



Ocorrência de Antibióticos e Bactérias Resistentes em Águas Residuais e Riscos Relacionados à sua Reutilização – Perspectiva de Moçambique com Base no Estudo de Caso em Gana

Maputo, 29 de Maio de 2025

Autores:

Jenita Cangola, Felix K. Abagale, Samuel J. Cobbina , Richard A. Osei , Raúl Mutevuie Júnior, Osvaldo Moiambo, Amélia Mabote & Jaime Muhate

Contextualização

- O uso de águas residuais para irrigação tem sido uma solução alternativa para lidar com a escassez de água; Qualidade da água é adequada para reutilização?
- Contaminantes não convencionais. **Micropoluentes emergentes?? e bactérias resistentes??;**
- **Riscos à saúde pública?**

Classe	Subclasses
Fármacos	Anti-inflamatórios não esteroidais (NSAIDs), reguladores lipídicos, anticonvulsantes, antibióticos, antidepressivos, estimulantes, analgésicos, drogas psiquiátricas, diuréticos, antidiabéticos, antihipertensivos, contrastes de raio X, etc.
Produtos de higiene pessoal	Fragrâncias, desinfetantes, filtros solares e repelentes.
Disruptores endócrinos	Estrógenos
Surfactantes	Surfactantes não-iônicos
Químicos industriais	Plastificantes e retardantes de chama
Pesticidas	Inseticidas, fungicidas e herbicidas

➤ **Amoxicilina**

➤ **Tetraciclina**

➤ **Sulfamidas/Trimetoprima**

➤ **Metronizadol**

➤ **Quinolonas**

➤ **Tetraciclina**

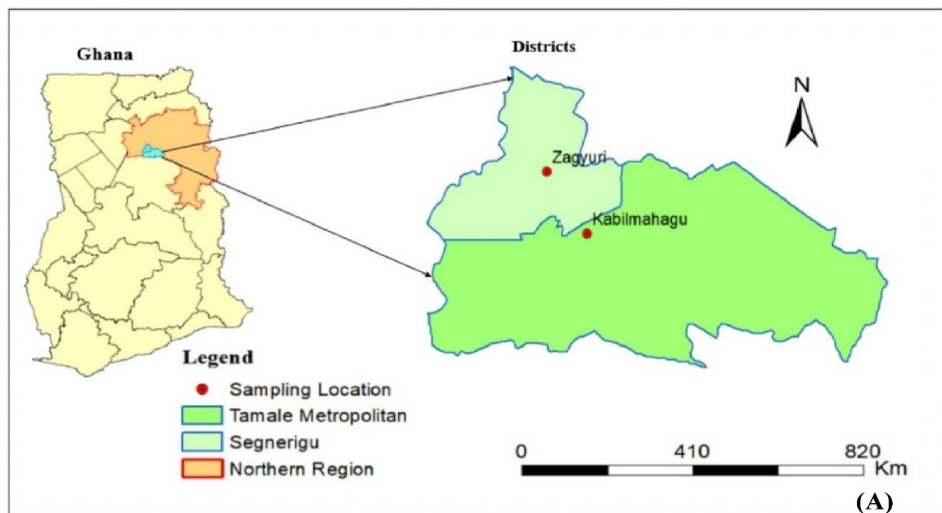
➤ **Aminoglicosídeos**

Fonte: Adaptado de Luo et al. (2014)



Metodologia

- **Locais de estudo:** Zagyuri e Kobilmahagu
 - **Colecta e análise (físico-química e microbiológica) de águas residuais**
 - Tª, PH, POR, OD, SDT e Resistividade (Multiparâmetro – HANNA – HI198194);
 - SST, NH3, NO3-, NO2- (Fotometria)
 - **Isolamento e identificação de bactérias (E. coli, Klebsiella e Salmonella-Shigella);**
 - **Avaliação de resistência antimicrobiana (Kirby Bauer disk diffusion);**
- Antibiotics -



