez hídrica é o desperdício de água. Segundo a OECD, cerca de 80% da água captada para abastecimento é ~~desperdiçada~~ descartada em efluentes domésticos, agrícolas e industriais, que não recebem o devido tratamento pelo saneamento básico e esgotamento sanitário, e acabam retornando para os ambientes aquáticos que são reservatórios para captação e distribuição para consumo humano. **Tal** fato se configura em um exemplo de recurso incluído não planejado.

Segundo a FAO, mais de metade do abastecimento de água se destina a atividades agrícolas, onde cerca de 60% são perdidos durante a irrigação. Diante desse cenário de desperdício ~~de~~ a adoção de medidas de recurso planejado são fundamentais. O recurso planejado consiste na utilização de água residual para fins relacionados a



2

Tópico 3

outras atividades que não ~~podem~~ são envolvidos com o consumo direto para higiene ou ingestão. Alguns medidas ~~podem~~ podem ser adotadas no dia-a-dia como o interceptação de água de chuva. Além disso, no cenário de aquicultura, parte da água utilizada para irrigação podem retornar para sistemas de geração de energia sustentável, como o hidrogênio verde.

A realidade do reúso em prática ainda não chegou de forma sólida aqui no Brasil, embora haja um projeto de lei na Câmara dos deputados (PL 2415/2020) para tornar obrigatória a utilização de métodos de reúso de água em empreendimentos imobiliários novos.

No entanto, uma realidade do Brasil uma grande preocupação é a péssima qualidade de águas residuárias devido a baixa cobertura de saneamento e ineficiência do tratamento de esgoto para formar uma prática de reúso menos prejudicial. Segundo o relatório do SANEIS de 2021 apenas 59,4% da população possui atendimento de esgoto sanitário, onde ~ 70% conta com tratamento básico; porém que não conta com etapas fundamentais a redução de nutrientes e patógenos, por exemplo.

De modo, diante do cenário de escassez de água e suas consequências, é extremamente importante o desenvolvimento e otimização de estratégias sustentáveis que contemplem uma maior retenção ~~de~~ hídrica, a remediação de poluentes bem como o aproveitamento de águas residuárias para a prática de reúso.



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 2

Tópico 6

Controle de qualidade analítica em amostras ambientais: limites de detecção e quantificação e análise de valores máximos aceitáveis

Estudos e programas de biomonitoramento são fundamentais para compreender os efeitos de contaminantes e interações com a biota bem como sua dinâmica nos compartimentos ambientais (ar, solo, água, sedimentos, por exemplo). Para tal é importante determinar a presença dessas substâncias através de análises que podem ser qualitativas, semi-quantitativas e quantitativas. As análises qualitativas se baseiam na ~~na~~ detecção de presença ou ausência que pode ser medida por testes rápidos e biosensores específicos para tal. As análises semi-quantitativas se baseiam em intervalos de valores numéricos, mas que não coincidem com a real concentração no ambiente (muitas vezes realizados por testes colorimétricos, por exemplo). E as análises quantitativas, que buscam determinar com a maior precisão as concentrações de substâncias presentes nos respectivos amostras. Aqui serão abordados etapas referentes a análises quantitativas.

Os procedimentos de análise podem ser realizados *in situ* (através de testes imediatos) ou necessitam de aparatos especiais em laboratórios.

Todo processo de garantia do controle de qualidade analítica se inicia antes das respectivas análises, e parte de etapas ^{como} obtenção (coleta) das amostras, ~~transporte~~ transporte, conservação e processamento, por exemplo.

A coleta de amostra deve ser realizada de modo apropriado conforme o



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 2 *teóricos*

objetivo do estudo, evitando ao máximo a possibilidade de vírus ambientais e interferências de compartimentos. Muitos amostras podem ser conservadas com conservantes específicos em operes transportados sob refrigerações (gelo e isopor).

No laboratório, essas amostras precisam ser processadas de acordo com as características do material e natureza química das substâncias de interesse que serão determinados (analitos). Por exemplo, ~~substâncias~~ ^{em} amostras de água cujo substância de interesse seja hidrofílica, etapas de filtração são essenciais para remover particulados em suspensão. No entanto, substâncias de caráter mais hidrofóbico precisam passar por etapas de extração das amostras de particulado, solo, sedimento e tecidos biológicos, por exemplo.

Na avaliação de contaminantes atmosféricos, amostras de ar são filtradas por filtros presentes em amostradores passivos, por exemplo, para obter partículas aerias. Nesse tipo de avaliação também se faz necessário etapas de extração conforme natureza química da substância.

Extrações por métodos físicos (ultrassom) ou químicos são cruciais para a qualidade do procedimento analítico ~~em~~ ^{em} todo e podem ser otimizados para a finalidade de alcançar a maior eficiência de recuperação do analito na respectiva matriz ambiental, tornando-o disponível para os etapas seguintes através de detectores e maquinários analíticos apropriados. Como exemplo de extração química, é possível citar a utilização de solventes mistos como metanol-butanol-água (em proporções específicas) para recuperação de microcistinas (toxina de cianobactérias) em amostras de particulado em ~~em~~ suspensões no água, devido a característica anfipática da molécula. Enquanto substâncias hidrofóbicas precisam exclusivamente de solventes orgânicos

como no caso de recuperação do DDT em solos a partir de acetona e hexano. Ao longo do meu mestrado pude otimizar técnicas de extração química para recuperar microcistinas de sedimentos da lagoa de Jacarapaguá (RJ).



2 tópicos 6

A qualidade das análises ambientais passa pela segurança ~~dos~~ etapas de ~~mesmo~~ tanto para o operador quanto para as amostras, evitando ao máximo a contaminação de ambas.

Após as etapas de processamento para disponibilidade do analito, diferentes métodos analíticos podem ser utilizados para a determinação e quantificação, que podem variar de simples espectrômetros e espectrofotômetros até sistemas de separação mais sofisticados e determinação de massa/carga. Sistemas de HPLC e UPLC são convencionalmente usados para amostras líquidas (tanto as de campo com produtos de extração química ~~passim~~ como cromatografia gasosa (GC) pode ser utilizado para substâncias hidrofóbicas e voláteis (após processamento). Diferentes sistemas de detecção são acoplados como UV-vis, DUV, campo de diodos e detector de plasma induzido. A espectrometria de massas é fundamental para quantificação através da determinação da relação massa/carga das substâncias e podem ser acoplados a sistemas de HPLC, UPLC e GC. Diferentes detectores são utilizados com qTOF e quadrupolo, por exemplo, e podem variar de acordo com a natureza da amostra para garantir maior eficiência e resolução de análise, considerando ~~o~~ a sensibilidade e especificidade.

No respectivo procedimento analítico para determinação e quantificação de uma amostra, diferentes formas de controle podem auxiliar e garantir a máxima qualidade, a partir de procedimentos de planejamento do tipo QALAC (do inglês, quality assurance e quality control). O primeiro está relacionado ao gerenciamento e detalhamento dos procedimentos; enquanto o segundo visa a implementação de técnicas específicas para potencializar o método de análise.



Nº DE REGISTRO INTERNA:

2

Tópico C

A qualidade dos métodos de análise passa por critérios de exatidão (recuperação do analito de acordo com ~~os~~ estimados por um padrão de referência), precisão (garantia de reprodutibilidade das análises com pouca dispersão/variação entre as réplicas) e acuidade (combinação de ambos), em relação a determinação do analito.

A determinação e quantificação do analito se baseia em uma equação obtida pela regressão linear de diferentes concentrações (de preferência em ordem decrescente de análise) do padrão de referência, também chamado curva de calibração. Para o estabelecimento dessa curva alguns pontos e controles são essenciais para garantir a maior confiabilidade da análise. O branco é um controle de análise que consiste no matriz e solvente principal a qual a amostra está inserida, porém sem a presença do respectivo analito. O sinal de detecção deve ser muito baixo, ou quase nulo (dependendo do método), servindo como base de "ruído" do equipamento. O branco também serve como um controle interno negativo para confirmar que não há contaminação entre as amostras em análise.

Para garantir a sensibilidade e capacidade de detecção, atribuídas a confiabilidade de quantificação, alguns pontos devem ser utilizados, dentro de uma curva de calibração analítica, como o limite de quantificação (LQ) e limite de detecção (LD). O limite de detecção estabelece a capacidade no método de identificar e detectar o analito a partir de um sinal base superior ao branco. É dividido entre limite de detecção do equipamento (LDE) que se define como um ponto de detecção de 3 a 5 vezes superior ao ruído ou sinal; e o limite de detecção do método (LDM) que



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 2 tópicos

assegura com 95 a 99% de confiança que o sinal estabelecido é referente a uma concentração acima de zero. O limite de quantificação é o ponto base de qualquer método e curva de calibração que assegure a capacidade de determinação do analito com confiabilidade assegurada. Ele geralmente se baseia em sinais que variam de 5, 6, a 10 desvios padrões do limite de ~~detecção~~ detecção.

Outros aspectos relevantes de um procedimento analítico é a adição de controles negativos (além do branco) e controles positivos internos que consistem de uma amostra "fortificada" com uma concentração conhecida do analito ("spike"), preferencialmente na mesma matriz de amostra analisada e também dissolvido no solvente veículo de análise. Uma outra técnica é a adição de "surrogats" que consistem em substâncias sintéticas distintas do analito em destaque (como pequenos peptídeos e substâncias deuteradas) em pequenas concentrações para garantir a capacidade de especificidade do equipamento. A adição de controles negativos na matriz de análise são importantes para descartar a influência deste na capacidade de detecção do sinal referente ao analito, também conhecido como efeito matriz.

Toda análise precisa de réplicas (dentro analíticas e biológicas) que assegurem a precisão e reprodutibilidade do método. É estipulado que o variando entre as réplicas analíticas não deve exceder um RSD (desvio padrão relativo) de 20%.

A análise de quantificação de contaminantes ambientais é fundamental para entender a dinâmica do ambiente e interação com a biota. O conhecimento acerca dos efeitos pode ter como base testes de toxicidade que



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA:

2

tópico 6

determinar uma relação de dose-resposta de contaminantes ou amostras ambientais previamente determinadas. Esses testes podem definir efeitos agudos e crônicos conforme o objetivo pré-determinados, que estipulam limites máximos aceitáveis ~~representados~~ para exposições humanas, regulamentadas por órgãos específicos.

Em uma curva dose-resposta para efeitos adversos crônicos não definidos concentrações máximas de efeito adverso não observado, CENO (ou NOAEL, do inglês) e com a finalidade de garantir uma maior segurança e precaução desses valores (já que esses concentrações variam de acordo com as espécies testadas), fatores de incerteza são ~~atribuídos~~ atribuídos e que refletem por exemplo a variabilidade intraspecífica e interespecífica a qual esse valor pode ser extrapolado para o homem. Assim, a dose referência é estabelecida a partir da relação entre NOAEL e os fatores de incerteza (geralmente admite-se 10 para cada valor).

A partir da dose referência estabelecem-se limites de exposição aceitáveis que variam conforme a via de exposição (oral, inalatória, por exemplo). Esses limites são conhecidos como VMP ou TDI (do inglês tolerable daily intake) e, partindo de uma exposição via oral através da ingestão de água por exemplo, podem ser obtidos pelo produto da dose referência pelo massa corpórea (geralmente considera-se média de 60 kg) e o fator de diluição do contaminante (presença do contaminante no respectivo compartimento; a OMS estabelece de 10-20% para água), que são divididos pela exposição média diária (por exemplo, uma pessoa ingerir 2L de água por dia).

Para fins de precaução a exposição frente os diferentes tipos de contaminantes, a OMS estabeleceu níveis de vigilância que relacionam



a quantificação de contaminante em amostras ambientais e os valores máximos permitidos ^(VMP). O nível de alerta é definido quando a determinação da amostra está acima do l.d. porém abaixo do l.g. e VMP. O nível de perigo estabelece a amostra já quantificada acima do l.g. porém abaixo do VMP. E o nível de emergência é estabelecido quando o contaminante está acima de todos os limites citados.

Desse forma, ficou clara a importância de otimização de métodos analíticos para garantir a maior qualidade de análise diante de um cenário de contaminação ambiental, uma vez que podem se correlacionar com limites de exposição aceitável e, consequentemente, práticas de vigilância para o saúde humana.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD - 001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 3

No. fl.

5

TEMA 3 - ESCASSEZ DE ÁGUA: CONTAMINAÇÃO, POLUIÇÃO, MANEJO, REUSO E BIOTECNOLOGIA

O Planeta TERRA é recoberto de água, no entanto, apenas 0,02% da água do planeta está nos oceanos, ou seja, água salgada e portanto não potável. Pouco percento da água do planeta estão nos rios, riachos, lagos e águas subterrâneas e que podem ser usados para o consumo humano; por isso é grande preocupação global com o uso consciente da água e as "ODS" objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU (2015) falam sobre a importância da água, vida na água e etc. No entanto grande parte dos corpos hídricos de água doce vem sofrendo com uma contaminação descontrolada, além da remoção de mata ciliar dos rios e a grande urbanização no entorno dos corpos d'água, seu saneamento tem afetado os corpos hídricos de forma avassaladora e irreversível em certas situações. Embora menos de 0,006% de toda água do planeta esteja concentrada nos rios mais de 42% de toda



INSCRIÇÃO: 3

Favor não escrever no verso

No. fl.

2

Biodiversidade é dulcícola e esses organismos tem sido afetados por diversos xenobióticos e poluentes que são introduzidos continuamente no mercado.

Dentre os contaminantes podemos destacar: 2 poluição por efluentes domésticos trazendo grandes quantidades de matéria orgânica, nutrientes que podem causar eutrofização e HAB's, desreguladores endócrinos, fármacos, surfactantes, cocaína, psicotróficos, microplásticos (Albani et al., 2022; Cesar-Ribeiro et al., 2022), bem como patógenos como: Escherichia coli, Salmonella; Vibrio cholerae, entre outros, os POPs (poluentes orgânicos persistentes) como os zootóxicos DDT, DDE, entre outros; as bifenílicas Policloradas (PCB's), os anti-inflamatórios (TBT) tributílo estanho, entre outros causadores de desregulação endócrina, a imperosa e intersex em Gastropodes Strombites brasiliensis; Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) causadores de diversas (~~substâncias~~) alterações genéticas e carcinogênicas (Brego et al., 2008); fitoplâncton contido por seu potencial tóxico e teratogênico metais pesados provenientes de atividades industriais e mineração, com alta capacidade de bioacumulação e biomagnificação nas teias tróficas.



(Góes et al., 2017), entre outros, com isso muitos dos corpos hídricos globais de água doce estão contaminados e poluídos o que dificulta no processo de tratamento dos efluentes domésticos e industriais tornando-os cada vez mais caros e demorados.

Os processos de tratamento de efluentes domésticos envolvem filtração com grades (mecânica/física) para reter grandes matérias, sedimentação para que sejam descartados os contaminantes e o lodo comum seja descartado propriamente (processo físico) e o processo de ~~este~~ desinfecção que consiste em utilizar compostos químicos para matar organismos patogênicos como: cloração, ozonização, UV, sais de alumínio e etc.

Já no processo de tratamento de efluentes industriais diversos processos químicos e biológicos são realizados com o intuito de reduzir os contaminantes a concentrações menores que as legislações Nacionais (CONAMA 357/05) ~~(CETA)~~ e Internacionais USEPA (1992) e outros órgãos como o Environment Canada e Guias de Linhas Europeias, dentre os processos podemos destacar a volatilização, oxidação, e evaporação usada para metais, e o uso de bactérias e fungos capazes de biodegradar tais compostos.



transformando-os não há disponíveis ou não laborais.

No entanto quanto mais contaminado o efluente mais difícil seu tratamento por reuso da água; por isso a importância do saneamento básico para que todos os seres humanos tenham acesso a água potável. Outra forma de reutilização da água é o processo de dessalinização, no entanto é um processo extremamente custoso e muitas vezes inviável, porém diversos estudos biotecnológicos vem sendo desenvolvidos com o intuito de bioremediar as águas poluídas e contaminadas, através de bactérias, fungos e plantas que conseguem metabolizar tais contaminantes deixando-os em formas menos tóxicas e não laborais, fazendo parte de sua biomassa. Existem bactérias que decompõem HPA's e são ~~para~~ utilizadas em acidentes de derramamento de óleo; existem fungos que metabolizam metais pesados com a espécie Aspergillus niger, e diversas plantas que vem sendo usadas para bioremediação como as bromélias, por exemplo. No entanto há uma problemática no que ~~se refere~~ diz respeito a quantidade de biomassa de espécies bioremediadoras precisa para bioremediar a quantidade de efluente necessário, e qual o destino do descarte desse material; que muitas vezes acaba sendo a incineração



Portanto a água é um bem essencial e de extrema importância para todas as formas de vida, sendo que cerca de 26% dos organismos vertebrados dependem de água doce e por esse motivo o seu uso consciente se torna necessário e o controle das descargas de contaminantes e poluentes se torna urgente para evitar mais poluídos esses corpos hídricos. Demora-se mais para ser recuperados e de forma muito custosa, e que essa contaminação pode gerar além dos problemas de letargias nos ecossistemas, problemas graves da (S.S.) Saúde Pública, com a proliferação de doenças e mortalidade.

Vendo trabalhando com a contaminação da água e sedimento de rios de matas, bioacumulação de metais em bivalves, biomarcadores bioquímicos (AChE, GPX, GST, GSH, metalotioneínas) e moleculares (danos do DNA e LPO) e verificando como esse corpo hídrico tem se recuperado. Também tem sido utilizado em pesquisas recentes a concentração de metais e detergentes no sedimento como proxy de contaminação antropica e com a utilização de duplas células tóxicas formadoras de HAB's e processos de eutrofização.



TEMA 6: Controle de Qualidade Analítica Em Amostras Ambientais, limites de detecção e quantificação e análises de valores máximos aceitáveis

Para que se tenha um controle de qualidade analítico em amostras é importante que sejam realizados diversos procedimentos para que sua análise tenha precisão e veracidade. Todo processo começa com a escolha adequada do método analítico a qual será utilizado; bem como a matriz de análise que serão feitas as análises, como água, sedimento, ou tecidos. A escolha do método, associado ao treinamento do pessoal qualificado, bem como a calibração dos equipamentos, amostragem adequada e eficiente, uso de materiais com alta precisão e reagentes com alto grau de pureza fazem com que sua análise seja confiável dentro dos limites de detecção e quantificação do método escolhido.

Hoje em dia diversos laboratórios tem buscado a certificação ISO 17025 que trata de Garantia e controle de qualidade laboratorial e dentre os procedimentos para conseguir tal certificação estão o cumprimento dos POPs - procedimentos operacionais padrão que foram previamente estabelecidos no laboratório para que as análises sejam feitas de mesma forma e portanto te-



NTAM repetibilidade e comparabilidade.

Com isso pra descrever como manter e garantir o controle de qualidade analítico em amostras ambientais, expressarei os principais procedimentos que devem ser seguidos:

- Primeiramente a escolha da vidraria e equipamentos para o laboratório, balanças de precisão analítica de no mínimo $0,1 \text{ mg}$, vidrarias que tenham muitas suas características e marcações, equipamentos sempre aferidos e calibrados de mesmo polo fabricante com a periodicidade estabelecida no manual, reagentes que tenham o maior grau de pureza possível para que interferências sejam reduzidas.

- O controle das datas de validade, armazenamento e estoque de reagentes deve ser feito em laboratório que reutilizam soluções preparadas e identificadas, que as mesmas sejam conservadas em frascos próprios, fechados hermeticamente e a cada ano sua validade seja controlada.

- Preparo de soluções, coleta de amostras e manuseio das mesmas devem seguir rígidos procedimentos de segurança; lendo a FISPQ dos produtos, usando os EPI's necessários como: luvas adequadas, óculos, botas de segurança, (capota), (barreira de vidro) bem como



EPC's Equipamentos de proteção coletiva como ozepele, quando necessário cuidados com uso do bairto do gelo ou bairto maniz pra a dissoluçõ zde cozida do produto, ou dispersõ mecânica/coloidal com sãica dor, seguindo os POP's pra cada análise.

- TREINAMENTO e controle de qualidade das equipes constantes pra manter e verificar se todos os fao traba itando seguindo os procedimentos e as regras de segurança.

