

WORKSHOP

REÚSO DA ÁGUA, REMOÇÃO DE NUTRIENTES E TRATAMENTO DO LODO

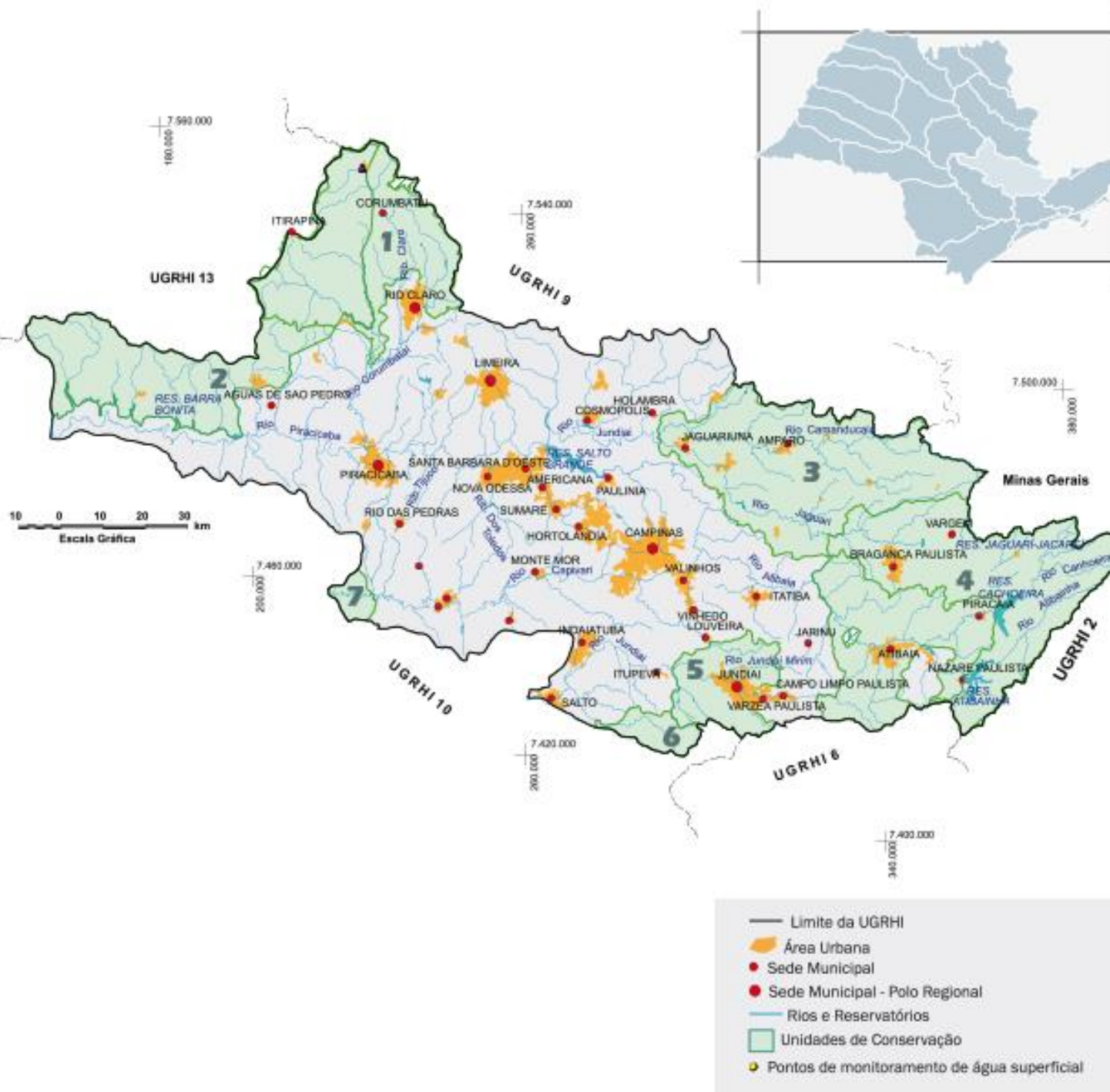
O Reúso de água

Prof. Dr. José Carlos Mierzwa

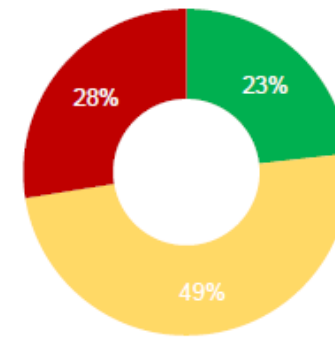
São Paulo, 20 de outubro de 2022

Crise Hídrica na Atualidade

- Quais as causas da crise vivenciada na atualidade?
 - Fenômenos ou condições naturais;
 - Planejamento do uso e ocupação do solo;
 - Demanda excessiva da água;
 - Expansão da contaminação de mananciais.