- **Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA);**

➤ *Avaliação da exposição*

$$D = Mc * I * V * 10^{-w} * e^{-kt}$$

$$D = Iv * Mc$$

➤ *Modelo dose-resposta*

$$P_{inf} = 1 - \left[1 + \frac{D}{N_{50}} (2^{1/\alpha} - 1) \right]^{-\alpha}$$

➤ *Caracterização do risco*

$$P_{inf/year} = 1 - (1 - P_{inf})^n$$

$$P_{ill} = P_{inf/year} * P_{ill/inf}$$



Resultados – Parâmetros Físico-químicos

- Temperaturas acima dos limites (EPA Gana);
- Altas concentrações de sólidos suspensos, nitrato e nitrito, fora dos padrões nacionais do Gana e de Moçambique;
- Indicadores de poluição e riscos ambientais

	(°C)	(±0.5177)	(±0.866)	(±0.866)		(±1.600)	(±2.111)	(±2.304)		
RP (mv) ^{na}	– 268.9	– 261.7	– 254.8	–261.8	0.583	– 41.19	– 36.45	– 62.31	–	0.021
	(±20.94)	(±31.97)	(±27.24)			(±22.87)	(±5.098)	(±21.53)	46.60	
DO (mg/L) ^{na}	0.83 (±0.253)	0.619 (±0.156)	0.632 (±0.071)	0.694	0.037	4.63 (±1.049)	4.03 (±0.648)	3.89 (±0.822)	4.180	0.172
EC (µS/cm)	1997 ^{a,b}	1928 ^{a,b} (±401)	1799 ^{a,b}	1908 ^{a,b}	0.657	2021 ^{a,b}	1780 ^{a,b}	1431 ^{a,b}	1744 ^{a,b}	0.004
	(±432.7)		(±497.9)			(±139.2)	(±129.6)	(±520.1)		
Resistivity	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	1.000	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.921
(Ω·cm) ^{na}	(±0.00015)	(±0.00015)	(±0.00015)			(±0.00009)	(±0.00005)	(±0.00005)		
TDS (mg/L)	1070 ^{a,b}	955.3 (±197.1)	989.9 (±201.5)	1005 ^{a,b}	0.536	1013 ^{a,b} (±288)	913.0 (±46.44)	1073 ^{a,b}	1000	0.534
	(±230.3)							(±424.4)		
Turbidity (NTU)	247.9 ^a	286.9 ^a	245.7 ^a	260.0 ^a	0.300	2.22 (±1.922)	3.00 (±1.414)	2.56 (±1.014)	2.590	0.571
	(±14.75)	(±102.4)	(±24.81)							
TSS (mg/L)	234.4 ^{a,b}	245.2 ^{a,b}	239.9 ^{a,b}	239.9 ^{a,b}	0.877	2.56 (±1.509)	2.78 (±0.833)	2.67 (±1.118)	2.670	0.929
	(±55.44)	(±31.44)	(±39.19)							
Nitrate-N (mg/L)	0.294	0.292	0.284	0.290	0.902	34.00 ^{a,b}	40.22 ^{a,b}	42.00 ^{a,b}	38.74	0.001
	(±0.0541)	(±0.0406)	(±0.0461)			(±5.362)	(±2.682)	(±4.330)		
Nitrite-N (mg/L) ^{na}	0.196	0.198	0.174	0.189	0.519	4.778 (±2.224)	4.222 (±1.787)	7.333 (±1.803)	5.440	0.008
	(±0.0461)	(±0.0492)	(±0.0391)							
Ammonia-N	16.31 ^a	15.91 ^a	15.58 ^a	15.90 ^a	0.998	9.778 ^a	14.44 ^a	14.67 ^a	12.96 ^a	0.002
(mg/L)	(±24.27)	(±20.95)	(±22.32)			(±1.716)	(±2.351)	(±4.062)		

