

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNO:

JÚLIO CÉSAR COSTA

TÍTULO:

MÉTODO DE MEDIÇÃO DA PRESENÇA
DE URINA EM PISCINAS

CURSO EAD 40 HORAS

TRATADOR DE PISCINAS

CETTAPI

Centro de Treinamento de Tratamento em Águas de Piscinas

JULHO/2025

1- INTRODUÇÃO

Um bom mergulho é algo que muitas pessoas não dispensam, principalmente em dias mais quentes. Como é bom mergulhar e relaxar em uma piscina, não é mesmo? A prática traz vários benefícios à saúde. Porém, manter a água higienizada pode ser trabalhoso quando os banhistas têm o péssimo hábito de fazer xixi na água da piscina. Por negligência, preguiça ou algum problema de incontinência, crianças e até adultos acabam fazendo xixi na piscina em vez de procurar um lugar apropriado. Essa é uma prática comum que parece inofensiva, não é? Além de ser pouco higiênico (e nada educado), o hábito pode causar prejuízos à sua saúde e também dos demais banhistas. Mas quanto realmente existe de urina? É possível medir essa urina que se mistura com a água? A presença e a medição de urina em piscinas já foi estimada de diversas formas chegando a uma média de 25 a 30 mL por banhista, até mesmo 75 mL por banhista. Quatro compostos da amina são encontrados nas águas de piscina a creatina, a uréia, a L-arginina e L-histidina. Esses compostos fazem parte da transpiração e precursores da tricloramina, (NCl₃) (MACEDO 2019; ABICLOR, 2020).

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No uso das piscinas é comum as pessoas dizerem que o “cheiro forte de cloro” incomoda ou provoca irritação na pele e nos olhos. Na verdade, o mau cheiro deriva da reação do cloro com substâncias expelidas pelo corpo dos banhistas, uma vez que o ácido hipocloroso – que é o cloro da piscina – não tem cheiro em concentrações até 20ppm (partes por milhão) – e o máximo recomendado na piscina é de 3ppm.

Para chegar-se a conclusão da quantidade de urina presente na água das piscinas, foi usado o sal potássio sintético Acesulfame-K, conforme a seguir: **Acessulfame-K (ACE)** é um adoçante dietético, descoberto em 1967 e que obteve a aprovação da FDA em 1988 para uso em alimentos como: doces, bebidas, gomas de mascar (chicletes). É um sal de potássio sintético obtido a partir de um composto ácido da família do ácido acético (MACEDO, 2019).

Os parágrafos a seguir são transcrição “IPSIS LITTERIS” da referência WIKIPEDIA (2025).

Poder adoçante (WIKIPEDIA, 2025):

O Acessulfame-K (ACE) possui, aproximadamente, 125 vezes mais poder adoçante se comparado à sacarose. Possui ainda um sabor residual que se assemelha à glicose.

Outras características (WIKIPEDIA, 2025):

Não é metabolizado pelo organismo humano. Uma vez ingerido, ele é eliminado sem degradação alguma.

Resiste a altas temperaturas, mantendo-se estável. Por esta característica, pode ser utilizado em alimentos quentes.

Por ser largamente usado na indústria alimentícia e não metabolizado pelo corpo humano, ou seja expelimos o ACE integralmente e exclusivamnte pela urina.

Os parágrafos a seguir são transcrição “IPSIS LITTERIS” da referência BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al (2017) apud MACEDO, 2019.