- Lavar com a solução zde cozidas das vidraris; espe cificas pra cada análise eua sãica feita; sãica pelo uso de ácidos: nítricos 10%, Clorídricos 10% ou mesmo Hipoclorito de sãico; lavar com água corrente, água destilada, destonizada ou mesmo a Milli-Q pra que qualquer resíduo sãica eliminado e rodar as interferências.

- Escolha dos equipamentos e frascas de coleta, pra cada matiz sãica ab: água - Garafas de Vzu Dorn, etc; sedimento - Vzu Vozu, Petit Pour, etc ou tecidos zvinuais; e pra cada análise eua sãica feita - frascos que NãO tragam contami nãica no seu processo de fabricação pra as análises, bem como seu armazenamento conforme o procedimento, seja por ^{Refrigeração} ~~refrigeração~~ congelamento



e entre outros.

Durante a coleta tentar por uma seguir zelar por todos os dados de amostra de forma que esse identificação não se perca e o estado de conservação de amostra esteja dentro dos procedimentos estabelecidos.

Uma cadeia de custódia de amostra deve ser seguida por sua ID, origem, validade, conservação e etc não sejam perdidos. Obs.: amostras de água que serão conservadas tentar por não onchar muito os frascos, pois pode estourar e extrair e perder a amostra no conservação.

Uma vez a amostra coletada e dentro dos padrões, vidrarias lavadas, equipamentos calibrados e equipe treinada a análise pode ser feita. Isso vai garantir um maior controle de qualidade. A presença de um coordenador/garante/responsável pela qualidade por verificar possíveis erros sistêmicos auxilia na qualidade analítica.

Análises interlaboratoriais, embora ~~raras~~ ^{RARAS} são altamente recomendadas, pois podem auxiliar na verificação da precisão das análises.

Quando a amostra for analisada deve-se ter em mente a necessidade de se conhecer os limites de



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 3

do limite de detecção que é o valor medido por uma determinada análise que tem a probabilidade de declarar falsamente a ausência do elemento (β), ou declarar falsamente a presença do elemento (α), que tem a ver com o $CC\beta$ - que é a capacidade de detecção e o $CC\alpha$ que é o limite de decisão que podem ser calculados quando rodamos as amostras juntamente com as ACs (amostras de controle de qualidade (amostras de matriz branca e de matriz fortificada), além do limite de quantificação do método que não mais é do que o limite (~~de~~) da concentração ou teor que um ~~elemento~~ analito pode ser quantificado; bem como dos valores máximos aceitáveis que devem ser determinados pelos curvas de calibração do método.

Portanto, quando a amostra for rodada ou lida nos equipamentos como: espectrofotômetro, espectrometro de absorção atômica a chama (FAAS); ICP-MS, ICP-OES, forno de grafite, GC-MS, HPLC, HPLC-MS, entre outros deve se conhecer os limites de detecção (LD), limites de quantificação (LQ), valores máximos aceitáveis, possíveis interferentes e como minimizá-los; deve se verificar a taxa de recuperação dos analitos e cada um segue uma regra; deve-se sempre realizar no mínimo 3 réplicas de cada análise



para que se encontrem possíveis outliers; deve-se fazer junto com a amostra uma análise do branco, análises dos ACAs, (F) e uma curva de calibração com no mínimo 5 pontos (incluindo o 0-zero); deve-se também avaliar a reprodutibilidade dos resultados reduzindo o coeficiente de variação (CV%) =

$$CV(\%) = \frac{DP}{\bar{X}} \cdot 100$$

onde DP é o desvio padrão, \bar{X} é a média.

Segundo a certível a reprodutibilidade para amostras entre 100 g/kg a 1 kg/kg de 2% de CV e para amostras com < 1 µg/kg de 35% de CV. Ou seja quanto menor a concentração maior a variação e a redução de reprodutibilidade.

Após verificar se há reprodutibilidade e se a taxa de recuperação do método está dentro dos padrões a verificação dos valores máximos aceitáveis pode ser feita pelas curvas de calibração.

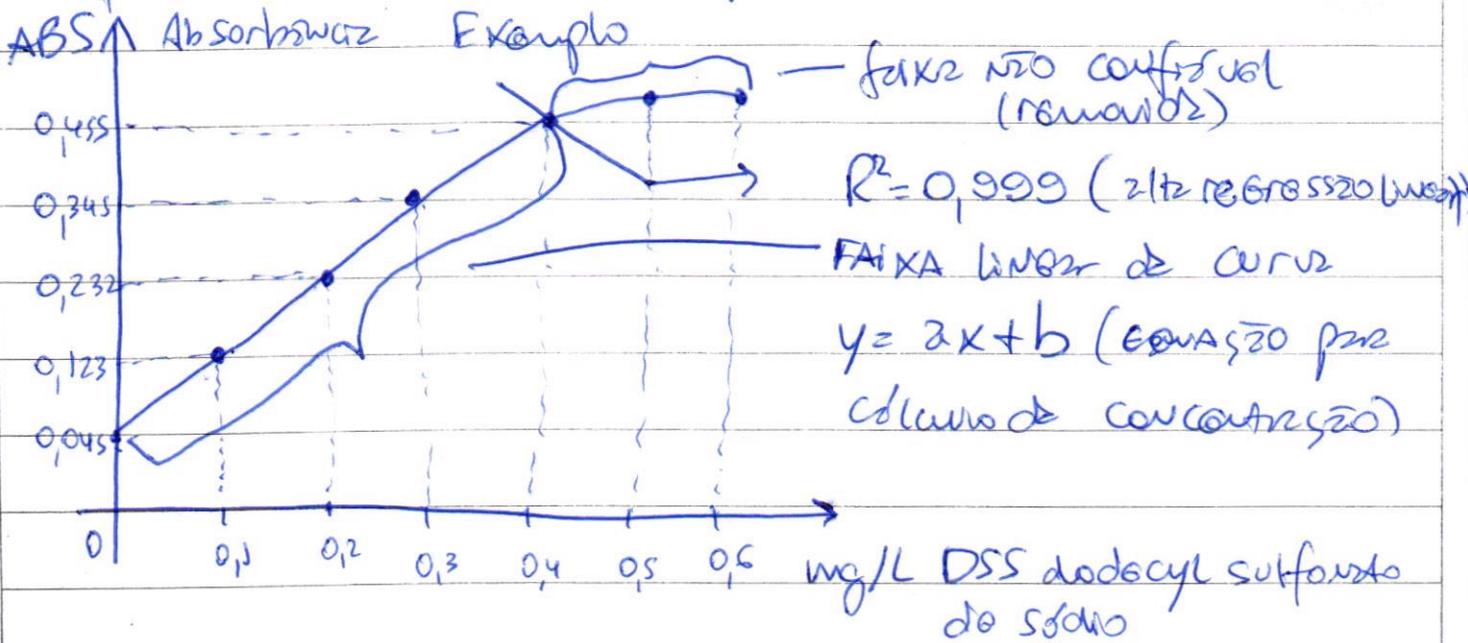
A seguir dárei um exemplo de curva de calibração de análise de detergentes no sedimento por espectro fotométrica, análise do MBAS - methyl blue active species; através das espécies reativas ao azul de metileno.

No procedimento descrito por ABGSSA (2002) o sedimento ~~é~~ passa pelo processo de extração, filtração



° DE INSCRIÇÃO INTERNA: 3

é adicionado o resíduo de coloração azul de metileno que tem afinidade pelos surfactantes, posteriormente é adicionado o cloroformo e os surfactantes com cor azul se ligam ao cloroformo e são lidos no espectrofotômetro (da) no comprimento de onda de 665nm



Nesse exemplo podemos ver no eixo X a concentração do detergente na água (fração solúvel) e no Y a absorvância no espectro por o comprimento de onda ideal. Com o cálculo de equação da reta temos $y = ax + b$ onde b é o ponto de interseção do eixo Y e a o ângulo de inclinação, essa equação auxiliará no cálculo das concentrações nas amostras. O R^2 ou regressão linear é calculado para saber se as (curvas) absorvâncias é correlacionadas a concentração e a mesma deve ser maior que ~~(0,998)~~ 0,998, mas isso



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 3

depende do método escolhido; a porção curva do gráfico mostra quando o método saturou, ou seja, a concentração é maior do que o limite de análise linear e (~~portanto~~) portanto a partir da concentração que a reta começa a curvar não se pode utilizar para o cálculo da concentração. Se sua amostra estiver nessa faixa de concentração é recomendado diluí-la, ou utilizar uma cubeta de caminho óptico maior e fazer outra curva. Se sua amostra estiver abaixo do LA recomenda-se usar uma cubeta de caminho óptico maior, a fim de alcançar mais 25 amostras.

Sendo assim para controle da qualidade analítica de amostras ambientais é necessário que se empreguem diversos procedimentos como descritos anteriormente, somente assim é possível garantir uma maior precisão e veracidade dos resultados.

Em pesquisas recentes foram desenvolvidas análises de arsênio, nitrito, nitrato, fósforo, silicato na água por estudos oceanográficos em espectrofotometria; análises de metais na água e sedimento de água doce do ambiente ambiental do Marajó em 2015 por utilizar (SS) a lâmpada de níquel por mais de 105 corpos líquidos, utilizando FAAS, forno de grafite e TPOES



EXERCÍCIO INTERNA: 3

TEMAS - Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade da água e Biodiversidade de ambientes aquáticos

Um dos ODS - objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU trata especificamente das mudanças climáticas globais, isso se deve pela grande preocupação com os efeitos deletérios à biota e danosos à qualidade da água causados por essas mudanças.

Muito se ouve nos mídias sobre a questão do buraco na camada de ozônio, provocado por liberação de gases como CFC (cloro fluór carbono) e sobre o aquecimento global provocado pela liberação de gases do efeito estufa o que tem causado aumento da temperatura global com estimativas que em 2100 a temperatura será de $1,1$ a $6,4^{\circ}\text{C}$ (Meehl et al., 2007). No entanto ainda são poucas as atitudes globais para minimizar esse efeito; uma vez que desde a revolução industrial e a crescente liberação de gases como dióxido de carbono, monóxido de carbono, entre outros pouco está sendo feito para seu controle e isso tem causado alterações drásticas na temperatura global, causando derretimento das geleiras, destruição de habitats polares, aumento de pragas, eutrofização e etc. tudo isso porque com o buraco na camada de ozônio os raios UV penetram com mais facilidade na Terra; e com os gases



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 3

do efeito estufa a temperatura aumenta e níveis precipitantes.

A entrada de CO_2 atmosférico por parte das indústrias, atividades agrícolas, veículos (carros, navios e aviões) tem causado alterações na atmosfera como o aumento de temperatura global, como os oceanos são os grandes reguladores do clima global por seu alto calor específico acaba aumentando sua temperatura, modificando a circulação termohalina global, esse aumento acaba podendo provocar possíveis causas alterações significativas, uma vez que a temperatura regula processos reprodutivos em espécies, atividades metabólicas, síntese proteica, ótimo fisiológico, modifica a solubilidade de gases e inclui o oxigênio e isso tem prejudicado a qualidade de vida e causado alterações na biodiversidade.

A entrada de CO_2 de fontes difusas também tem causado um maior estoque de carbono atmosférico pelos oceanos que transferem esse CO_2 (atm) em CO_2 (aq), que por sua vez se torna ácido carbônico (H_2CO_3), que embora possa se dissociar em HCO_3^- e CO_3^{2-} (bicarbonato e carbonato) e se tornar CaCO_3 carbonato de cálcio, o grande aumento do CO_2 tem prejudicado o sistema tampão de íons do mar reduzindo o pH e causando efeitos sobre



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 3

Organismos que utilizam do CaCO_3 para seus exoesqueletos ou conchas como bivalves, gastrópodos, plerópodos, corais e os coralíporídeos (Haptophyta) ~~corais~~ produtores primários importantes das regiões temperadas e polares.

O efeito sinérgico do aumento de temperatura mais a redução do pH tem causado sérios problemas com branqueamento de corais que são Cnidários (Anthozoa) associados a dinoflagelados (zooxantelas), com o ~~aumento~~ aumento de temperatura e a redução do pH, o coral se estressa fisiologicamente desfazendo essa associação simbiótica e expulsando as zooxantelas, causando o seu branqueamento e posterior morte.

Outros problemas do aumento de temperatura global em relação à biodiversidade tem sido reportados, recentemente foi publicado na Nature (revista de alto impacto) o efeito de temperatura global na taxa de proporção machos e fêmeas em tartarugas marinhas da espécie Dermochelys coriacea ou tartaruga de couro, que como os ovos em embriões são condicionados pela temperatura, o aumento de temperatura tem causado um desequilíbrio ~~na~~ na proporção machos x fêmeas, gerando um problema por a perpetuação da espécie.

O aumento acelerado de temperatura global também



interfere na atmosfera, aumentos de zonas de alta e baixa pressão, maior evapotranspiração, aumento de temperatura em áreas podendo causar processos de desertificação, ou aumentar a taxa pluviométrica causando enchentes e desastres ambientais.

O aumento de pluviosidade pode fazer com que contaminantes sejam carregados para o mar matando a qualidade de água em rios e águas subterrâneas por uso do tempo de percolação de contaminantes com agrotóxicos para o lençol freático (Carroll & Delsey, 2008). No entanto as enchentes aumentam os riscos de doenças transmitidas pela água como; cólera, diarreia, brucelose provocadas por microrganismos patogênicos e indicadores de efluentes domésticos. O aumento da temperatura e consequentemente de chuvas pode sobrecarregar os, destruindo comunidades ribeirinhas e causar problemas em estações de tratamento de esgotos que não tem capacidade de suporte.

O aumento de temperatura global vai permitir que árvores colonizem outras regiões e deixando o solo improdutivo/úmido em outras e com a modificação da vegetação mais contaminantes podem ir para os lençóis freáticos (Carroll & Delsey, 2008). Outro sério problema do aumento da temper-



Turba global e a aceleração dos processos de eutrofização, com as temperaturas mais elevadas organismos oportunistas com as cianobactérias e dinoflagelados produtores de dermatotoxinas, hepatotoxinas e neurotoxinas podem chegar a concentrações de 10^8 e 10^9 cel/ml causando as Harmful Algal Blooms (HAB's) ou florações de algas nocivas (FAN's do português), espécies como Microcystis, Dinophysis zammnitz, Alexandrium sp. são caracterizadas por formarem HAB's e formarem as suas toxinas por consumo, bato, alimentação dos peixes, bivalvos e crustáceos, prejudicando a pesca e a aquicultura e podendo gerar sérios problemas de saúde pública.

O aumento de temperatura aumenta a taxa metabólica bacteriana, o aumento e degradação de matéria orgânica em $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, NO_2 , NO_3 e PO_4 , nutrientes importantes para esses organismos oportunistas, (~~assim~~) assim como a redução da solubilidade do Oxigênio gerando um ambiente eutrofizado e anóxico prejudicando seriamente a existência dos peixes e sedimentos, causando mortandade de crustáceos e peixes (Esteves 1998).

Outro problema sério do aquecimento global é o derretimento dos geleiras, destruindo o habitat de



CRICÇÃO INTERNA: 3

Diversas espécies endêmicas como ursos polares, pinguins, focas, leões marinhos e etc. O aquecimento pode aumentar o nível do mar e prejudicar a zona costeira com a redução de habitats de ~~costa~~ costa e erosão. Além da alteração da salinidade de água causando alterações principalmente em estuários, manguezais e na zona costeira causando desregulação ~~os~~ os níveis em espécies estuarinas e costeiras.

Com isso podemos ver que a emissão de gases do efeito estufa podem ser diversos e a alteração de água e sedimentos, modificando temperatura, pH, salinidade, potencial redox, oxigênio dissolvido e sua saturação, modificando a toxicidade de contaminantes, causando eutrofização, HAB's, acidificação e derretimento de gelo de calotas polares; afetando a biodiversidade; ameaçando espécies e extinção, e as relações entre elas; causando efeitos de longo prazo na sobrevivência de corais e coraliófitas, reprodução de anfíbios e etc.

Recentemente temos estudado o efeito de poluentes emergentes - lixí-sticks, fitos solares, microplásticos e nano partículas em diferentes temperaturas para avaliar os efeitos sinérgicos da contaminação com o aquecimento global em testes ecotoxicológicos.



Condução dos 3 temas

Portanto as atividades antropicas tem causado certos problemas ambientais principalmente nos rios, lagos, lagoas, brejos e oceanos com a alteração das características abióticas como: Temperatura, pH, salinidade, oxigênio e etc, a introdução de uma infinidade de compostos químicos trazendo a necessidade de fiscalização das indústrias e o controle da qualidade analítico nos análises para que tenhamos uma real noção do nível de contaminação dos corpos d'água e que reduzamos também o uso de combustíveis fósseis que geram gases de efeito ~~estufa~~ estufa trazendo por energias renováveis: eólicas e hidrodinâmicas através das ondas para que reduza o aquecimento global e a acidificação dos oceanos, que tem sendo efeitos deletérios nos Biotas, com alterações fisiológicas, reprodutivas e até mesmo causando a ~~morte~~ letalidade de espécies. Com isso estudos de poluição marinha, estuários e delta de rio, bem como atmosférica e estudos ecotoxicológicos podem auxiliar na previsão de impactos e na tomada de decisão para a preservação da natureza.

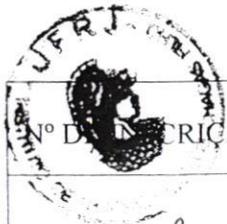


③ Escassez de água: contaminação, poluição, tratamento, reúso e biorremediação.

A escassez de água e a qualidade da água têm sido afetadas pelas atividades antropicas em áreas industriais, ~~de~~ urbanas e agrícolas. Os gases poluentes emitidos pelas atividades antropicas têm gerado alterações climáticas como a seca. Essa questão tem afetado o ciclo hidrológico. Por exemplo, o aumento da temperatura tem contribuído para o aumento da evaporação dos reservatórios. ~~Porém~~ O crescimento populacional e outros fatores que aumentam a demanda hídrica e a escassez de água.

A poluição, como o despejo de efluentes industriais e domésticos, ^{em corpos hídricos} reduzem a qualidade da água significativamente.

Além disso, poluentes emergentes como hormônios, pesticidas, produtos de ^{higiene} ~~toiletas~~ pessoal, entre outros têm sido encontrados nos corpos hídricos ~~devido~~ ^{devido} às ações antropicas. Também, vale ressaltar, a presença de ~~os~~ patógenos ~~na~~ (vírus,



bactérias, protozoários e helmintos) na água que podem causar danos a ~~saúde~~ saúde humana como dengue, malária, leishmaniose, entre outros.

O reúso da água é uma alternativa interessante para combater a escassez hídrica.

O reúso da água pode ser classificado como ~~reúso~~ reúso indireto, reúso direto, reciclagem interna, reúso direto potável e reúso indireto potável. O reúso indireto, a água é usada e despejada e é captada a jusante do corpo hídrico de forma diluída. No reúso direto, o efluente é despejado nos corpos hídricos de forma planejada (com tratamento) e disponível para uso. A reciclagem interna é reaproveitamento de água pela indústria, no intuito, de economia de água ou controlar a poluição.

O reúso direto potável é ~~quando~~ quando o efluente é tratado e disponibilizado ~~o~~ diretamente para consumo humano.

Esse processo é de alto custo. O reúso potável indireto é quando o efluente é tratado e despejado no corpo hídrico e ~~captado~~ ^{a água é captada} novamente, tratado e em seguida a



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 4

tem a ~~prata~~ disponibilidade para abastecimento humana. ~~em~~

A água de reúso pode ser usada ^{em} ~~por~~ níveis menos exigentes como irrigação de parque e limpeza urbana. Políticas públicas devem ser ~~criadas~~ criadas para ~~a~~ população e as empresas usarem a água de reúso, e assim diminuir a escassez ~~de~~ hídrica.

O tratamento da água é necessário para ~~o~~ abastecimento ~~de~~ humano. ~~o~~

A água deve ser captada por adutoras e bombeada para a estação de tratamento de água (ETA). Na ETA ^{convencional, a água} ~~o~~ ~~o~~ passa pelo gradiente para retirar sólidos grosseiros; caixa de areia para reter materiais inertes e lagoa de equalização para controlar o fluxo da água. Em seguida, é realizado o tratamento primário que é composto por ~~o~~ coagulação/floculação, decantação, sedimentação e filtração.

