



II-150 - ESTUDO SOBRE A ATUAL SITUAÇÃO DO REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS TRATADAS NO BRASIL E NO MUNDO

Karine Coutinho Silva⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Rafaela Antunes dos Santos

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Ana Silvia Pereira Santos

Professora Doutora do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – DESMA/UERJ

Endereço⁽¹⁾: Rua Almirante Pestana nº6, casa 4. Cacuia – Ilha do Governador. Rio de Janeiro/RJ – CEP. 21.921-100. Brasil – Tel: +55(21) 2467-0358 - e-mail: karinecoutinho06@gmail.com

RESUMO

A crise hídrica é um recorrente problema enfrentado em todo o mundo, principalmente nos países que se encontram localizados em regiões de elevado nível de estresse hídrico. Em outras regiões, com maior disponibilidade de água, como é o caso do Brasil, a questão da escassez vem sendo observada mais recentemente. Na tentativa de reduzir essa escassez, têm-se desenvolvido estudos, técnicas, medidas e projetos para conservar os recursos hídricos disponíveis. Uma forma de conservação desses recursos, que se mostrou bastante eficaz e vem crescendo constantemente, é o reuso de águas servidas. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma visão panorâmica das práticas de reuso de efluentes em andamento em 43 países presentes em todos os continentes. Foram então avaliadas relações entre a situação hídrica da região; o nível de desenvolvimento da região, medido pelo Índice de desenvolvimento Humano – IDH do país; o porte do empreendimento em função da população equivalente estimada em relação à vazão do projeto; a qualidade do efluente avaliada pelo nível de tratamento adotado; e a finalidade do reuso.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto Sanitário, Reuso de Efluente, IDH.

INTRODUÇÃO

A população mundial, que teve seu crescimento iniciado após a revolução industrial, hoje alcança mais de sete bilhões de habitantes. Dessa forma, aumentou também o consumo de água para suprir as duas principais demandas: abastecimento doméstico e irrigação para produção de alimentos, sendo esta última responsável pelo consumo de 70% de água no mundo.

O Brasil, apesar de passar por uma crise hídrica atualmente em função de seca severa, sempre teve abundância de água em seu território, criando uma relação de pouca preocupação com o seu consumo. Já alguns países, principalmente aqueles localizados na região do oriente médio, conhecidos por sua escassez hídrica, apresentam outra relação com o consumo de água, de modo a evitar o seu desperdício.

Diante desse panorama mundial de problema crescente em relação ao abastecimento de água, evidenciado inclusive pelos conflitos por sua falta e pelos problemas de saúde ocasionados por sua poluição/contaminação, o conceito do uso racional da água passou a fazer parte do cotidiano das pessoas no mundo inteiro, chegando mais recentemente ao Brasil. Neste contexto, o reuso de águas servidas já é uma prática adotada em muitos países e vem se tornando cada vez mais comum no Brasil.

Ressalta-se que conforme apresentado por Vewin (2012), em geral, somente 3% da água distribuída no mundo é utilizada para ingestão e dessa forma, efetivamente, somente essa pequena parcela deveria requerer níveis tão exigentes de qualidade, como aqueles definidos para água potável segundo, por exemplo, a legislação brasileira que aborda esse tema, a Portaria 2.914/2011, do Ministério da Saúde. Muitas outras demandas por

usos menos nobres de água poderiam ser supridas pela água de reuso. Esta prática então apresenta grandes vantagens econômicas, sociais e ambientais, tais como:

- Econômicas: menor custo com tratamento de água, visto que o alcance da qualidade exigida para potabilidade da água demanda maiores investimentos e nem sempre o uso requer o emprego de água potável;
- Sociais: com a prática de reuso de águas servidas para fins não potáveis, é possível a manutenção de um saldo positivo de água nos mananciais para atendimento de uma maior população. Isso leva inclusive ao aumento do desenvolvimento social e econômico de uma região atingida pela falta de água. Há que se considerar nesse contexto também a geração de empregos diretos e indiretos;
- Ambientais: menor captação de águas superficiais e subterrâneas e menor lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

Porém, mesmo as vantagens sendo bastante atrativas, também há desvantagens, como:

- Riscos de infecção tanto de consumidores como de usuários e operadores de sistemas, principalmente em regiões com mais baixa educação da população;
- Possibilidade de ocasionar maior concentração de poluentes na água e dificultar o seu tratamento posterior;
- A não aceitação natural do público, necessitando de investimentos de tempo e recursos financeiros em educação sanitária.

É claro que essas desvantagens variam em função do nível educacional da população e do desenvolvimento socioeconômico da região. Jordão & Pessoa (2014) distinguem bem a prática do reuso em países ricos e desenvolvidos, dos países pobres e em desenvolvimento. Para esses autores, nos países desenvolvidos, os riscos de contaminação são reduzidos em função do nível educacional da população e da aplicação de tecnologias adequadas para o tratamento da água, já que apresentam mais recursos financeiros. De maneira oposta, nos países pobres e em desenvolvimento, o risco associado à prática é maior, já que a população é menos instruída e as tecnologias para o tratamento da água são aquelas que cabem nos apertados orçamentos.

Porém, há que se ressaltar que a prática de reuso muitas vezes é aplicada mesmo com nenhuma restrição, e apenas imposta pela escassez hídrica ou algum outro tipo de necessidade. Quando isso ocorre nos países pobres e em desenvolvimento, os riscos associados podem ser bastante elevados, pois as legislações para este fim são pouco restritivas ou até mesmo inexistentes. Este último é o caso do Brasil, que não apresenta legislação federal que determine a qualidade da água requerida para as diversas práticas de reuso.