Coleta de Amostras do Estudo de Caso:

Amostras foram coletadas ao longo de 3 semanas de duas piscinas, SPx e SPz , na cidade 2 em agosto de 2016. SP x e SP z têm volumes de 110000 e 220000 galões americanos, respectivamente (aproximadamente 420.000 e 840.000 L, respectivamente). Ambas as SPs estão em um sistema fechado de filtragem de água com água nova sendo adicionada apenas para substituir perdas devido à evaporação ou respingos. Ambas as piscinas são desinfetadas com gás cloro Cl_2 e chocadas com Hipoclorito de Cálcio, $CaOCl_2$. A cada dia, 6 amostras de SP e 3 amostras de água da torneira foram coletadas dos mesmos locais ao mesmo tempo. Amostras de urina humana (N = 20) com volume igual foram reunidas e homogeneizadas. A mistura foi diluída 100000 vezes com água Optima por diluição em série. A amostra diluída foi analisada em triplicado para obter a concentração média de ACE [BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al (2017) apud MACEDO, 2019].

Análise de ACE por HPLC-MS/MS

Utilizou-se um sistema de HPLC Agilent (Santa Clara, CA) 1100 com uma coluna Inspire C18 (100 mm × 3,0 mm, tamanho de partícula de 3 µm; Dikma Technologies, Lake Forest, CA) à temperatura ambiente. A vazão foi ajustada para 0,5 mL/min, com o volume de injeção do amostrador automático ajustado para 100 µL. O solvente A consistiu em água acidificada [0,1% de ácido fórmico (AF)] e o solvente B, metanol acidificado (0,1% de AF) (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Um espectrômetro de massas tandem triplo quadrupolo (5500 QTRAP, AB Sciex, Concord, ON) com modo de monitoramento de múltiplas reações (MRM) foi usado para a detecção e quantificação de ACE e do padrão interno, ACE- d 4 . Para ACE, as razões massa-carga Q1 e Q3 para transições primárias e secundárias foram 162,1 Da > 81,9 Da e 162,1 Da > 77,9 Da, respectivamente; para ACE- d 4 , transições de 166 Da > 85,9 Da e 166 Da > 77,9 Da, respectivamente, foram usadas. Os tempos de retenção foram comparados com padrões autênticos. As condições detalhadas de HPLC-MS são apresentadas no Informações de suporte (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

A ACE- d4 foi preparada em metanol grau LC-MS. Cada amostra foi adicionada com ACE - d4 a uma concentração de 10 ng/L. Todas as amostras apresentaram uma composição final de H₂O:MeOH de 9:1 . A área relativa do pico da transição primária da ACE para ECA- d4 foi utilizada para quantificação. O pico da transição secundária confirmou a identidade da ECA nas amostras. Uma curva de calibração foi preparada com cada lote para levar em conta a variação na intensidade do sinal do instrumento (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Determinação de Carbono Orgânico Dissolvido

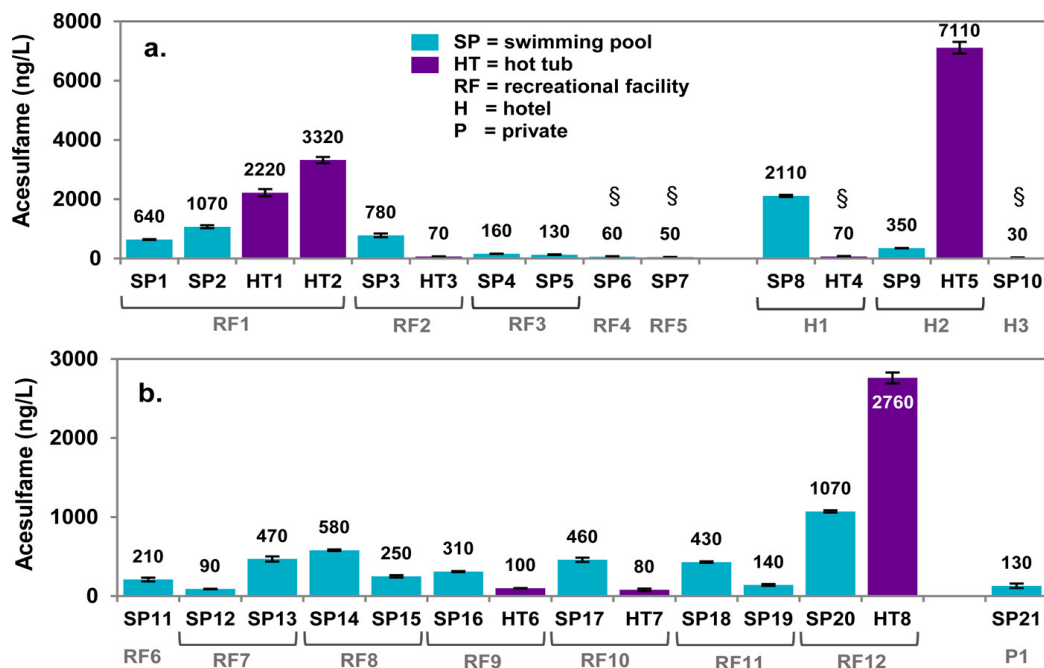
Amostras de água de piscinas, banheiras de hidromassagem e água da torneira coletadas na cidade 1 foram analisadas quanto ao teor de COD. O COD foi medido no Laboratório de Análises Biogeoquímicas da Universidade de Alberta. O Método 415.1 da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US EPA) para Determinação de Carbono Orgânico Total em Água foi utilizado com um Analisador de Carbono Orgânico Total Shimadzu TOC-5000^a (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Resultados e Discussão