Na coagulação/floculação tem a aglomeração do material que forma flocos com a adição de agentes químicos. ~~o~~ que será retirado por decantação/sedimentação e filtração.



Em seguida, tem a desinfecção. No processo de desinfecção utiliza-se cloro ou compostos de cloro para eliminar os microorganismos; a correção de pH é usado cal requei para evitar a corrosão e incrustação das tubulações; e fluorinação que ~~se~~ adiciona-se flúor na água para evitar cáries dentárias.

No entanto, novos ~~se~~ poluentes tem surgido devido as atividades antropicas como por exemplo os poluentes emergente. Por isso, muitos países tem usado o tratamento de água avançado como por exemplo separação por membrana, oxidação ativada e processos oxidativos avançados.

Na separação por membranas é usado membrana sintética, no intuito, reter os contaminantes. A membrana pode ser assimétrica, simétrica, porosas e densas.

A membrana pode ser feita de material inorgânico ou polimérico. O material inorgânico tem alta durabilidade e é fácil de lavar, no entanto, é mais caro em comparação as



material polimérico.

O carvão ativado é um material carbonáceo com alta área superficial e ótima porosidade. Essas características são excelentes para a remoção do odor da água e adsorver compostos orgânicos e metais da água.

Os processos oxidativos avançados ^{podem ser} ~~seu~~ implementados ozônio (O_3), ultravioleta (UV) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ou suas combinações ($O_3/UV/H_2O_2$, O_3/UV , UV/H_2O_2 etc.).

Esse tratamento objetiva ~~por~~ a produção de hidroxila (OH) para degradar os compostos orgânicos.

Por fim, a remediação de águas contaminadas pode ser usada ~~para reduzir a cont~~ ^{para} para mitigar os efeitos dos compostos orgânicos e metais. A Bioremediação é uma excelente forma ~~de remediar~~ ^{para} estimular a degradação de compostos orgânicos, com a utilização de plantas e ~~microorganismos~~ microorganismos. A bioremediação pode ser aeróbica (com presença de oxigênio) e anaeróbica (sem presença de oxigênio).

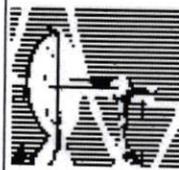


Além disso, a biorremediação pode ser realizada in situ, ou seja, ~~o~~ ser implementado no local contaminado ou ex situ, isto é, a biorremediação é realizada em outro local, com por exemplo em um ~~reator~~ ~~reator~~ reator

~~Por~~ Em conclusão, a escassez hídrica e a qualidade da água para abastecimento humana tem sido um desafio, pois novos contaminantes tem surgido. Em adição, o tratamento avançado é uma alternativa ^{que aumenta o} ~~de~~ custo da água. ~~De~~ O uso da água deve ser incentivado e a população deve ser educada para evitar o desperdício da água. Por fim, a biorremediação é uma técnica de baixo custo que pode ser aplicada ~~de~~ com eficiência para degradar os compostos orgânicos



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 4

No. fl.

7

6. Controle de qualidade analítico em amostras ambientais, Limite de detecção e quantificação e análise dos resultados máximos aceitáveis

O controle de qualidade analítico inicia-se no planejamento da coleta das amostras ambientais. Antes de iniciar, o planejamento é necessário para obter amostras de qualidade. No planejamento da coleta deve-se caracterizar o local de estudo e verificar os pontos de coleta. Na coleta das amostras deve-se utilizar frascos limpos e esterilizados. A coleta deve ser preferencialmente em duplicata ou triplicata no ponto selecionado. A preservação da amostra é essencial e pode ser realizada por adição química, refrigeração ou congelamento ~~para~~ que dependerá do tipo de amostra a ser coletada. Esse processo é



importante para manter a qualidade da amostra e representar a situação real de campo no momento da análise e obtenção dos resultados. Outro ponto é a realização do Branco. O Branco, geralmente, é realizado com água Milli-Q, livre de qualquer tipo de contaminante. O Branco é usado para avaliar a contaminação da amostra após a coleta. O Branco pode ser de coleta, reação (transporte), ~~de~~ frascaria e de equipamentos.

No laboratório, a amostra é recebida, identificada e armazenada sob condições controladas. ~~Na~~ sala de preparo e extração ~~deve~~ ~~ser~~ ~~ser~~ higienizada, as vidrarias limpas e os reagentes devem ser de grau analítico.

Além disso, a extração de amostras (por exemplo solo) deve ser realizada por métodos reconhecidos ~~em~~ por instituições nacionais ou internacionais. Por exemplo, para a extração de metais com ~~o~~ microondas digester para amostra de solos, sedimentos, lodos e óleos pode-se usar o método 3051a da Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA). Caso não seja possível



CRICÇÃO INTERNA: 4

encontrar uma norma, os periódicos científicos reconhecidos é uma excelente forma para consultar o método que pretende-se aplicar para análise de amostras ambientais específicas. Outra solução é a criação de um método próprio. Neste sentido, a ~~validação~~ validação do método deve-se levar em ~~conta~~ consideração os seguintes parâmetros: seletividade, exatidão, reprodutibilidade, precisão, linearidade e intervalo de linearidade, limite de detecção, limite de quantificação, e robustez.

A seletividade é a capacidade do método apresentar resultados exatos mesmo com possíveis interferentes da amostra. A exatidão é estudada pela reprodutibilidade e precisão. A reprodutibilidade é a ~~comparação~~ ^{comparação} dos ~~resultados~~ resultados obtidos no método com métodos de referência, o mais utilizado é o teste de recuperação.

A precisão mostra o quão próximos os resultados estão um dos outros. A linearidade, intervalo de linearidade é o sinal de resposta que é a relação linear com a concentração do analito. ~~A robustez~~ A robustez significa



que o método é eficaz mesmo com variações que podem acontecer no equipamento ou na manipulação das amostras.

Os limites de detecção e quantificação são essenciais para análise de amostras ambientais. O ~~limite~~ Limite de detecção é a menor ~~concentração~~ ^{concentração} ~~de~~ ~~uma~~ ~~substância~~ identificada, de forma ~~qualitativa~~ qualitativa em um intervalo de confiança de 95% ou 99%. O Limite de detecção pode ser calculado da seguinte forma $LOD = 3 \times SD$. Em que, o SD é desvio ^{padrão} ~~para~~ ~~de~~ da média ~~da~~ matriz branca ($n = 20$). Então o Limite de detecção deve ser realizado ao menos 21x do branco. O limite de quantificação ~~significa~~ significa que é a concentração mínima em que o ~~o~~ analito é quantificável ou mensurado em um intervalo de confiança de 95% ou 99%.

O limite de quantificação é calculado da seguinte forma: $LQ = 10 \times SD$. ~~É~~ Vale ressaltar, os materiais ^{certificados de} ~~de~~ referência são importantes para a ~~validação~~ validação dos resultados. Os materiais certificados de referência são realizados por laboratórios



reconhecidos ^{e certificados} internacionalmente. Esses materiais devem ser guardados sob condições controladas para evitar a degradação, contaminação ou ^{perda por} evaporação.

Os valores máximos aceitáveis são essenciais para verificar a contaminação das amostras ambientais, ~~ambientes~~. Por exemplo a CONAMA ^{Nº 420} ~~1000~~ 2ª companhia de Abastecimento de São Paulo dispõe sobre os valores orientadores para substâncias químicas em solos e águas subterrâneas. Os valores da tabela indicam a concentração ^{máxima} ~~que~~ aceitável para os solos e águas subterrâneas não seja considerado contaminado.

Por isso, o planejamento, a coleta, os cuidados analíticos, os métodos analíticos escolhidos e os valores máximos aceitáveis são importantes para obtenção de resultados em amostras ambientais com qualidade ~~resposta~~ analítica.



① mudanças climáticas e seus impactos na qualidade da água e biodiversidade de ambientes aquáticos.

As atividades antropicas tem afetado severamente o ecossistema. A emissão de gases poluentes para atmosfera como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), dentre outros tem causado a aceleração do processo de mudanças climáticas devido principalmente a queima de combustíveis fósseis e desmatamento.

Vale ressaltar que ~~em~~ ^{no} ~~um~~ período pré-antropogênico as mudanças climáticas ocorriam por causa da alteração da radiação solar ou por atividade vulcânicas. No entanto, o ~~Brasil~~ "Intergovernmental Panel Intergovernmental de mudanças climáticas (IPCC) tem indicado que as causas naturais tem um papel secundário e a principal causa das alterações climáticas são as ações antropicas. O IPCC é um grupo ~~de~~ ^{de} ~~cientistas~~ ^{de} renomados de cientistas que



coletam informações sobre as variações climáticas e usam modelos para estimar o ~~o~~ aumento de temperatura global

O IPCC prevê que até o final deste século, a temperatura global deve aumentar em ~~em~~ torno de $1,4^{\circ}\text{C}$ em cenários otimistas e em torno de $5,4^{\circ}\text{C}$ em cenários pessimistas.

~~A~~ Com este aumento de temperatura, as mudanças climáticas ~~de~~ estão afetando seriamente o ecossistema aquático.

Os principais efeitos do aumento de temperatura global no ecossistema aquático são aumento da temperatura das águas, derretimento das calotas polares, aumento do nível do mar, branqueamento dos recifes de corais, alterações no ciclo hidrológico e aumento do escoamento superficial e alteração na biodiversidade.

O efeito das mudanças climáticas são confirmados pelos líquens. Essa espécie é altamente sensível à poluição atmosférica, e tem ocorrido o seu desaparecimento. Essa espécie é a base da cadeia alimentar, sem ela há uma redução da fauna.



no sistema aquático. O aumento da temperatura causa ~~de~~ diminuição da alga diatomácea. As fortes chuvas, ~~causam~~ ^{fazem} grande lixiviação no solo e aumenta o escoamento superficial. Neste caso, há o carreamento de ~~substâncias~~ nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P), matéria orgânica, micronutrientes que pode causar eutrofização. Além disso, ^{também} há o aumento do carbono dissolvido orgânico que faz com que haja turbidez, escurecimento da água. Além disso, ~~as alterações climáticas~~

Nesse sentido, o acordo de Paris (2015) sobre mudanças climáticas, tem orientações e parâmetros pertinentes para diminuir os efeitos das mudanças climáticas, tentando controlar o aumento de temperatura global em $1,5^{\circ}\text{C}$ e assim evitar maiores danos ao ecossistema do planeta.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 5

No. fl.

1

TEMA 1: Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade de água e
Biodiversidade de ambientes aquáticos.

Ações antrópicas têm modificado o ambiente terrestre, ~~onde~~ principalmente
aquelas advindas do desenvolvimento industrial. O aumento contínuo e
desacelerado na emissão de gases do efeito estufa (principalmente CO_2 , CH_4
e N_2O) juntamente com vapor d'água tem levado a um aumento da tempera-
tura média global. Esse aumento, que é projetado pelo Painel Internacional
de ~~Mudanças climáticas~~ Mudanças Climáticas (IPCC), pode chegar até
um 5°C até o ano de 2100.

O aumento na temperatura global trás, não somente o aumento mé-
dio da temperatura terrestre, ~~mas~~ mas também modificações nos padrões
do clima, como o regime de chuvas, podendo ocasionar e intensifi-
car eventos extremos de ~~chuva~~ precipitação ou estiagem. Esses eventos
extremos podem influenciar a estrutura e funcionalidade dos ecossis-
temas aquáticos.

Elevadas temperaturas da água, ocasionadas pelas mudanças climá-
ticas, podem alterar a composição das comunidades aquáticas.

~~Por~~ No caso da comunidade de peixes, já é observada uma migração
ou até mesmo o desaparecimento de espécies, em corpos d'água em



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 5

que já se nota o aumento da temperatura média. Nestes casos, pode não estar relacionado somente a alteração de temperatura em si, mas outros fatores ~~relacionados~~ relacionados, como a diminuição da solubilidade do oxigênio, fazendo com que espécies de peixes com baixa tolerância a menores concentrações de oxigênio procurem migrar para ambientes com mais condições favoráveis ao seu desenvolvimento e reprodução.

~~O aumento~~ Exatos extremos, como a intensificação de ~~chuvas~~ precipitações, pode alterar as ~~condições~~ condições físico-químicas dos corpos d'água. Maior intensidade e frequência de chuvas acabam carregando mais nutrientes para a coluna d'água, ^{agregando} ~~quando~~ assim, um outro problema ambiental: eutrofização. A eutrofização artificial (ou antropogênica) é decorrente do aumento da concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) ~~ca~~ advindos de atividades humanas, como o despejo de ~~esgoto~~ nos resíduos não-tratados vindos da indústria, esgoto doméstico e de atividades agrícolas. Atualmente, é um dos maiores problemas relacionados a qualidade da água e é um ~~dos~~ ~~mais~~ importante desafio a ser encarado por gestores.

A eutrofização, juntamente com o aumento de temperatura, promovem o crescimento exacerbado de produtores primários nos ecossistemas aquáticos, sendo as florações de cianobactérias o seu principal sintoma. As cianobactérias são organismos procariontes, fotossintetizantes, que possuem traços ecológicos que ~~gerando~~ lhes conferem vantagem competitiva



de crescerem e dominarem os ambientes aquáticos em condições favoráveis em detrimento de outras espécies. Floresções de cianobactérias causam deteriorizações na qualidade da água ~~mas~~ por diversos fatores: (1) o aumento da biomassa das cianobactérias causam sombreamento e, consequentemente, limitação por luz de outros produtores primários; (2) a biomassa morta é decomposta através da ação de microrganismos podendo gerar anoxia noturna; (3) as cianobactérias possuem a capacidade de produzir metabólitos secundários que podem prejudicar a qualidade da água ~~e~~ causando gosto e odor (exemplo, geosmina) e afetar a saúde de animais e dos seres humanos (que usam as cianotoxinas). Cianotoxinas possuem efeitos hepatotóxicos, neurotóxicos e dermatotóxicos dependendo do tipo de composto que é produzido pela espécie de cianobactéria dominante.

Além do efeito direto da ~~temperatura~~ temperatura no metabolismo dos organismos aquáticos, alterações físico-químicas podem ser observadas no ambiente aquático. Com o aumento da temperatura, ~~a~~ a persistência da estabilidade química ~~na~~ (estratificação) ~~a~~ ~~forma~~ da coluna d'água torna-se mais persistente. Espécies ~~planctônicas~~ fitoplanctônicas que tenham a habilidade de permanecer na coluna d'água são mais beneficiadas, que é o caso, mais uma vez, das cianobactérias. Esses organismos possuem mais uma vantagem ~~adaptativa~~ adaptativa em relação a outras espécies fitoplanctônicas que é a capacidade de crescerem em altas intensidades luminosas e algumas espécies também são mais adaptadas à radia-



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 5

luz ultra-violeta (Nayma et al, 2022). Essa vantagem ~~é~~ também é importante quando, devido à decomposição da matéria orgânica dissolvida ~~em~~ acelerada pelo aumento da temperatura, também proporciona um aumento da penetração da luz nos ambientes aquáticos.

As modificações do meio aquático, ~~causadas~~ causadas pelo aumento da temperatura, juntamente com o beneficiamento de determinadas espécies em detrimento de outras, no qual, ^{há} uma diminuição da biodiversidade aquática, ~~causada~~. A presença de espécies causadoras de floração (principalmente as cianobactérias) comprometem ~~o~~ o uso da água para consumo humano, recreação e atividades comerciais como pesca ~~e~~ devido à diminuição da qualidade da água.

Nayma et al 2022 - Photochemistry and Photobiology



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 5

TEMA 6: Controle de qualidade analítica em amostras ambientais (...)

É de suma importância garantir a qualidade ~~em~~ na análise dos compostos ~~de interesse~~ em amostras ambientais frente a um cenário o qual se visa a ~~uma~~ identificação e quantificação de substâncias com interesse à saúde ambiental e humana.

A análise ~~deve~~ escolhida deve ser a mais representativa possível e apresentar confiabilidade alta a fim de proporcionar resultados mais próximos a realidade. Dessa forma, devem-se seguir protocolos bem consolidados e etapas de desmoldimento para que os resultados sejam mais confiáveis e puros.

Primeiramente deve-se assegurar que a amostragem foi realizada conforme protocolos estipulados e que o tipo de amostragem, bem como o seu ~~seu~~ armazenamento, garantam a análise ~~precisa~~ confiável do ~~seu~~ analito de interesse. Segundamente, as condições do laboratório devem estar de acordo a padrões esperados, como por exemplo, atentar ~~para~~ para hidratar que não muda, ao ~~seu~~ uso de reagentes de qualidade analítica, ~~para~~ padrões externos dentro da validade e que possam proporcionar uma curva de calibração ~~de~~ com valores dentro dos esperados, equipamentos ~~com~~ calibrados, mão de obra qualificada que possa executar os protocolos e o uso de parâmetros estatísticos que possam validar a análise realizada.

A escolha do método a ser utilizado deve levar em considera-



CRICÇÃO INTERNA: 5

ções à ~~variação~~ sensibilidade do método e equipamento a serem utilizados. Substâncias que ocorrem em baixas concentrações, como é o caso de poluentes emergentes (pesticidas, disruptores hormonais, por exemplo) necessitam de equipamentos mais sensíveis e mais precisos, como é o caso de cromatógrafos gasosos acoplados a um espectômetro de massas ou ~~cromatografia líquida~~ cromatógrafo líquido.

A construção de uma curva de calibração ~~que~~ a partir de um padrão interno, ou externo ou pela adição de um padrão na amostra deve contemplar a faixa esperada da concentração do analito de interesse com um intervalo de confiança significativo (95 ou 99%) e uma ~~proporção~~ linear relação de regressão linear próxima a 1 entre as concentrações dos padrões da curva e a resposta da análise.

Fatores importantes devem ser levados em consideração no decorrer das análises que são a sensibilidade do método, a precisão, a exatidão, ~~o~~ e robustez dos resultados. Estes fatores são imprescindíveis para a determinação do limite de detecção (LD) o qual representa o menor valor da concentração do analito de interesse que é significativamente diferente do "zero" e o limite de quantificação (LQ) que é a menor concentração observada ~~por~~ no método, qualmente considerada ~~o~~ dez vezes o valor observado no "zero". Assegurar baixos limites de



diluição e quantificação proporciona uma melhor precisão e sensibilidade a análise do composto de interesse.

A análise química é imprescindível para a quantificação e obtenção da ocorrência de composto de interesse em diferentes matrizes de amostras, porém não é capaz de indicar os possíveis efeitos na biota e nos seres humanos. Com isto, testes toxicológicos são importantes para que se possa implementar valores máximos aceitáveis ~~que não causam~~ no meio ambiente que não causem prejuízo à saúde ambiental e humana.



TEMA 3 - ESCASSEZ DE ÁGUA: CONTAMINAÇÃO, POLUIÇÃO, TRATAMENTO, REUSO E BIOREMEDIÇÃO.

Apesar da maior parte de nosso planeta ser coberto de água, apenas uma ~~vez~~ ínfima parte está apta para o consumo humano. Naturalmente, a quantidade de água doce ~~presente~~ disponível para o uso de nossa população é extremamente pequena quando comparada à quantidade presente nos oceanos e, mesmo apresentando uma parcela tão diminuta, grande parte da água doce disponível ~~está~~ está imprópria para o consumo de animais e humanos devido à contaminação dos corpos d'água por compostos advindos dos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas.

O despejo de rejeitos industriais, esgotos domésticos, lixiviações do solo agrícola diretamente em corpos d'água geram degradação da qualidade da água nesses sistemas. A entrada de compostos químicos ~~em~~ e orgânicos biológicos de fora do sistema natural ~~precipitam-se~~, caracterizam-se como poluição e contaminação.

Compostos poluentes podem ser de origem inorgânica (como por exemplo, metais pesados), orgânica (ex. hormônios) e biológica (bactérias patogênicas) que causam algum tipo de prejuízo a saúde animal e dos seres humanos. A presença desses compostos na água comprometem o uso da água e ~~exigem~~ se faz necessário um tratamento eficiente para que não haja impactos na saúde do consumidor final.