Já os países ricos, quando praticam o reuso de águas servidas imposto pela escassez hídrica, estão amarrados a legislações extremamente restritivas para garantir a saúde de usuários, operadores de sistemas e população em geral. Como exemplo, nos Estados Unidos da América, a normativa aplicada pela *Environmental Protection Agency* - USEPA, denominada *Guidelines for Water Reuse*, editada inicialmente em 1992 e revisada em 2004 e 2012, determina padrões bastante exigentes para diversos tipos de reuso de água não potável. Ainda nos Estados Unidos, o estado da Califórnia apresenta legislação ainda mais restritiva, sendo este estado conhecido no mundo inteiro pela aplicação de práticas adequadas de reuso.

Dessa forma, o presente trabalho tem como principal objetivo a apresentação de diversas práticas de reuso de águas servidas no Brasil e no mundo e uma discussão em relação a suas aplicabilidades de acordo com a necessidade, o porte do projeto e o desenvolvimento socioeconômico de cada região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho, foram selecionadas diversas práticas de reuso de águas servidas adotadas em diversos países, tais como Estados Unidos, Alemanha, Bélgica, França, Reino Unido, Grécia, Espanha, Israel, Tunísia, Omã, Singapura, Austrália, China, Chipre, Arábia Saudita, Namíbia, Guatemala, México, Cuba, Peru e Argentina, além do Brasil.

O trabalho buscou apresentar informações de projetos de reuso presentes em todos os continentes e para cada um deles, foi estimada a população equivalente à vazão do projeto, além de verificado o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH da região onde este se encontra. Por fim foi ainda analisada a necessidade ou não daquela atividade de reuso em função da imposição pela escassez hídrica.

Para a estimativa da população equivalente, foi utilizada a vazão do projeto, indicada pela fonte de cada atividade e uma cota per capita de consumo de água média da ordem de 250 L/hab.dia. Este índice foi estimado com o objetivo de se permitir uma observação mais clara do alcance de tal prática tanto em tamanho como em relação à população do local onde se encontra instalado tal projeto.

O IDH de cada região foi utilizado de forma a permitir a comparação socioeconômica entre elas e consequentemente o alcance ou nível tecnológico e de restrição do projeto. Ressalta-se que o IDH representa o nível de desenvolvimento de uma determinada região, levando em consideração parâmetros como Produto Interno Bruto – PIB per capita, a expectativa de vida ao nascer e o nível de educação. O IDH vem sendo utilizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD como forma de avaliar o desenvolvimento de cada região do planeta (PNUD, 2013). Dessa forma, foram utilizados para esta etapa do presente trabalho os dados descritos no Ranking realizado pelo Programa em 2013 e apresentado no *Human Development Report 2014. Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience*. (UNDP, 2014).

Por fim, para avaliação preliminar do nível de estresse hídrico de cada região abordada no presente trabalho, foi utilizado o mapa desenvolvido pelo *Aqueduct Water Risks Atlas - World Resources Institute*, em 2013, que apresenta a exposição média dos usos da água à escassez hídrica em cada país, com uma proporção entre as retiradas totais de água para os diversos usos e a renovação natural em uma determinada área. Este mapa pode ser observado na Figura 01, onde a porcentagem mais elevada (que varia entre < 10% a > 80%) significa que mais usuários de água estão competindo entre si para fornecimento limitado de água.

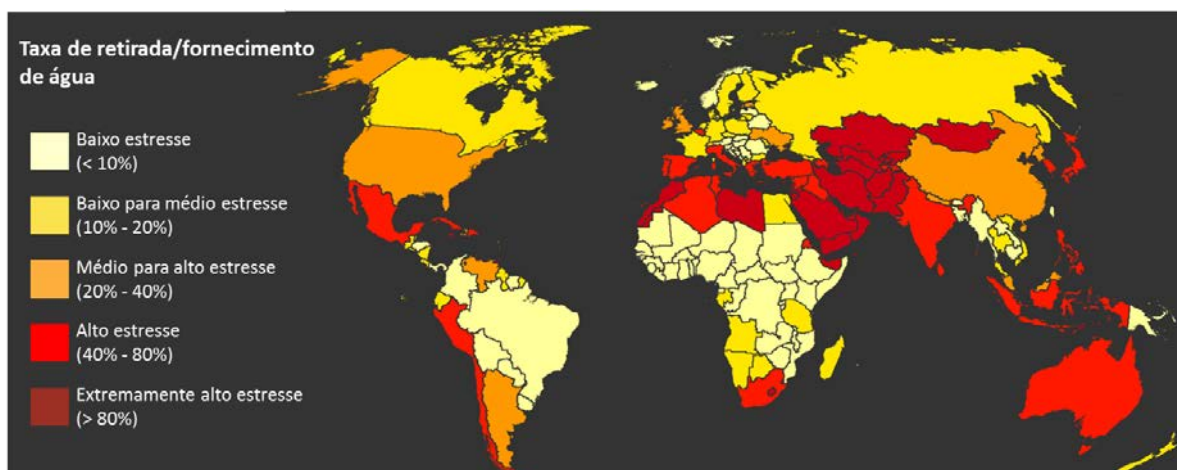


Figura 01 – Mapa de exposição média dos usos da água à escassez hídrica em cada país

Fonte: Adaptado de *World Resources Institute*

Ressalta-se, porém, que em função de algumas características de cada país, como por exemplo, a elevada extensão territorial ou sazonalidade acentuada, nem sempre os dados médios daquele país representam a região específica. Porém, este mapa foi utilizado de maneira a simplificar o presente estudo.

Os dados mencionados e trabalhados foram então compilados de modo a permitir ampla discussão entre os diversos projetos de reuso de águas servidas atualmente em funcionamento no Brasil e no mundo, em função da necessidade ou não da prática por imposição da escassez hídrica de cada região, do seu nível socioeconômico e do porte do empreendimento.



RESULTADOS

Os dados compilados podem ser observados na Tabela 01, que apresenta para cada projeto uma numeração para localização no mapa da Figura 02, a região/país, a finalidade do reuso, o IDH do país (independente da sub-região), a população local, a população equivalente em relação à vazão do projeto, o tipo de tratamento para geração da água de reuso e o ano de instalação.