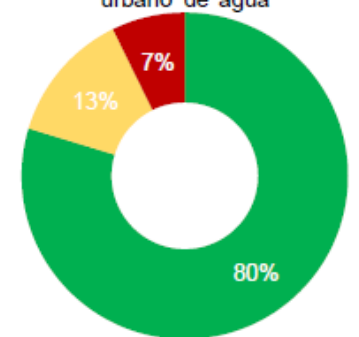


Classificação do índice de Perdas



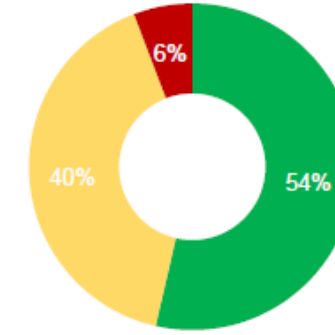
■ Bom ■ Regular ■ Ruim

Classificação do índice de atendimento urbano de água



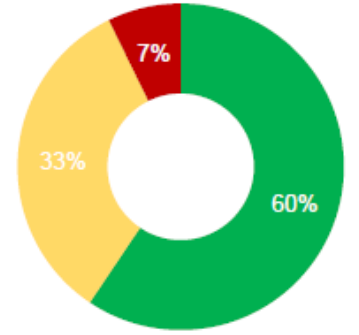
■ Bom ■ Regular ■ Ruim

Classificação do índice de atendimento total de água



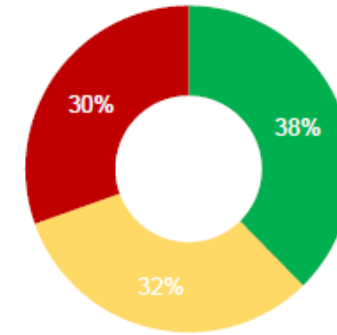
■ Bom ■ Regular ■ Ruim

Classificação dos índices de coleta de efluentes



■ Bom ■ Regular ■ Ruim

Classificação dos índices de tratamento de efluentes (em relação ao gerado)



■ Bom ■ Regular ■ Ruim

Reúso como opção para combate à escassez:

- Não potável:
 - Urbano;
 - Industrial;
 - Agrícola.
- Potável: (???)
 - Indireto;
 - Direto.



Iniciativas de reúso de água no Brasil

Reúso para fins industriais Projeto AQUAPOLO



Projeto CESAN/ES (2021)

- Projeto mais relevante desde a implantação do AQUAPOLO, com capacidade inicial para 150 L/s e final de 200 L/s;
- Estrutura especificamente concebida para a produção da água de reúso para fins industriais;
- Atendimento de parte da demanda industrial da ArcelorMittal Tubarão.

Reúso urbano não potável:

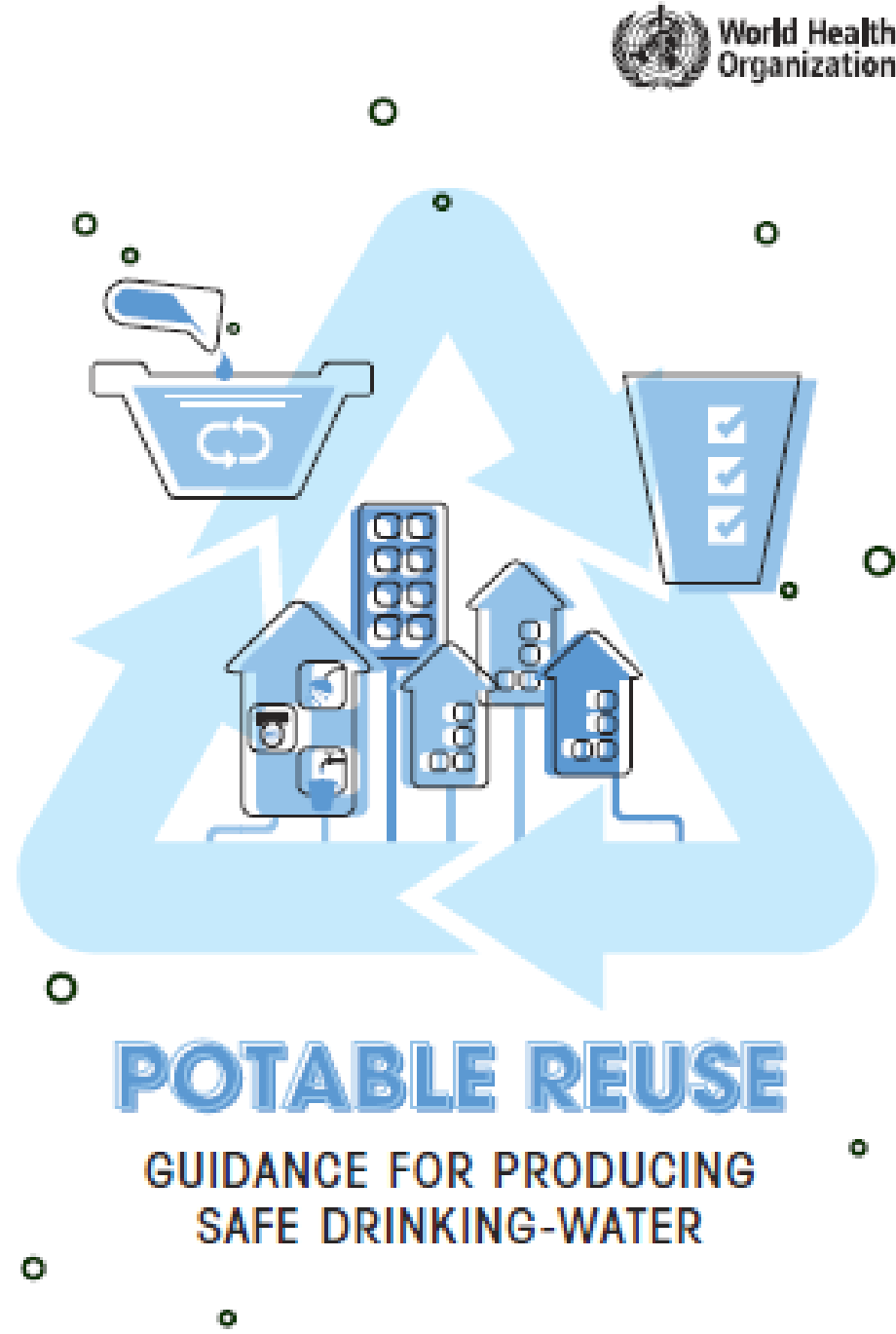
- Reúso urbano em condomínio:
 - 2008 - Residencial Valville I – Primeiro programa de reúso em condomínio residencial com rede dupla de distribuição de água;
 - Tratamento de esgoto doméstico com polimento por clarificação, desinfecção por radiação UV, cloração e adição de corante;
 - Capacidade: 7,2 m³/h;
- Reúso em Hotel:
 - 2017 - Copacabana Palace – Produção de água de reúso para sistema de troca térmica;
 - Tratamento de esgoto por processo MBR e Osmose Reversa;
 - Capacidade: 2,5 m³/h de água de reúso.