Concentração de ACE em piscinas e banheiras de hidromassagem:

A Figura 1 mostra as concentrações de ACE determinadas nas piscinas e banheiras de hidromassagem. Na cidade 1, a concentração de A nas amostras da piscina variou de 30 ng/L em SP10 a 2110 ng/L em SP8 (Figura 1a). Na cidade 2, a concentração de ACE variou de 90 a 580 ng/L em todas as piscinas, exceto SP20, onde 1070 ng/L de ACE foram encontrados (Figura 1b). As concentrações de ACE em todas as amostras de banheiras de hidromassagem variaram de 70 a 100 ng/L (HT3, HT4, HT6 e HT7) e de 2220 a 7110 ng/L (HT1, HT2, HT5 e HT8). HT5 continha a maior concentração de ACE (7110 ng/L), mais que o dobro de qualquer outra amostra. Essas amostras foram coletadas de uma só vez e representam apenas um instantâneo no tempo. A grande variação na concentração de ACE nas piscinas e banheiras pode ser explicada pelo horário do ciclo de troca de água, pelo número de usuários e eventos, e pelas práticas de gestão das instalações. Normalmente, a água doce é adicionada às piscinas apenas para manter os níveis de água, enquanto a água das banheiras de hidromassagem em instalações comunitárias é trocada com frequência para prevenir problemas de saúde associados ao uso excessivo.(40, 41) (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Figura 1:



Fonte: BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017.

Figura 1. Concentração média de ACE (N = 3) detectada em amostras de piscina (SP) e banheira de hidromassagem (HT) coletadas de instalações recreativas públicas (RF), hotéis (H) e uma residência privada (P) em (a) cidade 1 e (b) cidade 2. As amostras indicadas pelo silcrow (§) foram analisadas em uma diluição de 1/10, em vez de 1/20, devido à sua baixa concentração de ACE (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

A ACE foi detectada em todas as amostras de água da torneira em concentrações significativamente menores do que aquelas encontradas nas piscinas e banheiras de ambas as cidades. A ACE nas amostras de água da torneira variou de 6 a 12 ng/L (Figura S1a) na cidade 1 e de 12 a 15 ng/L (Figura S1b) na cidade 2. A diferença na concentração de ACE nas águas de torneira das duas cidades é estatisticamente significativa ($p < 0,001$; teste t não pareado). Isso é esperado, visto que a água de origem de cada cidade é única. As concentrações de ACE em piscinas e banheiras de hidromassagem foram de 4 (SP10) a 571 (H4) vezes maiores do que na água de torneira de entrada correspondente (Tabela S1). As concentrações de ACE determinadas nas amostras de água da torneira neste estudo são comparáveis às de algumas amostras de água de poço de Alberta (0,9–1530 ng/L ECA)(38) e inferiores aos encontrados nas águas da torneira suíças (20–70 ng/L ACE).(18, 42) (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Concentração de Carbono Orgânico Dissolvido em Amostras da Cidade 1