Foram então analisados mais de 40 projetos de reuso no mundo inteiro, desde instalações de pequeno porte com formas de tratamento rudimentares a projetos com vazões enormes e uso de tecnologias avançadas. Também se pode observar que as finalidades da água variam dos usos mais nobres, como água potável de consumo humano, a irrigação de áreas de lazer como campos de golfe.

Tabela 01 – Projetos de reuso de águas servidas no Brasil e no mundo e suas principais características.

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
1	Windhoek Namíbia	Irrigação de parques, campos esportivos, agricultura. 30% da água tratada é misturada à água bruta e redistribuída à cidade.	0,624	140.274	325.858	Irrigação: Primário, secundário, lagoas de maturação. Mistura com água bruta para abastecimento: Lodo ativado, filtro biológico, lagoa de maturação, coagulação, flotação por ar dissolvido, filtração rápida por areia, ozonização, ultrafiltração, desinfecção, estabilização, mistura.	1968
2	Beijing China	Uso paisagístico no Parque Olímpico, lavagem de ruas e veículos, descargas sanitárias e outros usos não potáveis.	0,719	320.000	21.516.000	Membrana fibrosa, ultrafiltração e carvão ativado.	2006
3	Hohhot China	Água de resfriamento para a usina termoeletrica de Jinqiao.	0,719	124.000	1.497.110	Zee-Weed® Membrana Fibrosa, remoção de dureza e cloração	2006
4	Cairuão Tunísia	Irrigação.	0,721	48.000	570.559	Tratamento terciário por filtração e desinfecção por radiação UV.	2008
5	Lima Peru	Irrigação de áreas verdes.	0,737	3.905.280	8.473.000	Gradeamento, desarenação, microfiltração e desodorização.	2015

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
6	REPLAN – Refinaria do Planalto Paulista Paulínia São Paulo Brasil	Ampliação da capacidade de produção da refinaria.	0,744	Clarificação e Filtração: 249.600 Ultrafiltração: 4.480 Osmose Reversa: 19.200	97.702	Clarificação, filtração em areia, cloração, ultrafiltração, sistema de osmose reversa e polimento por leito misto.	1999
7	Projeto Aquapolo São Paulo Brasil	Abastecimento do Polo Petroquímico do ABC Paulista.	0,744	345.600	11.253.503	Decantação, filtros, membrana, remoção biológica de nutrientes, membranas de ultrafiltração e osmose reversa quando necessário.	2012
8	Búzios Rio de Janeiro Brasil	Irrigação de áreas públicas, limpeza do município e irrigação da grama diferenciada do campo de golfe da cidade.	0,744	267	31.070	Filtros de areia, ultrafiltração, osmose reversa.	2013
9	CAERN – Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte Pendências R. G. Norte Brasil	Irrigação de plantação de capim.	0,744	2.800	14.751	Gradeamento, desarenação, desengorduramento ou pré decantadores, lagoas de estabilização.	2013

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
10	Aeroporto Internacional Tom Jobim Rio de Janeiro Brasil	Utilização em vasos sanitários, mictórios, torres de refrigeração, irrigação, lavagem de pistas, dentre outras.	0,744	22.800	6.476.630	Pré-tratamento, sistema de separação por membranas, osmose reversa.	2005
11	ETE Brasília Sul Brasília D. Federal Brasil	O esgoto tratado é encaminhado para o Lago Paranoá (devolvido ao meio ambiente).	0,744	518.400	2.481.000	Remoção biológica de nutrientes + polimento final (lodos ativados a nível terciário).	1960
12	EPAR Capivari II Campinas São Paulo Brasil	Resfriamento, limpeza e outros usos industriais.	0,744	1ª etapa do tratamento: 62.900 2ª etapa do tratamento: 125.453	1.164.098	Remoção biológica de nutrientes e membrana filtrante.	2012
13	ETE Alegria Rio de Janeiro Brasil	Construção e Limpeza das Obras do Porto Maravilha.	0,744	121	6.476.630	Lodo ativado convencional e cloração.	2005
14	ETE Penha Rio de Janeiro Brasil	Limpeza urbana, lavagem de ruas com feiras livres e desobstrução de galerias.	0,744	1260	6.476.630	Lodo ativado, filtro biológico percolador e cloração.	2005
15	ETE Jesus Netto São Paulo Brasil	Processos industriais, rega de áreas verdes, limpeza de ruas, dentre outras aplicações.	0,744	13.440	11.860.240	Reator UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket, lodo ativado e cloração.	1998

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
16	Durango México	Fins municipais na cidade de Durango e para irrigação de áreas vizinhas.	0,756	528.767	1.633.000	Lagoa de aeração.	1998
17	Municípios costeiros do México	Irrigações diversas, reutilização em indústrias, lavagens diversas.	0,756	30.447.360	15.581.000	Primário avançado, filtros biológicos, lagoas aeradas, lagoas de estabilização, lodos ativados.	2009
18	Estado do México México	Irrigação de parques e jardins, recarga de aquíferos e lavagem de automóveis.	0,756	584	16.187.608	Decantação primária, lodos ativados, floculação, sedimentação, filtração com areia e desinfecção.	1995
19	(Empresa Haya) Al Ansab Mascate Omã	Agricultura, irrigação de áreas públicas verdes e campos de golfe.	0,783	212.000	140.914	Biorreator de Membrana Submerso.	2011
20	Mendoza Argentina	Irrigação.	0,808	587.520	1.500.000	Lagoas de estabilização.	1976
21	Estação Naval dos Estados Unidos Baía de Guantánamo Cuba	Reuso como água cinza.	0,815	530	11.053	Aeração, filtração terciária rápida de areia de célula dupla.	2007