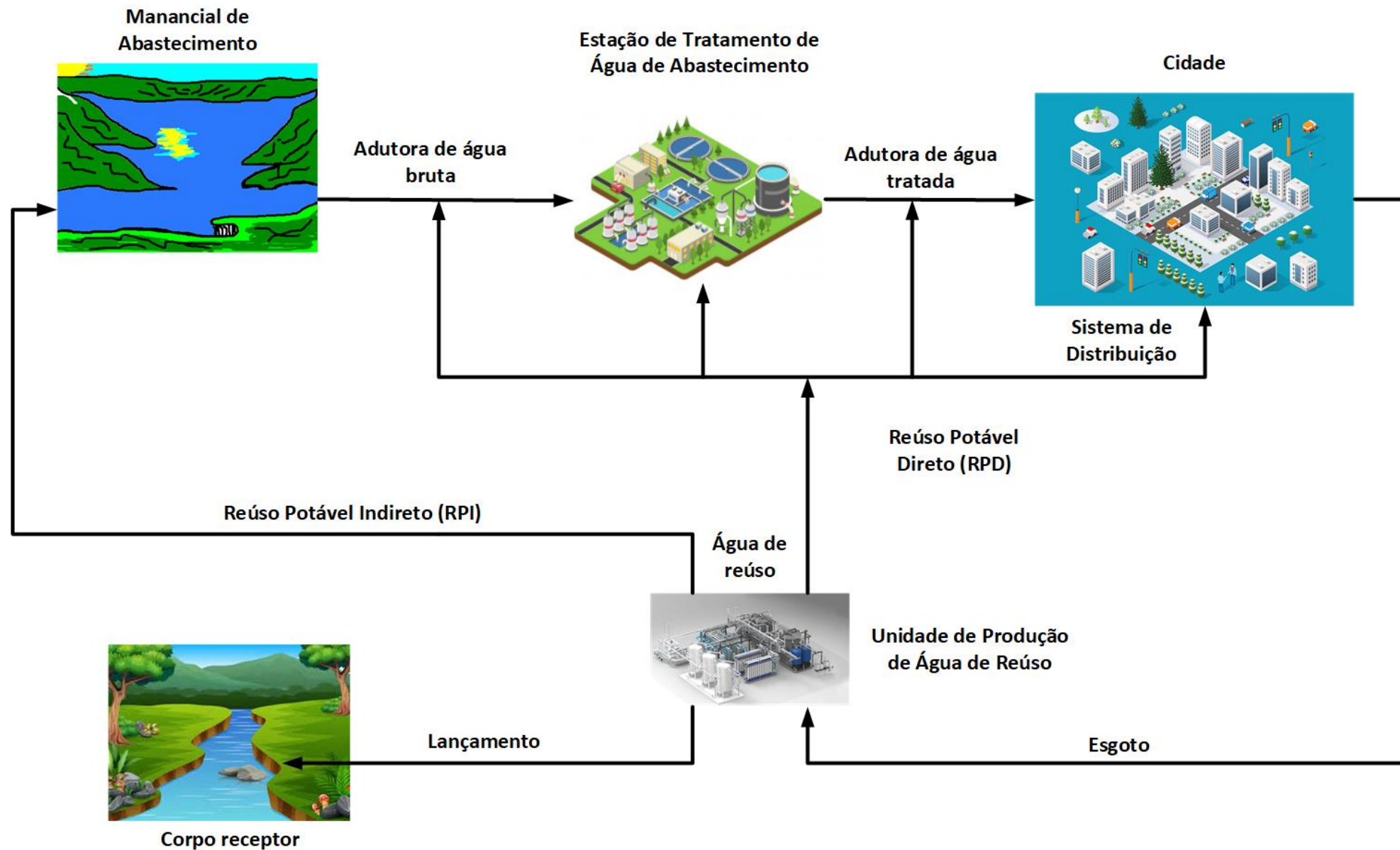
Tendências para o futuro

- Agravamento dos problemas de escassez hídricas em regiões urbanas;
- Necessidade de ampliação da coleta e tratamento de esgotos;
- Restrições ambientais em relação à qualidade da água;
- Adoção de tecnologias mais modernas para tratamento de esgotos;
- Implantação de programas de reúso potável indireto ou direto.

REGULAMENTAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO POTÁVEL

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/potable-reuse-guidelines/en/





Modelos para programas de reuso potável

Exemplos de Programas de Reúso Potável (OMS, 2017)