No qual, tratamentos convencionais (filtração, desinfecção, floculação)



ção-Adimentação) não possuem a ~~capaz~~ capacidade de reter/tratar a maioria dos poluentes chamados emergentes e tampouco toxinas produzidas por cianobactérias. Desta maneira são necessárias as aplicações de técnicas avançadas capazes de reter, ~~degrada~~ ou degradar essas substâncias.

A princípio, a melhoria da qualidade da água que é usada para abastecer as estações de tratamento propicia um menor custo e tempo despendido ~~para~~ durante o processo. Desta maneira, o investimento ~~em tratamento de~~ em estações de tratamento de esgoto ~~na~~ que propiciem o retorno de uma água de maior qualidade aos mananciais, bem como ~~aplicação~~ intervenções através de aplicações de técnicas de mitigação orientadas a problemas ambientais (por exemplo, eutrofização) denota ser essencial (COOKE, 2005). Técnicas que visam a remoção de nutrientes (principalmente, fósforo) e biomassa de cianobactérias vem sendo ~~aplicadas~~ usadas em ambientes ambientais (Nayma et al 2016) e apontam para uma boa alternativa ~~para~~ focada para o melhoramento da qualidade da água ~~perante~~ ao seu tratamento e estações especializadas.

Em situações em que o tratamento convencional não é o bastante para a retirada de compostos persistentes e ~~segurança~~ o melhoramento da qualidade da água no ~~o~~ ponto de captação não é o suficiente para tornar o tratamento mais eficiente, são necessários tratamentos ~~o~~ direcionados para este objetivo específico.

Tratamentos biológicos, com o uso de lodo ativado, bioreatores



de membrana e tratamentos experimentais com o uso de enzima (por ~~exemplo~~ exemplo a lacase) podem ser usados para a degradação de ~~vários~~ compostos persistentes, como pesticidas e até hormônios.

Tratamentos físico-químicos, que visam a remoção ~~das~~ ~~us~~ das substâncias através de uso de membranas ~~que~~ ~~removem~~ através da sua voltagem, uso de carbono ativado que pode ser particulado ou granular, através de adsorção e até o uso de ozônio ~~remova~~ são ~~usados~~ utilizados, porém alguns deles podem ser bastante dispendiosos e, dependendo, o tempo gasto ~~para~~ durante o processo ~~podem~~ pode ser consideravelmente alto. Como é o caso do uso de membranas que, dependendo da quantidade de ~~produtos~~ substância dissolvidas, pode promover o colapso dos seus poros em uma pequena quantidade de tempo, aumentando, assim, o seu custo.

Com cada vez mais substâncias ~~usadas~~ ~~de~~ persistentes a tratamentos de água sendo observados, necessita-se o desenvolvimento de métodos de tratamentos, ~~que~~ ~~sejam~~ ~~sejam~~ ~~sejam~~ eles biológicos ou químicos, capazes de retirar / degradar essas substâncias mais eficientemente e com o menor custo possível a fim de que a água para consumo humano não seja prejudicial aos mesmos.

Cooke, 2005 (livro) Managing Lakes and Reservoirs

Nejma et al 2016 - Water Research



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 6

No. fl.

1

Tema 3: Escassez de água, contaminação, poluição, tratamento
reuso e biorremediação

A água é um recurso extremamente importante à existência e manutenção da vida. Tanto que, historicamente, as populações começaram a se desenvolver e estabelecer-se próximas a este recurso, seja em lagos, lagoas e também em regiões próximas à costa. Porém, o uso da água de forma segura demanda que ^{esta} seja limpa, potável e que se apresente dentro das normas estabelecidas pela legislação. A resolução do Conama 357 (2005) estabelece as concentrações permitidas de metais na água, já que este é o ambiente que os organismos vivem, além de sua utilização pelo homem. Esses controles são importantes para minimizar os efeitos adversos dessas substâncias na vida e saúde humana. Entretanto, uma enorme gama de substâncias presentes no ambiente podem causar impactos nos organismos, e, que não possuem tais valores estabelecidos. Assim, a contaminação e poluição dos corpos hídricos é um tema que merece destaque sob o ponto de vista ambiental.



A poluição pode ser definida de diversas formas, sendo que comumente na literatura está associada a sólidos em suspensão (como o lixo) e substâncias tóxicas que impactam o ambiente e a vida negativamente. A resolução do Conama 358/2005 dispõe sobre o descarte adequado dessas fontes (lixo e substâncias tóxicas), de forma que não alterem as características dos corpos hídricos receptores. Entretanto, no cenário dos estudos ambientais, tem-se observado uma série de alterações nos ecossistemas, nas quais identifica-se a poluição visível e "invisível". Visivelmente, pode-se citar os materiais em suspensão, resíduos orgânicos, que geram problemas visuais e podem apresentar maus odores, impactando na qualidade da água dos ambientes, e, prejudicando outras atividades, como o turismo. Já a poluição "invisível" refere-se às substâncias tóxicas presentes nos ecossistemas, como poluentes orgânicos persistentes (POPs), poluentes emergentes, e ainda, as micotoxinas.

Tais substâncias tóxicas compreendem moléculas complexas, como estas mencionadas, e moléculas mais simples, como os metais. Estes então, atuam como contaminantes no ambiente. Os poluentes e os contaminantes estão relacionados a efeitos adversos



produzidos na vida, como intoxicações, desregulação endócrina, hepatotoxicidade, entre outros problemas. O contexto das mudanças climáticas globais afeta a dinâmica desses poluentes e contaminantes nos ecossistemas, trazendo ainda mais consequências à vida, podendo amplificar processos de bioacumulação e biomagnificação. Outros fatores no ambiente também influenciam as concentrações de poluentes e contaminantes, tais como: fatores físico-químicos das regiões, fatores biológicos (tamanho e peso dos indivíduos), a forma química da substância, que influenciara na sua biodisponibilidade, a distância das fontes emissoras de poluição/contaminação, entre outros. Desta forma, existe uma complexidade de características físicas-químicas e diferentes comportamentos dessas substâncias no ambiente. Portanto, estratégias voltadas à sua remoção e ao tratamento de água são essenciais, de forma a recuperar esse recurso escasso e permitir seu uso.

Quanto ao tratamento de água e de efluentes, este é muito ineficiente em diversos países do mundo, especialmente aqueles subdesenvolvidos. No Brasil este cenário não ~~de~~ é diferente, demonstrando uma prioridade nesses sistemas. Dados



estudos (2020) sugerem que menos da metade dos esgotos produzidos são tratados, e em sua maioria envolvem somente etapas iniciais. O tratamento primário consiste na remoção de sólidos grandes, através do processo de gradamento. O secundário, remove sólidos em suspensão e uma parte da matéria orgânica. O terciário, por sua vez, complementa o tratamento secundário, e é o único capaz de remover metais e patógenos, combinando técnicas físico-químicas e estratégias biológicas (presença de organismos).

Desde também ao elevado potencial de água nos efluentes domésticos e industriais, com o tratamento adequado, é possível reutilizar a água. O reuso de água pode ser aplicado em irrigação de parques e outras áreas públicas; irrigação de plantações; lavagens de ruas e de domicílios; utilização em descargas sanitárias domésticas, entre outros usos.

Estratégias de tratamento mais recentes têm utilizado a biorremediação, que consiste na utilização de organismos para degradar matéria orgânica e outras substâncias tóxicas, utilizando-as como fonte de energia e alimento. Podem ser realizadas por vegetais, que apresentam rápido crescimento



e elevada biomassa (fitorremediação); por macroalgas, que utilizam tais nutrientes para seu crescimento (fitorremediação), ou ainda, por vegetais e microorganismos associados, que absorvem tais substâncias através de suas raízes (rizofitotecnologia). Tais estratégias reduzem as concentrações de compostos inorgânicos e orgânicos na água e/ou efluentes, realizando, portanto, a biorremediação, e permitindo novos usos para aquele meio tratado. Algumas ~~estações~~ ^{mas} estações de tratamento de água (ETA) e de efluentes (ETE) utilizam essa abordagem e têm sido mais aceitas na sociedade.

Uma inovação neste aspecto, são as estações de tratamento baseadas na natureza. Neste caso, não são utilizados produtos químicos no tratamento da água, mas sim organismos. O Brasil já possui alguns exemplos, como o Ecoparque da Natureza, no Pará. Uma vantagem dessa abordagem também encontra-se atrelada ao desenvolvimento sustentável, ao fechamento de ciclos da água, e ainda, a possibilidade de utilização dessas estações ao turismo, já que denominam-se jardins flutuantes, possuindo, além de seu papel no tratamento da água, uma beleza única.



Concluindo-se, a água representa um recurso essencial à vida, seja na hidratação, produção de alimentos e, por permitir grande biodiversidade nos ecossistemas. Portanto, reduzir, reutilizar e tratar esse recurso torna-se uma questão urgente na sociedade.

Quanto à experiência no tema, destaco meu trabalho com organismos-sentinela, que a partir da incorporação de poluentes (contaminantes no meio em que vivem (água, ar ou dieta), apresentam as concentrações em seus tecidos/orgãos, e refletem tais níveis no ambiente. Assim, é possível identificar o grau de contaminação dos ambientes aquáticos acerca de diversas substâncias tóxicas.



Temas 1: Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade de água e biodiversidade ^{de} ~~nos~~ ambientes aquáticos

As mudanças climáticas são globais, porém os seus impactos não são uniformes. Alguns ecossistemas podem ser mais vulneráveis e espécies de organismos podem ser mais sensíveis, dependendo, portanto de uma série de fatores ambientais, e biológico / fisiológicos da vida. As mudanças climáticas mais citadas na literatura são: o aumento da temperatura, mudanças nos padrões de precipitação, acidificação dos oceanos e suas consequências.

Primariamente, deve-se citar as alterações nos regimes hidrológicos dos ecossistemas aquáticos por alterações nos parâmetros físico-químicos do ambiente, mudanças nos volumes e fluxos de água e nos processos de sedimentação. Exemplos: uma menor precipitação, gera um menor volume de água, e, menores concentrações de oxigênio dissolvido, já que este será consumido pela vida ali existente. Já uma maior precipitação, pode causar inundações, um maior fluxo hídrico e força nas correntes de um rio, afetando assim, as taxas de sedimentação, que irão dificultar a penetração de luz.



na coluna d'água. O aumento da temperatura favorecerá reações químicas e o aumento de processos bacteriológicos, afetando também a distribuição de microorganismos portadores de patógenos, e a distribuição e abundância de vetores e hospedeiros. Mais nutrientes também irão favorecer a produtividade primária, aumentando a biomassa de produtores primários. Com isso, podem ocorrer as florações, que caso sejam novas e compostas por espécies produtoras de toxinas, poderá resultar em impactos negativos nas espécies da comunidade. Já a acidificação, irá alterar o pH, afetando organismos mais sensíveis, como corais, causando seu branqueamento. A perda dessas comunidades (corais e organismos associados) irá trazer impactos negativos aos ecossistemas. Alterações no pH também podem ~~ter~~ favorecer processos bacteriológicos, como um aumento nos taxas de metilação do mercúrio, tornando-o na sua forma química mais tóxica e com potencial de biomagnificação.

Então, as mudanças climáticas alteram a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, modificando diversos parâmetros do ambiente, o fluxo de energia e contaminantes nos teias



tróficas; assim como os processos de bioacumulação e biomagnificação. Tal fato deve-se a alterações na produtividade primária, ciclos biogeoquímicos, alterações ecológicas em relação a presas e predadores (efeitos "Top-down" e "Bottom-up"), e ainda, no transporte e dinâmica de poluentes. Assim, um aumento na temperatura pode gerar efeitos regionais. ~~no~~ Em altas latitudes, irá causar o derretimento das calotas polares, um aumento no nível do oceano, e poderá re-disponibilizar poluentes/contaminantes que se encontravam ali aprisionados.

Portanto, os impactos na qualidade de água encontram-se diretamente relacionados à biodiversidade, como já mencionado anteriormente em alguns exemplos. As alterações produzidas pelas mudanças climáticas podem envolver na vida mudanças comportamentais, nos seus padrões de distribuição e na estabilidade genética das populações. Exemplo: um aumento na temperatura pode alterar o período reprodutivo de aves, afetando assim o seu sucesso reprodutivo. Da mesma maneira, que pode alterar migrações de baleias-jubarte para reprodução e



alimentação; peixes que podem se deslocar para outros locais devido à precepção das alterações térmicas, entre outros exemplos. Tais migrações podem não ser unidirecionais às espécies, uma vez que esses indivíduos terão que lidar com novas pressões no ambiente, como as diferentes ~~variáveis~~ variáveis abióticas, competição e predação. Desta forma, espécies com maior capacidade adaptativa provavelmente terão mais sucesso nessas novas condições. Espécies de ciclo de vida mais rápido tendem a se adaptar ~~mais~~ melhor. Caso tal adaptação não ocorra, pode haver uma perda na diversidade genética das espécies. Quanto mais restrita sua distribuição, e menor tamanho populacional, maiores as chances de perda.

Concluindo, estudos que abordam as mudanças climáticas e seus impactos têm sido crescentes nos últimos décadas, especialmente devido à integração de variáveis ambientais e características da performance dos indivíduos (comportamentais e fisiológicas, por exemplo). Nesse sentido, estudos com modelagens numéricas e preditivos tem se tornado uma importante



fortemente para caracterizar tais impactos e consequências futuras, além de gerar resultados para nortear medidas μ mitigatórias.

Quanto à experiência no tema, destaco a análise de poluentes em organismos aquáticos (especialmente peixes e aves), já que estes são afetados pelas mudanças climáticas. Outro exemplo cito meu projeto de Pós-doutorado sobre os impactos do rompimento da Barragem de Fundão, Mariana, em aves costeiras do Espírito Santo. Períodos com grandes inundações têm sido críticos quanto à redistribuição de contaminantes no estuário do Rio Doce, afetando tais concentrações nesses organismos. Destaco também o artigo liderado por mim (Manhães et al., 2022) abordando tais consequências na Toninha, espécie continuamente ameaçada.



Tema 6: Controle de qualidade analítica ~~em~~ ^{em} amostras ambientais: limites de detecção, quantificação e análises de valores máximos aceitáveis

O controle de qualidade analítica em amostras ambientais é essencial para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados gerados.

Os objetivos analíticos em amostras ambientais são particulares, uma vez que dependem de baixos limites de detecção dos equipamentos

ou devido a elevadas concentrações dos analitos a serem analisados, dependendo de cada caso.

Além disso, costumam-se tratar de matrizes complexas, tornando a remoção de interferentes uma etapa desafiadora.

Este tema têm apresentado diversos avanços ao longo do tempo, devido a novas técnicas e metodologias desenvolvidas e novos equipamentos.

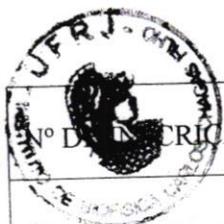
Com isso, tem-se gerado técnicas cada vez mais específicas, sensíveis, e que utilizam baixos limites de detecção. Esta abordagem é especificamente importante quando trata-se de amostras que provavelmente apresentam baixas concentrações.

Como exemplo, cito os poluentes orgânicos persistentes (POPs), como as difenilas policloradas (PCBs),



que, por serem lipofílicas, tendem a apresentar-se em elevadas concentrações nos organismos predadores de topo, porém, baixas concentrações são encontradas na água. Este fato não significa que tais compostos não serão detectados na água, porém, significa que, por apresentarem-se em baixas concentrações, técnicas mais sensíveis e com baixos limites de detecção serão necessárias. Poluentes emergentes também podem apresentar-se em baixas concentrações nos ambientes, devido ao seu uso mais recente. Seus efeitos adversos ainda são pouco conhecidos, porém, a seleção de bactérias resistentes devido ao uso de antibióticos e sua falta de remoção pelos tratamentos sanitários, têm sido registrados.

O controle de qualidade analítico ("Quality assurance" - QA) é baseado no controle da qualidade ("Quality control" - QC) e na avaliação da qualidade ("Quality assessment" - QA). Tais mecanismos incluem a validação e verificação do método, e a estimativa de incerteza do método. Cada laboratório deve ter o seu planejamento e deve desempenhar análises de rotina que garantam tais parâmetros e a confiabilidade dos resultados,



Tais como: a utilização de curvas de calibração, brancos analíticos, repetidos de uma mesma amostra, materiais certificados de referência, adição de padrão nas amostras, cálculos de recuperação, entre outros. A quantidade e a frequência de utilização desses parâmetros deve estar dentro do planejamento de cada laboratório.

A validação e verificação do método permitem a garantia que aquele laboratório, com aqueles materiais descritos e com a matriz especificada, consegue produzir resultados confiáveis. Existe também a possibilidade da utilização de métodos normatizados, que são aqueles já validados por instituições e órgãos de prestígio, como a "Environmental Protection Agency - EPA".

Em ambas as abordagens, deverão ser utilizados os controles de rotina mencionados anteriormente

no que se refere à estimativa de incerteza, isto pode ser feito através dos cálculos de limites de detecção e quantificação. O limite de detecção ("Limit of detection - LOD") refere-se à menor concentração do analito que pode ser estatisticamente diferente de um branco. Na prática, corresponde à detecção do sinal que



é diferente do ruído do sistema. Como exemplo, um pico identificado em cromatografia gaseosa acoplada a um espectrômetro de massas que se diferencia da alteração da linha de base. Já o limite de quantificação é a menor concentração do analito que pode ser considerada como confiável a partir de determinado método utilizado. É considerado o limite inferior do método. Tais limites são importantes nesses estudos, especialmente para amostras que possuem baixas concentrações.

Em relação aos valores máximos aceitáveis, estes estão associados aos pontos mais altos da curva de calibração e a relação dos valores obtidos com dados disponíveis na literatura e agências regulatórias. Quanto à curva de calibração, esta é utilizada para fornecer uma base para as concentrações encontradas. Devem apresentar boa linearidade, com o coeficiente de correlação em torno de 0,995 ou mais. Caso alguma amostra se apresente em concentrações mais elevadas que o ponto mais alto, é possível diluir tal amostra e incorporar no cálculo final da concentração. Já em relação à comparação



com a literatura, isto deve ser realizada com amostras similares, tanto em relação à matriz analisada e a espécie. Alguns valores de limite de tolerância são sugeridos na literatura, como os de PCBs, sendo de 17 $\mu\text{g/g}$ lipídeos para causar problemas fisiológicos e imunológicos em mamíferos marinhos \S ; os de mercúrio de 100 a 400 $\mu\text{g/g}$ peso úmido no fígado de mamíferos marinhos associados a danos hepáticos; limite para a concentração de saxitoxinas na água para consumo humano, entre outros. Dentro da legislação e agências regulatórias, pode-se citar o limite de 0,5 $\mu\text{g/g}$ p. úmido de mercúrio no músculo de peixes para consumo humano pela Organização Mundial de Saúde (OMS), e limites máximos das concentrações de metais na água pela legislação brasileira (Conama 357-2005). Além disso, em ensaios toxicológicos \S (ensaios) também são gerados limites de tolerância e diversas substâncias nas espécies analisadas, e assim resultam valores em que nenhum efeito é observável, além de outros índices gerados.

Após os fatos mencionados, conclui-se que



O controle de qualidade analítica é fundamental para garantir a qualidade e confiabilidade dos dados gerados. Vale ressaltar que tais processos são complexos, e necessitam de pessoal especializado e grande infraestrutura laboratorial, além de recursos e investimentos que permitem a manutenção dos controles operados, já que possuem elevado custo. Além disso, tais processos minimizam os erros nas mensurações pois as análises não ter variações quanto às condições do laboratório, parâmetros dos equipamentos, lotes e marcas de reagentes utilizados, além da experiência de cada analista.

Quanto à experiência no tema, trabalhei com tais análises laboratoriais desde 2010, analisando compostos orgânicos e inorgânicos em diferentes matrizes ambientais (gordura, fígado, leite de vacas; músculo e fígado de peixes) e, utilizando técnicas de análise complexas, como: cromatografia gasosa com detector por captura de elétrons e por este é acoplada a um espectrômetro de



° DE INSCRIÇÃO INTERNA: 6

massas, espectrometria de absorção atômica e vapor frio e por forno de grafite, entre outras. Quanto aos cálculos de limites de detecção e quantificação e valores máximos aceitáveis, também os realize de forma rotineira, e estes são então incorporados em artigos científicos e relatórios técnicos, conforme mencionado no memorial.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

No. fl.