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
22	Província Oriental Arábia Saudita	Irrigação.	0,836	112.000	4.872.000	Biorreator de Membrana.	2013
23	Província Oriental Arábia Saudita	Industrial e irrigação.	0,836	40.000	4.872.000	Osmose reversa, membrana.	2012
24	Chipre	Irrigação na agricultura, parques, jardins e espaços públicos verdes e recarga de águas subterrâneas, como o aquífero Ezousa.	0,845	236.000	847.000	Lodo ativado, filtro de areia e cloração, lagoas de maturação.	2014
25	Hericlão Grécia	Irrigação de uvas e oliveiras.	0,853	38.000	140.730	Coagulação, filtração e desinfecção UV.	2012
26	Salonica (Thessaloniki) Grécia	Irrigação agrícola.	0,853	660.000	315.196	Tratamento secundário e mistura com água (proporção 1:5).	2007
27	El Prat de Lhobregat Província de Barcelona Espanha	Irrigação agrícola e barreira hidráulica contra a intrusão da água do mar em aquífero subterrâneo de Lhobregat.	0,869	49.315	62.866	Duas linhas de tratamentos terciários diferentes. Para a água utilizada na barreira hidráulica, adiciona-se a microfiltração e osmose reversa.	1981
28	Blanes Espanha	Irrigação agrícola, irrigação de campos de golfe e recarga de águas subterrâneas.	0,869	10.739	39.293	Tratamento terciário.	2003

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
29	Wulpen Koksijde Bélgica	Recarga de aquífero por lagoa superficial.	0,881	27.400	22.180	Remoção biológica de nutrientes, ultrafiltração, osmose reversa.	2002
30	Ilha Noirmoutier França	Irrigação de plantações de milho, batata e repolho.	0,884	24.227	7.643	Lagoas de maturação.	1981
31	Chermont-Ferrand França	Irrigação de plantações de milho.	0,884	40.000	263.892	Lodo ativado, lagoa de maturação e tratamento terciário.	1996
32	Mashabbe Sade Deserto de Negueve Hadarom Israel	Irrigação da área ao redor da aquicultura.	0,888	5.480	1.192.300	Água salgada subterrânea usada em aquicultura é reusada para irrigação.	1992
33	Be'er Sheva Hadarom Israel	90% para agricultura, 10% irrigação de parques municipais. O país recicla 80% de seu esgoto doméstico.	0,888	240.000	201.100	Sistema de filtração MODOTec, incluindo radiação ultravioleta.	2011
34	Langford Maldon	Disposição da água de reuso no rio Chelmer para	0,892	80.000	21.462	Lodo ativado com remoção biológica de nitrogênio, remoção química de fósforo e ultravioleta.	2003

Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
	Essex Inglaterra	captação 8 km depois para uso potável.					
35	Changi Singapura	Uso industrial e comercial e mistura à água do reservatório.	0,901	757.082	5.535.002	Microfiltração, osmose reversa e ultravioleta.	2010
36	Brunsvique Baixa Saxônia Alemanha	Agricultura.	0,911	220.000	248.502	Gradeamento e desarenação, biológico com remoção de nutrientes.	2000
37	Water Conserv II Orlando Estados Unidos	Pomares cítricos, campos de golfe, irrigação em comunidades residenciais e infiltração rápida para o aquífero.	0,914	832.790	1.510.516	Bacias de Rápida Infiltração.	1986
38	Upper Occoquan Service Authority Centreville Virgínia Estados Unidos	Uso potável para a região metropolitana de Washington D.C.	0,914	817.649	4.586.770	Lagoas de maturação, filtro de areia e carvão, carvão ativado e cloração.	1978



Nº no mapa	Local	Finalidade de reuso	IDH	Pop. Equivalente (hab)	População (hab)	Tratamento	Ano
39	Flórida Estados Unidos	Irrigação de 360.329 residências, 542 campos de golfe, 987 parques e 371 escolas.	0,914	11.007.977	20.271.272	Principais sistemas no estado: Lodo ativado, MBR, radiação UV para descarga a jusante, processo Rabco de desnitrificação, filtro ABW, lagoas de percolação, cloração, lodo ativado de fluxo intermitente.	1986
40	McAllen Texas Estados Unidos	Irrigação do Campo de Golfe McAllen Palm View.	0,914	151.416	138.600	Sistema Ultravioleta (UV), bombas de hélice submersíveis em tanques de arejamento.	2015
41	Parque CERES Melbourne Austrália	Água de chuva para vasos sanitários e água cinza para irrigação de jardim.	0,933	11.200	122.207	Fossa séptica e <i>Rootzone</i> (zona de raízes).	2012
42	Baía de Homebush Sydney Austrália	Resfriamento e reposição de caldeiras na Usina Eraring.	0,933	12.055	15.428	Membrana.	1995
43	Perth Austrália	Recarga de aquífero para uso potável.	0,933	153.425	1.627.576	Ultrafiltração, osmose reversa e ultravioleta.	2016 (em construção)

