



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rui Pedro Barreiros Martins

Sustentabilidade do
Uso de Água em Zonas Urbanas



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rui Pedro Barreiros Martins

Sustentabilidade do
Uso de Água em Zonas Urbanas

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Naim Haie



AGRADECIMENTOS

Para a conclusão deste importante ciclo da minha vida e elaboração desta dissertação, que resultou de muitas horas de trabalho, de dedicação e persistência, contribuíram várias pessoas às quais gostaria de agradecer. Este espaço é dedicado a eles.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador de dissertação, Professor Doutor Naim Haie, pela liberdade das minhas escolhas, pelas suas recomendações e sugestões, pela disponibilidade demonstrada, os conselhos fornecidos e pela ajuda na obtenção de informação relevante no âmbito da minha dissertação que foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

Agradeço aos meus pais que me acompanharam nesta trajetória, que me deram os braços quando foram necessários, que me apoiaram e incentivaram nos bons e principalmente nos maus momentos, que sempre se preocuparam e me proporcionaram todas as condições para que pudesse chegar até aqui, sem eles este sonho não seria possível e por isso esta vitória também é deles.

Ao meu querido irmão pelo apoio e paciência, um dos pilares da minha vida. À minha cunhada pela compreensão, carinho e motivação e aos meus sobrinhos José Miguel e Francisco pelos verdadeiros momentos de alegria que me proporcionam.

Aos meus avós e às minhas tias pelo carinho, mimo, apoio e incentivo.

Aos meus amigos mais chegados, que sempre me acompanharam nos bons e maus momentos e que sentiram mais a minha ausência nesta fase final, obrigado pela vossa amizade, disponibilidade, lições de vida, paciência, pelos momentos de alegria e boa disposição.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo destes anos. Obrigada pela amizade, pelas sugestões, pelas preocupações, pelo incentivo, e pela diversão ao longo deste percurso académico.



RESUMO

A água é um recurso natural, indispensável para a existência de vida na Terra, que tem sido utilizado de forma exaustiva e pouco controlada nas atividades antropogénicas. Embora aparentemente seja um recurso renovável, a água doce tem sido utilizada a uma taxa superior à sua capacidade de reposição, mudando de local por meio das alterações climáticas originando problemas de escassez de água. A água é essencial para o desenvolvimento das sociedades, desde sempre as civilizações se concentraram perto dos cursos de água, pois ela é necessária para beber, para a higiene e preparação de alimentos, para criar produtos agrícolas, gado e indústria o que por sua vez gera emprego. Um dos primeiros passos para acabar com a pobreza é proporcionar a toda a gente acesso a água potável e saneamento.

Por este motivo, a água é cada vez mais valorizada em termos económicos, sociais e ambientais. Verifica-se que o desenvolvimento económico e o rápido crescimento demográfico, contribuíram para o aumento das necessidades de consumo de água e de energia. Sendo a água necessária para a produção de energia e a energia necessária para levar água à população, gera-se aqui uma elevada dependência que terá de ser tomada em conta .

No entanto, o volume de água consumido não se restringe só às necessidades básicas indispensáveis, mas sim aos desperdícios e a consumos descontrolados. Desta forma, considera-se que uma melhor gestão dos recursos hídricos deverá evitar ao máximo os desperdícios, reciclar a água sempre que possível e procurar fontes alternativas de água e energia será o passo certo em direção à sustentabilidade.

Palavras chave: Sustentabilidade do uso de água, consumos de água, produtividade, nexus água e energia, áreas urbanas.





ABSTRACT

Water is a natural resource, essential for the existence of life on Earth, which has been used in a comprehensive and somewhat controlled manner in anthropogenic activities. While seeming to be a renewable resource, fresh water has been used at a higher rate than its spare capacity, and changing the location through climate changes that originate water shortages. Water is essential for the development of societies, has always, civilizations tend to concentrate near rivers, because water is needed for drinking, hygiene and food preparation, to create agricultural products, livestock and industry which in turn creates jobs. One of the first steps to end poverty is to provide everyone access to clean water and sanitation.

For this reason, water is being increasingly valued in economic, social and environmental terms. It appears that economic development and rapid population growth, contributed to the increase in water and energy consumption needs. Because water is necessary for the production of energy and the energy needed to bring water to the population, has generated here, a high dependency that must be taken into account.

However, the volume of water consumed is not restricted only to the necessary basic needs, but to uncontrolled consumption and water waste. Thus, it is considered that better management of water resources should avoid as much waste, recycle water wherever possible and seek alternative sources of water and energy will be the right step towards sustainability.

Keywords: Sustainable water use, water consumption, productivity, water and energy nexus, urban áreas.





“Tomar um copo de água dá-nos vida,
Tomar consciência, dá-nos água.”

Rui Martins





ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO E RELEVÂNCIA DO TEMA.....	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS.....	3
1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. O RECURSO ÁGUA.....	5
2.1.1. <i>A Água no planeta Terra</i>	5
2.1.2. <i>A escassez de água no mundo</i>	9
2.1.3. <i>Alterações Climáticas</i>	15
2.1.4. <i>O Futuro da Água</i>	17
2.2. A ÁGUA E AS ATIVIDADES SOCIOECONÓMICAS.....	20
2.2.1. <i>Evolução do uso global da água</i>	24
2.3. ÁGUA E O MUNDO SUSTENTÁVEL.....	26
2.3.1. <i>Água e dimensões do desenvolvimento sustentável</i>	28
2.3.1.1. Pobreza e igualdade social.....	28
2.3.1.2. O desenvolvimento económico.....	29
2.3.1.3. Proteção do ambiente.....	29
2.3.2. <i>O Papel da Água Face aos Desafios do Desenvolvimento</i>	30
2.4. A ÁGUA NAS ZONAS URBANAS.....	32
2.4.1. <i>Usos domésticos</i>	34
2.4.2. <i>Usos Industriais e energéticos</i>	34
2.5. O NEXUS ÁGUA ENERGIA.....	35



2.5.1.	<i>Água para energia</i>	38
2.5.2.	<i>Energia para a água</i>	38
2.6.	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO SECTOR URBANO	40
2.6.1.	<i>Usos benéficos e não benéficos da água</i>	42
2.7.	INDICADORES DO USO DE ÁGUA	46
2.7.1.	<i>A Pegada hídrica</i>	46
2.7.1.1.	Conceito de Pegada Hídrica	46
2.7.1.2.	Cálculo da Pegada Hídrica	47
2.7.1.3.	Pegada Hídrica de um processo.....	48
2.7.2.	<i>Água Virtual</i>	51
2.7.3.	<i>Índices de retiradas de água</i>	52
2.7.4.	<i>Produtividade da água</i>	55
2.8.	A ÁGUA NO SECTOR URBANO EM PORTUGAL.....	57
2.8.1.	<i>Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça</i>	61
2.9.	MACROPROCESSOS RELACIONADOS COM A ÁGUA NAS ZONAS URBANAS	67
2.10.	A ENERGIA DAS ÁGUAS RESIDUAIS	68
3.	METODOLOGIA	77
4.	RESULTADOS	81
4.1.	DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA POPULAÇÃO.....	81
4.2.	DEFINIÇÃO DOS CONSUMOS MÁXIMOS E MÍNIMOS EM ZONAS URBANAS	86
4.3.	OS MAIORES E MENORES CONSUMIDORES DE ÁGUA Á ESCALA GLOBAL	87
4.4.	COMPARAÇÃO DOS USOS DE ÁGUA NA EUROPA.....	90
4.4.1.	<i>Os Usos Industriais de água na Europa</i>	95
4.4.2.	<i>Os usos Energéticos de água na Europa</i>	96
4.4.3.	<i>Os Usos domésticos de água na Europa</i>	98
4.4.4.	<i>Evolução dos Usos de água no sector urbano na Europa</i>	100
4.4.5.	<i>A Produtividade do Uso de Água na Europa</i>	103
4.5.	A REGIÃO HIDROGRÁFICA DO CÁVADO, AVE E LEÇA.....	106
4.5.1.	<i>Potenciais aproveitamentos das águas residuais</i>	107
4.5.1.1.	Aproveitamento de biogás	107
4.5.1.2.	Aproveitamento de nutrientes presentes em águas residuais	109
4.5.1.3.	Soluções para o aproveitamento dos dejetos humanos	110
5.	CONCLUSÃO	113
6.	BIBLIOGRAFIA	117



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição global da água no planeta Terra (USGS, 2014).....	6
Figura 2 - Forma esquemática do ciclo hidrológico (USGS, 2014).	7
Figura 3 - Percentagem de água disponível e a percentagem de população existente em cada continente (Adaptado FAO 2010).....	9
Figura 4 - Disponibilidade de água per capita e índice de stress hídrico (Fonte WWDR 2015)	12
Figura 5 - Regiões com escassez física e económica de água (Fonte: WWAP, 2012).....	13
Figura 6- Consumos de água por habitante e por dia em seis regiões do mundo (Fonte: Planeta Sustentável, 2011).....	14
Figura 7– Consequências do Aquecimento global.....	16
Figura 8 - Consumo de água por região e sector. (Adaptado de FAO 2013)	21
Figura 9 - Consumo de água por sector na Europa. (Adaptado de FAO 2013).....	22
Figura 10 – Relação entre captação e consumo de água doce por região. (Fonte -Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) 1998).....	24
Figura 11 - Variação da captação, do consumo e desperdício de água, a nível global, por sectores. (Fonte Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg).....	25
Figura 12 – Comparação entre água consumida para fins urbanos e evaporação dos reservatórios. (Shiklomanov I. A.).....	26
Figura 13 - Ciclo Urbano da água.....	33
Figura 14 – Água para a Energia e Energia para a água.....	36
Figura 15 – Nexus Água Energia.....	37
Figura 16 – Uso Consumo de água e frações reutilizáveis e não reutilizáveis (fonte:	42
Figura 17 – Consumos benéficos e não benéficos, perdas e desperdícios.....	43
Figura 18 Representação esquemática dos componentes de uma pegada hídrica (Hoekstra, 2011)	47
Figura 19 - Ranking dos 20 países com maiores usos totais de água	53
Figura 20 - Ranking dos 20 países com menores usos totais de água	53
Figura 21 – Desaparecimento do mar de Aral (Fonte: Google Earth).....	54



Figura 22 - Retorno económico da água em m ³ /US\$ do PIB (Fonte Science).....	56
Figura 23– Distribuição da água captada por sector (Fonte (Batista et al, 2002; PNUEA, 2010)).....	58
Figura 24– Custos efetivos de utilização da água pelos diversos sectores	59
Figura 25– Estimativa de perdas de água em volume nos diferentes sectores	60
Figura 26 – Custos efetivos de perdas de água pelos diversos sectores	60
Figura 27– Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas	61
Figura 28 – Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça - RH2	62
Figura 29 - Perfil de custos diretos Abastecimento de Águas (Fonte (APA, 2014)).....	69
Figura 30 – Perfil de custos diretos Águas Residuais (Fonte (APA, 2014)).....	70
Figura 31 Consumo médio per capita incluindo agricultura por continente.....	81
Figura 32 – Uso Urbano de água per capita por região.	82
Figura 33– Percentagem de população por continente	83
Figura 34 – Distribuição de água doce por Continente.....	84
Figura 36 – Comparação entre o volume de água disponível e o volume de água consumido por continente.....	85
Figura 37 – Indicador de usos de água.....	87
Figura 38 – Classificação de consumos por percentagem de nações.....	89
Figura 39 - % de População Urbana nos EU na UE e em PT	90
Figura 40 – Taxa Anual de Crescimento Urbano.	91
Figura 41 – Extração global de água cenário base 2000 e 2050. (adaptado (OECD, 2012)) ..	92
Figura 42 - Caracterização do consumo urbano a nível Europeu	93
Figura 43 – Usos Domésticos e Industriais na Europa	94
Figura 44 –Água utilizada na industria Europeia	96
Figura 45 – Uso de água para arrefecimento no sector industrial Europeu (Adaptado de (EEA, 2010)	98
Figura 46 – Uso da água no sector doméstico.	99
Figura 47 – Extração de água na Europa para usos urbanos.....	101
Figura 48 – Caracterização do consumo per capita de um habitante europeu.....	103
Figura 49 – Produtividade da água por país (Fonte: adaptado de Pordata)	104
Figura 50 – Produtividade da água vs consumo vs população	105
Figura 51 – Uso de água por sector na RH2 (hm ³).....	106



Figura 52 – Uso consumptivo da água L/hab.dia na RH2	107
Figura 53 – Vaso sanitário com separador de urina.....	111

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos países de acordo com a sua disponibilidade hídrica (Fonte: Adaptado UNESCO 2015).....	11
Tabela 2 - Indicadores de uso da água em utilizações municipais, domésticas, industriais, recreativas, paisagísticas e outras.	45
Tabela 3– Água virtual incorporada em produtos (Adaptado de WWF 2013).....	52
Tabela 4- Carga rejeitada no meio hídrico por sistemas urbanos de drenagem e tratamento de águas residuais na RH2 Fonte (APA (PGRH), 2012).....	64
Tabela 5 - Necessidades hídricas da indústria transformadora na RH2, por CAE	64
Tabela 6 – Captações de água da grande industria da RH2.....	65
Tabela 7 – Carga rejeitada pela indústria transformadora	66
Tabela 8 - Variação da intensidade energética em etapas do ciclo de uso da água na	71
Tabela 9 - Fonte (Drangert, 1998)	75
Tabela 10 - População e uso total de água por Continente	81
Tabela 11 Definição de consumos máximos e mínimos em zonas urbanas	86
Tabela 12 – Países com menores Usos urbanos de água (<min1)	88
Tabela 13 – Países com maiores usos urbanos (>Max2).....	88
Tabela 14 – Classificação do consumo de água por categoria.....	89
Tabela 15 – Evolução da extração de água no sector industrial na Europa (Fonte (EEA, 2010)).....	95
Tabela 16 – Evolução da extração de água para fins energéticos. Fonte (EEA, 2010)	97
Tabela 17 – Evolução da extração de água no sector doméstico na Europa. Fonte (EEA, 2010)	99
Tabela 18 – Tabela resumo de Extrações de água na Europa hm ³ /ano	101





1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e relevância do tema

Nenhuma forma de vida animal ou vegetal, é possível sem água, razão pela qual é considerada um recurso de primeira necessidade. Sendo verdade que as primeiras comunidades humanas da história se organizavam para viver nas proximidades dos cursos de água, também não existem dúvidas que a água continua a constituir um dos fatores mais importantes para o progresso das sociedades contemporâneas. Nenhuma comunidade pode viver ou evoluir sem um abastecimento adequado de água, que permita aos seus habitantes viver de modo saudável e confortável, e que contribua para o desenvolvimento da sua economia.

Até metade do século vinte, as necessidades de água cresceram gradualmente, acompanhando o lento aumento populacional. No entanto, na segunda metade desse século, o desenvolvimento tecnológico e industrial trouxe o desenvolvimento da sociedade e a elevação do nível de vida, a que se associaram a expansão urbanística, a agricultura, a pecuária intensiva, a indústria e a produção da energia elétrica, gerando uma maior concentração da procura de água em quantidades cada vez mais elevadas, mas também a sua degradação através da poluição.

O desenvolvimento das zonas urbanas, provocam uma pressão enorme nos recursos hídricos uma vez que as retiradas de água para satisfazer as necessidades agrícolas, urbanas e industriais é maior do que aquela que a natureza consegue repor através do ciclo-hidrológico provocando assim a perda de biodiversidade, destruição de habitats e provocando alterações climáticas que levam a zonas cada vez mais áridas e desertificadas.

O desenvolvimento sustentável refere-se a um modo de desenvolvimento capaz de responder às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de crescimento das gerações futuras. Visa melhorar as condições de vida dos indivíduos, preservando simultaneamente o



meio envolvente a curto, médio e, sobretudo, longo prazo. O desenvolvimento sustentável comporta um triplo objetivo: um desenvolvimento economicamente eficaz, socialmente equitativo e ecologicamente sustentável.