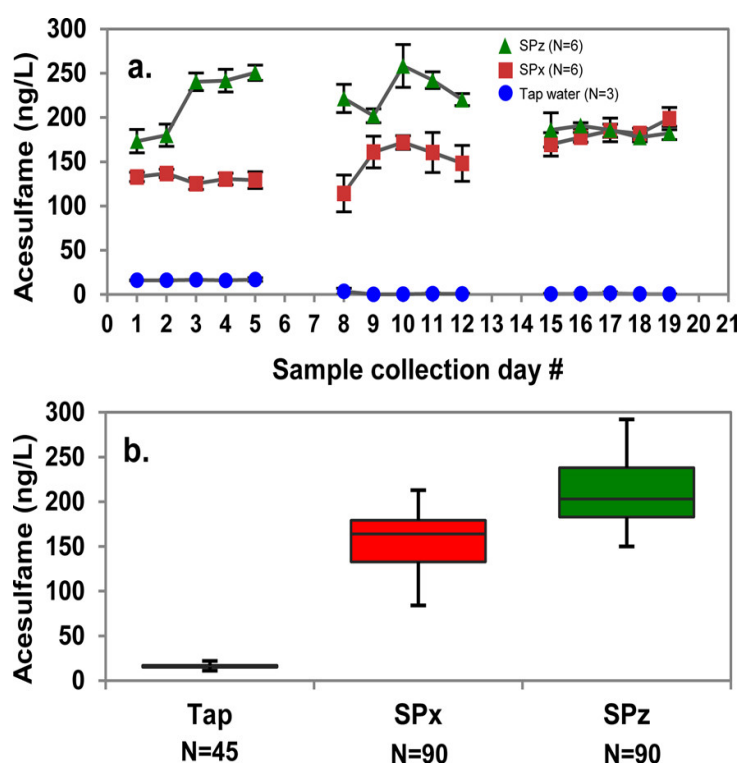
Para examinar o potencial impacto humano na qualidade da água das piscinas e banheiras de hidromassagem, determinamos o COD em todas as amostras coletadas na cidade 1 (Figura S2). O DOC médio variou de 4,8 a 6,3 mg/L nas águas da torneira e de 6,7 a 40,5 mg/L nas piscinas e banheiras. Para os controles, o DOC das águas da torneira de entrada foi significativamente maior ($p < 0,001$; teste t não pareado) do que os brancos (água LCMS Optima). Nas amostras pareadas, o DOC de todas as amostras SP e HT, exceto HT4, foi significativamente maior ($p < 0,01$ ou $p < 0,001$; teste t não pareado) do que aqueles das respectivas amostras de água da torneira de entrada. Um aumento no DOC nas piscinas e banheiras de hidromassagem sugere impacto humano na qualidade da água. Estudos anteriores observaram a associação do aumento do DOC em piscinas com um aumento na carga de banhistas.(16, 17) Um aumento de DOC está associado à formação aumentada de DBPs (por exemplo, trihalometanos e halobenzoquinonas).(16,

17, 43) A matéria orgânica natural (MON) é a principal fonte de COD na água da torneira, enquanto insumos humanos, como produtos de higiene pessoal e fluidos corporais introduzidos por nadadores (por exemplo, urina e suor), podem contribuir para o COD em águas recreativas (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Estudo de caso: Variabilidade da ACE em piscinas ao longo do tempo

Para investigar o grau de variação da ACE na água da piscina, coletamos amostras de duas piscinas de tamanhos diferentes, SPx (110.000 galões americanos) e SPz (220.000 galões americanos), ao longo de 3 semanas. A concentração de ACE nas amostras de controle da água da torneira variou de 12 a 20 ng/L (Tabela S2) durante o período de coleta (N = 45). As concentrações médias de ECA em SP x e SP z foram de 156 e 210 ng/L, respectivamente (Figura 2). A concentração de ACE em ambos os pools variou de forma semelhante. Os valores de desvio padrão relativo percentual (%RSD) para ACE determinados em SP x e SP z foram de 18 e 15%, respectivamente. Com base no volume de cada pool, a massa total de ECA presente foi estimada em 65 mg em SPx e 176 mg em SPz (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Figura 2:



Fonte: BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017.