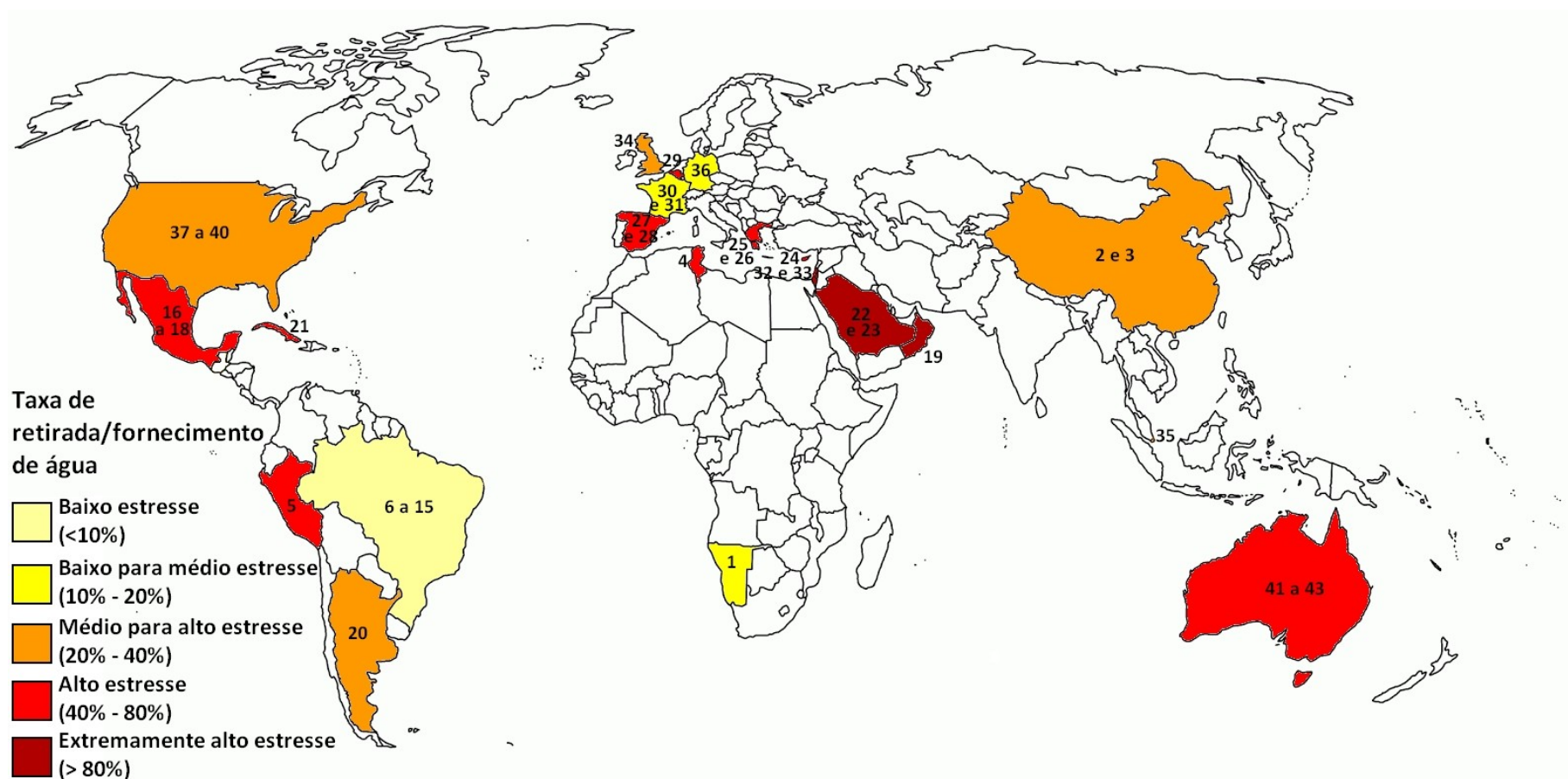


Figura 02 – Mapa com numeração das regiões onde se encontram todos os projetos de reuso de águas servidas estudados no presente trabalho. Apresenta ainda relação com índice de escassez hídrica de cada país, definido pelo *World Resources Institute*

Em relação aos dados apresentados na Tabela 01 e na Figura 02, podem ser citados alguns parâmetros de comparação. São eles: 1) Situação hídrica imposta à região; 2) Nível de desenvolvimento, neste caso definido pelo IDH do país; 3) Finalidade do reuso; 4) Porte do empreendimento definido pela vazão do projeto e pela população equivalente estimada no presente trabalho; e 5) Nível técnico do empreendimento, medido pela tecnologia aplicada ao tratamento do efluente, gerando consequentemente um efluente de boa ou de má qualidade.

A partir desses 5 parâmetros de comparação definidos, pôde-se estabelecer uma relação entre eles da seguinte forma:

- Situação hídrica da região x finalidade do reuso praticado;

Em relação à finalidade do reuso, pode-se observar que a agricultura e a irrigação de áreas comuns consomem a maior parcela de água em todas as regiões e por esse motivo passa a ser o principal foco do reuso de águas servidas. Ainda, para algumas culturas agrícolas, bem como para irrigação de áreas urbanas, essa prática não demanda efluente com alto nível de qualidade. Dessa forma, regiões com a imposição da escassez hídrica utilizam a prática de reuso exatamente para esta finalidade. No Brasil, a região nordeste, principalmente no semiárido, faz o reuso em irrigação principalmente de culturas não comestíveis ou com baixo impacto para a população, como é o caso do estado do Rio Grande do Norte que utiliza águas servidas para a irrigação de capim. Outros países conhecidos por se localizarem em regiões de grande estresse hídrico, caracterizados na Figura 02 como “Extremamente alto estresse” utilizam efluentes de estações de tratamento de esgotos para irrigação como é o caso de Arábia Saudita, Omã, Chipre e Israel. Ressalta-se inclusive que em Israel, segundo o Ministério do Meio Ambiente do país, 80% do efluente gerado é reciclado, sendo este dividido em 90% para agricultura e 10% para irrigação de parques municipais.

Pode-se observar também que países com falta de água, praticam o reuso até para fins potáveis, considerando-se a recarga de aquífero, como é o caso da Bélgica, da Espanha, do México e da Austrália que de acordo com a Figura 02 apresentam situação de “alto estresse hídrico”. Os Estados Unidos da América também praticam o reuso para recarga de aquífero com frequência, apesar de se encontrarem em situação levemente mais favorável. A Namíbia, na África, apesar de se encontrar em situação hídrica mais favorável, utiliza 30% do efluente de tratamento secundário seguido de filtração (em areia e/ou membrana) e desinfecção por ozonização ou cloração para mistura com água bruta superficial que deverá passar por tratamento para abastecimento doméstico.

No caso de Langford Maldon na Inglaterra, denomina-se a disposição de efluente tratado no corpo d’água receptor, o Rio Chelmer, como reuso de efluente, já que há captação para fins potáveis à uma distância de 8km do lançamento. Curioso é que essa é uma prática comum no Brasil e em diversos países, porém com lançamento de efluente de péssima qualidade ou até mesmo de esgoto bruto à montante de captação.