1

Tema 1 - Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade de água e biodiversidade de ambientes aquáticos.

O 6º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) apresenta evidências atualizadas sobre alterações no sistema climático global. Essas mudanças estão associadas principalmente ao efeito estufa, um fenômeno natural intensificado por atividades antropogênicas que emitem gases (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, gases fluorados, compostos orgânicos voláteis, monóxido de carbono, entre outros) e aerossóis para a atmosfera da Terra, reduzindo a dissipação do calor do Sol. Nesse sentido, registros paleoclimáticos e o monitoramento da temperatura atmosférica demonstram a influência humana no aumento superior a 1°C entre a década passada e os anos 1850-1900, período considerado como referência para condições pré-industriais.



As mudanças climáticas favorecem a ocorrência de alterações hidrológicas, sendo verificados o aumento de precipitações e inundações em algumas regiões do planeta (p.ex. centro e norte da Amazônia e sudeste da América do Sul), além de períodos de secas mais extremas e persistentes em várias regiões do planeta. Segundo o 6º Relatório do IPCC, as tendências globais de aridez verificadas nos últimos 120 anos no planeta foram influenciadas pelas atividades humanas.

Secas prolongadas contribuem para a escassez hídrica e para a degradação de ambientes aquáticos e de mananciais hídricos. Por outro lado, precipitações e inundações favorecem a entrada de material particulado e substâncias dissolvidas em corpos hídricos. A sobrecarga de ácidos húmicos e fúlvicos em estações de tratamento de água pode favorecer a produção de compostos genericamente conhecidos como subprodutos derivados da desinfecção, causando riscos à saúde humana pela exposição à água contaminada. Os trihalometanos são os mais prevalentes, sendo verificadas genotoxicidade (in vitro) e carcinogenicidade.



cidade em experimentos com animais. Segundo a "International Agency for Research on Cancer" (IARC), o clorofórmio é um possível carcinógeno para humanos.

Eventos extremos contribuem para a erosão do solo e para o fluxo de nutrientes do meio terrestre para o ambiente aquático ao longo das bacias de drenagem, resultando em fontes difusas de contaminação, que somadas às fontes pontuais (efluentes industriais e domésticos) podem favorecer a ocorrência de processos de eutrofização.

A eutrofização é uma resposta ecossistêmica derivada da disponibilidade de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo), fatores climáticos, condições hidrológicas, características ecológicas etc. A alta produtividade primária (fitoplâncton) derivada da eutrofização reduz a disponibilidade de luz para organismos bentônicos autotróficos e heterotróficos e pode estar associada à floração de algas e cianobactérias nocivas.

A ocorrência de cianotoxinas (p.ex. microcistinas, nodularinas, cilindrospermopinas, saxitoxinas etc.) em ambientes aquáticos e em mananciais hídricos causa riscos à saúde humana a-



Mães do consumo de água contaminada, alimentos (peixe, produtos irrigados, suplementos à base de algas), por contato dérmico e inalação de aerossóis. Em um caso de grande repercussão em Coruaru (PE), a morte de 52 pacientes foi atribuída à hemodiálise com água contaminada principalmente com microcistina-LR (cilindrosperminopina foi detectada no sistema de filtração da clínica de hemodiálise). Também há relatos de morte de animais domésticos e da fauna silvestre pelo consumo de água contaminada. Em 2020, a morte de cerca de 400 elefantes também foi atribuída à ocorrência de cianotoxinas em lagos usados para dessedentação em Botswana.

Retornando ao processo de eutrofização, após o ciclo de vida, a biodegradação da biomassa fitoplanctônica gera uma alta demanda biológica de oxigênio, resultando em condições de hipóxia ou mesmo anóxia. Este fenômeno ocorre em ambientes dulcícolas, estuarinos e marinhos, podendo evoluir para uma condição conhecida como "zonas mortas", devido à indução de graves desequilíbrios ecológicos, incluindo a mortalidade da ictiofauna, e macroinvertebrados, colonização por espécies invasoras



etc. Este fenômeno tem se intensificado em regiões costeiras, possivelmente associado às mudanças climáticas e à eutrofização cultural, causando riscos à saúde humana pela exposição à biotoxinas (consumo de pescado, contato dérmico e inalação de aerossóis), além de prejuízos socioeconômicos.

Os oceanos têm uma grande contribuição na regulação térmica do planeta e na absorção de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico. A fotossíntese realizada por fitoplânctons atua como uma "bomba biológica" na transferência de CO_2 atmosférico para os oceanos. Um outro fenômeno, conhecido como "bomba física ou de solubilidade" ocorre pela difusão do CO_2 atmosférico na água, esse fenômeno associado à subsidência de massas de água contribui para a deposição de carbono no fundo dos oceanos. Por outro lado, o CO_2 reage com a água formando o ácido carbônico (H_2CO_3), um ácido fraco que se dissocia em íon de hidrogênio (H^+), de bicarbonato (HCO_3^-) e de carbonato (CO_3^{2-}). Com o aumento de H^+ , o pH dos oceanos torna-se mais ácido. A acidificação dificulta a formação de carbonato de cálcio (CaCO_3), afetando principalmente organismos calcificadores mari-



nhos, como corais, moluscos e crustáceos.

As previsões e observações indicam que o aumento da temperatura dos oceanos resultará ~~em~~ ~~em~~ ocorrendo, resultando na redução da taxa de difusão de CO_2 atmosférico na água (um feedback positivo para o aumento do efeito estufa), influenciando no branqueamento e morte de corais e no aumento da estratificação da água, restringindo o fluxo vertical de calor, oxigênio, nutrientes etc.

As observações e previsões também indicam que o aumento da temperatura atmosférica resultará contribuindo para o derretimento do "permafrost", resultando na emissão de gases de efeito estufa e na remobilização de micropoluentes e patógenos. A retração de geleiras, a perda de cobertura de neve sazonal e o aumento da temperatura dos oceanos resultarão contribuindo para a elevação do "nível do mar", resultando em inundações mais severas e frequentes em regiões costeiras. A intrusão salina em rios e aquíferos, contribui para a redução da qualidade de mananciais hídricos e pode resultar no aumento de casos de hipertensão, hiperarritmia e doenças de pele na população.

O aumento da temperatura da água em



ambientes dulcícolas pode alterar a cinética enzimática, a ciclagem de nutrientes, a taxa de crescimento de produtores primários, a emergência e abundância de macroinvertebrados, a migração da ictiofauna, entre outras alterações, o que torna os ambientes dulcícolas suscetíveis às mudanças da temperatura. Além disso, alterações hidrológicas (nível da água, padrões de inundação e influência sobre a mata ripária), derivadas de eventos extremos, podem influenciar diferentes padrões de organização ecológica, a disponibilidade de habitats e sua conectividade.

Apesar das iniciativas internacionais (Protocolo de Quioto, Acordo de Paris, Conferências das Partes - COPs etc) nas últimas décadas, para a redução das emissões de gases de efeito estufa, as projeções de mudanças climáticas apresentam cenários desafiadores para a gestão de recursos hídricos, para a conservação de ambientes aquáticos e para a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais para a vida humana no planeta.



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

Tema 3 - Escassez de água: contaminação, poluição, tratamento, reuso e biorremediação

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Recursos Hídricos (2021), cerca de 4 bilhões de pessoas no planeta vivem com "escassez física" de água, enquanto 1,6 bilhão de pessoas vivem com "escassez econômica", pela ausência de infraestrutura para o acesso à água. A escassez hídrica, caracterizada por uma demanda maior do que a disponibilidade, afeta a segurança hídrica e o bem-estar de populações humanas.

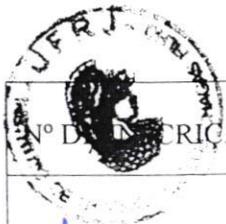
De acordo com o relatório supracitado, atualmente o consumo de água é seis vezes maior no planeta, comparado ao início do século passado. A intensificação do consumo, mudanças no uso do solo, produção industrial e agrícola, geração de energia, entre outras atividades, podem contribuir para a degradação de ambientes aquáticos e para a contaminação de mananciais de abastecimento. No entanto, a presença de contaminantes na água pode ter origem natural ou antrópica e não implica, necessariamente, em riscos aos seres vivos. Por outro lado, a poluição indica a ocorrência



de contaminantes em concentrações que podem causar efeitos adversos à saúde dos seres vivos. De forma mais abrangente, a Lei Federal 6938/1981, considera que poluição ambiental inclui efeitos negativos sob diversos aspectos: saúde e bem-estar da população, impactos sobre a biota, desacordo com os padrões ambientais estabelecidos etc.

A disponibilidade de água para abastecimento depende de infraestrutura e da qualidade de manuseio. A Resolução Conama 357/2005 estabelece parâmetros para classificação dos corpos hídricos, de acordo a qualidade e finalidade de uso. Dessa forma a água pode passar apenas pelo processo de desinfecção ou podem ser exigidas outras etapas de tratamento (simplificada, convencional e avançada).

Dentre os principais agentes empregados na desinfecção, o cloro é o mais usado. Em meio aquoso, o cloro forma o ácido hipocloroso (HClO), que se dissocia em íons ~~de~~ hipoclorito (ClO^-), ambos constituem o cloro residual livre, que sob pH e Temperatura adequados se mantém ativos ao longo do sistema de distribuição. Um inconveniente é a formação de produtos secundários de desinfecção com cloro, que podem causar riscos à saúde



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

minuana pela exposição à água contaminada. Por outro lado, falhas na etapa de desinfecção com cloro resultaram em 2300 pessoas infectadas e 7 mortes pelo consumo de água com Escherichia coli O157:H7, em Walkerton, Canadá (2000). Em uma perspectiva global, a Organização Mundial da Saúde estima que doenças de veiculação hídrica causem a morte de cerca de 485.000 pessoas ao ano.

O tratamento convencional é o mais difundido no Brasil e atende a cerca de 75% da população com acesso à água tratada, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Nesse tipo de tratamento, a água passa pelos processos de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e, eventualmente, etapas adicionais. A água tratada deve cumprir os parâmetros de potabilidade estabelecidos na legislação (GM/MS 888/2021). No entanto, mesmo técnicas adicionais (oxidação com radiação UV e filtro de carvão ativado) não foram capazes de eliminar contaminantes emergentes (metabólitos de cocaína e de nicotina) em água tratada em uma estação de Barcelona (Espanha). Etapas adicionais podem ser incluídas no tratamento avançado (p.ex. membranas de ultra-



filtração, osmose reversa etc.), mas essa não é a realidade da maioria das estações de tratamento de água no Brasil e na maior parte dos países.

Apesar do Brasil contar com um alto percentual de fornecimento de água tratada (mais de 80% da população), menos da metade dos 9 milhões de esgoto gerados diariamente no país é coletado e tratado (<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>). Segundo a mesma fonte, mais de 80.000 km de rios no Brasil estão impróprios para captação do abastecimento público e em cerca de 27.000 km de rios a captação deve ser seguida de tratamento avançado. Apesar disso, a Resolução Conama 430/2019 estabelece que o despejo de esgoto deve ser precedido de remoção mínima de 60% da demanda bioquímica de oxigênio.

As etapas de tratamento de efluentes dependem da origem e podem ser classificadas em preliminar, primário, ~~terciário~~ secundário e terciário. O tratamento preliminar visa a remoção de sólidos grosseiros, enquanto o primário objetiva remover sólidos em suspensão e sedimentáveis, sendo em muitos casos, associados a emissários submarinos. Nesse sentido, é importante ressaltar possíveis impactos à biota aquática marinha e a bioacumulação de contaminantes



derivados de efluentes pelo pescado.

No tratamento secundário predominam processos microbiológicos. O tratamento por lodo ativado atende à maior parte da população brasileira com esgoto tratado e consiste basicamente em um tanque de aeracção (reator biológico) com uma comunidade microbiana capaz de oxidar compostos orgânicos e inorgânicos, sendo incluídas ainda etapas adicionais, caso necessário.

O tratamento terciário visa a remoção de contaminantes persistentes ao tratamento secundário, podendo ser utilizadas carvão ativado, filtros de troca catiônica e aniônica e processos oxidativos avançados (POAs). Nos POAs (p.ex. Fenton, fotocatalise etc.) são produzidas espécies reativas com baixa seletividade (p.ex. hidroxilas) capazes de inativar microrganismos e oxidar contaminantes. Em alguns casos os POAs podem ser otimizados com nanomateriais e diversos estudos vêm investigando suas aplicações e riscos ambientais.

O reúso é uma estratégia para enfrentar a escassez hídrica, reduzindo a demanda de água potável para fins que não exigem potabilidade. De acordo com as Nações Unidas (relatório supracitado),



cerca de 380 bilhões de metros cúbicos de água podem ser recuperados de esgotos anualmente. Em 2014, devido à crise de abastecimento do Sistema Cantareira (SP) voltou a ser discutida a possibilidade de emprego da água de reúso para consumo humano. Porém, o Brasil ainda não tem legislação específica que garanta a segurança da água para esta finalidade. Em 2023, entrarão em vigor na União Europeia, os critérios de qualidade para água reúso na irrigação agrícola, no contexto da Economia Circular. Merece destaque a cidade de Windhoek, capital da Namíbia, que desde 1968 utiliza água de reúso tratada do esgoto para recarga do aquífero usado para abastecimento municipal.

Os processos de bioremediação podem ser usados para degradação, transformação ou remoção de contaminantes em águas e efluentes em tratamentos "in situ" e "ex situ". Os processos de bioestimulação (introdução de nutrientes) e bioaumentação (inoculação de microrganismos) podem otimizar a bioremediação. Dependendo da origem do efluente, os microrganismos podem ser selecionados de acordo com sua capacidade enzimática (p.ex. ureases, lipases, amilases. Especifici-



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

comumente as lacases, não biocatalizadores de amplo espectro, que têm^{ne} apresentado como promissora na degradação de diferentes poluentes. Microorganismos e enzimas imobilizadas em substratos (p.ex. cascas ativas, argilas, polímeros naturais e sintéticos) apresentam vantagens sobre sistemas planctônicos, por uma maior densidade de biomassa, maior capacidade enzimática e maior resistência a produtos químicos tóxicos.

As técnicas de fitoremediação são eficientes em muitos casos e podem gerar biomassa para produção de energia e para uso como fertilizante, enquanto fotobiorreatores com microalgas têm sido testados em projetos-piloto para a remoção de nutrientes e de micropoluentes em efluentes. Além disso, "Soluções Baseadas na Natureza" têm sido usadas, por exemplo, em zonas alagadas artificiais para o tratamento de efluentes industriais e em faixas filtro (filter strips) com vegetação permanente para reduzir a carga de poluentes na drenagem de corpos hídricos.



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

Tema 6 - Controle da qualidade analítica em amostras ambientais, limites de detecção e quantificação e análises de valores máximos aceitáveis.

O desenvolvimento de um método analítico, sua implementação ou adaptação envolve procedimentos para avaliação da qualidade analítica em laboratórios voltados à pesquisa, e, ainda, na indústria, para o atendimento de parâmetros estabelecidos na legislação sobre qualidade da água, ar, solo, alimentos etc.

Desde o trabalho de campo, devem ser cumpridos os criteriosos procedimentos na formulação do planejamento amostral, preparação de amostras para análises químicas etc. Nesse sentido, há diversas metodologias para análises químicas em amostras ambientais publicadas pela USEPA (United States Environmental Protection Agency), APHA (American Public Health Association), ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), além de artigos científicos revisados por pares. No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia (Inmetro) é referência em padronização e, segundo o documento DOQCGCRE-008 (2020), análises químicas quantitativas devem seguir os procedimentos resumidos



dos abaixo.

• **Seletividade**: se refere à capacidade do método quantificar o analito na presença de outros analitos e matrizes interferentes, o que depende, entre outras coisas, da escolha adequada do método de extração e das técnicas de separação e detecção. Nesta etapa podem ser usados materiais de referência certificados (MRC), padrões e amostras. É possível que seja verificada "efeito de matriz", que é a interferência da matriz na detecção e quantificação do analito, sendo apropriado neste caso, a preparação da curva na matriz. A técnica de espectrometria de massas é muito eficiente, no que tange à seletividade por utilizar a relação massa/carga (m/z) na detecção do analito.

• **Linearidade**: é obtida por padronização interna ou externa e formulada como expressão matemática para a quantificação da concentração do analito na amostra. São recomendados, no mínimo cinco concentrações (com ao menos três réplicas) uniformemente distribuídas para a preparação da curva analítica, sendo necessária a verificação da adequação do coeficiente de correlação linear.



• Limites de detecção (LD): expressa a ~~menor~~ menor concentração detectável do analito na amostra, podendo ser calculado a partir de diferentes abordagens: mediante sinal/ruído, pelo desvio padrão do branco da amostra, pela curva analítica etc. Nesse último caso, utiliza-se a seguinte equação:

$$LD = \frac{3,3 \times s}{b}$$

O valor de "s" expressa o desvio padrão da resposta do branco e "b" o coeficiente angular da curva analítica.

Muitos estudos utilizam o método de substituição (p.ex. LD/2) para o tratamento de valores censurados ($< LD$), porém, há pacotes estatísticos atualmente que disponibilizam metodologias mais adequadas (p.ex. Nondetects and Data Analysis - NADA).

• Limites de quantificação (LQ): expressa a menor concentração quantificável do analito na amostra, com exatidão e precisão aceitáveis. Assim como o LD, o LQ pode ser calculado a partir de diferentes abordagens. Com base na curva analítica-



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

tica, utiliza-se a seguinte equação.

$$LQ = \frac{10 \times a}{b}$$

Os valores de "a" e "b" não são as mesmas variáveis utilizadas no cálculo do LP.

Dependendo do objetivo da análise, o LQ calculado deve cumprir alguns requisitos. Para análise de contaminantes em alimentos, o Codex Alimentarius estabelece que o LQ deve equivaler a pelo menos $1/5$ do limite máximo tolerado (LMT), quando o limite é superior a $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, e a $2/5$ pelo menos $2/5$ do LMT, quando o limite é inferior a $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Tendência/Recuperação: sempre que disponíveis, os MRCs devem ser utilizados para avaliar o desempenho do método. Na avaliação da tendência, os valores (média e desvio padrão) obtidos na análise do MRC no laboratório devem ser comparados com os valores certificados. Quando não há disponibilidade do MRC, recomenda-se avaliar a recuperação com amostras fortificadas (spike), com pelo menos três concentrações dentro da



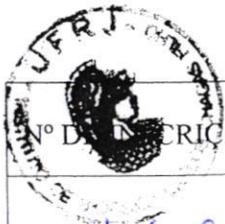
Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 7

fator de trabalho do método. Seguindo a USEPA o percentual de recuperação aceitável para metais varia entre 85-115% e para compostos orgânicos de 70-130%.

• Exatidão/Precisão: durante a validação do método e em análises de rotina devem ser utilizados padrões isotopicamente marcados (surrogates), MRC ou adição do padrão ao branco da amostra para avaliar a exatidão, definida como a proximidade de um valor mensurado a um valor conhecido, e a precisão, que se refere à proximidade de valores mensurados em réplicas analíticas. Na reprodutibilidade, o desempenho do método é avaliado a partir de ensaios interlaboratoriais.

O termo "valores máximos aceitáveis" abrange dois conceitos diferentes, mas complementares, que serão abordados a seguir: 1) Valores toxicológicos de referência e; 2) Limites legais aceitos de resíduos e contaminantes.

Os valores toxicológicos de referência são limites de segurança à saúde humana, com base nos conhecimentos científicos atuais. Para substâncias com limiar de toxicidade, a partir de bioensaios e de uma curva dose-resposta é possível



estabelecer o NOAEL (no observed adverse effect level), definido como o nível de exposição mais alto no qual não foi observado efeito adverso nos organismos expostos em relação ao grupo controle (com base estatística), o LOAEL (lowest observed adverse effect level), que se refere ao nível de exposição mais baixo onde foi observado efeito estatisticamente significativo nos organismos expostos em relação ao controle, entre outros desfechos toxicológicos.