Torna-se assim evidente que a água é um bem essencial para o desenvolvimento socioeconómico da população, e como tal deve ser encarada como um recurso estratégico e vital, entendendo-se que este recurso natural não só deve ser gerido como uma das linhas orientadoras da política de gestão da água, como também ser usado de forma eficiente e racional.

A realidade não deixa dúvidas quanto à importância que a água tem na sociedade enquanto recurso natural e económico, pois é sobejamente reconhecido que esta:

- É um recurso limitado (é necessário protegê-lo, conservá-lo e geri-lo com preocupações ambientais).
- Corresponde a um fator chave a nível do equilíbrio dos ecossistemas.
- Corresponde a um interesse económico a nível nacional (os desperdícios de água representam gastos para o país com um valor muito relevante);
- Corresponde a um interesse económico a nível das empresas (a água é, em muitos sectores, um importante fator de produção);
- Corresponde a um interesse económico a nível das entidades gestoras da água (um uso eficiente permite uma maior racionalidade de investimentos);
- Corresponde a um interesse económico a nível dos cidadãos (permite uma redução na fatura da água);
- Constitui uma necessidade estratégica (é necessário avaliar as disponibilidades, gerir a procura e promover reservas de água no país, nomeadamente para fazer face a situações críticas de seca que se têm verificado com mais regularidade;

O desenvolvimento e concentração da população em grandes zonas urbanas juntamente com as indústrias que se juntam à sua volta, provocam uma grande pressão nos recursos hídricos através não só do consumo elevado, mas também da poluição provocada pelos usos domésticos e diversos poluentes derivados da produção industrial. É urgente procurar um



caminho e tomar medidas para um desenvolvimento sustentável, com cidades mais amigas do ambiente, com melhor qualidade de vida e desenvolvimento socioeconómico.

É, portanto, fundamental maximizar a eficiência de utilização da água nos vários sectores, procurando atingir os mesmos objetivos com a menor quantidade de água possível.

1.2. Âmbito e objetivos

Sendo a água um fator essencial para o desenvolvimento socioeconómico e um recurso estratégico e estruturante para o planeta, é imprescindível que o planeamento e a gestão da utilização da água se façam de forma racional e otimizada, tendo, necessariamente, que se garantir uma elevada eficiência no seu uso.

Neste contexto, o presente trabalho tem como primeiro objetivo identificar os macroprocessos internos relacionados com o uso da água nos meios urbanos, tendo em atenção os tipos de usos e consumos de água que ocorrem numa cidade ou zona urbana tanto nos usos domésticos, como no comércio, nos serviços, espaços verdes e indústria local. O uso agrícola não será objeto deste estudo.

Pretende-se fazer uma recolha e análise de dados relacionados com os usos e consumos de água em diferentes países e regiões e o seu vínculo com a população e a produtividade da água de cada país. Será sugerida uma categorização dos consumos por país e região. Irá ser proposta uma escala de consumos per capita definindo dois valores máximos e dois valores mínimos de consumos urbanos obtendo assim uma escala de cinco categorias.

Numa perspetiva de sustentabilidade iremos abordar o tema do nexus água-energia fazendo uma avaliação da quantidade de água utilizada na produção de energia e da quantidade de energia necessária para fornecer água às populações no caso europeu.

Pretende-se realizar ainda uma estimativa do potencial de aproveitamento das águas residuais para a produção de energia através do biogás e de fertilizantes NPK. Os resultados obtidos serão depois adaptados á Região Hidrográfica 2 Bacia do Cávado, Ave e Leça.



Serão ainda propostas algumas medidas e soluções com vista a aumentar a eficiência e a produtividade da água nos ambientes urbanos na perspetiva de conservação e poupança da água de modo sustentável.

Partindo destes objetivos, a metodologia proposta tem os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização da disponibilidade e distribuição dos recursos hídricos á escala global
- Caracterização dos usos urbanos da água tipificando e categorizando os consumos, na perspetiva da sustentabilidade do uso com foco no caso da Europa.
- Determinação da Produtividade económica do uso da água
- Potenciais aproveitamentos energéticos na perspetiva de sustentabilidade da água e da energia;
- Potenciais aproveitamentos energéticos das águas residuais na RH2

1.3. Estrutura do documento

O presente trabalho encontra-se dividido em vários capítulos como se passa a descrever:

1. Introdução
2. Revisão bibliográfica.
3. Metodologia
4. Resultados
5. Conclusões
6. Bibliografia



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Recurso Água

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer ao leitor o desenvolvimento e proporções que o problema da água tem vindo a adquirir em todo o Mundo, permitindo estabelecer o contexto em que este trabalho é realizado.

A água é uma necessidade básica para os seres humanos e para os ecossistemas que dela dependem. Tem propriedades que lhe são características e únicas, é incolor, inodora, não tem cheiro, pode ser encontrada na Natureza em três estados, sólido, líquido e gasoso, é um bom solvente, entre outras. A disponibilidade de água é fundamental para o bem-estar do Mundo, o ciclo da água é o motor de toda a vida na Terra.

Partindo desta premissa, o conceito de desenvolvimento sustentável apresentado por Brundtland em 1987 assume uma importância fundamental. Este conceito considera que o desenvolvimento das sociedades deve estar associado à capacidade da Humanidade garantir que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de assegurarem as suas próprias necessidades. O desenvolvimento sustentável não é um estado fixo de harmonia, mas antes um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais são compatibilizadas com as necessidades futuras e com as presentes.

2.1.1. A Água no planeta Terra

Desde 1950, acompanhando o contínuo crescimento global da população, o consumo de água mais que triplicou (aumentou de um volume de 1 400 Km³ para um volume de 3 800 Km³, entre 1950 e 1995). Cerca de 30% dos recursos de água doce mundiais, economicamente acessíveis, são explorados para satisfazer as necessidades dos principais sectores de atividade



humana: consumo doméstico, industrial e agricultura (WWC, 2007b). (World Water Council, 2007)

A água existe em elevada quantidade na Terra sendo que cerca de 71% da superfície terrestre é coberta por água, (USGS, 2014) apenas 2,5% é água doce, enquanto a restante é água salgada. No entanto, dois terços da água doce existente no planeta está retida nos glaciares e neve permanente (World Water Council, 2007). Na Figura 1.1 é apresentado o esquema de distribuição global de água no planeta Terra. (USGS, 2014)

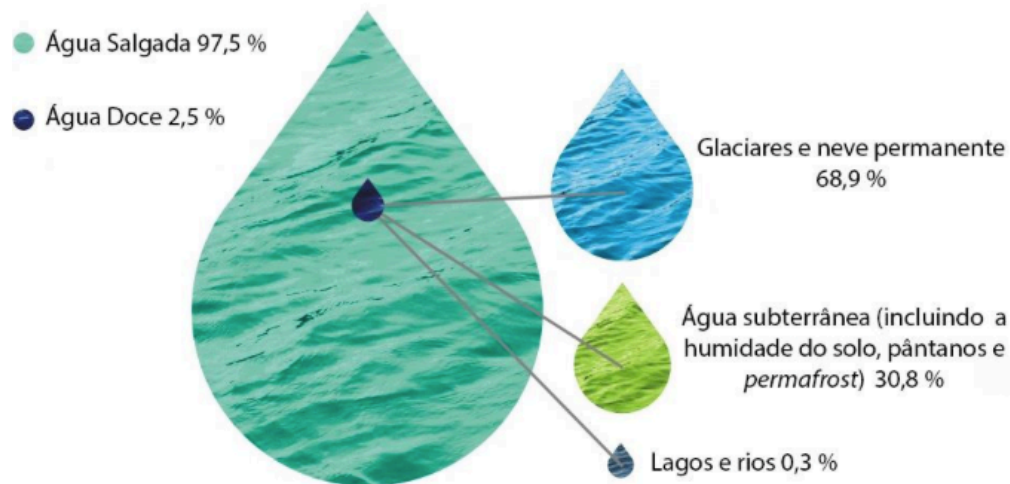


Figura 1 - Distribuição global da água no planeta Terra (USGS, 2014).

As fontes de água doce têm a capacidade de se renovar (excetuando alguns aquíferos), ainda que com grandes diferenças de disponibilidade e largas variações na precipitação anual e sazonal. Devido a esta variabilidade de disponibilidade de água, o Homem sentiu necessidade de construir reservatórios. Assim, estima-se que tenham sido construídos em todo o mundo reservatórios com capacidade suficiente para 8000 km³ de água (WWDR, 2003).

Importa notar que os valores de volume de água apresentados para um determinado local do planeta, são meramente indicativos de um determinado instante, uma vez que esse volume de água em cada um dos locais varia rapidamente ao longo do tempo (USGS, 2014). A variação de que falo deve-se à existência do que chamamos de “Ciclo da Água”.



Na Figura 1.2 está esquematizado este ciclo de forma a perceber o deslocamento natural da água no planeta, e os diferentes estados físicos (sólido, líquido e gasoso) que assume.



Figura 2 - Forma esquemática do ciclo hidrológico (USGS, 2014).

A água evapora dos solos e das superfícies líquidas pela ação da energia do sol, dos ventos e das plantas (evapotranspiração). Em cada ciclo da água, esta é transferida por evaporação para a atmosfera, onde é transportada e se condensa, formando as nuvens, para voltar à terra por precipitação; na superfície da terra a água escoar-se e outra parte fica retida, infiltrando-se, e por fim volta a evaporar-se de novo.

A esta sucessão de fenómenos naturais em cadeia fechada chama-se ciclo hidrológico ou ciclo da água. A quantidade de água presente na atmosfera aumenta através do processo de evaporação, mas diminui novamente através da precipitação. Na atmosfera o vapor de água movimenta-se em volta da Terra, sendo que evapora de um determinado lugar e não retorna necessariamente como precipitação para o mesmo local. Estes fenómenos naturais ocorrem não numa escala diária, mas sim a longo prazo pelo que condicionam o ciclo da água. (Hoekstra, 2011) (Peixoto, 1979) (Shiklomanov I. A., 1998)

Nenhuma da água que é captada dos rios, lagos ou aquíferos subterrâneos para utilização na agricultura, indústria ou abastecimento doméstico, se perde do ciclo da água. A água pode



mudar de localização ou de fase, mas conserva-se na totalidade e reentra sempre no sistema geral de recirculação da água (Peixoto, 1979). O consumo de água para os vários fins e usos, representa apenas um circuito de derivação de água que circula através do seu ciclo. O ciclo da água sustenta a vida na Terra e abastece os seres vivos com água doce para produzir os bens no ecossistema, tal como toda a biomassa produzida para conceber alimento, fibra, combustível, biodiversidade, habitats para as espécies aquáticas, serviços de captação e armazenamento de carbono, regulação climática, e água para uso doméstico e industrial (Rockström, 2009).

A disponibilidade de água varia de ano para ano, em função das condições climáticas e da localização do país, as quais podem variar desde secas a inundações extremas (WWF-UK, 2009). Água doce em quantidade suficiente e de qualidade adequada não é apenas um pré-requisito para as sociedades humanas, também o é para os ecossistemas naturais (Costanza, 1992).

Apesar de a água ser um recurso limitado do planeta Terra, apenas 10 países representam 60% da totalidade da água potável existente, sendo eles Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, Estados Unidos da América, Índia, Colômbia e República Democrática do Congo (WBCSD, 1998). Na Figura 3 está demonstrada esta variação de disponibilidade de água e a percentagem de população existente em cada um dos continentes.

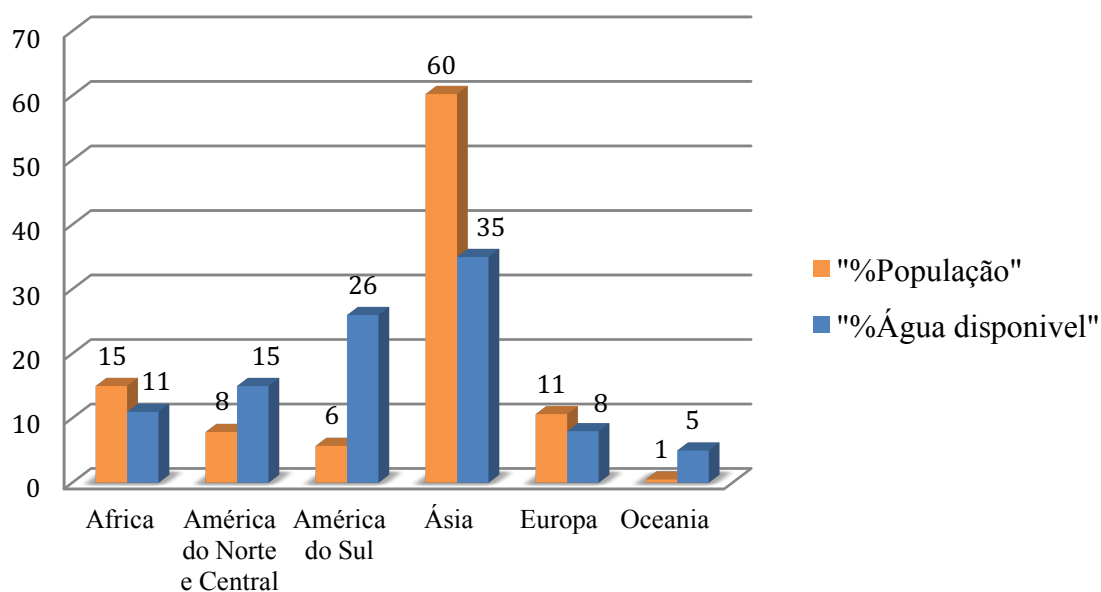


Figura 3 - Percentagem de água disponível e a percentagem de população existente em cada continente (Adaptado FAO 2010)

Alguns factores que suportam a afirmação, de que a Terra vai a caminho de uma crise de água são citados em seguida:

- A população humana continua a crescer;
- O consumo de água está a ultrapassar o crescimento da população;
- A água disponível per capita está a diminuir;
- Existe menos água limpa e potável disponível no Mundo.

2.1.2. A escassez de água no mundo

O stress hídrico é também conhecido como escassez hídrica física – é uma expressão empregada para indicar uma circunstância em que a procura de água é superior à sua disponibilidade e capacidade de renovação em determinado local ou região. Pode ocorrer tanto por fatores naturais quanto por fatores socioeconómicos.

Em vários casos, o risco de stress hídrico afeta ou até impede o progresso económico e social, uma vez que não permite que a agricultura e a indústria vingam, uma vez que são as áreas da economia onde mais água é utilizada. Além da água, é preciso importar uma enorme



variedade de produtos, o que faz com que aumentem as relações de dependência económica, baixa criação de emprego e poucas expectativas de crescimento local.

Em algumas situações o stress hídrico é provocado não pela escassez dos recursos hidrográficos na região, mas pela poluição das águas, dos rios e aquíferos fazendo com que o stress hídrico se torne mais intenso ou aconteça em regiões onde a sua manifestação, em teoria, seria improvável. (Efidric, 2015)

Um estudo do Fórum Económico Mundial (WEF, 2015), sobre riscos globais identificou a segurança hídrica como um dos grandes desafios mundiais. Na pesquisa “WEF Global Risks Report”, realizada em 2013, especialistas das áreas industrial, académica e da sociedade civil avaliaram os riscos globais com maior probabilidade de ocorrer ao longo dos próximos 10 anos e aqueles que terão maior impacto. Entre eles, crises de abastecimento de água aparecem entre os cinco mais importantes nas duas perspetivas. A potencial crise de falta de água é o principal risco para a sociedade e as falhas em promover medidas de adaptação às alterações climáticas, o principal risco ambiental. (Efidric, 2015)

As alterações climáticas com o conseqüente aumento da temperatura, a redução da precipitação e a sua concentração nos meses de Inverno originam a diminuição das reservas potenciais de água doce, a degradação da qualidade da água e a ocorrência de níveis de stress hídrico elevados num número de países cada vez maior (Kayaga, Smout, & Al-Maskati, 2007) (WWC, 2007).