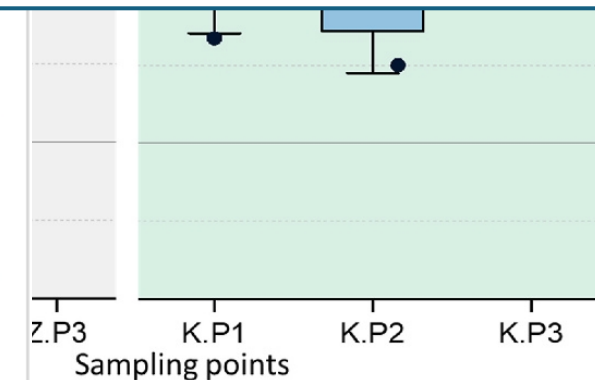
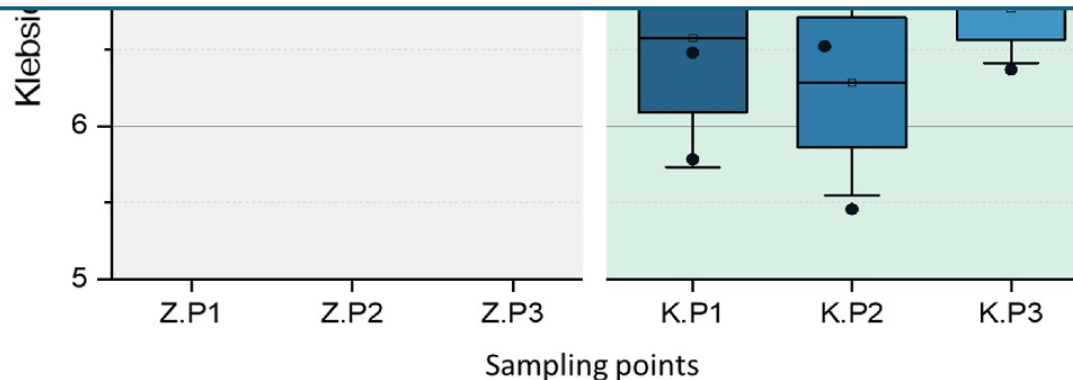
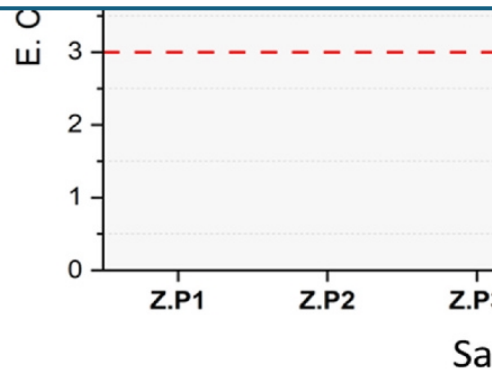
na: standard limit not available.

^a value above the Ghana EPA discharge limits, in accordance with [Owusu-Ansah et al. \(2015\)](#); [Kodom et al. \(2021\)](#).

^b value above the World Health Organization/Food and Agriculture Organization's non-restrictive wastewater reuse limit as reported by [FAO \(2004\)](#); [WHO \(2006\)](#); [WHO& UNEP \(2006\)](#).