Scheme	Type	Environmental buffer (IPR only)	Start date	Treatment process (after secondary wastewater treatment)
Torreele, Wulpen, Belgium	IPR	Groundwater	2002	UF, RO, UV
NEWater, Singapore	IPR	Surface water	2003	UF, RO, UV
Los Alimitos, Water Replenishment District of Southern California, USA	IPR	Groundwater	2005	MF, RO, UV
Chino Basin groundwater recharge project, Inland Empire Utility Agency, California, USA	IPR	Groundwater	2007	Media filtration, SAT, Cl ₂
Arapahoe County/Cottonwood, Colorado, USA	IPR	Groundwater	2009	Media filtration, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), Cl ₂
George, South Africa	IPR	Surface water	2009/2010	UF, Cl ₂
Prairie Waters Project, Aurora, Colorado, USA	IPR	Groundwater	2010	Riverbank filtration, AOP (UV/H ₂ O ₂), BAC, GAC, Cl ₂
Beaufort West, South Africa	DPR	—	2010	Media filtration, UF, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), Cl ₂
Permian Basin, Colorado River Municipal Water District, Texas, USA	IPR	Surface water	2012	UF, RO, AOP, Cl ₂
Dominguez Gap Barrier, Los Angeles, California, USA	IPR	Groundwater	2012	MF, RO
Big Spring, Texas, USA	DPR	—	2013	MF, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), blending, media filtration, Cl ₂
Beenyup groundwater replenishment scheme, Perth, Australia	IPR	Groundwater	2016	UF, RO, UV
Cloudcroft, New Mexico, USA	DPR	—	Being developed	MBR (enhanced secondary treatment), Cl ₂ , RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), blending, UF, UV, GAC, Cl ₂

Notes: AOP = advanced oxidation process, BAC = biological activated carbon, BNR = biological nutrient removal, Cl₂ = chlorination, DAF = dissolved air flotation, GAC = granular activated carbon, H₂O₂ = hydrogen peroxide, MBR = membrane bioreactor, MF = microfiltration, NH₂Cl = monochloramine, O₃ = ozonation, PAC = powdered activated carbon, RO = reverse osmosis, SAT = soil-aquifer treatment, UF = ultrafiltration, UV = ultraviolet light.