Relativamente à sua disponibilidade hídrica, os países são classificados de acordo com as seguintes categorias apresentadas na Tabela 1:



Tabela 1 - Classificação dos países de acordo com a sua disponibilidade hídrica (Fonte: Adaptado UNESCO 2015)

Classificação	Disponibilidade hídrica (m ³ /hab.ano)
Absoluta escassez de água	< 500
Falta de água constante	500 - 1000
Stress Hídrico regular	1000 - 1700
Stress hídrico ocasional ou local	1700 - 2500

É de salientar que a disponibilidade hídrica por habitante abrange o consumo de água para ingestão, para higiene pessoal, para preparação de alimentos, para lavagens, e ainda a água virtual incluída nos produtos industriais e agrícolas. A água virtual não é consumida diretamente pelo consumidor, mas é necessária nos processos de produção, por exemplo para produzir cereais e gado. Por exemplo, para produzir apenas 1kg de arroz são necessários 1400 litros de água. Este tema será abordado no capítulo 2.7.2 desta dissertação.

As perspetivas para 2050, de acordo com relatório publicado pela OCDE (OCDE, 2012), indicam que mais de 40% da população mundial irá viver em bacias hidrográficas com escassez de água, principalmente no Norte de África, na África Subsariana, no Sul da Ásia e na Ásia Central, o que afetará de forma negativa essas regiões em termos de competitividade.

A distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos, através da precipitação e escoamento superficial, pode ser errática, com diferentes áreas do globo a receber diferentes quantidades de água num determinado ano. Pode haver uma variação considerável entre climas áridos e húmidos e estações mais secas e húmidas. No entanto, as médias anuais compostas mostram variações significativas na disponibilidade de água per capita entre os países como podemos ver na Figura 4

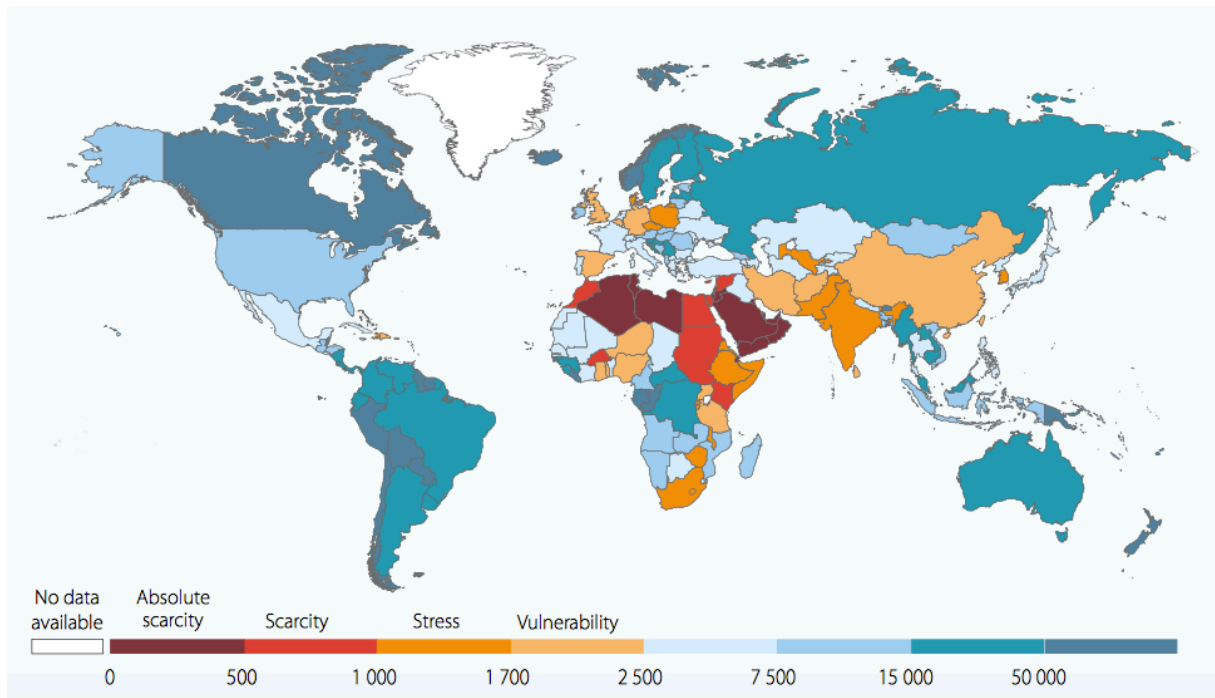


Figura 4 - Disponibilidade de água per capita e índice de stress hídrico (Fonte WWDR 2015)

A Figura 5 apresenta as regiões do mundo com escassez física e económica de água. As regiões estão classificadas em quatro categorias: escassez física de água, próxima de escassez física de água, escassez económica de água e pouca ou nenhuma escassez. Existem ainda zonas para as quais não foram estimadas quaisquer categorias. A escassez física ocorre quando a região não tem disponibilidade hídrica para fazer face às necessidades de consumo, por falta de existência física do recurso. A escassez económica ocorre quando a região não tem acesso às infraestruturas necessárias para conseguir captar, tratar e distribuir a água, embora o recurso esteja disponível.

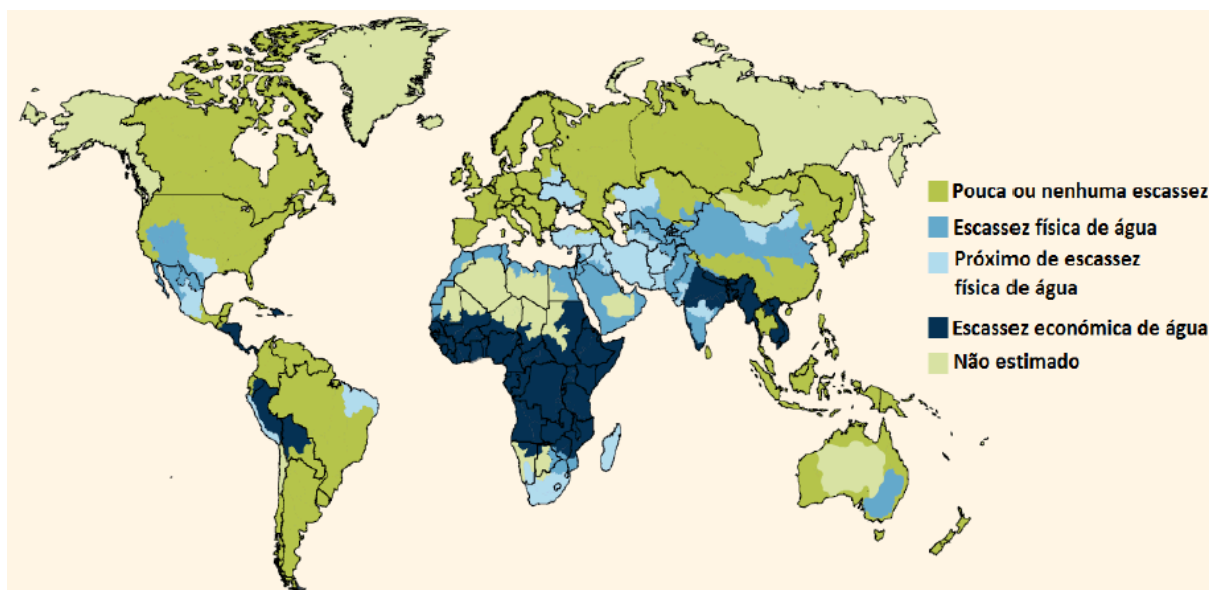


Figura 5 - Regiões com escassez física e económica de água (Fonte: WWAP, 2012)

Através da Figura 5 pode-se verificar que as regiões que apresentam maior escassez de água, quer seja física ou económica, correspondem maioritariamente às regiões de países em desenvolvimento, no entanto, também alguns países desenvolvidos enfrentam sérios problemas com as alterações climáticas como a seca que se verifica atualmente no estado da Califórnia nos Estados Unidos da América, ou a seca de 2008 que afetou a Catalunha em Espanha.

De acordo com a ONU, até 2030 quase metade da população mundial viverá em áreas com escassez de água. Atualmente o cenário não é muito melhor, pois cerca de um quinto da população mundial (1,2 mil milhões de pessoas) vive em zonas com escassez física de água, e um quarto da população mundial (1,6 mil milhões de pessoas) vive em locais com escassez económica de água, onde os países não têm as infraestruturas necessárias para conseguirem captar a água. (UN, 2014)

Nos países mais pobres ou menos desenvolvidos, a crescente limitação de acesso ao recurso água, compromete o seu desenvolvimento. O acesso a água para produção de alimentos, criação de animais e usos domésticos, está a tornar-se mais limitado do que o acesso a



cuidados de saúde e à educação, normalmente muito problemático neste tipo de países. Destacam-se a maioria dos países do Médio Oriente e do Norte de África, bem como países como o México, Paquistão, África do Sul, e grande parte da China e da Índia (FAO e UN-Water, 2007).

A Figura 6 mostra a discrepância dos consumos de água, por habitante, em seis regiões do mundo.

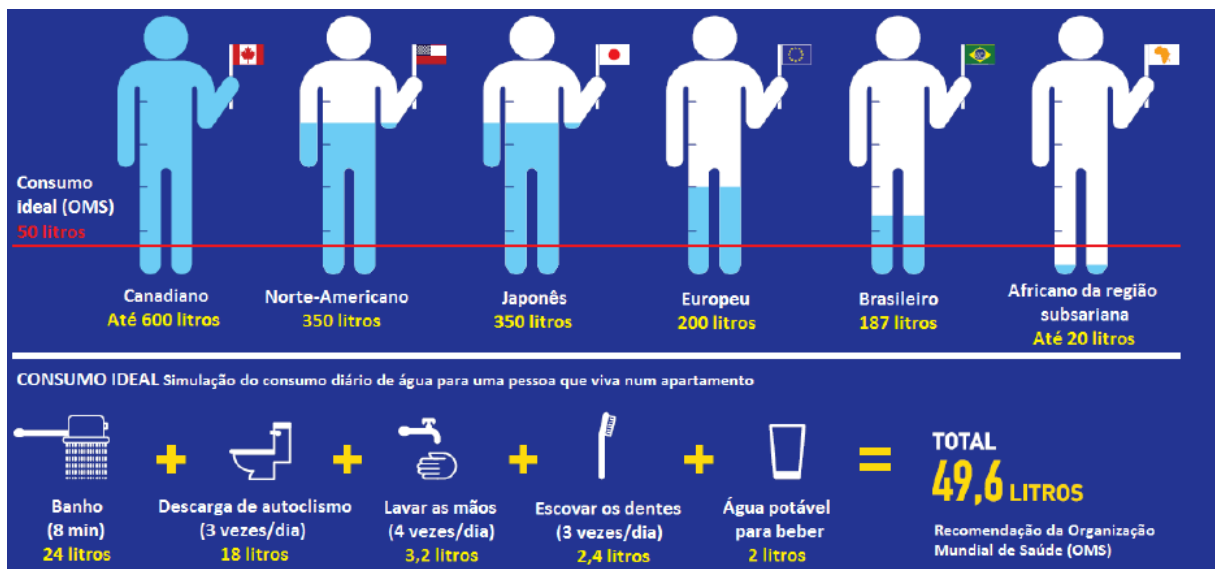


Figura 6- Consumos de água por habitante e por dia em seis regiões do mundo (Fonte: Planeta Sustentável, 2011)

Como se pode observar pela Figura 6, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, são necessários pelo menos 50 litros de água por dia para satisfazer as necessidades básicas de higiene e consumo de água para beber. A este valor acresce, pelo menos, o consumo de água para a preparação de alimentos e para lavagens de roupa e de loiça. Note-se que um indivíduo africano da região subsariana apenas consome 20 litros de água por dia, ou seja menos de metade do consumo mínimo necessário para a higiene e ingestão de água.

Sabe-se que todas as pessoas necessitam de água para viver, quer seja para beber, cozinhar, higiene pessoal. Ainda assim, há mais de mil milhões de pessoas sem acesso a água potável,



maioritariamente na Ásia e África Subsariana, e 2,6 mil milhões sem condições de saneamento (UNESCO, 2003)

Se a tudo isto somarmos o aumento galopante da população mundial e considerarmos que o maior aumento se verificará precisamente nas áreas urbanas dos países em desenvolvimento, torna-se vital tomarmos consciência do problema que todos enfrentamos e tomar medidas para promover o uso eficiente da água quer a nível macro, meso como micro

2.1.3. Alterações Climáticas

As alterações climáticas, que são cada vez mais notórias, têm uma grande influência no ciclo hidrológico da água.

O desenvolvimento da sociedade e a melhoria das condições de vida das populações, aliados a rápida intensificação da utilização dos combustíveis fósseis como carvão petróleo ou gás natural, está a elevar os índices de GEE para valores insustentáveis para o nosso planeta.

O aumento da emissão de Gases de Efeito de Estufa (GEE) para a atmosfera, provoca o aumento e frequência das alterações climáticas, como as observadas nas últimas cinco décadas, nomeadamente o seu aquecimento global e a intensificação de fenómenos climáticos extremos como períodos de cheias e secas, que terão efeitos a longo prazo na disponibilidade e qualidade da água, colocando novos desafios à sua gestão e sustentabilidade dos ecossistemas naturais, prevendo-se, ainda, que os efeitos negativos das AC irão superar os positivos, nomeadamente nas regiões tropicais e subtropicais, onde a maioria dos países não dispõe de recursos (humanos e financeiros) para se adaptar a esses eventuais desequilíbrios climáticos. (Duarte)

A temperatura e a precipitação são os agentes climáticos mais importantes no ciclo hidrológico e quaisquer modificações nesses parâmetros terão impactos consideráveis na gestão dos meios hídricos e dos sistemas urbanos de abastecimento e drenagem como podemos ver na Figura 6.



Figura 7– Consequências do Aquecimento global

Existem regiões que, graças a padrões climáticos sazonais, não possuem água suficiente quando mais precisam (secas) ou então sofrem inundações que podem causar enormes prejuízos sociais, materiais, económicos e em muitos casos a própria morte. A Índia, por exemplo, recebe 90% da sua precipitação anual durante os meses de Verão, que vai desde Junho a Setembro. Para os restantes oito meses o país recebe apenas uma pequena parte. (Hinrichsen, s.d.)

Este tipo de problemas acompanham o problema da distribuição não uniforme dos recursos hídricos, agravando assim, ainda mais, a situação da disponibilidade de água a nível global.

As secas são caracterizadas pela escassez de água, geralmente com períodos extremos de reduzida precipitação, com efeitos negativos nos ecossistemas e nas atividades socioeconómicas.



Distinguem-se das restantes catástrofes uma vez que o seu desencadeamento se processa de forma mais impercetível, a sua progressão verifica-se de forma mais lenta e a sua ocorrência arrasta-se por um maior período de tempo.

As secas, normalmente só são detetadas quando já estão efetivamente instaladas e quando já se fazem sentir as suas consequências. São fenómenos de difícil previsão, pois iniciam-se sem que nenhum fenómeno climático ou hidrológico as anuncie.

A ausência prolongada de precipitação não determina obrigatoriamente a ocorrência de uma seca. Se a situação antecedente de humidade no solo for suficiente para não esgotar a capacidade de suporte dos ecossistemas agrícolas, ou se existirem medidas estruturais com capacidade de armazenamento superficial ou subterrâneo suficiente para colmatar as necessidades de água indispensáveis às atividades socioeconómicas, não se considera estar perante uma seca.

As elevadas temperaturas provocam uma maior evaporação da água dos reservatórios de abastecimento, o que se traduz em grandes perdas de água que já não estarão disponíveis para as necessidades de uma região que esteja a atravessar um período de seca.