Figura 2. (a) Concentração média de ACE detectada em amostras de SPx , SPz (N = 6) e água da torneira (N = 3) por dia durante 3 semanas. (b) Diagrama de caixa e bigode para a concentração média de ACE detectada em amostras de SPx , SPz (N = 90) e água da torneira (N = 45) durante 3 semanas (BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al, 2017).

Para estimar a entrada urinária total em SPx e SPz , determinamos a concentração média de ACE em uma amostra de urina humana canadense combinada (N = 20) como sendo 2360 ng/mL com 4% RSD (Figura S3). Embora seja menor do que a concentração média de ACE em amostras de urina humana chinesa (N = 54), relatada como 4070 ng/mL,(33) Ambos os valores têm a mesma ordem de grandeza. Utilizando volumes aproximados de pool e a concentração de ACE determinada em amostras de urina canadenses, estimamos a entrada urinária total em SP x e SP z para ilustrar melhor a viabilidade da ACE como indicador (ver Cálculo 2 no Informações de suporte e Tabela S3). Calculamos o volume de urina em aproximadamente 30 e 75 L em SPx e SPz , respectivamente. [BLACKSTOCK, WANG, VEMULA, JAEGER, et al (2017) apud MACEDO 2019].

3- CONCLUSÃO

Este é o primeiro estudo de ocorrência relatada de ECA em piscinas e banheiras de hidromassagem. A alta concentração de ECA, com 100% de ocorrência em piscinas e banheiras de hidromassagem, demonstra o impacto humano na qualidade da água recreativa. A associação de asma ocupacional em nadadores com N-DBPs voláteis (por exemplo, tricloramina) destaca a necessidade de controlar a qualidade da água das piscinas. Vários estudos relataram que o aumento do COD em piscinas resulta no aumento da formação de DBP. Para reduzir a exposição a N-DBPs e seus impactos negativos à saúde em piscinas, devemos monitorar e controlar a qualidade da água. A educação pública sobre higiene pessoal em piscinas é importante, como demonstrado na reportagem de capa da revista Chemical & Engineering News (ARNAUD, 2016).

Esse conteúdo foi voltado exclusivamente à medição dos níveis de urina em piscinas, onde no próximo trabalho será trazido as concentrações de urina e sua relação com as cloraminas e as consequências para a saúde dos banhistas.

4- Referências Bibliográficas:

ABICLOR. **Você sabe o motivo do cheiro forte na piscina?** 3 de janeiro de 2020. Disponível em: <<https://www.abiclor.com.br/voce-sabe-o-motivo-do-cheiro-forte-na-piscina/>>. Acesso em 10 de março de 2025.

ARNAUD, C. H. **The chemical reactions taking place in your swimming pool.** *Chemical & Engineering News*. v.94. i.31. August 1, 2016.

BLACKSTOCK, L. K. J.; WANG, W., VEMULA, S.; JAEGER, B. T.; et al. Sweetened Swimming Pools and Hot Tubs. *Environmental Science & Technology - Letters*. v.4. i.4. March 1, 2017.

MACEDO J. A. B. **Piscina – Água & Tratamento & Química**. 2ª. Edição Atualizada e Revisada. Belo Horizonte: CRQMG. 796p. 2019.

WIKIPEDIA. **Acessulfame-K**. 4 de julho de 2025. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Acessulfame-K>>. Acesso em 04 de julho de 2025.