O NOAEL e o LOAEL são chamados de "pontos de partida" (point of departure - POD), os quais são divididos por fatores de incerteza ou segurança: 1o pela extrapolação de resultados com cobaias para humanos (fator interespecie), mais 1o pela variação ~~na~~ sensibilidade ~~de~~ substância testada dentro da população humana (fator intraespecie, além de um fator adicional (geralmente mais 1o), de acordo com a base de dados e o critério dos avaliadores. Assim, não estabelecidos os valores toxicológicos de referência ~~é~~ para a saúde humana, como Ingestão Diária Aceitável (IDA) para resíduos de agrotóxicos, fármacos veterinários e aditivos alimentares em alimentos. No caso de contaminantes, podem ser considera-



dos a PTDI (provisional tolerable daily intake), a PTWI (provisional tolerable weekly intake) etc. A Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDA) norte-americana, estabelece o "Minimal Risk Level" (MRL), enquanto a USEPA estabelece a "Oral Reference Dose" (RfD) e "Inhalation Reference Concentration" (RfC), cada uma em seu escopo de atuação. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), considera a IDA e "Acute Reference Dose" (ARf), como referências para os agrotóxicos registrados no país. Há outros valores de referência, por exemplo, a JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) estabelece a Ingestão Diária Microbiológica Aceitável para resíduos de antimicrobianos em alimentos, considerando efeitos na microbiota intestinal humana.

Para substâncias carcinogênicas, não é possível estabelecer NOAEL ou LOAEL. Nesse caso, pode-se estabelecer a "Benchmark Dose Lower Confidence Limit", considerando, por exemplo, um aumento de 0,5% no desenvolvimento de determinado tumor (BMD_{0,5}). A USEPA pre-

começa utilizar o fator de inclinação de



curva dose-resposta (slope factor), ~~para~~ com um limite de confiança, por exemplo de 95% no aumento de risco de câncer pela exposição ao longo de toda a vida.

Segundo o Codex Alimentarius, Limites Máximos de Resíduos (LMR_s) de agrotóxicos, fármacos veterinários e aditivos em alimentos são baseados, em ~~Boas Práticas Agrícolas~~ entre outros critérios, em Boas Práticas Agrícolas e de manufatura, enquanto a legislação brasileira (Resolução 487/2021) estabelece Limites Máximos Toleráveis (LMT_s) com base em diferentes critérios (de consumo, toxicológicos, de risco etc.). Nesse sentido, LMR_s e LMT_s (em mg.kg⁻¹ de alimento) são limites legais aceitos e não devem exceder os valores toxicológicos de referência à saúde humana, estabelecidos em mg.kg⁻¹ de peso corporal.

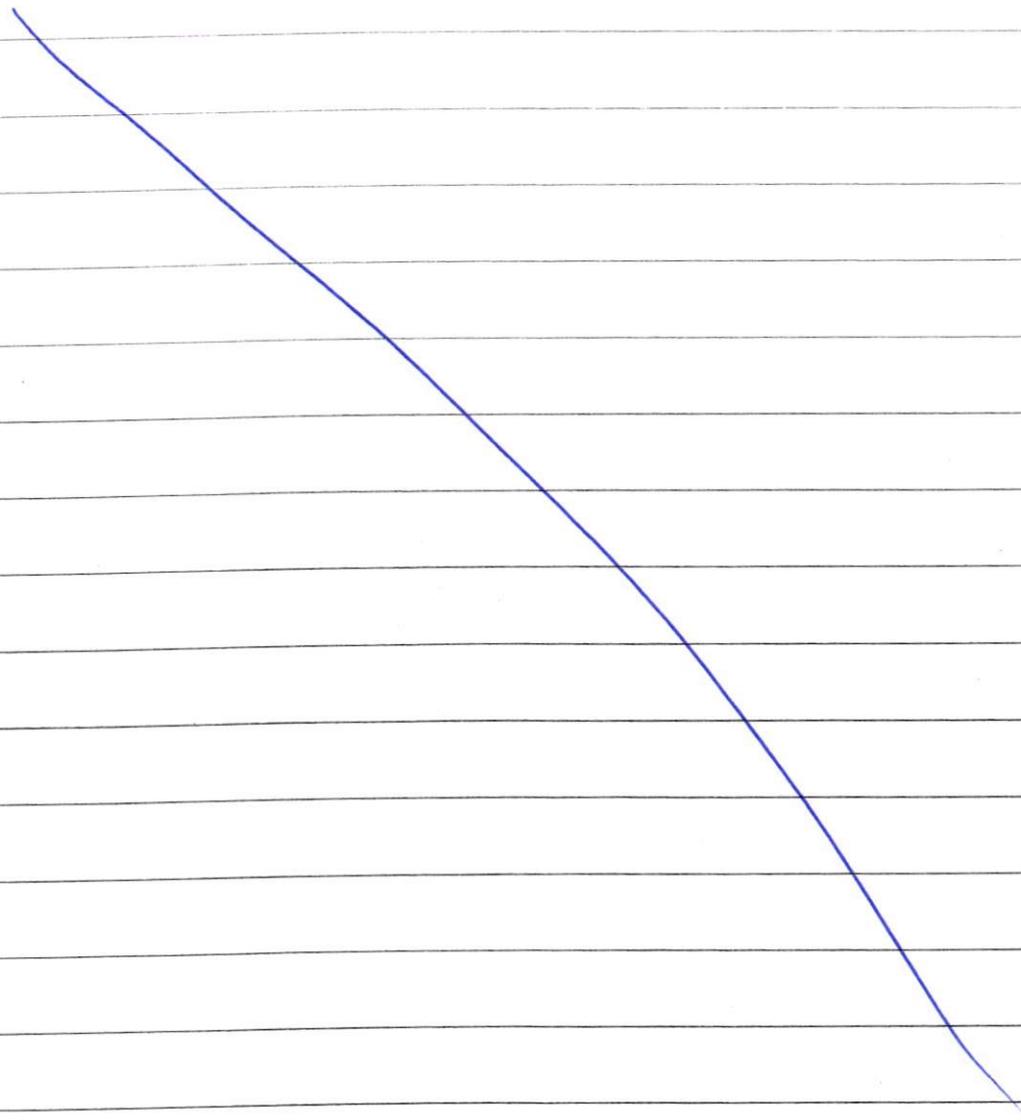
Na União Europeia (UE), quando não se pode atestar a segurança de uma substância, o "LMR" é estabelecido com base no limite de detecção analítico de substância. Portanto, o limite de glifosato em água estabelecido na UE é 0,1 µg.L⁻¹. No Brasil, o limite de glifosato em água (Classe 1), segundo a Resolução Conama



REGISTRO INTERNA: 7

357 é 650 vezes mais alto do que o limite estabelecido na UE, evidenciando critérios muito distintos de segurança à saúde em relação ao glifosato.

No Brasil, não estabelecidos LMT, para As, Cd, Hg, Pb, micotoxinas em alimentos, "valores máximos permitidos" (VMPs) para cianotoxinas em água, entre outros limites estabelecidos na legislação.





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022

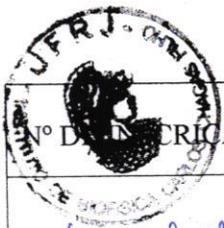


Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 8	No. fl. 1
----------------------------	--------------

(3) Apesar do nosso planeta ser coberto por água em sua maior parte, 97% está nos mares e oceanos e uma grande quantidade de água doce ~~está~~ está nas geleiras, restando menos de 1% para disponibilidade nos seus múltiplos usos. Adicionalmente, com o crescimento da população humana; a urbanização; os modos de se obter alimento e energia; bem como os processos socioeconômicos que levam a um consumismo exagerado e a falta de planejamento básico levam ao cenário atual de escassez e degradação deste recurso finito. A contaminação, que pode ser definida como a presença de substâncias que não eram encontradas naquele local ou que estão em concentrações maiores que a natural, bem como a poluição - presença de contaminação em níveis que causam efeitos adversos à saúde humana e ao ambiente - da água são grandes contribuintes para a escassez de recursos hídricos. A falta de uma regulamentação e fiscalização ambiental eficientes faz com que esse problema se agrave. Para além do descarte de esgoto doméstico nas grandes cidades, o descarte de efluentes industriais (grandes indústrias e parques industriais tendem a se instalar próximos a recursos hídricos) e a contaminação de atividades agrícola, pecuária e de mineração são as principais fontes de contaminação e poluição da água. Os tratamentos convencionais tem por objetivo retirar os poluentes da água e evitar problemas de saúde pública (cólera, diarreias etc.). Os tratamentos de água convencionais são bem básicos, focando no-



mente em alguns parâmetros de qualidade da água, tais como: teor de oxigênio dissolvido, pH adequado, dureza, teor de nitrogênio e fósforo total adequados, demanda bioquímica de oxigênio, cor e turbidez e a ausência de microrganismos específicos (coliformes). É importante lembrar que esse tratamento é indispensável para a saúde humana e proteção da vida aquática, mas não é suficiente. Contaminantes emergentes, tais como PCBs, pesticidas, fármacos e hormônios; não são eliminados com esse tratamento ~~to~~ convencional. Tratamentos terciários como ozonização, carvão ativado e osmose reversa, não ~~são~~ são processos adicionais necessários para a remoção de certos contaminantes usados em alguns países, mas elevam o custo do tratamento. Uma forma racional e eficaz de uso da água é fazer o seu reuso para purificar a água de boa qualidade em usos onde ela é indispensável. O reuso pode ser indireto, quando o efluente é tratado, lançado no recurso hídrico e depois coletado para uso a jusante; ou uso direto, onde o efluente tratado vai ~~de~~ diretamente para seu uso sem ser lançado no ambiente. O reuso direto é muito realizado por indústrias e recomendado em zonas ~~ruais~~ rurais e de pequena água. O reuso pode ser feito para refrigeração, regar jardins e praças públicas, cultivos etc. Além do reuso, uma forma de melhorar a qualidade da água é fazendo a biorremediação em afluentes ou áreas contaminadas. A biorremediação pode ser feita por plantas aquáticas e algas (fitorremediação) ou por microrganismos (bactérias, fungos). O processo consiste na remoção de poluentes da água por estes organismos que vão transformar o agente químico, que vai perder seu



potencial de causar danos. Alguns microrganismos degradam essas moléculas e utilizam ~~o carbono e a água como~~ como fonte de energia, liberando carbono e água. Em outros casos esses ~~outros~~ microrganismos degradam a molécula mas não tem benefício com a reação, como é o caso de DDTs e PCBs. A bioremediação é muito utilizada em situações de derramamento de óleo - degradando os HPA's, bem como no tratamento de efluentes urbanos e farmacêuticos. A bioremediação pode ser otimizada ao se aplicar as condições abióticas e bióticas ótimas para que o processo ocorra (nutrientes e comunidade de microrganismos).

Na minha experiência acadêmica atuei em diversos momentos pesquisando a qualidade da água para avaliar a necessidade de tratamentos ou de atenuação para saúde pública e preservação da vida aquática. Atuei em análises microbiológicas (coliformes) e outros parâmetros de qualidade da água no início da graduação e por muitos anos fiz análises de contaminantes inorgânicos em água de rio e do mar, avaliando concentrações total e dissolvida, bem como as frações lábil e biodisponível de diversos elementos.



① Os impactos das mudanças climáticas decorrentes da ~~emissão~~ do aumento exponencial de emissões de gases do efeito estufa, principalmente do CO₂, já podem ser mensurados atualmente e diversos estudos de modelagem estão fazendo as previsões destes impactos para o futuro. No que se refere à qualidade da água, o aumento da temperatura e precipitação, o aumento de eventos extremos e da ~~velocidade~~ alteração na velocidade dos ventos e da radiação solar vão contribuir fortemente para a degradação e ~~por~~ piora na qualidade dos recursos hídricos. Um dos efeitos mais notáveis é o aumento da eutrofização - crescimento descontrolado da produtividade primária (~~causada~~ principalmente de dinoflagelados e cianobactérias) que levam à queda de oxigênio dissolvido, aumento da matéria orgânica e liberação de biotoxinas produzidas por estes organismos. Um ambiente eutrofizado pode levar à mortalidade de peixes pela ausência de oxigênio, bem como intoxicar animais aquáticos e o homem (um exemplo são as cianotoxinas produzidas por cianobactérias e que podem ser hepatotóxicas, neurotóxicas e dermatotóxicas). Um outro efeito das mudanças climáticas na qualidade da água é o aumento na concentração de contaminantes e da biodisponibilidade deles. Mudanças na temperatura vão favorecer reações químicas e eventos extremos de inundação vão ~~gerar~~ mobilizar contaminantes das margens e do sedimento para a coluna d'água, enquanto que eventos extremos de seca vão ~~favorecer~~ dificultar o efeito de diluição de poluentes. Ou seja, haverá grande alteração nos ciclos hidrológicos e nas propriedades físico-químicas das águas que somadas



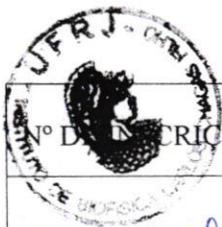
Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 8

ã maior disponibilidade de contaminantes e toxinas, deixarão nossas águas mais degradadas aumentando seu potencial tóxico e de transmissão de doenças.

Quando falamos de biodiversidade, estudos reportam que as mudanças climáticas serão a maior ameaça dos próximos anos, ganhando inclusive da destruição do habitat. Previsões mais pessimistas reportam as mudanças climáticas como causadora da sexta extinção em massa. De fato, todos os níveis da biodiversidade - das funções genéticas às funções ecossistêmicas e integridade do bioma - poderão ser afetadas pelas consequências das mudanças climáticas. No geral, o aumento da temperatura, as alterações na precipitação e nas correntes de massas atmosféricas e oceânicas, bem como o aumento de eventos extremos vão fazer com que os organismos alterem seu habitat (se deslocando no espaço em busca de condições mais favoráveis), alterem seu ciclo de vida (eventos de migração e reprodução) e reprodução, por exemplo) e também sua fisiologia e comportamento, alterando a ecologia alimentar e as relações nas teias tróficas. A diminuição de oxigênio dissolvido no ambiente aquático vai tornar os custos do metabolismo e da homeostase mais altos, sendo assim é prevista uma redução na distribuição e no tamanho de espécies aquáticas, como peixes, o que vai afetar significativamente os nossos recursos pesqueiros. Ainda, os animais aquáticos estarão mais expostos ~~à~~ a contaminantes, devido a maior concentração e disponibilidade, como já mencionado. O aumento da concentração de contaminantes nos organismos aumentará o risco de efeitos



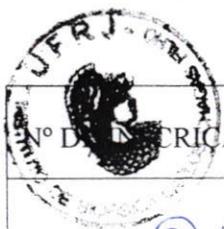
adversos principalmente das substâncias que bioacumulam no ambiente na biota e biomagnificam ao longo da teia trófica (por exemplo, compostos lipofílicos como PCBs e pesticidas). Nesse sentido, um efeito adverso maior será encontrado em predadores de topo, que vão receber uma carga maior de contaminantes das suas presas e terão uma baixa nas suas reservas lipídicas (devido ao maior custo de metabolismo), e consequente aumento na concentração destes compostos. Dentro da biodiversidade dos sistemas aquáticos, uma atenção especial deve ser direcionada ao ambiente estuário e marinho uma vez que, além de todas as consequências citadas acima, a ~~o~~ acidificação dos oceanos - devido a maior concentração de CO₂ dissolvido - a alteração nas correntes e a elevação do nível do mar tornam o problema das mudanças climáticas ainda mais preocupante. Estudos mostram que esse conjunto de ~~impactos~~ ~~levará~~ alterações levará a mudanças nos ciclos (transporte, persistência e exposição) de diversos contaminantes, especialmente as bifenilas policloradas (PCBs) e o metilmercúrio (MeHg). Os PCBs são compostos que possuem imunotoxicidade, afetam a reprodução e são disruptores endócrinos. Já o MeHg tem efeitos neurotóxicos e nefrotóxicos. Ambos bioacumulam e biomagnificam e podem ser dispersados pelo globo por correntes atmosféricas. Resumidamente, a maior disponibilidade desses contaminantes, ocasionada pelas alterações ambientais já discutidas até aqui, somadas às alterações que a própria biota terá que fazer para se adaptar a essas mudanças, levarão a uma maior exposição ~~a~~ aos contaminantes, aumentando os efeitos adversos observados



principalmente em grandes animais (peixes, mamíferos e aves marinhas), podendo levar à um declínio populacional significativo, e consequentemente, a um desequilíbrio desses ecossistemas.

As alterações na ecologia alimentar, que vão levar a ~~muitas~~ mudanças nas relações tróficas e a uma alteração na exposição a contaminantes, pode ser estudada através de isótopos estáveis de nitrogênio. No meu atual pós-doutorado utilizo essa ferramenta para avaliar a posição trófica de mamíferos aquáticos e entender as relações entre a posição trófica e as concentrações de contaminantes nestes animais, incluindo o mercúrio. É esperado que quanto maior o nível trófico, mensurado ~~por~~ pela análise de isótopos estáveis, maior será a concentração de contaminantes que biomagnificam.

Como já mencionado, eventos extremos podem afetar a biodisponibilidade de contaminantes. No meu primeiro pós-doutorado, onde trabalhei num programa de monitoramento ambiental de áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG, 2015), a abordagem multidisciplinar pode nos mostrar que diversos contaminantes - principalmente aqueles contidos na lama de rejeito - apresentavam concentrações mais elevadas na coluna d'água e na biota após períodos de chuva, chegando até mesmo em níveis similares àquelas encontradas logo após o rompimento. Esses achados evidenciam a preocupação com ~~eventos~~ ^{eventos} extremos que podem lançar uma carga muito alta de contaminantes (remobilizados dos sedimentos e margens) para a água e para a biota, potencializando seus efeitos tóxicos.



⑥ O controle de qualidade analítica é algo essencial em análises químicas pois traz credibilidade ~~ex~~ e confiabilidade para os dados gerados. Este controle se torna ainda mais relevante em análises ambientais que trabalham com diferentes matrizes e que utilizam os dados gerados para discussões e proposições sobre a preservação do meio ambiente e da saúde humana. O controle de qualidade analítico pode ser dividido em algumas fases e a primeira delas é a validação do método. A validação do método nos diz se o mesmo pode ser utilizado para o fim que é proposto (tipo de amostra, analito) de forma eficaz, gerando resultados confiáveis e reprodutíveis da maneira que foi descrito (preparo da amostra, técnica utilizada, condições operacionais). A validação do método é constituída pelos parâmetros de performance, também denominados figuras de mérito, que serão descritos a seguir. A robustez, que é a capacidade do método permanecer confiável após pequenas variações operacionais. A seletividade e especificidade, que é a capacidade do método selecionar os analitos dentro de uma amostra complexa e com interferentes e obter um sinal o mais específico possível para cada analito. Esse parâmetro é especialmente importante para amostras ambientais, que geralmente ~~se~~ apresentam baixa concentração dos analitos e matriz complexa com a presença de interferentes (que podem suprimir ou superestimar o sinal do analito). A precisão e exatidão dos métodos também precisam ser avaliadas. A precisão, que é a capacidade de um método produzir resultados ~~mais~~ com uma maior proximidade possível entre eles nas análises independentes de uma mesma amostra, pode ser avaliada



por testes de repetitividade (diversas análises da mesma amostra em um mesmo momento, por um mesmo analista e utilizando o mesmo equipamento) e por testes de reprodutibilidade (comparação entre diversas análises feitas de uma mesma amostra feita em momentos diferentes, por analistas diferentes e equipamentos diferentes)*. A estabilidade do analito também deve ser avaliada para saber se durante o método ele pode sofrer degradação ou volatilização, por exemplo. É uma informação útil para saber a melhor forma de conservação da amostra e por quanto tempo ela pode esperar até o momento da análise sem comprometimento do analito.