As condições para que uma seca se instale estão relacionadas, por exemplo, com o incorreto ordenamento de território, com o facto de existirem poucas infraestruturas de armazenamento de água de qualidade, com a sobre utilização das reservas hídricas, com uma gestão incorreta e inconsciente do consumo de água e até com a desflorestação incontrolada do território.

2.1.4. O Futuro da Água

O estudo “OECD Environmental Outlook to 2050 - The Consequences of Inaction” anuncia um aumento da procura por água. Prevê-se que mantendo as práticas de consumo, modelos e políticas atuais, um aumento de 55% das necessidades globais de água, devido ao aumento da procura pela indústria (+400%), pela produção termo elétrica (+140%) e pelo uso doméstico (+130%). (OECD, 2012)



O estudo indica, de forma clara, um aumento significativo da procura de água causado pelo crescimento demográfico e da economia nos países emergentes dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Para o mesmo cenário económico global, os países da OCDE reduzem a procura por água em praticamente todos os sectores, exceto o industrial, indicando a estreita relação entre o aumento da atividade económica e o aumento do consumo de água. (OECD, 2012)

De acordo com as previsões do World Water Council, 23 países poderão enfrentar uma escassez absoluta de água em 2025 e entre 46 e 52 países (totalizando cerca de 3.000 milhões de pessoas) poderão sofrer de stress hídrico. (World Water Council, 2007)

No caso dos países mediterrânicos, como Portugal e Espanha, as alterações climáticas poderão afetar significativamente as disponibilidades deste recurso a curto/médio prazo, pelo que se torna urgente desenvolver medidas em todos os sectores para um aumento da eficiência no uso da água.

De facto, países como França, Itália, Espanha e Portugal estarão em risco de ter um stress hídrico igual ou superior a 40%, pelo menos em parte do seu território.

A metodologia que tem sido adotada para a satisfação das necessidades globais é, essencialmente, a da satisfação da procura através da expansão de infraestruturas de abastecimento de água, incluindo captações, sistemas de adução, tratamento, armazenamento e transporte. Estas infraestruturas trazem grandes benefícios para as sociedades, mas a intervenção estrita do lado da oferta tem limitações que a tornam insustentável, quer do ponto de vista económico, quer na ótica da conservação dos recursos hídricos.

Este tipo de gestão resulta no aumento do volume de água captado, originando impactes significativos nos recursos ambientais, incluindo a destruição de zonas húmidas, a redução da biodiversidade e a degradação da qualidade da água.

Numa perspetiva de sustentabilidade, a medida prioritária a adotar é, naturalmente, aumentar a eficiência no uso da água.



Na recente assembleia geral da ONU, onde foram definidos os planos da agenda para 2030 e da qual fazem parte 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas a atingir nos próximos 15 anos, mostram a grande escala e ambição desta agenda universal, quer a nível social, económico e ambiental.

Dos 17 objetivos principais, o objetivo de assegurar acesso e uma gestão sustentável da água e saneamento para toda a população do planeta, vem em 6º lugar, o que demonstra a grande importância e preocupação dada à preservação e uso sustentável deste recurso precioso para a vida no planeta, para o bem estar e desenvolvimento social e económico.

Apesar do objetivo diretamente relacionado com a água vir em sexto lugar, os objetivos anteriores, estão todos eles relacionados, direta ou indiretamente, com o acesso a água segura e saneamento.

As metas que se propõem atingir para assegurar a disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para toda a população são enumeradas a seguir.

- Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura e para todos.
- Em 2030, conseguir o acesso ao saneamento e à higiene adequada e equitativa para todos e acabar com o esgoto a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e crianças e aqueles em situação de vulnerabilidade.
- Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzir a poluição, eliminar lixeiras e minimizar a descarga de produtos químicos e materiais perigosos, reduzir para metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentar substancialmente a reciclagem e reutilização segura a nível global.
- Em 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os sectores e garantir retiradas e fornecimento de água doce sustentáveis para resolver a escassez de água e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem de escassez de água.
- Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos a todos os níveis, incluindo cooperação transfronteiriça, conforme for apropriado.



- Até 2030, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, pântanos, rios, aquíferos e lagos.
- Em 2030, ampliar a cooperação e capacitação do apoio internacional aos países em desenvolvimento, nas atividades e programas de água e relacionadas ao saneamento, incluindo a recolha de água, a dessalinização, a eficiência da água, o tratamento de águas residuais, a reciclagem e tecnologias de reuso.
- Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais na melhoria da gestão da água e saneamento (UN, 2015)

Em Portugal, estima-se que as ineficiências totais no uso da água, nos diversos sectores, totalizem 3100×10^6 m³/ano, representando aproximadamente 0,64% do Produto Interno Bruto português. Cerca de metade deste valor é atribuído a ineficiências no abastecimento urbano (sistemas públicos e prediais). (Baptista, et al., 2001)

No sector predial, considera-se que uma especial atenção deve ser dada ao uso de produtos eficientes e à eficiência global dos edifícios, ponderando, para além do uso de dispositivos eficientes, a reutilização ou reciclagem da água e o recurso a origens alternativas (como a água da chuva ou águas freáticas).

Face a este cenário, o governo português decidiu implementar um Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) e mais recentemente o PENSAAR 2020, o qual prevê melhorar a eficiência de utilização da água, sem colocar em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento do país, tendo como objetivos complementares a redução da poluição das massas de água e a redução do consumo de energia.

2.2. A água e as atividades socioeconómicas

Nos dias de hoje, são gastos, anualmente e globalmente, cerca de 4000 km³ de água. Retiramos cerca de 8% do total de água doce que é renovada, aproveitamos 26% da



evapotranspiração anual e 54% do escoamento superficial. O consumo per capita está a aumentar de ano para ano, não só devido ao aumento da população mas também devido ao aumento da qualidade de vida. Por estas razões, será cada vez mais grave a crise de água existente no Mundo (UNESCO, 2003)

As atividades humanas consomem e poluem uma grande quantidade de água. No último século, a procura de água tem vindo a crescer a um ritmo elevado (Pereira, 2007); (Shiklomanov & Rodda, 2003). Segundo (Pereira, 2007) os usos de água ocorrem sob duas formas, o consumo e a degradação. O uso de água para consumo, que é a água extraída proveniente das massas de água, e a degradação da água, que retrata as emissões que afetam a sua qualidade.

Os usos de água são desiguais entre sectores, e isso reflete-se à escala mundial Figura 8. Segundo os dados do aquastat da FAO, a agricultura é de longe o principal consumidor de água com 69%, no entanto também há volumes substanciais de água consumida e poluída no sector industrial e doméstico com 19% e 12%, respetivamente (FAO, 2013).

A América do Norte apresenta um consumo de água superior à média global, com um padrão atípico, visto o sector industrial estar em destaque com 52%, seguido do sector agrícola com 32% e o doméstico com 16%. Também a Europa assume os mesmos tipos de padrões de consumo da América do Norte, com o sector industrial em destaque.

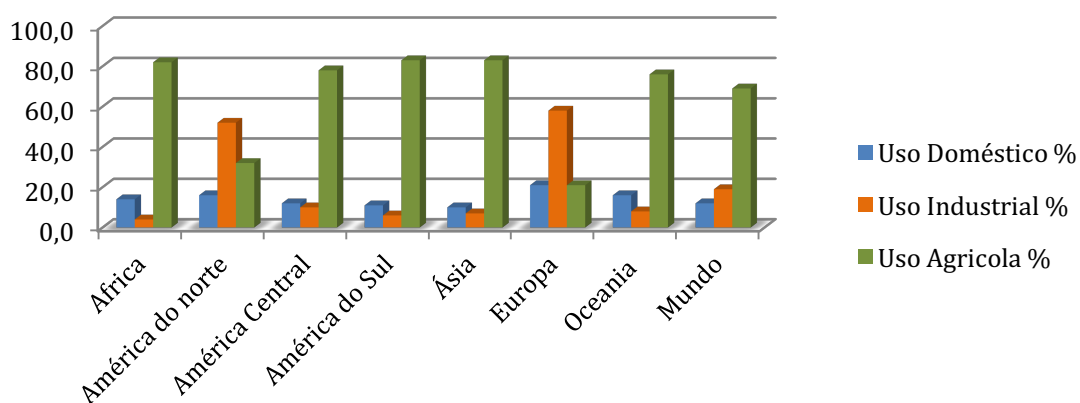


Figura 8 - Consumo de água por região e sector. (Adaptado de FAO 2013)



Em particular para o caso europeu Figura 9 verifica-se que há diferenças consideráveis na quantidade de água captada em cada sector e região, sendo em parte refletida pelo recurso disponível, mas as práticas de captação também dependem das condições climáticas, bem como da estrutura agrícola e industrial do país.

Ainda que a média da água utilizada na agricultura nos países desenvolvidos seja de 30%, em alguns deles a irrigação contribui em mais de 90% do uso total de água. Em Inglaterra, por exemplo, a água utilizada na agricultura representa menos de 1%, em Espanha e Portugal representa cerca de 70%. Esta variabilidade é explicada através da quantidade de água disponibilizada ao solo pela precipitação (WBCSD, 2006)

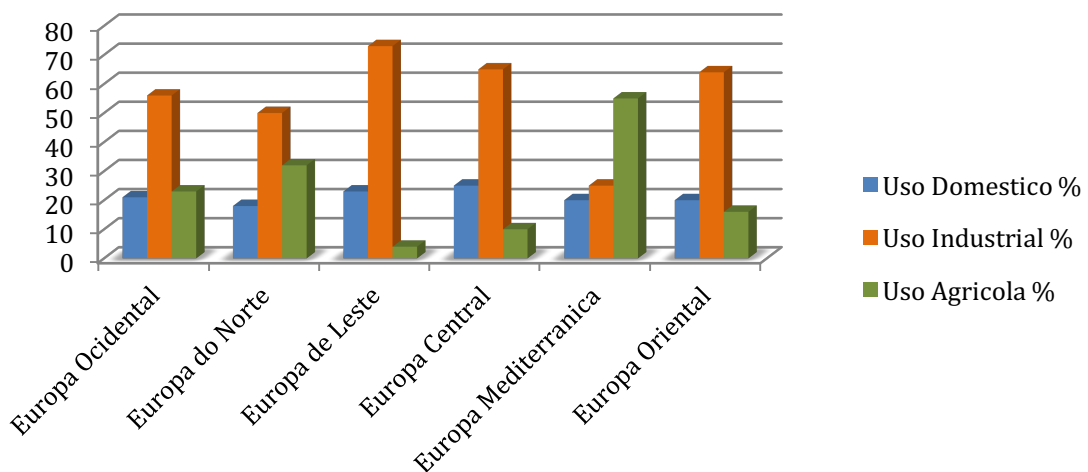


Figura 9 - Consumo de água por sector na Europa. (Adaptado de FAO 2013)

Assim, podemos verificar que na generalidade, são os países do hemisfério sul que usam mais água para fins agrícolas. É concretamente em África e no sul da América e da Ásia que essas percentagens são mais altas. O que facilmente se percebe, tendo em conta que nesse hemisfério se encontram os países menos desenvolvidos, onde a agricultura ainda é o grande meio de subsistência de grande parte da população.



Relativamente ao sector doméstico, estima-se que nas grandes cidades dos países desenvolvidos, o consumo de água seja de 350 l/(hab.dia) para os Estados Unidos da América e para o Japão, e de 200 l/(hab.dia) para a Europa. Já nos países mais pobres, como a região subsariana do continente africano, o consumo de água é de 10 a 20 l/(hab.dia) (World Water Council, 2014).

Podemos observar que a quantidade de água utilizada para fins domésticos, é substancialmente maior na Europa e na América do norte devido ao desenvolvimento socioeconómico e a melhores condições de vida.

No que toca ao uso da água na indústria é a Europa central, o norte asiático e a América do Norte que lideram o seu consumo. A África, o sul asiático e a América do Sul apresentam uma percentagem não superior a 32%, pois a maioria dos países que englobam não possuem uma indústria suficientemente desenvolvida para exigir um consumo elevado de recursos hídricos, ou podem nem sequer ser medidos corretamente.

Relativamente ao uso industrial, já vimos, são os países desenvolvidos que apresentam um maior consumo nesta área, no entanto, este consumo de água varia consoante o tipo de indústrias.

Segundo WWAP 2009 o sector industrial é o que cria mais pressões sobre os recursos hídricos ao nível das descargas de águas residuais e o seu potencial de contaminação, do que propriamente na quantidade utilizada na produção.

O uso da água no sector industrial e energético está a crescer com um rápido desenvolvimento, levando à transformação dos padrões de uso da água nas economias de mercado emergentes (UNESCO, 2009). O desenvolvimento da captação de água industrial é uma das principais causas de poluição da água no mundo, que se deve ao rápido crescimento industrial em diferentes países, e ainda agravado pelo facto de que a maior parte do consumo é descarregado como água residual para os cursos de água naturais, e grande parte não tratada ou só parcialmente purificada (Shiklomanov I. A., 1998). O uso insustentável dos recursos hídricos pelos seres humanos, manifesta-se por todo o mundo em aquíferos tornando-se



gradualmente esgotados, com rios e lagos a secar, e a da qualidade da água a deteriorar-se (Postel 2000).

2.2.1. Evolução do uso global da água

Hoje em dia, uma em cada duas pessoas no planeta vivem na cidade. O aumento da população e a procura de uma melhor qualidade de vida atrai muitos habitantes para as zonas urbanas. Na realidade, as cidades estão a crescer a um ritmo excecional, 93% da urbanização ocorre em países pobres ou em desenvolvimento, e quase 40% da expansão urbana do mundo está a crescer em favelas nas periferias dos grandes centros urbanos. As projeções mostram que mais de 2,5 mil milhões de pessoas se vão deslocar para centros urbanos até 2050, mostram ainda que o maior crescimento urbano terá lugar na Índia, China e Nigéria. (UNESCO, 2015)

Mas o problema não está só no aumento da população urbana. No futuro, será necessário produzir alimentos para toda essa população que se irá mover e crescer nas zonas urbanas, vai aumentar o consumo de produtos e bens industriais com o aumento da qualidade de vida dessas populações o que irá fazer aumentar a procura e o consumo de água.

Na figura seguinte podemos ver uma estimativa da quantidade de água captada em diferentes regiões e da água efetivamente consumida.

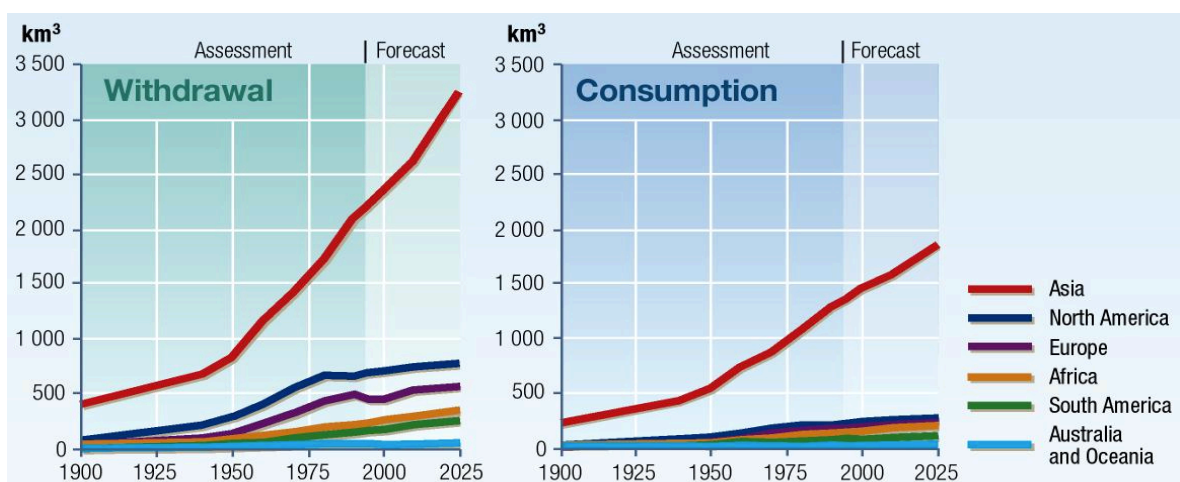


Figura 10 – Relação entre captação e consumo de água doce por região. (Fonte -Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) 1998)



A captação e consumo de água tem vindo a aumentar globalmente desde o início do último século em todos os sectores de atividade bem como o seu consumo e desperdício como veremos na imagem seguinte.