Resultados – Análise Microbiológica

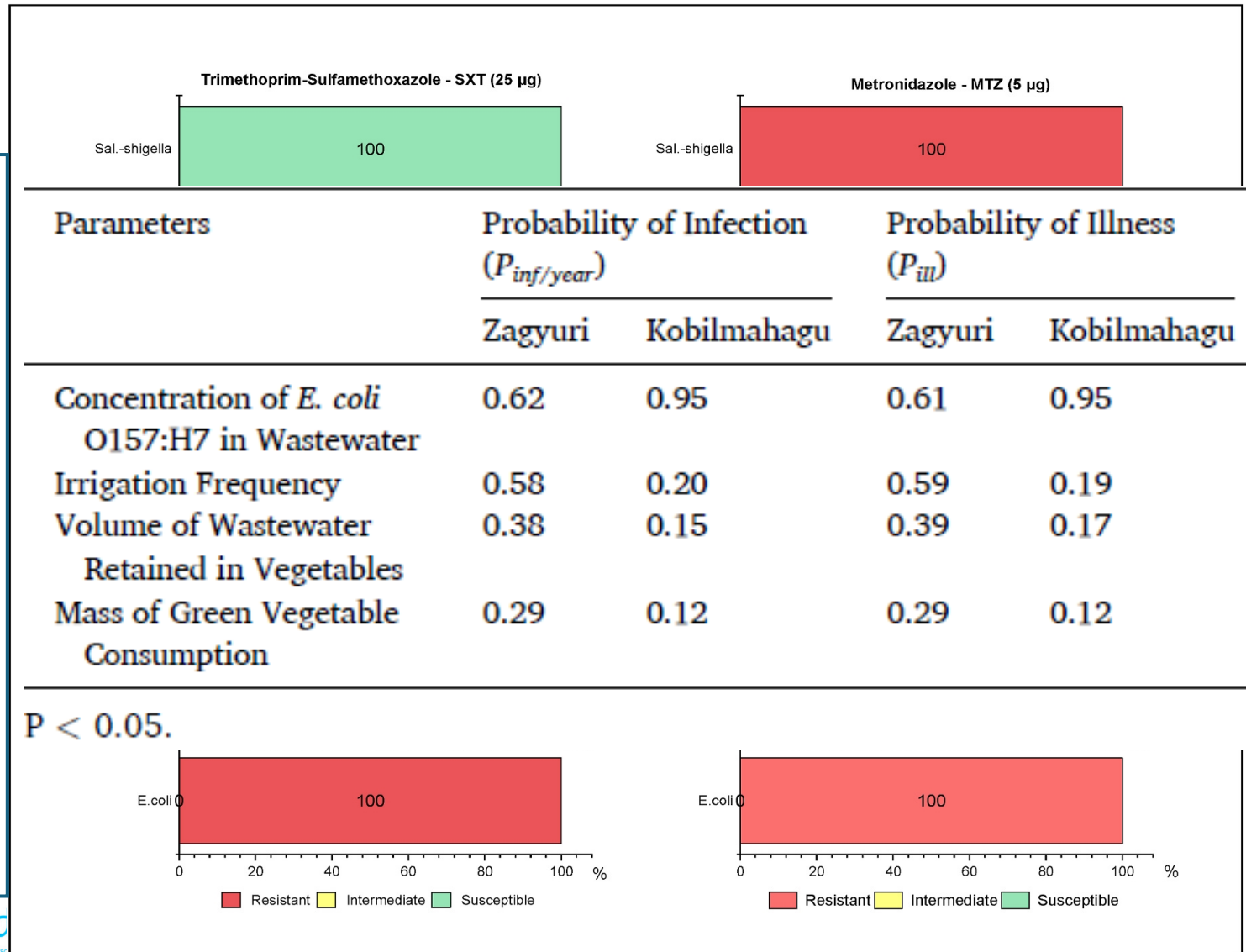
- E. coli encontrada em 88,9% das amostras;
- Concentrações acima dos limites da OMS;
- Contaminação maior em Zaggyuri;
- E. coli: até $4,03 \times 10^8$ CFU/100 mL
- Klebsiella pneumoniae: até $2,35 \times 10^8$ CFU/100 mL
- Salmonella-Shigella: até $4,71 \times 10^7$ CFU/100 mL
- Todas as amostras excedem o limite OMS (10^3 CFU/100 mL)





Resultados – Resistência aos Antibióticos/Prob. Infecção

- E. coli: resistente a todos os antibióticos testados
- Klebsiella e Salmonella-Shigella com resistência parcial;
- Metronidazol (5 µg): resistência total
- Amoxicilina (30 µg): resistência total (excepto Klebsiella 33,3%)
- Trimethoprim-Sulfametoxazol (25 µg): resistência elevada
- Tetraciclina (30 µg): resistência em 69,8% (Salmonella-Shigella)



Principais constatações

- Necessidade de aprimorar estudos relacionados a Micropoluentes com foco em antibióticos, particularmente em Moçambique;
- Há riscos de contaminação/saúde pública no processo de reutilização de águas residuais;
- Uso indevido de antibióticos como factor agravante para a resistência de microrganismos;
- Há uma constante contaminação dos corpos de água por micropoluentes;



MUITO OBRIGADO!

SANEAMENTO PARA TODOS, RESPONSABILIDADE DE TODOS!