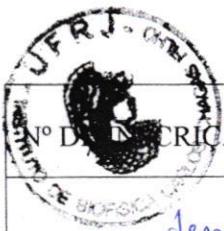
Os limites de detecção e quantificação fazem parte dos parâmetros de performance e podem ser instrumentais - limites calculados considerando apenas as incertezas inerentes ao equipamento - ou do método - limites calculados considerando todas as incertezas do processo, desde o momento do preparo das amostras até a análise no equipamento. Obviamente, os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) do método são os mais importantes, no momento de considerar dados de análises ambientais pois os limites instrumentais podem ser muito inferiores quando analisamos amostras de matriz complexa. O limite de detecção é o limite mínimo detectável, significativamente diferente do ruído ("background"), mas não é possível de quantificação, sendo útil em análises qualitativas. O limite de quantificação é o limite máximo onde pode-se determinar a concentração de um analito. Existem diversas maneiras de calcular o LD e o LQ, as mais comuns são: calculando o sinal analito/ruído, sendo que o LD é quando o sinal do analito é 3 vezes maior que o do ruído; e o LQ, onde o sinal



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 8

do analito é 10 vezes o sinal do ruído. Outra forma de calcular o LD e o LQ é pela razão s/b , onde "b" é o coeficiente angular da regressão e o "s" é o desvio padrão da análise dos brancos, o LD será 3x o valor desta razão e o LQ será 10x o valor. Para fim de análises ambientais, quando queremos saber o que tem (qualitativa) utilizamos o LD, e quando queremos saber quanto tem (quantitativa) utilizamos o ~~LD~~ LQ. A linearidade é a figura de mérito que parte do pressuposto que a resposta gerada na análise deve ser proporcional à concentração do analito. Para isso, é construída uma curva de calibração com concentrações conhecidas (de 5 a 10 pontos na curva) que deve ser ajustado a um modelo de regressão que geralmente é o modelo linear. A avaliação da linearidade deve ser feita avaliando o coeficiente de determinação (R^2 - que deve estar o mais próximo possível de 1) e o desvio padrão residual. Durante a ~~validação do método~~, deve ser feita validação do método também deve ser estabelecida a faixa de trabalho, considerando as concentrações mínimas obtidas pelos limites, e ~~as~~ máximas considerando a preservação da linearidade entre outros aspectos da técnica.

Após a validação do método deve ser feito o cálculo das incertezas, após um mapeamento de fontes de incertezas (ex. balança, pipetas, soluções padrão, calibração etc.). O cálculo das incertezas vai dizer a faixa estreita onde o valor está inserido (nunca será um valor absoluto) e deve ser considerada para saber se o método atende ou não a determinado uso (por exemplo: se eu quero comparar valores ~~e de~~ amostras e a incerteza é maior do que a diferença dos valores obtidos. Por fim,



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 8

femos o controle de qualidade do método que verifica se o método ainda está apresentando as mesmas condições e confiabilidade durante que foram obtidas durante a validação. São procedimentos que fazem parte da validação ~~mas~~ e também da rotina de análises. * A exatidão do método, que verifica se os resultados obtidos estão próximos daquele valor que era esperado. Pode-se avaliar a exatidão utilizando Matrizes de Referência Certificadas (concentrações certificadas) ou se o material de referência não estiver disponível, pela adição de uma concentração conhecida ("spike") na amostra em pelo menos 3 níveis de concentração (baixa, média, alta). Então, é calculada a recuperação do analito ($\text{concentração observada} / \text{concentração esperada} \times 100$) e devem ser estipulados limites aceitáveis para a recuperação. Outro controle de rotina é a análise de replicatas (duplicata ou triplicata) de uma mesma amostra e o cálculo do desvio padrão entre elas. Os limites aceitáveis para o desvio também ~~de~~ devem ser pré-estabelecidos. Por fim, as análises interlaborais também são controle de qualidade do método e são realizadas por organizações que fornecem uma mesma amostra para laboratórios de diferentes locais e esses laboratórios emitem seus resultados que serão comparados com os demais. A organização emite um relatório de performance do método de cada laboratório avaliado.

Os valores máximos aceitáveis são valores de ^{máximos} concentrações de uma substância em um compartimento (água, solo, biota etc) que não apresentem riscos ou efeitos adversos. Por exemplo, para a água existem os valores



máximos permitidos para diversos agentes químicos na Resolução CONAMA 357/2005. Os valores máximos diferem de acordo com a classe da água conforme o enquadramento de recursos hídricos. Os valores máximos permitidos geralmente são calculados a partir de testes ecotoxicológicos (por exemplo, teste de toxicidade crônica que fornece a concentração onde não é observado efeito adverso - NOAEL - e a concentração mais baixa onde é observado efeito adverso - LOAEL). Estes testes são realizados em diversos níveis tróficos, considerando o valor obtido para o ~~o~~ organismo mais sensível (finalidade de proteção da vida aquática) ou mais próximo do homem (finalidade consumo humano). A partir destes testes encontra-se a dose de referência diária, que é a dose que podemos ser expostos diariamente sem efeito adverso. São aplicados fatores de incerteza para o cálculo da dose diária, uma vez que os testes são realizados com diferentes espécies. Considerando amostras ambientais e qualidade de análise, é importante determinar e conhecer os valores máximos aceitáveis pois as técnicas e métodos analíticos devem fornecer limites de detecção e quantificação abaixo desses valores para ser uma ferramenta útil na área ambiental.

Sobre este tema, minha experiência acadêmica e científica é bastante ampla pois desde a iniciação científica trabalhei com análises químicas. Durante a graduação, sob orientação de um químico analítico, desenvolvi um método para análise eletrodo de trobutilestanho na presença de estanho ~~orgânico~~ inorgânico, o que me conferiu desde cedo a familiaridade com validação do método e controle de qua-



atividade analítica. Realizei estudos com espectrômetro de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) e espectrômetro de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) para determinação de contaminantes inorgânicos nas mais diversas matrizes ambientais (água doce, água do mar, sedimento, biota) durante a iniciação e o meu mestrado. No doutorado operei em espectrômetro de observação atômica com forno de grafite (GF AAS) e atuei num laboratório de ecotoxicologia aprendendo sobre os mais diversos testes ecotoxicológicos, bioensaios, uso e criação de organismos-testes e cálculos para obtenção das concentrações letais e outros outros índices para a avaliação de risco. Atualmente sigo fazendo análises de contaminantes inorgânicos utilizando um GF AAS e também estou envolvida com análise de isótopos estáveis utilizando um IRMS e de compostos orgânicos (clorados, bromados e HAPs) usando um cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massas (GC-MS). Portanto, são 14 anos atuando doutoramente com análises de amostras ambientais, uma área da qual ~~me~~ me interessa cada dia mais e que reconheço seu enorme potencial para fornecer ferramentas e conhecimento relacionados à preservação do meio ambiente e conservação das espécies.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 9

No. fl.

1

Ponto 6 = controle de qualidade analíticas em amostras ambientais
limites de detecção e quantificação, e análise de valores máximos
admissíveis

A garantia e controle de qualidade analíticas (QA/QC) para amostras ambientais constituem os procedimentos, parâmetros e diretrizes que asseguram a confiabilidade do resultado analítico para esse tipo de amostra em suas diferentes matrizes. Tal controle e garantia de qualidade se iniciam na etapa pré-analítica com a coleta da amostra, garantindo a integridade do analito de início até com o armazenamento adequado, dadas as suas propriedades físico-química e estabilidade. Feito isso, procede-se com a homogeneização da amostra e extração do analito, a qual será também adequada à sua estabilidade, evitando transformações químicas, e dependente da matriz (água, sedimento, tecidos). Diversos métodos de extração têm sido testados e estabelecidos para a análise de, por exemplo, contaminantes em amostras ambientais. Métodos físicos e químicos que buscam otimizar a extração do analito da matriz ambiental, bem como mantê-la sua integridade quando, por exemplo, dissociado de sólidos e presente em solução.



Ainda sobre a etapa de extração, testes de matriz são adotados para verificar a eficiência de recuperação do elemento ou composto a partir da portificação de amostras ou spikes em brancos a concentrações conhecidas. São procedimentos usuais principalmente em amostras de tecidos de plantas e/ou animais onde interferentes de matriz (ex.: lipídios, proteínas plasmáticas) podem ocorrer.

Ainda na etapa pré-analítica, considerando a presença de tais interferentes e a complexidade que amostras ambientais podem apresentar em termos de composição química e a interação entre substâncias, recomenda-se o clean-up da amostra em solução com a pré-purificação do analito de interesse. Para muitos compostos orgânicos nesta etapa utiliza-se cartuchos ODS (Octadecil-sílica/C-18) os quais têm sido aplicados em limpezas como a dessalinização e remoção ~~de~~ ^{de} compostos que podem interferir no sinal de base ou competir com sítios de ligação do analito, e também fazem a pré-purificação e concentração da amostra antes da análise. Alguns solventes, como o hexano, também são utilizados para a limpeza da amostra com separação da solução em fases, onde pode-se coltar a fração de interesse. Subsequentemente a amostra é levada para suspensão no solvente que será direcionado à análise.

Garantido o armazenamento adequado da amostra extraída, prossegue-se à etapa analítica a qual estabelece os seguintes



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 9

critério de QA/QC: (I) exatidão e precisão, que estão diretamente relacionados aos limites de quantificação e detecção, sendo este último a concentração mínima com ~~um~~ mais de 90% de probabilidade de ser identificada como estando acima de zero, de forma precisa. O limite de quantificação enquadra-se neste contexto, porém também com exatidão ~~um~~^a partir de um valor mínimo de quantificação. Tais limites podem diferir de acordo com o método aplicado, o qual terá um balanço entre a seletividade de reconhecimento/separação de analitos, e a sensibilidade na detecção e quantificação desses. Os LDs e LQs também vão de encontro com os valores máximos permitidos dos compostos/elementos no ambiente, pré-determinados em diretrizes de programas de monitoramento. Tais valores máximos baseiam-se em informações de efeitos adversos das substâncias presentes no ambiente e incorporadas em rotinas de monitoramento.

(II) O uso de materiais de referência certificados, como os fornecidos pelo National Research Council - Canadá, e elaboração de curvas de calibração com os devidos controles (- e +) ~~o~~ também são critérios de QA/QC para amostras ambientais. Nestas, pontualmente as amostras, é necessária a avaliação da

(III) repetibilidade; (IV) variabilidade estocástica através da replicação de amostras e (V) eventual calibração interlaboratorial para frequente validação do método.

Tais critérios subsidiam dois atributos importantes



do controle de qualidade analítica de uma amostra ambiental: (1) a acurácia, que determina a proximidade entre o valor quantificado na amostra e o real presente nesta, e a (2) incerteza, geralmente representada pelo coeficiente de variação ou intervalo de confiança dos resultados de uma dada amostra.

Tomando como exemplo a análise de toxinas de cianobactérias (cianotoxinas) em água, o QA/QC se inicia na amostragem da água bruta onde o profissional pode escolher avaliar apenas a fração particulada, por meio de coletas com rede de malha de 20 μm , tendo controle do volume filtrado, ou a coleta de água bruta com separação das frações particulada (células e matéria orgânica particulada e em suspensão) e dissolvida (filtrado ou sobrenadante) das toxinas. Tal separação deve ocorrer antes do armazenamento em freezer -20°C , pois após congelamento as células podem romper e extravazar o conteúdo intracelular. Existem diversas classes químicas de cianotoxinas, entre peptídeos cíclicos, alcalóides, aminoácidos, compostos bromados e organofosforados as quais possuem variada estabilidade, porém, por serem produtos naturais, normalmente assume-se sua baixa tolerância a processos de degradação ambiental, embora apresentem considerável estabilidade térmica e sob diferentes pHs.

O procedimento de extração e o solvente no qual estas toxinas



nas são recuperadas dependem do método empregado na sua detecção. Em métodos mais sensíveis e menos relativos como o imunoenzimático (ELISA), geralmente as toxinas são recuperadas em água ou DMSO mediante extração física como gelo-digelo e/ou homogeneação. ~~Amostras destinadas~~ Tais critérios são assumidos para evitar algum efeito de interação de alguns solventes orgânicos (ex: metanol) com o biossensor e o transdutor de sinal presentes no método. Geralmente estas análises constituem rotinas de monitoramento e possuem baixos limites de quantificação, para atender os valores máximos permitidos em diretrizes da Organização Mundial de Saúde. Por outro lado, técnicas de cromatografia (ex: HPLC) e cromatografia acoplada a espectrometria de massas (LC-MS) têm uma maior seletividade (caracterização química) e uma sensibilidade relativamente menor. Amostras destinadas a estas análises são geralmente submetidas a extrações químicas com solventes como metanol, ácido acético, ácido clorídrico, etc, e tendem a ter maior estabilidade na preservação do analito. Tais procedimentos precisam passar por etapas de clean-up e pré-purificação para remoção de interferentes como pigmentos, proteínas e carboidratos, em cartuchos ODS ou quartzite. Para a concentração das toxinas de amostras de fase dissolvida, estes métodos de pré-purificação constituem a primeira etapa de recuperação do analito.



Ademais, assumidos os critérios padrão de QA/QC das amostras o direcionamento da análise do tipo de toxina dependerá dos taxon(s) identificado(s) como predominante na amostra, os quais já terão informação prévia do(s) tipo(s) de toxina a qual potencialmente pode produzir, o que também constituirá a avaliação de risco do ambiente por meio da determinação da concentração celular (ou em biovolume) e enquadramento nos valores máximos permitidos, assim como as eia no toxinas.

Ponto 1: Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade da água e biodiversidade de ambientes aquáticos

Desde meados dos anos 50, a emissão contínua de gases do efeito estufa vem gerando consequências climáticas de implicações globais. No último relatório do IPCC (6th report) alertou-se sobre a atual temperatura média de 1,1°C aumentada no planeta e sua relação com o aumento das concentrações atmosféricas de metano e gás carbônico (IPCC, 2021). Além disso, é esperado um aumento significativo em eventos de anomalias climáticas extremas, como temperaturas de 49°C que foram registradas no Canadá, em 2021, e períodos de chuvas e secas extremas, como registrado no mesmo ano na Alemanha e planalto central do Brasil, respectivamente, devido a variações drásticas na pluviosidade. Tais fenômenos são algumas das consequências relacionadas



das as mudanças climáticas. Além disso, estima-se que o atual aumento médio de $1,1^{\circ}\text{C}$ que o planeta sofreu, represente cerca de $1,6^{\circ}\text{C}$, considerando apenas o continente. Para os corpos hídricos continentais isso representa um grande impacto para a qualidade da água e comunidades biológicas. Alguns pesquisadores têm assumido os corpos d'água superficiais (lagos, lagoas, rios) como 'sentinelas' dos efeitos das mudanças climáticas, as quais têm potencializado a degradação desses ambientes, sobretudo em conjunto com o problema da eutrofização artificial. Em uma revisão recente Muehroff et al. (2022) inland waters - ressaltam os ~~efeitos~~ feedbacks na interação entre mudanças climáticas e a eutrofização artificial, e suas consequências no agravamento da degradação dos recursos hídricos, onde são destacados o aumento de poluentes ^{da} ~~para~~ bacia de drenagem para o corpo d'água em função do aumento das chuvas e consequente concentração desses poluentes na coluna d'água em períodos de estiagem prolongada onde há uma maior taxa de evaporação; maior tempo de residência da água e salinização desses ambientes, como frequentemente observado em regiões semiáridas. Por sua vez, como consequência das elevadas temperaturas, salinização (\uparrow condutividade) e disponibilidade de nutrientes, têm-se observado um aumento na frequência de ocorrência e duração de florações (proliferações) de cianobactérias.



Estudos como Paul e Huisman (2008) e Paul et al. (2011) publicados em revistas de grande notoriedade na Ciência, como a Science, já vêm alertando sobre o aumento nas florações de cianobactérias relacionado ao aquecimento do clima ("Blooms like it hot"). Abordagens ecofisiológicas têm mostrado que algas eucarióticas do planeta têm sido afetadas negativamente, enquanto cianobactérias conseguem crescer em temperaturas acima de 35°C (Paul et al. 2011). Isso tem sido atribuído à capacidade desses microrganismos em regular a síntese de 'heat-shock proteins'. Além da capacidade adaptativa das cianobactérias no cenário de mudanças climáticas, ressalta-se a contribuição dessas proliferações para a perda de qualidade da água (cônicas e potabilidade) devido ao acúmulo de biomassa e produção de metabólitos secundários bioativos como cianotoxinas, cianopeptídeos e compostos orgânicos voláteis (geosmina e ~~2~~ 2-metilisobornol) que protagonizam crises hídricas em diversos países.

Outros pesquisadores, como Macedo et al. (2022) também alertam para atividades de reaparelhamento de cursos de rios, na previsão do cenário climático, que tornarão esses ambientes vulneráveis a colonização e proliferação do dinoflagelado invasor Ceratium purpureum, gerando consequências para a biodiversidade e qualidade de água. Plantas aquáticas invasoras, como a Pontederia exaltata também são especia-



das para proliferar e impactar águas interiores nesse cenário.

Nos oceanos estimou-se um aumento de $0,038^{\circ}\text{C}$ nos primeiros 3000 m da camada d'água, o que juntamente com o aumento do CO_2 e consequente acidificação oceânica tem consequências danosas para os organismos marinhos, sobretudo aqueles calcificados, como moluscos, algas calcárias, poríferos que dependem do pH alcalino para deposição de carbonato de cálcio. Além disso, florações algais também são esperada por aumentar em regiões marinhas e costeiras em função do clima, CO_2 e entrada de nutrientes do continente no contínuo águas interiores - zona costeira, inclusive com o transporte de florações de cianobactérias para essas regiões.

~~Apresenta~~ Estima-se que 15-37% da biodiversidade terrestre será perdida com o avanço das mudanças climáticas. Tal estimativa para os ambientes aquáticos ainda é incipiente, o que se mostra preocupante dados os serviços ecossistêmicos diversos promovidos por esses ambientes. Neste contexto pode-se exemplificar a contribuição do fitoplâncton marinho com cerca de 70% do oxigênio atmosférico e a previsão alarmante de redução da produção primária nesses sistemas (38%) com maior emissão de CO_2 (Respiração > produção primária), assim como estimado para as grandes florestas tropicais.

Também tem-se alertado para o aumento em cerca de 50% na ocorrência de patógenos relacionados a doenças de vida-



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 9

ação hídrica em resposta às mudanças no clima.

Dessa forma, considerando a relação antropológica nas mudanças climáticas e as perdas estimadas na biodiversidade e serviços ecossistêmicos, atualmente tem-se discutido o ~~o~~ nexo mudança climática - biodiversidade - sociedade.

Os países têm investido esforços para atender aos melhores cenários socioeconômicos compartilhados pelo IPCC (SSPs) para redução da emissão de gases do efeito estufa e retardamento no avanço das mudanças no clima. Reuniões como a COP-27, sediada este ano pelo Egito, e programas de monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas, são alguns exemplos de estratégias da sociedade como um todo, para prevenir impactos e trabalhar para um melhor cenário no planeta.

Ponto 3: Escassez de água: contaminação, poluição, tratamento, reúso e bioremediação.

Apenas 3% da água do planeta está presente como água doce (superficial e subterrânea), sendo esta o recurso disponível para a maioria das atividades vitais na sociedade e uso por parte da biodiversidade aquática. Partindo desse pressuposto, em Dublin, no ano de 1992, na conferência da ONU sobre água e meio ambiente, determinou-se os seguintes princípios básicos: ① a água é um bem finito; ② o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser participativo



incluindo diversos setores da sociedade; (3) mulheres devem estar à frente da salvaguarda desse recurso e (4) água deve ser considerada um bem econômico. Tais princípios reforçam a conservação dos recursos hídricos e seu uso sustentável de forma integrada e mais de três décadas depois continuam sendo muito atuais, sobretudo considerando o aumento de escassez de água em consequência da perda de qualidade e quantidade desse recurso como feedbacks da interação entre mudanças climáticas e eutrofização. Também vale ressaltar o uso e disposição inadequada de múltiplos compostos químicos para atender a demanda do crescimento demográfico (Somos 8 Bilhões!), ~~constituindo~~ constituindo essas fontes de diversos poluentes que não fazem parte da rotina de monitoramento de qualidade da água, como fármacos, produtos de cuidado pessoal, hormônios esteroides, plastificantes, uma gama de pesticidas persistentes ~~representados~~ e outros poluentes considerados emergentes.