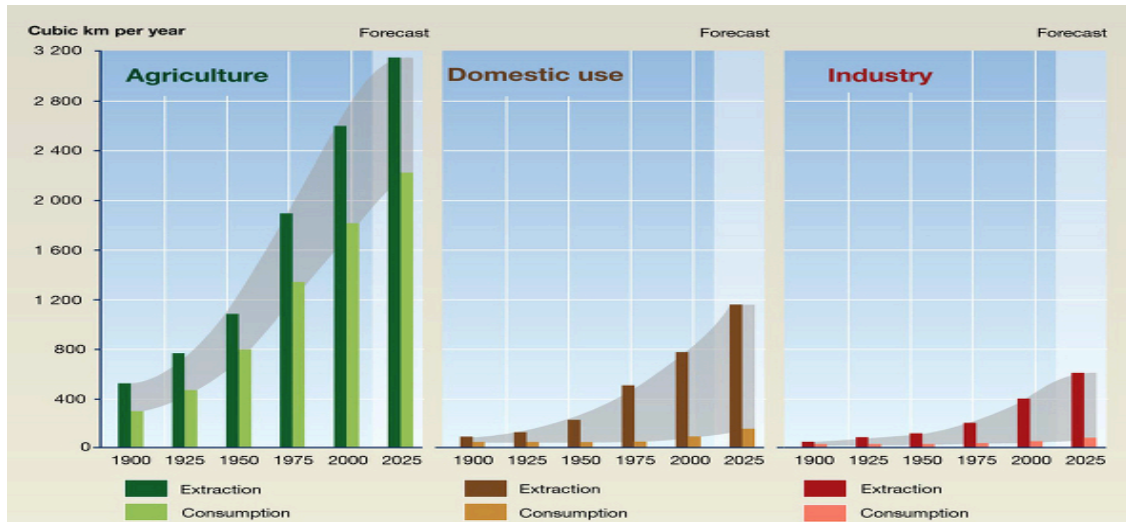


Figura 11 - Variação da captação, do consumo e desperdício de água, a nível global, por sectores. (Fonte Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg)

Com a análise da Figura 11 conclui-se que tanto a captação como o consumo de água têm vindo a aumentar em todos os sectores, sendo a captação sempre superior que o consumo, principalmente no que toca ao uso doméstico. Isto significa que a quantidade de água que é retirada das torneiras e afins é superior àquela que é, de facto, gasta para as reais necessidades humanas. Sendo, assim, o factor desperdício é muito elevado.

No sector agrícola, tanto a retirada como o uso de água aumentaram consideravelmente, tendo o primeiro aumentado de aproximadamente 450 para cerca de 2600 km³, entre 1900 e 2000, sendo este sector o que mais recursos hídricos utiliza.

No que respeita à indústria, podemos constatar que até 2025 se prevê um aumento mínimo do consumo de água. Mas prevê-se um aumento brutal até ao mesmo ano, da sua captação e uso, algo que é muito preocupante pois a água utilizada pela indústria tem muitas vezes elevados níveis de contaminação, e se não receber o tratamento adequado antes da sua reintrodução no meio ambiente, é fácil adivinhar as consequências que um maior volume de água contaminada provocará no habitat do meio recetor desse efluente.



Por fim, quanto às reservas de água, constata-se que se perdia uma quantidade relativamente pequena por evaporação até 1950, tendo essa quantidade aumentado para mais do dobro nos 25 anos seguintes como podemos verificar na imagem seguinte.

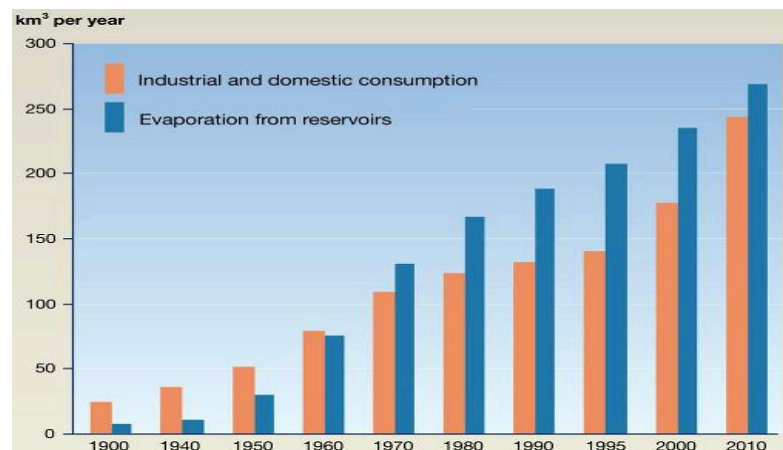


Figura 12 – Comparação entre água consumida para fins urbanos e evaporação dos reservatórios. (Shiklomanov I. A.)

Podemos ainda verificar que as perdas de água por evaporação nos reservatórios são superiores à água consumida durante os usos domésticos e industriais. No futuro prevê-se que esta tendência se agrave ainda mais, devido ao aquecimento global.

De facto, o desperdício de água tem aumentado muito nos últimos 100 anos em todos os sectores socioeconómicos, e esta, é, com certeza, uma das razões que tem contribuído para a crescente diminuição da disponibilidade de água no planeta Terra. Situação essa que se poderá agravar ainda mais, tendo em conta as previsões da UNESCO para 2025.

2.3. Água e o mundo Sustentável

A água é a base do desenvolvimento sustentável.

A diminuição da pobreza, a prosperidade económica e a sustentabilidade ambiental dependem dos recursos hídricos e do leque de serviços que proporcionam.



Desde a alimentação e a segurança energética até à saúde humana e ambiental, a água contribui para melhorar o bem-estar social e o crescimento industrial, o qual afeta a subsistência de milhares de seres humanos.

As vias de desenvolvimento insustentáveis e as falhas da governança têm afetado a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, comprometendo a sua capacidade de gerar benefícios sociais e económicos. A procura de água doce está a aumentar. A menos que se restabeleça o equilíbrio entre a procura e oferta limitada, o mundo enfrentará um deficit global de água cada vez mais grave.

A procura mundial de água está muito condicionada pelo crescimento demográfico, pela urbanização, pelas políticas de segurança alimentar e energética e por processos macroeconómicos como a globalização do comercio, as alterações na alimentação e o aumento do consumo. Prevê-se que a procura mundial de água aumente em 55% até 2050, devido principalmente às crescentes necessidades da indústria, da produção térmica de eletricidade e do uso doméstico. (OECD, 2012)

As diferentes necessidades concorrenciais da água obrigam a que se tomem decisões difíceis e limitam a expansão de sectores cruciais para o desenvolvimento sustentável, em particular a produção de alimentos e energia. A concorrência pela água - entre “usos” e “utentes” da água - aumenta o risco de conflitos e desigualdades no acesso aos serviços, com um impacto significativo nas economias locais e no bem-estar das populações.

A excessiva extração é fruto de modelos obsoletos de utilização e gestão dos recursos naturais. O fornecimento de águas subterrâneas está a diminuir, e calcula-se que na atualidade se está a exceder em 20% a exploração dos aquíferos mundiais. A alteração dos ecossistemas

através da incessante urbanização, das práticas agrícolas inadequadas, da desflorestação e da contaminação são alguns dos fatores que estão a abalar a capacidade do meio ambiente de proporcionar serviços do ecossistema, como água limpa. (UNESCO, 2015)



A pobreza persistente, o acesso desigual à água e aos serviços sanitários, um financiamento inadequado e uma informação deficiente sobre o estado dos recursos hídricos e a sua utilização, impõem restrições adicionais na gestão dos recursos hídricos e na sua capacidade de contribuir para atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável.

2.3.1. Água e dimensões do desenvolvimento sustentável

O progresso de cada uma das três dimensões do desenvolvimento sustentável—social, económica e ambiental—está circunscrito aos limites impostos pelos recursos hídricos, finitos e com frequência vulneráveis, e pela forma como se gerem os mesmos recursos para proporcionar serviços e benefícios.

2.3.1.1. Pobreza e igualdade social

O acesso ao abastecimento de água de uso doméstico é essencial para a saúde das famílias e dignidade social, o acesso à água para usos produtivos é vital para criar oportunidades de subsistência, gerar rendimentos e empregos e contribuir para a produtividade da economia. Investir numa melhor gestão da água e dos serviços hídricos pode ajudar a reduzir a pobreza e sustentar o crescimento económico. As atuações hídricas levadas a cabo no sentido de aliviar a pobreza podem marcar uma diferença para milhares de milhões de pobres que beneficiam muito diretamente da melhoria nos serviços hídricos e sanitários através da melhoria da saúde, da redução dos custos sanitários, do aumento da produtividade e da poupança de tempo.

O crescimento económico em si não supõe uma garantia de maior progresso social. Na maioria dos países há um fosso - com tendência a aumentar - entre os ricos e pobres, e entre quem pode e quem não pode aproveitar as novas oportunidades. O acesso à água potável segura e ao saneamento é um direito humano, e no entanto, a desigualdade a esse acesso verificado a nível mundial tem frequentemente um impacto desproporcionado entre os pobres, em particular entre as mulheres e as crianças.



2.3.1.2. O desenvolvimento económico

A água é um recurso fundamental na produção de grande parte dos bens e serviços, como os alimentos, a energia e os produtos. O abastecimento de água em quantidade e qualidade onde esta é necessária, tem que ser fiável e previsível, para fazermos investimentos sustentáveis do ponto de vista financeiro nas atividades económicas. Um investimento ponderado, que se financia, e mantém de forma adequada, facilita as mudanças estruturais indispensáveis para promover os avanços em muitas áreas produtivas da economia. Isto significa várias vezes mais oportunidades de criar rendimentos para poder aumentar as despesas em saúde e educação, ao mesmo tempo que se reforça uma dinâmica autossustentada do desenvolvimento económico. (Efidric, 2015)

Com certeza se podem obter múltiplos benefícios se promovermos e facilitarmos o uso de melhores tecnologias e sistemas de gestão no campo do fornecimento de água, na produtividade e na eficiência, melhorando-se os sistemas de atribuição da água. Este tipo de atuações e investimentos compatibiliza o aumento contínuo do uso da água com a necessidade de preservar os ativos ambientais fundamentais.

2.3.1.3. Proteção do ambiente

A maioria dos modelos económicos não valoriza convenientemente os serviços essenciais que os ecossistemas de água doce oferecem, e com frequência conduzem a um uso insustentável dos recursos hídricos e à deterioração do ecossistema. A contaminação devida às águas residuais urbanas e industriais fragiliza a capacidade dos ecossistemas proporcionarem serviços relacionados com a água.

Os ecossistemas de todo mundo, estão a morrer. As funções dos ecossistemas não são reconhecidas e subutilizadas na maioria das abordagens económicas e de gestão de recursos. (WWF, 2014)



Uma abordagem holística dos ecossistemas para a água e o desenvolvimento, que mantenha um equilíbrio benéfico entre infraestruturas naturais e artificiais, pode garantir o máximo de benefícios. (Efidric, 2015)

Os argumentos económicos podem fazer com que a conservação dos ecossistemas seja um tema de interesse para políticos e gestores. A avaliação dos ecossistemas mostra bem que os benefícios superam largamente os custos dos investimentos relacionados com a água na conservação do ecossistema. Esta avaliação também é importante para valorizar os equilíbrios na conservação dos ecossistemas, e pode ser utilizada para informar melhor os agentes do desenvolvimento. A adoção de uma “gestão baseada no ecossistema” é a chave para garantir a sustentabilidade da água a longo prazo.

2.3.2. O Papel da Água Face aos Desafios do Desenvolvimento

A relação entre a água e desenvolvimento sustentável vai bem mais além da dimensão social, económica e ambiental. A saúde, a segurança alimentar e energética, a urbanização e o crescimento industrial, assim como as alterações climáticas, constituem desafios através dos quais as políticas e as ações que promovem o desenvolvimento sustentável se podem fortalecer (ou debilitar) através da água. (Efidric, 2015)

A falta de água, saneamento e higiene supõe um custo enorme para a saúde e o bem-estar representando um elevado custo financeiro, que inclui uma perda considerável de atividade económica. Para conseguir um acesso universal, é necessário o progresso nos grupos mais vulneráveis e garantir a não discriminação nos serviços de abastecimento de água, saneamento e higiene. Os investimentos em água e serviços de saneamento traduzem-se em benefícios económicos substanciais; nas regiões em desenvolvimento, o rendimento do investimento estimou-se entre 5 e 28 dólares/per capita. Calculou-se que seriam necessários aproximadamente 53.000 milhões de dólares/ano num prazo de cinco anos para atingir a cobertura universal, uma pequena soma, dado que representava menos de 0,1% do PIB mundial em 2010. (UN, 2014)



O aumento do número de pessoas que não têm acesso a água nem a saneamento nas áreas urbanas está diretamente relacionado com o rápido crescimento das populações dos bairros marginais no mundo em desenvolvimento e com a incapacidade dos governos locais e nacionais de proporcionar serviços de abastecimento e de saneamento adequados nestas comunidades. A população das favelas, que se espera que atinja quase os 900 milhões de pessoas em 2020, é também mais vulnerável aos eventos climáticos extremos. No entanto, é possível melhorar o rendimento dos sistemas de abastecimento urbano de água sem deixar de expandir o sistema nem de fazer frente às necessidades dos mais desfavorecidos.

A produção de energia, de uma maneira geral, requer um consumo intensivo de água. Fazer face à crescente procura de energia vai gerar uma pressão cada vez maior nos recursos de água, com consequências para outros utilizadores como o sector agrícola e industrial. Como estes sectores também precisam de energia, podem-se criar sinergias à medida que se desenvolvem juntos. Maximizar a eficiência no uso da água dos sistemas de arrefecimento das instalações de produção de energia, aumentar a capacidade da energia eólica, energia solar fotovoltaica e da energia geotérmica ou das marés serão fatores chave decisivos para conseguir um futuro sustentável para a água. (Efidric, 2015)

Espera-se que a procura mundial de água na indústria transformadora aumente aproximadamente 400% entre 2000 e 2050, pelos demais sectores, com a maior parte desse aumento nas economias emergentes e nos países em desenvolvimento. (OECD, 2012)

É muito provável que os impactos negativos das alterações climáticas nos sistemas de água doce superem os seus benefícios. As atuais projeções mostram que as mudanças cruciais na distribuição temporária e espacial dos recursos hídricos e a frequência e intensidade dos desastres relacionados com a água aumentam de forma significativa com o aumento das emissões dos gases de efeito de estufa (GEE). O uso de novas bases de dados, melhores modelos e métodos de análises de dados mais potentes, bem como o desenho de estratégias de gestão adaptadas, podem ajudar a responder de forma eficaz às mudanças e às condições de incerteza.

A falta de acesso à água, quer por inexistência física ou por questões económicas, ocorre essencialmente nos países mais pobres, ou seja nos países em desenvolvimento. Visto de uma



outra perspetiva, esses países são menos desenvolvidos porque têm falta de água, que é um bem essencial à vida e a qualquer atividade.