- Nível de desenvolvimento x finalidade do reuso praticado;

Em relação ao nível de desenvolvimento da região, a Namíbia apresenta o menor IDH dentre todos os projetos de reuso estudados no escopo do presente trabalho, no valor de 0,624 e a Austrália possui o maior, de 0,933. No entanto, ambos os países utilizam água para o mesmo fim: abastecimento doméstico. A Namíbia reaplica o efluente tratado no manancial superficial e a Austrália na recarga de aquífero, conforme já citado anteriormente.

Os Estados Unidos apresentam um IDH elevado, de 0,914 e utilizam efluente tratado para diversos fins e dentre eles a irrigação de campo de golfe. Esse não é um reuso essencial, mas possibilita uma redução de gastos. O Brasil é um país em desenvolvimento, com IDH de 0,744 e que vem aplicando a prática do reuso no setor industrial. Isso demonstra uma necessidade de aumentar a industrialização, reduzindo custos como o do consumo de água potável por exemplo. Essa já é uma prática bastante utilizada nos países desenvolvidos e mais recentemente vem sendo aplicada aos países em desenvolvimento como China, México e Brasil. Um caso de sucesso da aplicação do reuso de efluente no setor industrial brasileiro é o projeto Aquapolo Ambiental, que iniciou suas atividades em 2012.

Pode-se perceber ainda que na maioria dos casos dos países em desenvolvimento, que apresentam mais baixo IDH, a prática do reuso é aplicada aos usos menos nobres, como principalmente lavagem de ruas e irrigação de áreas públicas.

- Situação hídrica x porte do empreendimento de reuso;

De maneira geral, o porte do empreendimento tende a ser um fator considerável quando relacionado com a situação hídrica da região. Imagina-se que regiões que se encontram em situação de extrema escassez hídrica apresentem projetos mais robustos. Pode-se observar isso claramente quando se compara os projetos de reuso localizados em Lima/Peru e São Paulo/Brasil. Ambos os países apresentam IDH baixo e semelhantes, porém o Peru encontra-se em situação de “alto estresse hídrico”, enquanto o Brasil encontra-se em situação de “baixo estresse hídrico”.

O caso estudado em Lima no Peru é de grande porte, visto que a população equivalente estimada com base na vazão do projeto é em torno de 46% da população do município. Isso demonstra que mesmo sendo um país com baixo desenvolvimento apresenta projeto de grande porte em função da situação hídrica imposta à região. Já o Brasil, que encontra-se em situação hídrica relativamente confortável, ainda apresenta projetos menos robustos.

Israel apresenta metade do seu território composto por deserto, sendo conhecido por sua crônica falta de água e dessa forma pratica bastante o reuso de efluente. Conforme já citado anteriormente, reuso 80% do efluente gerado. O Chipre, localizado próximo ao Oriente Médio também se encontra em grave escassez hídrica e como pode-se observar, também apresenta projeto de grande porte em relação ao reuso de águas, com população equivalente em torno de 30% da população do país.

Ressalta-se ainda que alguns países, mesmo não sofrendo a grave falta de água, já praticam o reuso com abundância, como é o caso dos Estados Unidos. Nesse país, o estado da Flórida, por exemplo, possui projetos de reuso de grande porte, sendo a população equivalente estimada para os mesmos, acima da 50% da população do estado. Dessa forma, percebe-se que o porte do empreendimento é fortemente influenciado pelo grau de desenvolvimento da região e talvez esse fator seja até mais relevante do que a própria situação hídrica.

- Nível de desenvolvimento x porte do empreendimento de reuso;

Conforme dito anteriormente, percebe-se uma forte influência do nível de desenvolvimento da região na aplicação da prática de reuso. Isso pode ser percebido claramente na situação dos Estados Unidos, já citada no item anterior e da Alemanha, representada no presente estudo pelo município de Brunsvique. Neste caso, o município apresenta uma população em torno de 248.000 habitantes e um projeto de reuso com uma população equivalente estimada de 220.000 habitantes. Isso indica que quase 90% do esgoto doméstico gerado é reusado na região.

Pode-se ainda comparar os empreendimentos localizados na Tunísia e em Singapura. A Tunísia apresenta IDH baixo, no valor de 0,721 e a Singapura, considerada uma cidade-estado de elevado desenvolvimento apresenta o maior IDH da Ásia, no valor de 0,901. Mesmo a Tunísia se encontrando em situação menos favorável em relação ao estresse hídrico, apresenta empreendimento de menor porte. Enquanto na Tunísia a relação entre população equivalente estimada e população local está em torno de 8%, em Singapura, esse valor é praticamente o dobro, na ordem de 15%.

- Nível de desenvolvimento x nível técnico do empreendimento de reuso;

Este ponto é de grande relevância, visto que regiões mais pobres com extrema falta de água praticam o reuso quase que de efluente bruto. Este é o caso do Brasil, no semiárido nordestino e de diversas outras regiões pobres no continente africano e na América Central. Em muitos casos essa prática de reuso nem mesmo é definida como tal.

Nos países em desenvolvimento, com dificuldade de recursos para aplicação em tecnologias avançadas de tratamento de esgotos, assume-se um risco mais elevado quando se pratica o reuso de efluente tratado. Já nos países desenvolvidos percebe-se claramente uma maior preocupação com o risco à saúde tanto de operadores de sistemas como de usuários. Tecnologias avançadas como remoção de nutrientes e principalmente a desinfecção por processos oxidativos avançados ou uso de reatores biológicos com membranas oferecem efluentes de melhor qualidade para o reuso. Já tecnologias convencionais como lodo ativado, filtro biológico percolador e lagoas de estabilização oferecem efluentes com boa qualidade somente para lançamento em corpos hídricos, em geral de acordo com parâmetros legais de lançamento praticados em países em desenvolvimento.