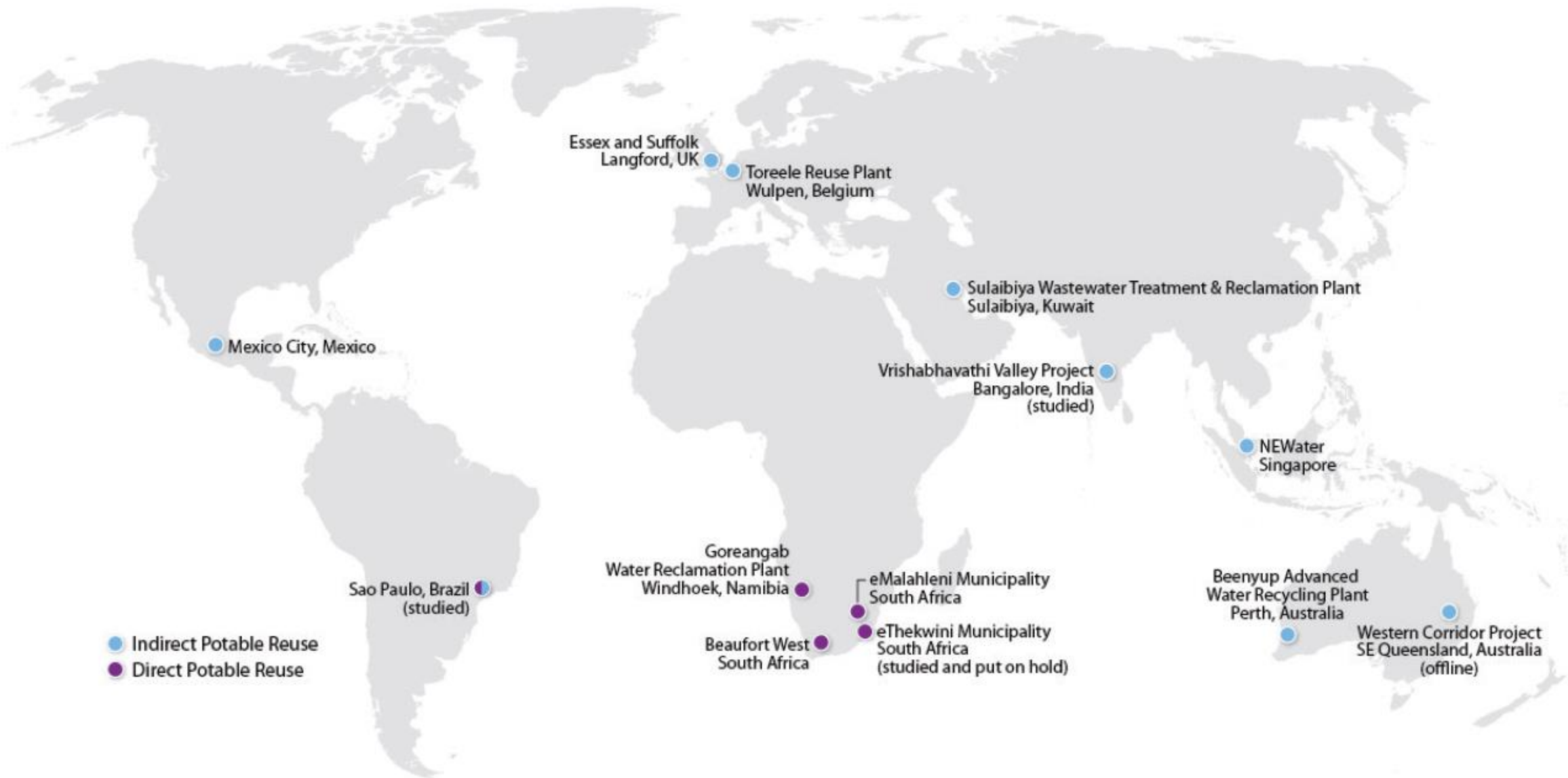
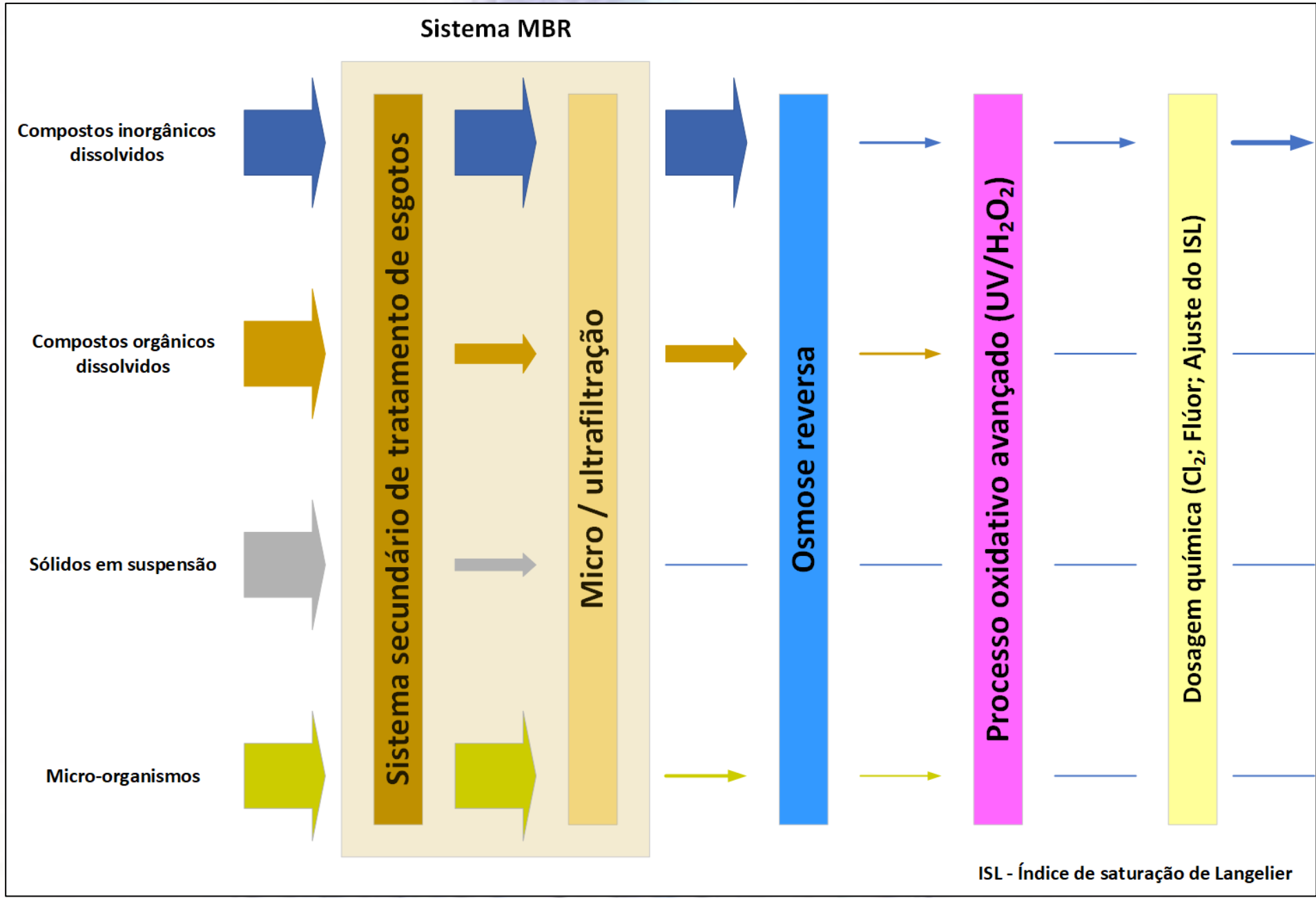