2.4.A água nas zonas urbanas

Milhares de quilómetros de redes e condutas, reservatórios, estações elevatórias compõem as infraestruturas de abastecimento de água de cada cidade. Muitos sistemas de abastecimento, antigos, obsoletos, com falta de manutenção, perdem mais água do que a que oferecem. Em muitas cidades de crescimento rápido (em muitas cidades de pequeno e médio porte, com população inferior a 500.000), as infraestruturas de águas residuais são inexistentes, inadequadas ou desatualizadas. (UNESCO, 2006)

A gestão das zonas urbanas tornou-se um dos mais importantes desafios para o desenvolvimento no século XXI. O nosso sucesso ou fracasso na construção de cidades sustentáveis será um fator importante no sucesso da agenda pós-2015 desenvolvida pelas Nações Unidas.

O início do ciclo urbano de uso da água ocorre quando a água bruta é recolhida ou extraída de uma fonte como um rio, lago ou captação subterrânea. Em seguida, esta água é transportada através de condutas adutoras para Estações de Tratamento de Água (ETA) onde recebe o tratamento necessário para poder ser consumida em segurança pela população e, após tratada, é transportada para reservatórios de onde é distribuída para os usuários finais. Depois de usadas, as águas residuais de usos urbanos são coletadas, tratadas e descarregadas no meio ambiente, retornando assim ao ciclo hidrológico natural.

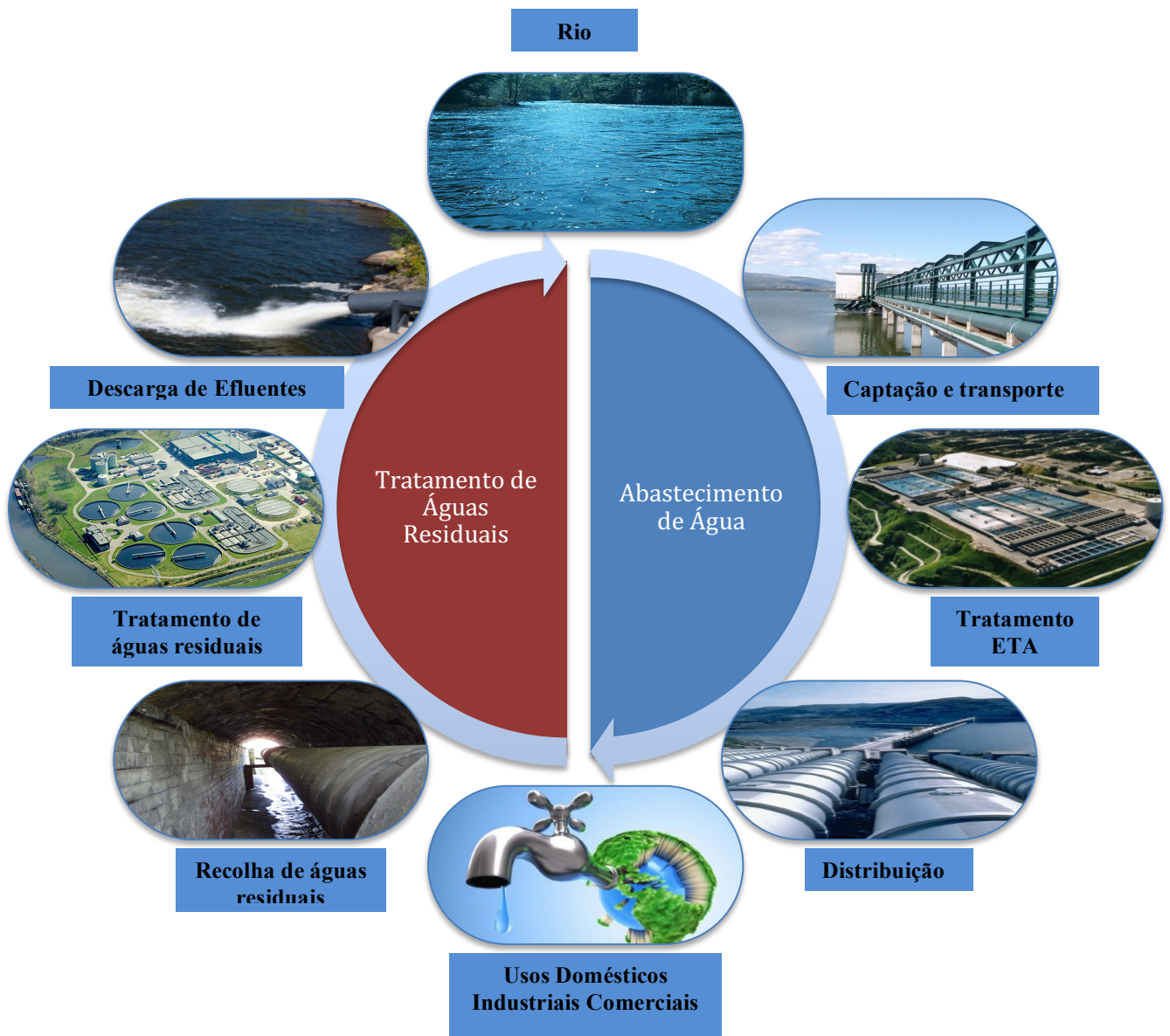


Figura 13 - Ciclo Urbano da água

A relação entre o uso da água e a qualidade necessária para a mesma é direta. Na vasta lista de usos, podemos considerar que o uso mais nobre seja o abastecimento de água doméstico, o qual requer elevados critérios de qualidade.

De forma contrária, o uso menos nobre é o da descarga de despejos, o qual não possui nenhum requisito especial em termos de qualidade. No entanto, diversos corpos de água têm



usos variados previstos, daí a falta da satisfação de diversos critérios de qualidade e tratamento adequado.

2.4.1. Usos domésticos

Todos sabemos que as populações estão a aumentar nas zonas urbanas, e que os usos relativos a água nestas zonas são os mais variados que se possa imaginar, desde a água que ingerimos até à satisfação das necessidades de higiene pessoal e limpezas domésticas como banhos, lavagens de dentes e mãos, preparação de alimentos, lavagem de louça, descargas de retrete, lavagem de roupa, limpeza de passeios e pavimentos, rega de jardins e espaços verdes, lavagem de automóveis, comércio, serviços, restaurantes, hotéis, estabelecimentos de ensino, hospitais, padarias, fontes, postos de combustível, entidades municipais, diluição de despejos e águas residuais mais um sem fim de utilizações que fazemos da água diariamente, além dos usos que se dão á água utilizada no sector industrial e na produção de energia e arrefecimento, também estes estão incluídos no sector urbano.

No entanto, a água utilizada, para além de ter elevados requisitos de qualidade para o consumo humano, é muitas vezes descartada com elevados graus de poluição, sendo necessário proceder ao seu tratamento e purificação de modo a ter uma qualidade suficiente para poder voltar a ser reintroduzida no meio ambiente sem causar impactes nos ecossistemas.

2.4.2. Usos Industriais e energéticos

Além da água usada para fins domésticos, a água usada para fins industriais também é contabilizada nos usos urbanos.

A água utilizada no sector industrial tem as mais variadas finalidades, tais como limpeza, aquecimento, refrigeração, produção de vapor, transporte de substâncias dissolvidas ou de partículas, como matéria-prima, como solvente e parte integrante dos produtos. Por ter fins tão diversificados, os volumes de água industrial captada são bastante diferentes dentro dos vários ramos de indústria e também dentro de diferentes tipos de produção, consoante a tecnologia do processo de fabrico.



Segundo Karavitis, AC (2008) os maiores utilizadores industriais de água na Europa, são a indústria química, aço, ferro e indústrias metalúrgicas, e ainda a indústria de polpa e papel (Karavitis, 2008).

A água é um dos requisitos importantes para muitos dos processos industriais, como vimos atrás, por isso é produzida uma quantidade considerável de águas residuais. Caso estas águas não sejam reguladas e tratadas, são uma potencial fonte de poluição altamente tóxica. Se a diversidade de compostos orgânicos e metais pesados utilizados nos processos industriais são libertados ou descarregados para o meio ambiente, podem causar desastres tanto ambientais como humanos.

O sector energético é também um dos principais utilizadores de água uma vez que existe uma estreita relação entre água e energia. Necessitamos de água para produzir energia e necessitamos de energia para levar a água até ao seu ponto de consumo.

O sector dos combustíveis fósseis apresenta riscos elevados no que diz respeito ao recurso água. Segundo a CONCAWE (Hann & Klaas, 2012) a indústria petrolífera lida com a água em volumes comparáveis aos hidrocarbonetos, sendo a água um recurso indispensável nas suas operações. A intrínseca interdependência entre a energia e água torna-se mais complexa à medida que o crescimento económico, o aumento da população, a crise energética e os impactos das alterações climáticas se intensificam (APA, 2012).

2.5. O Nexus água energia

A disponibilidade de recursos energéticos e hídricos é uma condição imprescindível para proporcionar o desenvolvimento económico sustentável ambicionado pelas sociedades. Estes recursos podem ser renováveis ou não, sendo que os últimos podem apresentar oferta marginal cada vez mais limitada. Este é o caso, por exemplo, do petróleo, que é um recurso energético de importância singular no sector de transportes e cuja disponibilidade futura preocupa governos, organizações internacionais e sociedade. Apesar de ser reconhecida a importância da disponibilidade dos recursos energéticos e hídricos para o desenvolvimento



sustentável, o fato de que estão intrinsecamente relacionados, ainda não é totalmente compreendido.

A existência de um nexo entre água e energia, na indústria em geral, deve-se à maioria dos processos de transformação de determinados recursos em energia, implicarem consumos elevados de água, tais como:

- A queima do carvão, quando liquefeito para ser queimado de forma mais controlada em geradores de vapor;
- A conversão de petróleo (xistos betuminosos) em combustível;
- A conversão do urânio em eletricidade (centrais nucleares);
- A produção de biocombustíveis.

O exemplo mais comum desta inter-relação é a produção de energia hidroelétrica, porque é o processo que mais água utiliza e o que menos água consome uma vez que grande parte da água dos reservatórios circula para outros usos (abastecimento de populações, indústria, agricultura, recreio, etc.).

Em algumas situações a água é posteriormente bombeada de retorno à albufeira de origem.

Vejamus então esta relação água-energia:

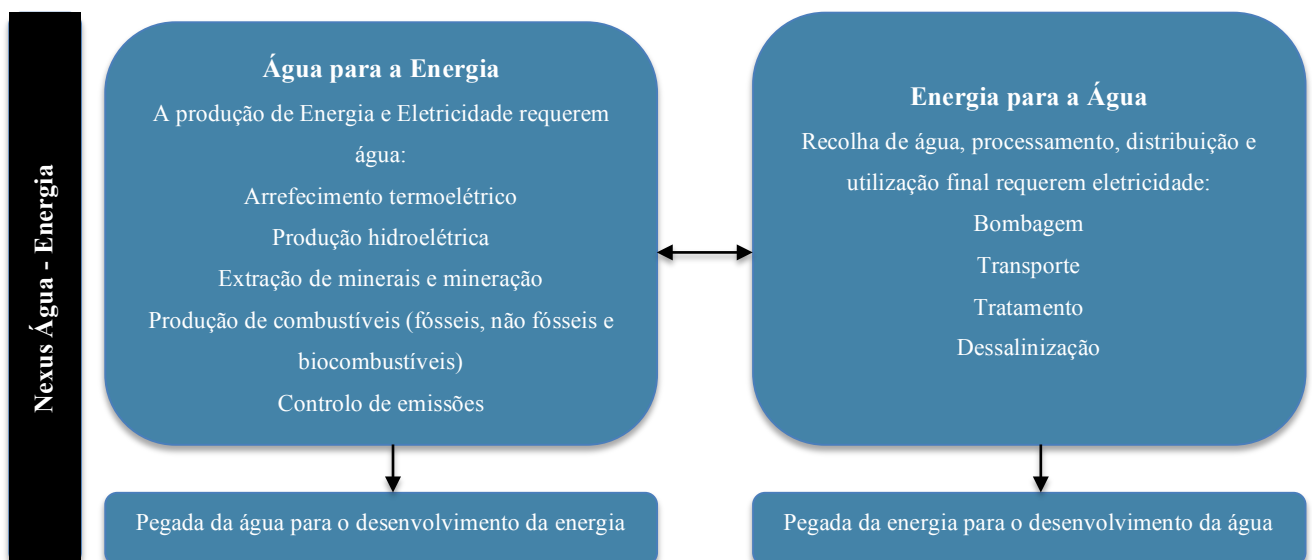


Figura 14 – Água para a Energia e Energia para a água Adaptado (Efidric, 2015)

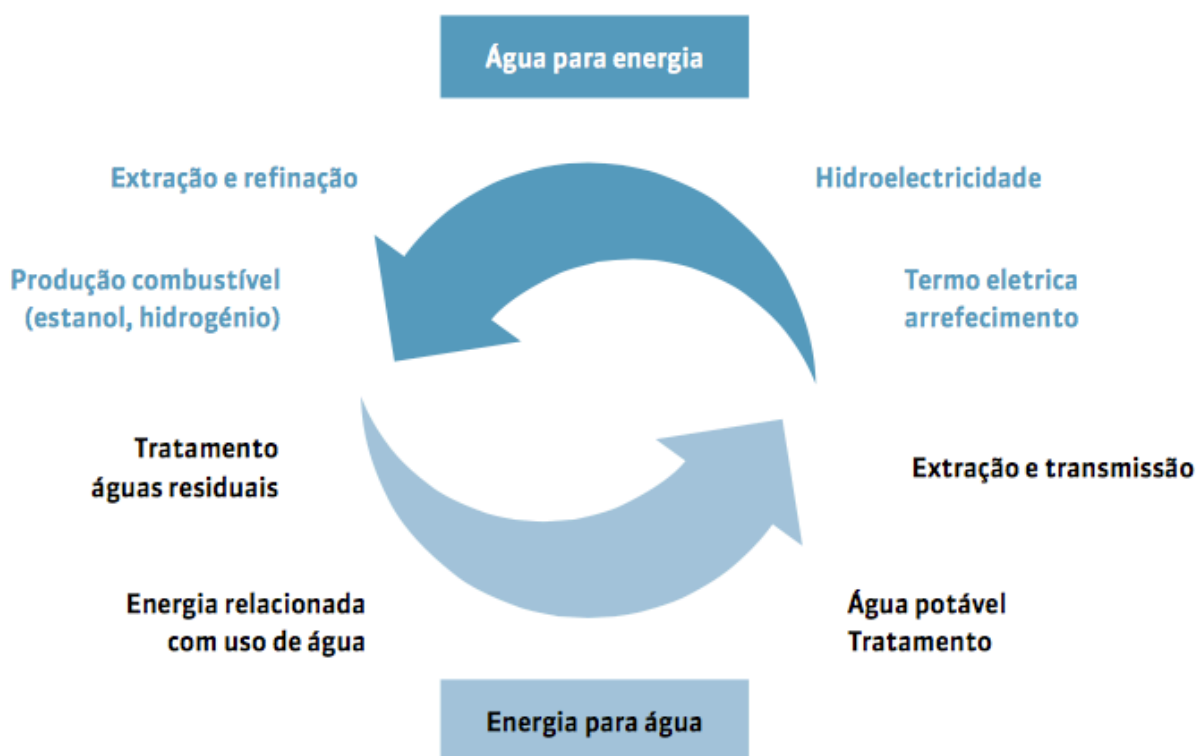


Figura 15 – Nexus Água Energia

- A energia utilizada no tratamento e transporte de água dos reservatórios ao consumidor representa cerca de 18% dos consumos das cidades
- A produção de energia hidroelétrica oscila em função dos decréscimos dos níveis de água acumulada (variação da energia potencial), o aumento da temperatura global leva ao aumento de perdas de água nos reservatórios através da evaporação;
- Os consumos energéticos de captação de água aumentam com o decréscimo dos níveis aquíferos;
- A produção de energia requer grandes quantidades de água armazenada;
- Os consumos energéticos dos sistemas de abastecimento de água representam cerca de 80% do custo total de operação, e quando é necessário recorrer à extração de águas subterrâneas, o consumo de energia sobe em mais de 30% devido à bombagem.