Pode-se observar na Tabela 01 que as regiões com maior IDH como é o caso dos Estados Unidos, da Austrália, da Singapura, da Inglaterra, da Alemanha, da Bélgica e até da Espanha, utilizam tecnologias mais avançadas como membranas e radiação UV. Em alguns casos, é utilizada até a osmose reversa para usos mais nobres com o abastecimento doméstico. Em contrapartida, países mais pobres como México e Argentina utilizam tratamento com lagoas de estabilização.

CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou práticas de reuso de águas servidas em diversas localidades do mundo, com o objetivo de se apresentar projetos em atividade, suas finalidades e suas características.

Pôde-se confirmar então o que já era de se esperar, que em regiões mais desenvolvidas, os empreendimentos de reuso normalmente são de grande porte, com tecnologias mais avançadas e objetivando menores riscos associados à prática. Ressalta-se que nem sempre nesses casos o reuso está associado à escassez hídrica e sim ao desenvolvimento social e econômico da região.

De maneira oposta, países menos desenvolvidos, praticamente aplicam o reuso, quando encontram-se em situação de escassez hídrica. E esta prática normalmente envolve usos menos nobres e tecnologias mais simples para tratamento do efluente que será reusado.

Como se pôde perceber também, os principais projetos de reuso com efluentes de melhor qualidade e para usos mais nobres datam dos anos 2000. Alguns projetos mais antigos podem ter sido impostos em função de falta de água crônica e nestes casos não há outra solução. Porém há que se ressaltar que naquela época, por volta dos anos 60, 70 e 80, não havia a grande preocupação com a saúde de operadores e usuários como há nos dias atuais.

Por fim, ressalta-se que em várias partes do mundo, muitos projetos de reuso veem sendo implantados e muitos deles com populações equivalentes estimadas acima de 20.000 habitantes. Esse número, inicialmente parece ser baixo, porém quando comparado à população média da maioria dos municípios brasileiros, percebe-se que são de porte médio. No Brasil, em média, 70% dos municípios apresentam população nessa ordem de grandeza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL - Portaria nº 2.914. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011.
2. JORDÃO, E.P. & PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014. 1050p.
3. PNUD - Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013, 96 p.
4. PNUD - Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013, 96 p.

5. UNDP - *United Nations Development Programme. Human Development Report 2014. Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience.* Washington DC, USA, 2014,
 6. USEPA-*United States Environmental Protection Agency – Guidelines for Water Reuse.* EPA-600/R-12-618. Washington, D.C (USA), 2012.
 7. Vanessa Dias da Cunha. (2008). Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reuso urbano. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
 8. VEWIN - *Dutch Drinking Water Statistics 2012 – The water cycle from source to tap.* Association of Dutch Water Companies, The Netherlands, 2012, 89 p.
 9. Augusto César dos Santos Manhães, Bruna Magalhães de Araujo. (2015) Análise das Práticas de Reúso dos Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto do Município do Rio de Janeiro – ETE Penha e ETE Alegria. UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Centro de Tecnologia e Ciências, Faculdade de Engenharia.
- Websites acessados em agosto de 2015 a janeiro de 2016
10. L.G Moyo. (2012) *Wastewater Production, Treatment and Use in Namibia.* Polytechnic of Namibia, Windhoek, Namibia. Disponível em: www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/231/mod_page/content/188/wastewater_production_in_namibia_2012.pdf
 11. *WaterReuse – Global Connections Map.* watereuse.org/water-reuse-101/global-connections/
 12. *WaterReuse – Inovative Applications in Water Reuse: Ten Case Study.* <https://watereuse.org/wp-content/uploads/2015/10/WRA-101.pdf>
 13. Site Globo G1 Região dos Lagos. (2013) Búzios, no RJ, ganha estação de tratamento de água de reúso. g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2013/11/buzios-no-rj-ganha-estacao-de-tratamento-de-agua-de-reuso.html
 14. Site Revista Meio Filtrante. (2010) Gestão sustentável dos recursos hídricos no aeroporto internacional do Rio de Janeiro – Galeão. www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=616&link=ultima&fase=C
 15. Site Water World. www.waterworld.com
 16. Site Youtube. *Made in Israel: Water.* www.youtube.com/watch?v=x7G9v6JdYwc
 17. Site Water Technology. www.water-technology.net/projects/muscat/
 18. Allegra K. da Silva, PhD (CDM Smith) e Liping Lin (GE Water and Process Technologies). (2012) *Guidelines for Water Reuse: Water Reuse in China.* Disponível em: www.reclaimedwater.net/data/files/223.pdf
 19. Iacovos Papaiaicovou e Constantia Achileos, MSc (*Sewerage Board of Limassol Amathus*); Ioanna Ioannidou, MSc (*Larnaca Sewerage and Drainage Board*); Alexia Panayi, MBA (*Water Development Department*); Christian Kazner, Dr.Ing. (*University of Technology Sydney*); e Rita Hochstrat (*University of Applied Sciences Northwestern Switzerland*). (2012) *Guidelines for Water Reuse: Water Reuse in Cyprus.* Disponível em: www.reclaimedwater.net/data/files/225.pdf
 20. Afsaneh Janbakhsh, MSc, CChem, MRSC, Csci (Northumbrian Water Ltd, UK). (2012) *Guidelines for Water Reuse: Langford Recycling Scheme.* Disponível em: www.reclaimedwater.net/data/files/252.pdf
 21. *Florida's Water. Reclaiming Water: Reusing a Precious Resource.* Disponível em: www.protectingourwater.org/transcripts/4/
 22. Site do Departamento de Proteção Ambiental da Flórida. <http://www.dep.state.fl.us/mainpage/default.htm>
 23. Site Kemira. www.kemira.com
 24. Adriano Joss, Hansruedi Siegrist, Eawag, Switzerland Thomas Ternes. *Water trends in Europe: Micropollutants and Reuse.* Federal Institute of Hydrology, Germany. www.urbanwateralliance.org.au/publications/forum-2nd-2010/2-guest-Adriano-Joss.pdf
 25. PNUD. (2014) *Human Development Report.* www.pnud.org.br/arquivos/RDH2014.pdf
 26. Site City Population. www.citypopulation.de/
 27. Felipe I. Arreguín Cortés Gabriela Moeller Chávez Violeta Escalante Estrada Armando Rivas Hernández. *El Reuso del Agua em México.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf
 28. Site ICA. www.ica.com.mx
 29. *World Resources Institute.* Mapa Water Stress by Country. www.wri.org/sites/default/files/uploads/water_stress_by_country.png
 30. James Winpenny (Wychwood Economic Consulting Ltd., Reino Unido) Ingo Heinz (Universidad Técnica de Dortmund, Alemanha) Sasha Koo-Oshima (Ex División de Tierras y Aguas de la FAO) Autores de los