Figure 2-2. Overview of selected planned and constructed IPR and DPR projects worldwide (not intended to be a complete survey)

Proposta para a estrutura de tratamento de esgotos para a prática de reúso potável



Proposta para a estrutura de tratamento para a prática de reúso potável

Comparação de custo entre as opções para atenuação dos problemas de escassez de água

Opção disponível	Custo da água (US\$/m³)	Oportunidades e relevância	Desafios e restrições
Reúso potável direto	0,66 – 1,62	Possibilita a produção de água com alto grau de qualidade, adequada para todos os usos. É uma fonte que independe das condições climáticas. É baseada em tecnologias de tratamento comprovadas. Reduz o lançamento de efluentes para os corpos hídricos, assim como reduz a captação de água. Utilização da infraestrutura de distribuição já disponível.	Exige monitoramento adicional e barreiras adicionais de tratamento. Uso de reservatórios de controle para assegurar um tempo necessário para o monitoramento e controle da qualidade da água.
Reúso potável indireto	0,66 – 1,62		Indisponibilidade de um reservatório ou aquífero para direcionamento da água produzida. Risco de contaminação da água ou uso para outra finalidade. Custo da estrutura adicional de transporte da água até o manancial. Gasto adicional com o tratamento na estação de produção de água potável.
Dessalinização de água do mar	1,22 – 1,90	Possibilita a produção de água com alto grau de qualidade. É uma fonte confiável e praticamente ilimitada em áreas costeiras, menos vulnerável às condições climáticas.	Potenciais impactos ambientais associados à estrutura de captação de água e lançamento de concentrado. Consumo de energia relativamente elevado. Disponível apenas em regiões costeiras. Susceptibilidade à problemas de proliferação de algas, maré vermelha, e maior complexidade para licenciamento.
Dessalinização de água salobra	0,75 – 1,05	Possibilita a produção de água com alto grau de qualidade. Pode ser considerada uma fonte confiável em regiões com disponibilidade de água subterrânea salobra.	Disponível apenas em regiões com aquíferos subterrâneos de água salobra. Problemas relacionados à disposição final do concentrado gerado.

Comparação de custo entre as opções para atenuação dos problemas de escassez de água (cont.)

Opção disponível	Custo da água (US\$/m ³)	Oportunidades e relevância	Desafios e restrições
Transposição de bacias (importação de água)	0,70 – 1,05	Disponibilidade de infraestrutura e procedimentos regulatórios para os processos associados.	A disponibilidade é bastante incerta e variável com a possibilidade de interrupção do fornecimento em função de condições climáticas e litígios. Os custos têm se tornado elevados. Uso intensivo de energia para bombeamento. Impactos ambientais adversos.
Reúso não potável	0,25 – 1,60	Ajuda a reduzir a demanda de água potável. É uma fonte confiável de abastecimento mesmo em períodos de estiagem. Possibilidade de adequação da qualidade da água aos usos pretendidos.	Custo para a implantação da infraestrutura de distribuição, o que limita o potencial de reúso. Demandas sazonais podem resultar na necessidade de armazenamento ou redução da capacidade de produção.
Uso eficiente da água e restrição do uso	0,38 – 0,79	Auxilia na redução da demanda de água. Reduz o consumo de energia utilizado para tratamento e bombeamento da água.	Ao longo do tempo tornam-se menos efetivos para a obtenção de economia de água a um custo competitivo. As restrições de uso podem impactar de forma negativa o desenvolvimento de diversas atividades no local. A redução do consumo pode impactar a estrutura de coleta de esgotos.