2.5.1. Água para energia

Segundo (Rio Carrillo & Frei, 2009), o sector de energia é um dos maiores usuários de recursos hídricos do mundo. A água é um recurso fundamental para a transformação de recursos energéticos ao ser utilizada nos diferentes ciclos da produção de energia, nos quais estão incluídos a extração de minérios (mineração, refinamento de petróleo, gás natural, enriquecimento de carvão e urânio, liquefação de gás natural e gaseificação de carvão) e a geração de eletricidade (em centrais termo-elétricas, movidas a carvão, gás natural, derivados petrolíferos, solar, biomassa e termonucleares).

A energia hidroelétrica, produzida diretamente a partir da água, utiliza grandes quantidades de água, no entanto esta não é consumida (diretamente) uma vez que apenas é utilizada para fazer mover as turbinas, sendo depois devolvida ao sistema aquático (rio). No entanto nos grandes aproveitamentos hidroelétricos com grandes bacias e reservas de água, uma enorme quantidade de água é consumida por evaporação, deixando de estar disponível na região.

2.5.2. Energia para a água

A energia é necessária em todos os estágios do ciclo de uso da água. Entretanto, é muito difícil medir a quantidade de energia consumida com o uso da água. As melhores informações disponíveis sobre o consumo energético devido ao uso e produção da água potável estão disponíveis nas empresas de abastecimento e de saneamento básico. Entretanto, o consumo de energia por usuários de água é difícil de determinar, pois os registos dos contadores como o do gás e da energia, não medem separadamente o uso relacionado à água (CEC, 2005).

Para a produção de água potável para sistemas de abastecimento com fins urbanos, (comercial, residencial e industrial) há um grande dispêndio de energia. O uso residencial inclui a higiene pessoal (duche, banheira, lavatório, descarga de retrete), lavagem de louças e roupas, cozinhar alimentos, rega de jardins, água e gelo em aparelhos frigoríficos e piscinas.



Os usos de energia nas habitações relacionados com estas atividades incluem tratamento de água (filtros), aquecimento (esquentadores elétricos ou a gás natural), circulação de água quente, refrigeração, circulação (bombas de piscina), e, em alguns casos, bombeamento de águas subterrâneas.

Os usos comerciais e industriais da água incluem todos os apresentados nas residências, mais um sem número de usos. Algumas das atividades mais intensivas energeticamente relacionadas com o uso industrial e comercial incluem pressurização suplementar de sistemas de refrigeração, fornos a vapor, lavagens automóveis sob pressão, processamento de águas quentes e vapor, e processos de refrigeração. No sector comercial, os maiores consumos de eletricidade relacionados ao uso da água, são refrigeração e aquecimento de água (Sistemas AVAC e redes prediais). Entretanto, é importante destacar que, no sector industrial, o uso de energia relacionado ao consumo de água depende das características dos diferentes processos (CEC, 2005).

Para uso urbano adequado, a água precisa ser tratada e distribuída em sistemas de abastecimento de água. A energia elétrica é importante para bombear, transportar, processar e usar a água, podendo ser responsável por 60% a 80% dos custos de distribuição e tratamento de água, além de representarem em média, 14% do total das despesas das companhias de água (UNESCO, 2009).

Os consumos energéticos dos sistemas de abastecimento de água são de tal forma significativos, que cerca de 80% dos custos totais estão relacionados com a energia (The Water Research Institute, 2010). Quando é necessário recorrer a aquíferos subterrâneos, o consumo de eletricidade aumenta em média cerca de 30% devido à utilização de sistemas de bombagem. Embora a captura de águas superficiais custe menos do que a sua extração do subsolo, os custos energéticos aumentam no transporte da água para longas distâncias.

Os processos de tratamento de água consomem energia de duas formas: no tratamento antes de chegar à torneira e nas águas residuais municipais que ou são descarregadas ou reutilizadas, e neste último caso o seu tratamento requer muita energia. O investimento em



tratamento de águas residuais é tão mais importante, quanto maior for a escassez de água, assim, com a intensificação de secas e escassez de água do subsolo, as águas residuais tratadas são um fornecimento potencial de água que é expectável e desejável que venha a crescer. (The Water Research Institute, 2010)

A dessalinização tem um enorme potencial para vir a satisfazer os problemas de escassez de água, no entanto, com a tecnologia atual, ela ainda não é economicamente viável devido ao elevado consumo energético no processo de tratamento.

2.6. Eficiência do uso da água no sector urbano

A água é um recurso hídrico que deve ser utilizado para benefício do Homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e a continuidade hídrica dos cursos de água.

O uso desregrado de uma fonte, mesmo que renovável, propicia o desperdício, a ineficácia e, fatalmente, o despesismo, comprometendo os usos de gerações futuras. (Baptista, et al., 2001)

Soluções para novos usos podem ter alternativas de menor impacto tanto financeiro como ambiental, se procuradas do lado da proteção do recurso por eficiência no seu uso. Essa mesma busca da eficiência deve retroagir também sobre os usos da água já instalados, obrigando a repensá-los, de forma integrada com outros sectores e devidamente articulada com a eficiência energética com vista a uma redução dos custos de exploração.

Assim, o uso eficiente da água tem menor impacto sobre o ambiente e liberta as utilizações de custos desnecessários, que poderão ser reinvestidos nos próprios sistemas, beneficiando-os subsequentemente. (PNUEA 2010).

A eficiência de um sistema hídrico, expressa o volume requerido por determinado sistema hídrico ou atividade e o volume efetivamente utilizado. A noção de volume requerido é específica de cada tipo de uso da água pelo que este não deve ser estimado sem o seu reconhecimento claro.



Como vemos, é de especial importância uma correta caracterização dos usos que damos à água em cada processo de utilização para obtermos um índice correto de eficiência. Um aspecto importante da gestão de um SRH (por exemplo, uma cidade, um edifício ou um conjunto deles ou até mesmo uma sub-bacia hidrográfica) é distinguir entre usos benéficos e não benéficos da água. (Haie & Keller, 2014)

Para que o uso da água nas zonas urbanas se torne sustentável, terá de existir uma maior consciência de governos, população e indústrias para a problemática da água. Nesta óptica será desejável que sejam implementadas medidas que permitam um uso mais eficiente da água, isto é, produzir mais com a mesma quantidade e atuando do lado da poupança e economia de água. Existem já alguns dispositivos no mercado que permitem significantes poupanças de água para uso doméstico, entre os quais se destacam autoclismos de baixa descarga, redutores de pressão em torneiras e chuveiros, máquinas de louça e roupa mais económicas, no entanto, grande parte das perdas ocorre durante a distribuição de água, através de fugas e ruturas em condutas e ramais, devido à falta de manutenção.

Também na indústria têm vindo a ser implementados alguns programas de redução de consumos de água embora ainda haja um grande trabalho por realizar. Assim, no sector industrial é fundamental conhecer os processos de produção e as suas necessidades de água de

modo a que seja utilizada a menor quantidade de água possível para realização desse processo ou atividade aumentando deste modo a eficiência do uso da água.

Em várias etapas ou processos de produção industriais, a água não necessita de padrões de qualidade tão elevados como acontece por exemplo para o consumo humano, o que permite um reaproveitamento e reutilização das águas residuais tratadas para uma utilização posterior com outro fim que não exija uma tão elevada qualidade da água, por exemplo a produção de energia em centrais termoelétricas, lavagem de pavimentos industriais ou rega dos espaços verdes da zona industrial.



2.6.1. Usos benéficos e não benéficos da água

Da água de boa qualidade que recebemos nas nossas casas a partir de um sistema de abastecimento – uso doméstico - grande parte é retornada à rede de esgotos com qualidade degradada após ter sido usada em lavagens, banhos, retretes, e só pequena parte é consumida nos alimentos ou por evaporação. Se aquela água residual for recolhida e tratada, poderá ser usada outra vez mas em condições menos exigentes em termos qualitativos do que no primeiro uso, se não for recolhida e tratada para outros usos é desperdiçada e eventualmente irá degradar outros corpos de água, rios ou aquíferos situados a jusante. Será perdida se for adicionada a corpos de água cuja qualidade é tal que não permita reuso. (Pereira, 2008) Na figura 2.10 e 2.11 podemos observar um esquema representativo do uso e consumo de água assim como o que é fração reutilizável e não reutilizável, benéfica e não benéfica e ainda o que são perdas e desperdícios.

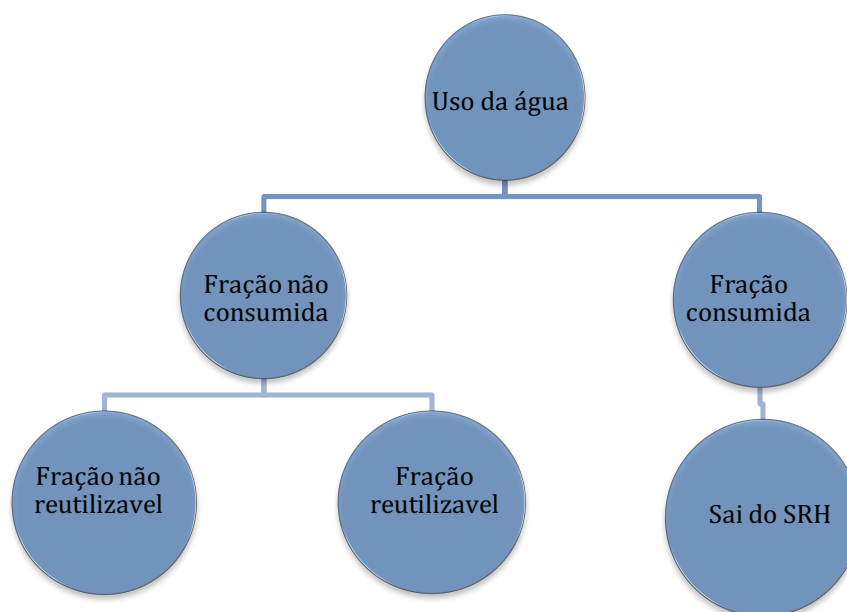


Figura 16 – Uso Consumo de água e frações reutilizáveis e não reutilizáveis (fonte: adaptado Pereira 2007)

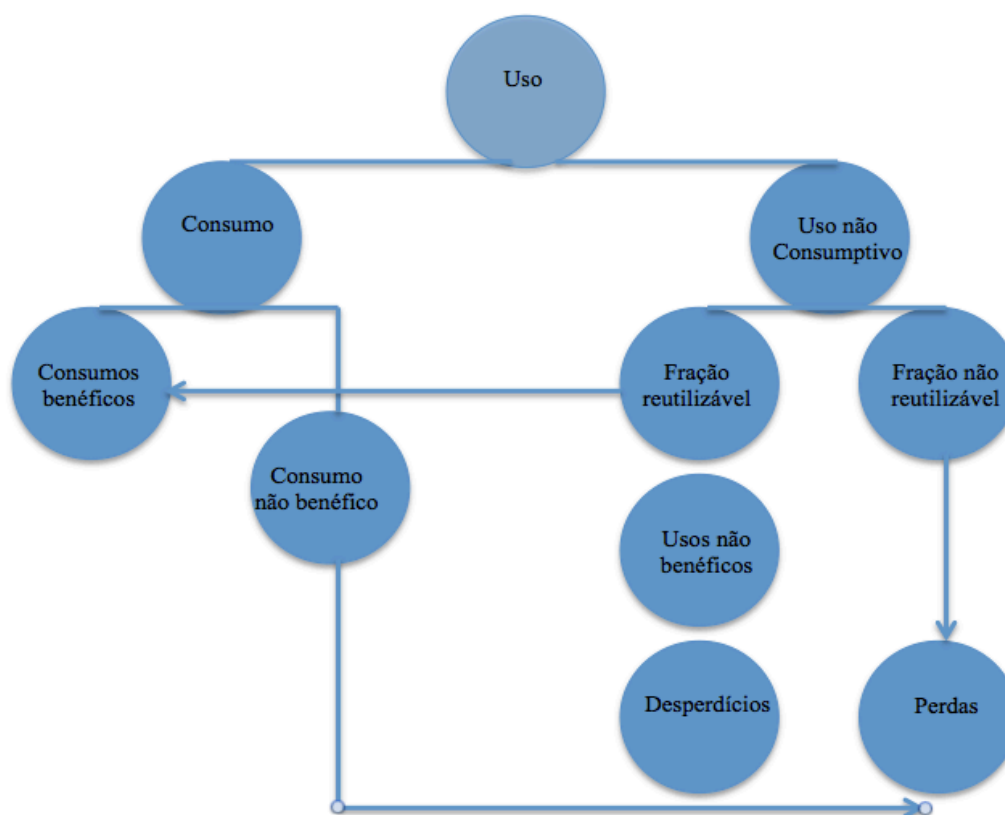


Figura 17 – Consumos benéficos e não benéficos (Fonte: adaptado de Pereira 2007)

Adoptando estes conceitos, é possível reconhecer os percursos e trajetórias da água mobilizada, saber a fração consumida e a restante disponível para novas utilizações após o seu uso, bem como saber se o seu uso foi ou não benéfico.

Assim, vamos de seguida identificar cada um destes conceitos.

- **Fração consumida e benéfica** é a fração de água usada que se evapora consequente das exigências de uso, que é incorporada no produto ou é consumida como bebida ou alimento e, portanto, deixa de ser disponível após uso;
- **Fração consumida e não benéfica** é a fração de água usada que se evapora em processo associado ao da finalidade de uso mas não requerido por este, ou por qualquer outra forma é perdida, deixando de estar disponível após uso;



- **Fração não consumida mas reutilizável** como sendo a fração de água usada que não tendo sido consumida quando usada em dada atividade – produção, processo ou serviço – é retornada com qualidade aceitável a águas doces superficiais ou subterrâneas não degradadas e pode ser usada de novo. A esta fração correspondem tanto os usos benéficos como os não benéficos;
- **Fração não reutilizável** como a fração de água usada que não sendo consumida quando usada em dada atividade – produção, processo ou serviço – é retornada com qualidade inaceitável, ou é adicionada a águas superficiais ou subterrâneas degradadas, ou a meios de água salgada. Só recorrendo a processos de tratamento especiais se torna possível a sua reutilização. Correspondem-lhe igualmente usos benéficos e não benéficos.
- **Perda** é aquela água que não alcança os pontos de consumo por deficiências ou problemas do sistema, por exemplo, vazamentos na rede, fugas em reservatórios, rompimento de adutoras, e toda a fração não reutilizável.
- **Desperdício** é toda a água que é mal utilizada pelo consumidor, ou seja, que não é empregada nas finalidades a que se destina, por exemplo, uma torneira aberta sem necessidade, uma caixa a perder água continuamente, alagamento displicente de ruas.

Um aspecto importante da gestão de um SRH (por exemplo, de uma cidade, edifício, conjunto deles ou até mesmo de uma sub-bacia) é fazer a distinção de usos benéficos e não benéficos da água.



Tabela 2 - Indicadores de uso da água em utilizações municipais, domésticas, industriais, recreativas, paisagísticas e outras. Adaptado (Pereira, 2007)

	Consumptivo	Não consumptivo mas reutilizável	Não consumptivo e não reutilizável
Usos benéficos	<ul style="list-style-type: none"> • Água para beber e nos alimentos e bebidas • Água incorporada em produtos • Evaporação para controlo da temperatura • ET da vegetação e evaporação de lagos em áreas de recreio 	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes domésticos, urbanos, e industriais tratados • Caudais retornados não degradados da geração de energia e de controlo da temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes domésticos, urbanos, e industriais não tratados • Efluentes de boa qualidade lançados para águas salinas
Usos não benéficos	<ul style="list-style-type: none"> • ET de vegetação não benéfica • Evaporação de águas desperdiçadas • Evaporação a partir de canais e reservatórios 	<ul style="list-style-type: none"> • Águas de qualidade de percolação e de fugas para lençóis freáticos de boa qualidade • Fugas e descargas de sistemas urbanos reutilizáveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Percolação a partir de áreas urbanas e de lazer para lençóis salinos • Fugas a partir de sistemas urbanos e industriais para lençóis salinos e águas degradadas
	Fração consumida	Fração reutilizável	Fração não reutilizável



2.7. Indicadores do uso de água

2.7.1. A Pegada hídrica

2.7.1.1. Conceito de Pegada Hídrica

A ideia de considerar o uso da água ao longo das cadeias produtivas ganhou interesse após a introdução do conceito de ‘pegada hídrica’ por Hoekstra, em 2002 (Hoekstra, 2003). A pegada hídrica é um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas, também, seu uso indireto.