- Estudios de Casos: Miguel Salgot (Universidad de Barcelona, España) Jaime Collado (ICID, México) Francesc Hernández (Universidad de Valencia, España) Roberta Torricelli (Universidad de Barcelona, España). (2013) *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* Disponible em: www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf
31. *Site Youtube. Coffee waste water treatment in Guatemala.* www.youtube.com/watch?v=A7KF5q0FduI
 32. *Site Acciona.* www.accion.com
 33. Dra. Gabriela Mantilla Morales Hansen Rodríguez, Ivette René. (2012) *Tratamiento de aguas negras en ciudades costeras y sus implicaciones con el cambio climático.* www.pincc.unam.mx/congresonacional2012/sis_admin_pres/archivos_2012/12.pdf
 34. Gerardo Enrique Palomo Mahr , Ing. Marco Vinicio Ochoa Galindo. (2011) *Irrigación de cultivos, una propuesta para la correcta disposición final de las aguas residuales tratadas.* Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil. Disponible em: biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3301_C.pdf
 35. *Site Youtube.* Aquapolo Ambiental. www.youtube.com/watch?v=shxjfJ6kVik
 36. *Site Aquapolo.* www.aquapolo.com.br
 37. *Site CAESB.* www.caesb.df.gov.br
 38. Tim Fuhrmann, Holger Scheer (Essen, Germany), Peter Cornel (Darmstadt, Germany), Stefan Gramel and Alexander Grieb (Frankfurt a. M., Germany). (2012) *Water Reuse: Diverse Questions in View of an Internationally Increasing Relevance.* Disponible em: www.evlw.de/pdf/Water%20reuse_Questions%20in%20view%20of%20increasing%20relevance.pdf
 39. *Site Agência Brasil – Empresa Brasil de Comunicação.* memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-03-22/agua-de-reuso-ajuda-na-preservacao-ambiental
 40. *Site Degremont.* www.degremont.com.br
 41. *Site Planeta Sustentável – Grupo Abril.* (2008) *Replan mostra sua eficiência.* planetasustentavel.abril.com.br/noticia/petrobras/patrocinador_407440.shtml
 42. *Site Sabesp.* site.sabesp.com.br
 43. *Site GE Imprensa Brasil.* (2015) *GE e Sanasa transformam Campinas em case de sucesso no reuso de água.* www.geimprensabrasil.com/ge-e-sanasa-transformam-campinas-em-case-de-sucesso-no-reuso-de-agua
 44. *Site Sanasa* www.sanasa.com.br
 45. *Site RWL Water.* www.rwlwater.com
 46. *Site Headworks International.* www.headworksinternational.com
 47. James Crook, Ph.D., P.E., Jeffrey J Mosher, Jane M. Casteline. (2005) *Status and Role of Water Reuse. Global Water Research Coalition.* Disponible em: www.waterrf.org/resources/Lists/SpecialReports/Attachments/23/WaterReuse.pdf
 48. François Brissaud. *Wastewater Reclamation and Reuse in France.* HYDROSCIENCES, MSE, Université Montpellier. Disponible em: tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/bvirtual/articulo06.PDF
 49. *Onde is not enough – a guide to water reuse in Massachusetts.* Disponible em: www.mapc.org/sites/default/files/Once_is_Not_Enough_-_a_Guide_to_Water_Reuse_in_Massachusetts_-_November_2005.pdf
 50. Appelbaum, S. (2011) *Aquaculture experiences in the Negev Desert in Israel.* Ben Gurion University, Sede Boqer Campus, Israel. Disponible em: www.fao.org/docrep/015/ba0114e/ba0114e06.pdf
 51. *Site The New York Times.* (2007) *From Far Beneath the Israeli Desert, Water Sustains a Fertile Enterprise.* www.nytimes.com/2007/01/02/science/02fish.html
 52. *Site The Engineer.* (2015) *Eimco MBR reduces wastewater costs at meat plant.* www.theengineer.co.uk/supplier-network/product/eimco-mbr-reduces-wastewater-costs-at-meat-plant/
 53. Stuart Cameron B.Eng MSc PhD AMICChemE. (2010) *Chelmsford WwTW new aeration lane to increase overall capacity.* Disponible em: www.waterprojectsonline.com/case_studies/2010/Anglian_Chelmsford_2010.pdf
 54. Abwasserverband Braunschweig. (2013) *Water Reuse – The Braunschweig experience.* Disponible em: www.re-water-braunschweig.com/wp-content/uploads/Water-reuse-Braunschweig_Internetversion.pdf
 55. *Site Evoqua.* www.evoqua.com
 56. *Site Hunter Water.* www.hunterwater.com.au



57. J. Anderson. (2003) The environmental benefits of water recycling and reuse. Dept. of Public Works and Services, 2-24 Rawson Place, Sydney NSW 2000, Australia. Disponível em: wiki.reformrivers.eu/images/6/64/The_environmental_benefits_of_water_recycling_and_reuse.pdf
58. Site Aysam. <http://www.aysam.com.ar>
59. Site da Agência Nacional de Água de Singapura – PUB. <http://www.pub.gov.sg>
60. Site do Jornal Haaretz. <http://www.haaretz.com>
61. Site do Departamento de Meio Ambiente do Governo da Austrália. <http://www.environment.gov.au>
62. Site Hiria. <http://hiria.com.br>