Estudo para reúso potável direto

Projeto
PCJ/SANASA/CIRRA

CIRRA / IBCWR

Objetivo do Estudo

- Avaliar sistemas de tratamento para produção de água potável à partir do efluente tratado da Estação CAPIVARI-II;
- Utilização de arranjos específicos de tratamento com foco em contaminantes emergentes;
- Possibilidade de combinação de arranjos distintos para tratamento.



Painel Elétrico

Unidade de Carvão Ativado
Biológico

Unidade UV para
Desinfecção

Reator UV para
Oxidação

Tanque de Água
Tratada

Tanque de
Alimentação

Filtro
Cartucho

Bombas

Tanque de
Limpeza OR


Unidades de dosagem
química

Resultados de qualidade para o arranjo de tratamento com melhor desempenho

			Arranjo 3									
			Osmose + UV+ Cloração									
			10/ago			24/ago		09/nov		17/nov		
Parâmetro	Un.	VMP	A1	A4	A5	A4	A5	A4	A5	A4	A5	
Alumínio	mg/L	0,2	0,0122	0,00665	0,00706	< 0.001	< 0.001	0,00648	0,00427	0,00512	0,00532	
Bário	mg/L	0,7	0,0567	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Chumbo	mg/L	0,01	< 0.001	< 0.001	0,00138	0,00128	0,00117	0,00183	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Cloraminas Totais	mg/L	4	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,09	< 0,01	0,05	< 0,01	0,05	
Cloreto	mg/L	250	100	1,69	5,29	0,6	4,14	1,12	4,84	0,79	5,29	
Cloro Residual Livre	mg/L	5	< 0.01	< 0.01	1,07	< 0.01	1,14	< 0.01	1,19	< 0.01	1,26	
Cobre	mg/L	2	0,00191	0,0286	0,0283	0,0233	0,0202	0,017	0,0166	0,0123	0,0124	
Coliformes Totais	P/A 100mL	Ausência	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	
Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	500	3600	1	1	< 1	< 1	20	<1	37	<1	
Cor aparente	UC	15	40	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Dureza Total	mg/L	500	76,1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Escherichia coli	P/A 100mL	Ausência	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	
Ferro	mg/L	0,3	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,0115	0,00874	0,0914	0,0835	0,0755	0,0873	
Fluoreto	mg/L	1,5	0,62	0,24	0,11	< 0.1	< 0.1	<0,1	0,1	0,35	<0,1	
Manganês	mg/L	0,1	0,0561	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Níquel	mg/L	0,07	0,00159	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	
Nitrato (como N)	mg/L	10	< 0.5	0,69	0,71	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0,51	0,51	
pH (a 25°C)		6.0 - 9.5	6,99	6,36	6,42	5,47	5,61	5,71	5,81	5,82	6,15	
Sódio	mg/L	200	75,2	2,16	4,81	1,27	3,83	2,1	5,16	1,7	5,09	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1000	366	10	19	13	13	9	47	17	32	
Sulfato	mg/L	250	62,4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
Turbidez	NTU	5	< 0.1	< 0.1	< 0.1	<0.1	< 0.1	1,11	0,73	<0,1	<0,1	
Urânio	mg/L	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Zinco	mg/L	5	0,0214	0,0156	0,0155	< 0.001	< 0.001	0,00814	0,00748	0,00783	0,00824	

Conclusões:

- A falta de planejamento nos grandes centros urbanos tem resultado em problemas induzidos de escassez de água;
- Para enfrentar estes problemas é necessária uma abordagem integrada:
 - Redução do consumo de água;
 - Ampliação da coleta e tratamento de esgotos;
 - Reúso planejado, não potável e, eventualmente, potável.
- Uso de novas tecnologias, com desenvolvimento no país.



Muito obrigado pela
atenção!

mierzwa@usp.br

www.usp.br/cirra

CIRRA / IBCWR