Considerando o problema da eutrofização e suas consequências, como florações de cianobactérias, a presença de contaminantes emergentes torna ainda mais limitado o tratamento convencional da água. De fato, esses são indicadores da crise de saneamento que estamos enfrentando, sobretudo no Brasil onde cerca de 50% do esgoto é coletado e desses, apenas 50,8 recebe algum tratamento.



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 9

Estima-se que em 2017 foram descartados mais de 14.000.000 m³ (> 5000 piscinas olímpicas) de esgoto na natureza o que tem contribuído diretamente para a perda de qualidade da água e aumento no índice de doenças de veiculação hídrica. De fato, a OMS sugere que para cada US\$ 1 investido em saneamento, US\$ 4 são economizados em saúde.

O cenário atual de mudanças no clima ~~em~~ e poluição ambiental, torna ~~o~~ cada vez mais difícil o uso da água, sobretudo devido ao seu tratamento como água bruta (primário e secundário) e como esgoto, pois muitos poluentes emergentes têm atravessado as etapas de tratamento e chegado na água "potável" para o abastecimento público e água de reúso que seria de volta aos recursos hídricos, constituindo um considerável risco ainda subestimado. Pouco se sabe sobre a toxicidade desses compostos, bem como seus efeitos de interação no contexto de aumento da temperatura.

Algumas estratégias têm sido agregadas ao tratamento convencional e tem se mostrado promissoras como uma etapa de tratamento terciário e/ou quaternário. A aplicação de processos oxidativos avançados, como o uso do peróxido de hidrogênio; reação de fenton ($H_2O_2 + Fe^{2+}$) e partículas de dióxido de titânio têm mostrado resultados promissores na oxidação de alguns poluentes orgânicos



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 9

Além disso, a biomanipulação de organismos com potencial na remediação desses poluentes (Bioremediação) têm se mostrado potenciais alternativas ao tratamento. A técnica parte do uso de microrganismos como bactérias e levedura, cujo 'arsenal' enzimático degrada diversos xenobióticos. Plantas também têm sido promissoras na fitoremediação tanto em solos quanto em corpos hídricos. Algumas espécies são capazes de degradar o poluente em seus tecidos (fitodegradação); secretar substâncias que o imobilizam (fitoimobilização); estimular seu consórcio microbiano para atuar a agir em conjunto (fitoestimulação); acumular (fitoextração) e secretar o poluente na forma gasosa (fitovolatilização). Tal função contempla um dos papéis ecológicos desses organismos e reforça a importância de manutenção da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos associados e de valor econômico altíssimo.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho
Concurso para Professor Adjunto
RD-001 - Biofísica Ambiental
Edital nº 436 de 07 de junho de 2022, publicado no DOU nº 108 de 08
de junho de 2022



Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 10

No. fl.

1/12

Ponto 03 - Escassez de água: contaminação, poluição, tratamento, reuso e biorremediação

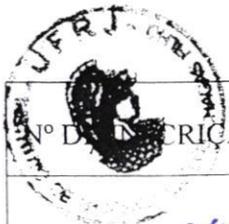
A escassez de água é um problema que afeta ~~milhares~~ milhões milhões de milhões de pessoas ao redor do planeta. Apesar da Terra ter uma alta quantidade de água, apenas uma pequena parcela desta é própria para o uso pela população humana. Diversos países sofrem com problemas de estresse de água (na Índia, Egito, Israel, entre outros, o estresse de água chega a ~~mais~~ ser mais do que 75%). Países da América do Sul apresentam baixo estresse hídrico em geral < 10%, o Brasil possui ~~cerca~~ cerca de 18% das reservas de água doce do mundo.

Diversos problemas afetam a qualidade da água e a possibilidade de uso dela, exemplos são a contaminação e a poluição de corpos d'água. A contaminação de corpos d'água ocorre de maneira natural ou por influência antrópica. Metais pesados, elementos-traço e outros compostos orgânicos e inorgânicos podem contaminar ^{partes de} águas subterrâneas ou superficiais, quando o corpo ~~(líquido)~~ de água está localizado em regiões onde há a ocorrência de elementos-traço (e outros), desta maneira, devido às propriedades físico-químicas dos elementos e do corpo hídrico, a disponibilidade e ocorrência de contaminantes pode ocorrer. Uma vez presentes, o uso da água destes corpos hídricos pode ser comprometido. A presença de mercúrio, arsênio, cobre, ferro, entre outros metais e elementos-traço na água



de consumo humano pode gerar graves consequências de saúde, intoxicando a população e desmoldando doenças. Além da ocorrência natural de um elemento-traco na água, as atividades antrópicas como produção industrial, consumo de produtos eletrônicos) descarte inadequado de resíduos sólidos, entre outros pode acarretar a contaminação dos recursos hídricos. A poluição está exclusivamente atribuída às atividades humanas. A produção de metais pesados químicos usados pela indústria, medicamentos, produtos de higiene pessoal, hormônios sintéticos, retardantes de chamas, inseticidas, entre outros, acabam, eventualmente, chegando aos recursos hídricos e assim causando fontes pontuais ou difusas de poluição. No cenário de escassez de água, a contaminação e poluição das águas doces no mundo é um fator de preocupação por tornar a água imprópria para o consumo humano e para manutenção da ~~estrutura~~ estrutura ecológica no ambiente, uma vez que distúrbios e efeitos como: promoção do estresse oxidativo (produção de ROS e RNS), bloqueio de canais de íons, alteração em biomarcadores, efeitos em órgãos e/ou sistemas, podem comprometer a homeostase dos indivíduos (basta e humanos).

Uma vez ~~potencial~~ poluída, as águas podem passar por estações de tratamento para uma vez contaminada ou poluída (seja por elementos-tracos, seja por biotoxinas ou por poluentes antrópicos) a água deve passar por tratamento antes de chegar às casas da população, sendo esse tratamento realizado em estações de tratamento de águas. Podendo acontecer por meio de tratamento de desinfecção por cloro, tratamento com O_3 , por meio de luz ultra-violeta, bem como por coagulação. A desinfecção por cloro pode gerar produtos secundários e também serem danosos à população. Tratamento por luz UV e por O_3 são geralmente caros. Para contornar o problema de presença de contaminantes e poluentes da água, novas

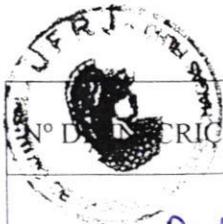


Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 10

no corpo hídrico), a fitoestabilização (uso de espécies de plantas mais resistentes aos contaminantes), a fitodegradação (uso de vias metabólicas das plantas para a degradação de poluentes) as técnicas usadas para remediação de águas e efluentes. Além destas o uso de filtros de carbono biologicamente ativados com biofilmes de bactérias e fungos também são usados para a remoção de poluentes e outros compostos da água para consumo e para manutenção ecológica.

Buscas alternativas de ^{novos} recursos hídricos quando ocorre a degradação de um determinado recurso hídrico, como ocorreu em 2015 quando a barragem de Fundão da Vale rompeu e comprometeu toda a população e biota dependente do Rio Doce, a população é obrigada a utilizar outros recursos hídricos. Neste caso, no nosso laboratório fizemos análises de águas subterrâneas e de Jomeira de ~~Itaó~~ ^{Itaó} Três ^{municípios} ~~estados~~ ao longo do Rio Doce após o rompimento da barragem de Fundão e determinamos níveis muito altos nestas áreas, constatando níveis até ~~Itaó~~ ^{Itaó} Três vezes maiores de Fe e mais de 10 vezes maiores para Mn, o que fez preocupação sobre a exposição da população à esse recurso hídrico (águas subterrâneas) que foram obrigadas a passar a utilizar por conta da degradação no Rio Doce ~~em~~ com os rejeitos de mineração.

As medidas de qualidade da água de abastecimento e no ambiente devem ser tomadas para garantir que a população e a biota ~~para~~ não sejam afetados físicos / patológicos provenientes de águas contaminadas / poluídas, para garantir que os objetivos para o desenvolvimento sustentável sejam cumpridos (principalmente o ODS 6.1 - garantir acesso à água segura e potável para todos)

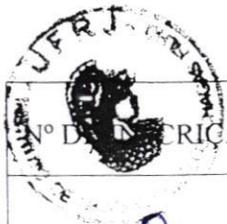


Ponto 06 - Controle da qualidade analítica em amostras ambientais, limites de detecção e quantificação e análise de valores máximos aceitáveis.

Em análises ambientais o controle da qualidade analítica é imprescindível para a garantia da qualidade dos resultados. Para que resultados confiáveis sejam atingidos é necessário que o método de análise seja válido para garantir a rastreabilidade e segurança dos resultados gerados. Para isso o ~~método~~ ~~de~~ laboratório deve atender a diversas normas de controle de qualidade como as estabelecidas pelas ISO 9000, 9001, 14000 e 17025, pelo INMETRO, SANE, entre outras nacionais e internacionais. Dentre os parâmetros de qualidade analítica se encontram: ^{preparo da amostra} cuidados na amostragem, seletividade do método, precisão, linearidade, exatidão, recuperação, efeito matriz, robustez, análise de brancos, operadores/analistas, limites de detecção e quantificação.

Os cuidados analíticos devem começar desde a amostragem. Uma amostragem mal feita pode gerar resultados tendenciosos que não condizem com a realidade da amostra. Deve-se estabelecer um número de amostra estatisticamente adequado e a amostragem deve ocorrer com cuidado para que não ocorra contaminação da amostra com o material de coleta, bem como com o material de armazenamento; ex. na amostragem de ~~para~~ sangue e urina de pacientes para a determinação de BPA deve-se optar por tubos de coleta que sejam livres deste plastificante, bem como garantir a correta esterilização do material de coleta, e o armazenamento correto da amostra, evitando degradação e garantindo sua estabilidade.

(A ~~seletividade do método~~ se refere ao parâmetro que garante que o método analítico consegue distinguir)



O preparo da amostra é uma etapa essencial para os próximos passos do método. O uso de solventes extraições com grau de pureza equivalente a análise que será feita é altamente recomendado, bem como o uso de padrões internos certificados (PI) e manuseio das etapas de preparação adequadamente. Escolha do método de extração, limpeza e análise da amostra. A busca por métodos mais rápidos de preparação da amostra e que gere menos resíduos orgânicos é recomendada.

A seletividade do método se refere ao parâmetro que garante que o método analítico consegue distinguir o analito de interesse do restante de compostos presentes na amostra. A busca por métodos de remoção de interferentes e de análise da amostra é necessária para a garantia da seletividade. O uso de técnicas específicas como: fluorescência, cromatografia em fase gasosa e em fase líquida com espectrometria de massas em tandem (MS/MS), alta resolução como QTOF, Iontrap, Orbitrap, entre outros estão entre as técnicas que melhor garantem seletividade correta na identificação do analito. Para testar a seletividade é necessário realizar experimentos do analito no solvente e na amostra (elaborados de maneira independente).

A precisão é uma medida de dispersão dos resultados, realizada por meio da repetibilidade (variação do sinal analítico entre injeções independentes de uma amostra analisada em triplicata), precisão intermediária (variação do sinal analítico por meio de variações no manuseio do método - variação de qualidade de solventes, analistas, ensaios intralaboratórios etc) e pela reprodutibilidade (medida por ensaios entre laboratórios diferentes).

A linearidade é um parâmetro analítico que define a resposta de sinal analítico proporcionalmente à variação de concentrações do analito. É necessário construir a curva ^{de calibração} analítica onde ~~os~~ ~~menores~~ ~~resultados~~ as menores concentrações na curva dão respostas inversamente proporcionais às maiores concentrações na



curva. A curva de calibração pode ser construída do solvente ou em matriz firme do analito de interesse. Assim deve-se analisar a linearidade da curva por meio da análise dos mínimos quadrados e determinar o seu coeficiente de determinação (R^2).

A exatidão é medida através da análise de material de referência certificado, para garantir que o desempenho do método seja respectas adequadas às respectas do analito consideradas como verdadeiras.

A recuperação é um parâmetro para garantir que as perdas do analito durante o processo de preparação da amostra estão adequadas ao que é recomendado para o desempenho do método. Deve estar em torno de 100%, com variações estabelecidas pelas normas para cada nível de certificação da amostra.

O efeito matriz deve ser determinado, uma vez que os componentes da matriz que ficam no extrato podem influenciar suprimindo ou aumentando o sinal analítico. Deve-se comparar amostras preparadas no solvente e preparadas na matriz na curva de calibração, aplicar pelo menos 3 níveis de certificação diferentes e injecões duplicadas. Aplicar métodos estatísticos (teste F e teste t de Student) e determinar a variação de sinal do analito no solvente e na matriz. Quando se usa curva de calibração no solvente é obrigatório corrigir os resultados das análises para as suas respectivas recuperações.

A robustez garante que as pequenas variações na análise, bem como a análise em múltiplos laboratórios, não interferem significativamente nos resultados do desempenho do método. É necessário que a robustez do método seja testada para que se garanta a qualidade da análise.

Branco analítico devem ser sempre realizados para garantir que as amostras não estão sofrendo influência do ambiente do laboratório.



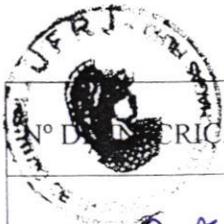
rio no sinal analítico (contaminação interna).

O limite de detecção se refere à menor concentração do analito que pode ser diferenciada do ~~sonar~~ ruído inerente ao equipamento, porém não quantificável. Cada equipamento vai possuir um ruído analítico inerente à ele e o limite de detecção (LOD) pode ser estabelecido através da análise da razão sinal/ruído⁼³ no equipamento (método visual), também por meio da média do sinal do analito nos brancos analíticos multiplicada tomada a 3 vezes o desvio padrão da média, ou também por meio de parâmetros de inclinação da reta na curva analítica.

O limite de quantificação (LOQ) se refere à concentração acima da qual se pode ~~conseguir~~ conseguir um resultado quantificável. Pode ser calculado como a média dos brancos ~~+~~ + 10 vezes o seu desvio padrão, sinal/ruído = 10 ou também pela inclinação da reta na curva analítica.

Os ~~limites máximos~~ Valores máximos aceitáveis são definidos pelas agências regulatórias como ANVISA, EFSA, USEPA, para resíduos de poluentes em ~~em~~ comida e água, por exemplo. Utilizando valores de referência toxicológicas (LD_{50} , CL_{50} , NOEC, LOEC, etc) para estudos de exposição aguda e crônica, assim garantindo a qualidade do alimento e água que chega para a população, estabelecendo valores de exposição seguros e menores do que as referências toxicológicas, principalmente para a exposição crônica a poluentes. O EUA e a Europa adotam a base de 0,01 mg/kg de resíduo, com variação para cada poluente à medida dos resultados dos testes de toxicidade.

Assim a garantia do controle analítico é essencial para que os resultados sejam seguros e que a exposição humana e ambiental seja segura e monitorada adequadamente.



Ponto 01 - Mudanças climáticas e seus impactos na qualidade da água e biodiversidade de ambientes aquáticos.

As mudanças climáticas estão cada vez mais intensas devido à intensificação de atividades antrópicas como industrialização, desmatamento, queimadas, degradação do ambiente natural, aumento na liberação de gases de efeito estufa, entre outras atividades. Seus impactos podem ser sentidos em diversos aspectos como degradação de recursos hídricos, perda de biodiversidade, promoção do derretimento das geleiras, por exemplo.

O aumento da temperatura do planeta vem sendo monitorado e um relatório recente da NASA aponta para o aumento de mais de 1°C na temperatura mundial, o que pode gerar diversos efeitos no ambiente. O derretimento das geleiras causa a exposição do solo abaixo delas e assim ocorre a lixiviação de nutrientes e poluentes para os recursos hídricos e corpos d'água, causando perda na qualidade da água, tornando-a imprópria para o consumo. Este aporte de nutrientes pode ocasionar eutroficação em diversas regiões, assim ~~formam~~ quando blooms de algas e inabilitando o uso da água. Algumas espécies de algas podem produzir biotoxinas o que compromete a saúde ambiental. ~~Do~~ Do ponto de vista da biodiversidade, a eutroficação que perde seu gradiente pelas mudanças climáticas causa morte de ~~a~~ seus seres tanto na água quanto terrestres, desestabiliza as cadeias tróficas causando a perda da diversidade e domínio de poucas espécies resistentes às condições do ambiente.

Os índices pluviométricos instáveis (muita chuva em algumas regiões e seca em outras) proporcionam evaporação de reservatórios e lixiviação de muitos materiais do solo (nutrientes, metais, outros poluentes) para os recursos



hídricos, elevando o grau de sedimentação nos ambientes aquáticos, bem como come por meio das queimadas que depositam material particulado nos ambientes aquáticos.

Essas descargas de material particulado liberado por fortes chuvas devido às mudanças no clima geram quilômetros de zonas escuras nos ~~rios~~ estuários dos ~~rios~~ rios, como é reportado para o rio Mississipi no Golfo do México (isso somado às descargas de esgoto). Fazendo com que a luz não chegue a locais mais profundos da coluna d'água, gerando assim zonas de depleção de oxigênio (também podem ser formadas "zonas mortas" devido à eutroficação em ambientes aquáticos). A seca faz com que a população tenha que procurar ~~água~~ água em outros locais, como águas subterrâneas, o que pode gerar problemas de intoxicação caso estas águas contenham níveis de contaminantes acima dos valores máximos recomendáveis.

Sobre a biodiversidade de ambientes aquáticos, as mudanças climáticas podem gerar efeitos sobre o comportamento, morfologia dos organismos, migração, predação seletiva, efeitos na reprodução, aparecimento de patógenos e intensificação destes, perda de habitat, entre outros.

Devido à elevação das temperaturas, os organismos ectotérmicos, por exemplo, sofrem efeitos de reprodução precoce, por conta do aumento em seus metabolismos, promovendo a diminuição do tamanho do corpo e causando impactos na busca por alimento. ~~Peixes~~ peixes migratórios podem sofrer alterações na dinâmica migratória, antecipando os períodos de migração, o que pode afetar a estrutura de populações que são dependentes destes hábitos migratórios para a alimentação e reprodução.

Com o derretimento das geleiras a ressurgência de patógenos (vírus, bactérias, etc) podem causar muitos casos de infecção de populações de organismos, como



é reportado para populações de golfinhos da Califórnia com o surgimento de doenças infecciosas de pele ocasionadas, possivelmente, por ~~consciência~~ desconiência de mudanças climáticas; bem como a desconiência de mortalidade em massa de mamíferos aquáticos por infecções por morbillivírus (como observado no Brasil, na baía de Ilha Grande nos golfinhos boto-cinza e em populações de leões marinhos do Ártico).

As mudanças climáticas também são apontadas como fator que ~~altera~~ promove alterações no comportamento dos organismos aquáticos como em suas capacidades reprodutivas, de fuga de predadores, de busca de alimento, promovendo declínio de populações. O próprio aumento na temperatura de ambientes aquáticos, somado com a acidificação destes, pode promover o desaparecimento de espécies nativas, como o branqueamento dos recifes de corais, e a promoção de espécies invasoras que são mais tolerantes às novas condições no ambiente.

A poluição, intensificada pelas mudanças climáticas, promove risco às populações de organismos no ambiente, bem como à população humana, devido à destilação de poluentes por via atmosférica (efeito conhecido de destilação global) diversos poluentes voláteis (que) são transportados para longe das áreas de ocorrência e são depositados em (áreas mais quentes) e são depositados em regiões mais frias, como nos picos de montanhas e nos pólos, promovendo acumulação ao longo da faixa trófica de ambientes remotos e quando declínio de populações, como observado e reportado para as populações de orca do polo norte que sofrem extensivamente com a acumulação de poluentes persistentes em seus tecidos e órgãos.

Neste mês de novembro de 2022 ocorreu a COP-27, no Egito, onde as partes se reuniram para estabelecer medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa



Favor não escrever no verso

Nº DE INSCRIÇÃO INTERNA: 10

No. fl.

12 / 12

fa e tentar reduzir os ~~impactos~~ impactos das mudanças climáticas sobre o ambiente e as populações humanas. Mitigando esforços para a ~~produção de domos~~ garantia de abastecimento de água potável e segura para a população e uso dos recursos naturais de forma consciente e sustentável para a manutenção da biodiversidade.
(~~redução de~~)