A pegada hídrica de um produto é o volume de água utilizado para produzi-lo, medido ao longo de todo o processo produtivo. É um indicador multidimensional, que mostra os volumes de consumo de água por fonte e os volumes de poluição pelo tipo de poluição; todas as componentes de uma pegada hídrica total são especificadas geográfica e temporalmente. A pegada hídrica azul de um produto refere-se ao consumo de água azul (superficial e subterrânea) ao longo de sua cadeia produtiva. ‘Consumo’ refere-se à retirada de água (superficial ou subterrânea) disponível numa bacia hidrográfica. A perda ocorre quando a água evapora, retorna a outra bacia ou ao mar ou é incorporada num produto. A pegada hídrica verde refere-se ao consumo de água verde (água de chuva, desde que não escoe). A pegada hídrica cinza refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água existentes.

Mas o que é afinal a Pegada Hídrica? A Pegada Hídrica de um produto (bem ou serviço) é o volume total de água doce usada para produzir o produto, sendo o somatório dos vários passos da cadeia de produção. A Pegada Hídrica de um indivíduo ou de uma comunidade é o volume total de água doce usada pelo indivíduo ou comunidade de uma forma direta ou indireta. O uso indireto de água refere-se à água que é usada para produzir os bens ou serviços consumidos pelo indivíduo ou comunidade. A Pegada de Água de uma empresa consiste no



uso direto de água nas suas operações mais o uso indireto (a água usada na cadeia de fornecimento ou abastecimento da empresa).

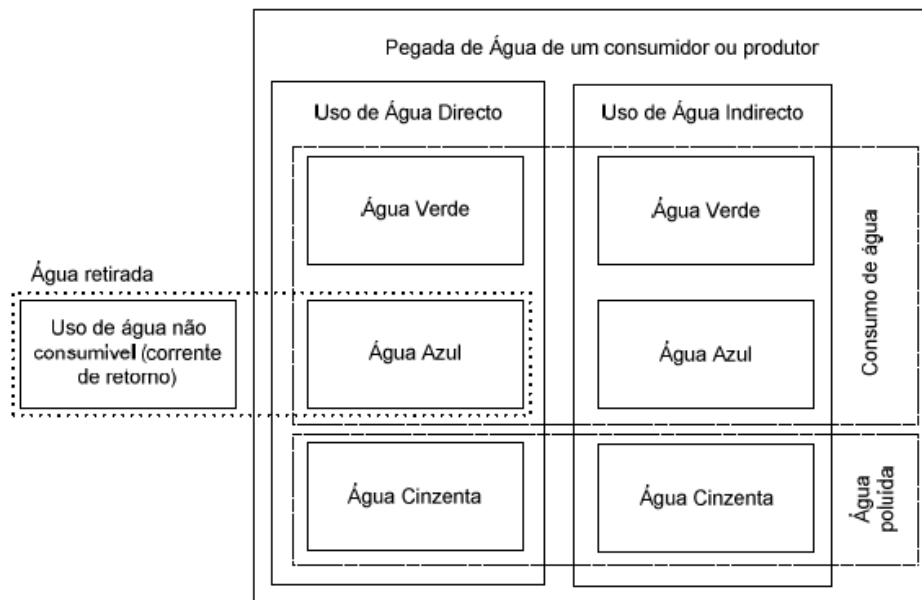


Figura 18 Representação esquemática dos componentes de uma pegada hídrica (Hoekstra, 2011)

2.7.1.2. Cálculo da Pegada Hídrica

A pegada hídrica de um processo é expressa como o volume de água por unidade de tempo. Quando dividida pela quantidade de produtos que resultam do processo (unidades de produto por unidade de tempo), pode também ser expressa como o volume de água por unidade de produto.

A pegada hídrica de um produto é expressa sempre como o volume de água por unidade de produto. Exemplos:

- volume de água por unidade de massa (para produtos em que o peso é um bom indicador de quantidade)
- volume de água por unidade monetária (para produtos em que o valor tem mais importância do que o peso)
- volume de água por unidade (para produtos que são contados em unidades e não por peso)



— volume de água por unidades de energia (quilocalorias para produtos alimentícios ou joules para eletricidade ou combustíveis)

A pegada hídrica de um consumidor ou empresa é expressa como o volume de água por unidade de tempo. Pode ser expressa como o volume de água por unidade monetária quando a

pegada hídrica por unidade de tempo é dividida pelo rendimento (no caso dos consumidores) ou volume de negócios (no caso das empresas). A pegada hídrica de uma comunidade de consumidores pode ser expressa em termos de volume de água por unidade de tempo per capita.

A contabilização da pegada hídrica fornece informações temporais e espaciais específicas acerca de como a água deve ser utilizada nas diversas atividades humanas (Hoekstra et al, 2011).

A avaliação da pegada hídrica refere-se a um amplo campo de atividades que visam:

- Definir de objetivos.
- Quantificar e localizar a pegada hídrica de um processo, produto, produtor, consumidor ou quantificar no espaço e no tempo a pegada hídrica numa determinada área geográfica.
- Avaliar a sustentabilidade ambiental, social e económica de cada pegada hídrica.
- Formular estratégias de resposta.

2.7.1.3. Pegada Hídrica de um processo

Para calcularmos a Pegada Hídrica de um produto, ou de uma indústria ou um sector, temos de conhecer a pegada hídrica de cada processo da cadeia produtiva desse produto, dessa indústria ou desse sector. Assim, a pegada hídrica de um processo será o elemento base para um correto apuramento da pegada hídrica de um produto, indústria ou sector. Para contabilizar a pegada hídrica temos primeiramente de calcular a pegada hídrica azul, verde e cinza.



A **pegada hídrica azul** é um indicador do uso consumptivo da chamada água azul; por outras palavras, a água doce superficial ou subterrânea. O termo ‘uso consumptivo da água’ refere-se a um dos quatro casos seguintes:

1. Quando a água evapora;
2. Quando a água é incorporada no produto;
3. Quando a água não retorna à mesma bacia hidrográfica, mas sim escoar para outra bacia ou para o oceano;
4. Quando a água não retorna no mesmo período; por exemplo, quando é retirada num período de seca e retorna num período de chuvas.

Geralmente, o primeiro componente (a evaporação) é o mais significativo. Consequentemente, o uso consumptivo é geralmente equiparado à evaporação, mas os outros três componentes devem ser incluídos quando forem relevantes. Toda a evaporação relacionada à produção deve ser calculada incluindo a água que evapora no processo de armazenamento (por exemplo, de reservatórios artificiais), o transporte (por exemplo, de canais abertos), o processamento (por exemplo, a evaporação de água aquecida que não é recolectada) e a coleta e o lançamento (por exemplo, de canais de drenagem e de estações de tratamento de esgotos).

‘O uso consumptivo da água’ não significa que a água desaparece, uma vez que a água permanecerá dentro do ciclo e irá retornar sempre para algum lugar como vimos no capítulo 2.6.1. A água é um recurso renovável, mas isso não significa que sua disponibilidade seja ilimitada. Num determinado período, a quantidade de água que repõe as reservas subterrâneas e flui através de um rio é sempre limitada a certo volume. As águas dos rios e aquíferos podem ser usadas para irrigação, usos industriais ou domésticos. Mas durante um determinado período de tempo, não se pode consumir mais água do que o disponível. A pegada hídrica azul mede a quantidade de água disponível que é consumida num determinado período (por outras palavras, a que não retorna imediatamente para a mesma bacia). Desta forma, ela fornece uma medida da quantidade de água azul consumida pelo homem. O restante, ou seja, os fluxos de água subterrânea e superficial que não são utilizados para as atividades humanas permitem a manutenção da vida nos ecossistemas que dependem destes fluxos.



A **pegada hídrica verde** é um indicador do uso da água verde por parte do homem. A água verde refere-se à precipitação que não escoa ou não repõe a água subterrânea, mas é armazenada no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou na vegetação. Eventualmente, essa parte da precipitação evapora ou é transpirada pelas plantas. A água verde pode ser produtiva para o desenvolvimento das culturas (mas nem toda água verde pode ser absorvida pelas culturas, pois haverá sempre evaporação de água do solo e porque nem todas as áreas e nem todos os períodos do ano são adequados para o crescimento de culturas).

A pegada hídrica verde é o volume da água da chuva consumido durante o processo de produção. Isto é particularmente relevante para os produtos agrícolas e florestais (grãos, madeira etc.), correspondendo ao total de água da chuva que sofre evapotranspiração (dos campos e plantações) mais a água incorporada nos produtos agrícolas e florestais colhidos.

A distinção entre as pegadas hídricas azul e verde é importante, uma vez que os impactos hidrológico, ambiental e social, bem como os custos de oportunidade referentes ao uso de águas superficiais e subterrâneas para a produção diferem muito dos impactos e custos do uso da água da chuva (Hoekstra, 2011)

A **pegada hídrica cinza** de um produto é um indicador da poluição da água que pode ser associado à elaboração do produto ao longo de toda a cadeia produtiva. É definida como o volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes baseada nas concentrações naturais e em padrões de qualidade de água existentes. É processada como o volume de água necessário para diluir os poluentes num nível em que a qualidade da água permanece acima dos padrões definidos.

A concentração natural numa linha de água receptora corresponde à concentração que ocorreria se não houvesse intervenção humana na bacia hidrográfica. (Hoekstra, 2011)



2.7.2. Água Virtual

A Água Virtual é o volume de água necessária para produzir os bens, produtos e serviços de um país tanto para consumo interno como para a exportação.

É um conceito criado em 1993 pelo investigador britânico John Anthony Allan baseado no volume de água utilizado para produzir certo bem, produto ou serviço a que se chamou água virtual.

Além de consumirmos água para beber, também o fazemos quando tomamos banho, lavamos roupa, limpamos, regamos, cozinhamos e muitas outras atividades em que se utiliza água. Tudo isto representa um grande consumo. No entanto, só constitui o uso direto e representa uma proporção mínima do nosso uso total de água.

Além do nosso uso direto, cada vez que consumimos um alimento ou utilizamos algum produto ou serviço, indiretamente aproveitamos a água envolvida no seu processo de produção, que é onde efetivamente utilizamos a maior parte da água.

Por exemplo, quando bebemos uma chávena de café, geralmente pensamos que consumimos 125 ml de água. No entanto, para cultivar o grão foi necessário água, que pode ter sido água da chuva ou rega, o mesmo que para os processos de secagem, moagem e embalagem. Em média, para uma chávena de café foram necessários 140 litros de água durante todo seu processo de elaboração. É a esta quantidade de água que chamamos **ÁGUA VIRTUAL**.

De seguida apresenta-se uma tabela com o volume de água virtual incorporada em diversos produtos.



Tabela 3– Água virtual incorporada em produtos (Adaptado de WWF 2013)

<i>Produtos</i>	<i>Volume de água L/un</i>	<i>Produtos</i>	<i>Volume de água L/un</i>
Carro	400.000 L	Chávena café	140 L
Folha de papel A4	10 L	Calças Jeans	1.900 L
Computador	32.000 L	T-shirt Algodão	2.700 L
Microchip 32Mb	3.200 L	1kg Carne Bovina	15.000 L
Tv	30.000 L	1kg Chocolate	17.200 L
Copo de vinho	110 L	1Kg Batata	290 L
Maça	125 L	1KgTrigo	1.300 L
1 Tonelada de Aço	300.000 L	1L de Diesel	4.000 L
Par de Sapatos Couro	17.000 L	1Kg Carne Suina	5990 L
1 KgLeite em pó	4.600 L	1Kg Manteiga	18.000 L
1 ovo	200 L	1kg Queijo	5.000 L

2.7.3. Índices de retiradas de água

Tendo por base as tabelas The World's Water - Freshwater Withdrawal by Country and Sector 2013. (World Water , 2013) vamos comparar os usos da água em diferentes países. Considerando os usos totais de água nos três sectores, doméstico, industrial e agrícola, definimos o top 20 dos maiores e menores utilizadores de água á escala global como podemos observar na Figura 20 e Figura 20.

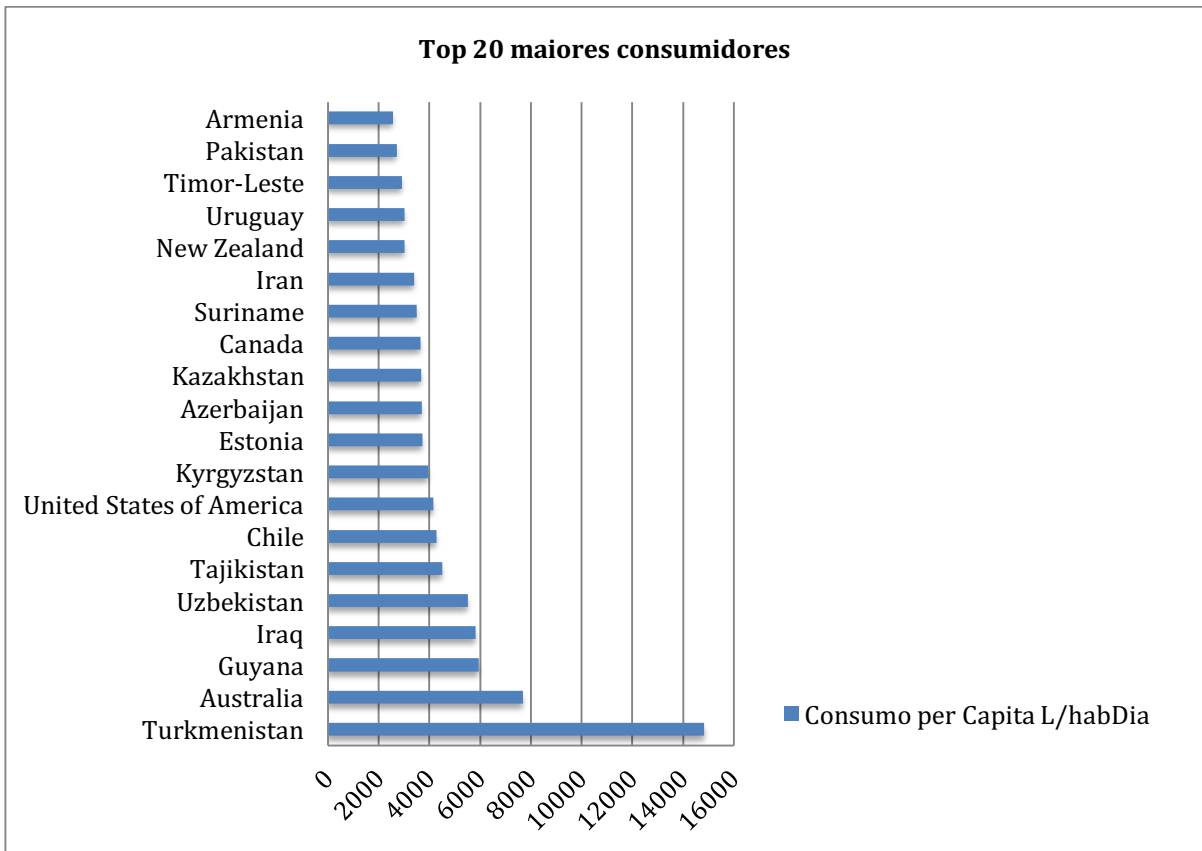


Figura 19 - Ranking dos 20 países com maiores usos totais de água

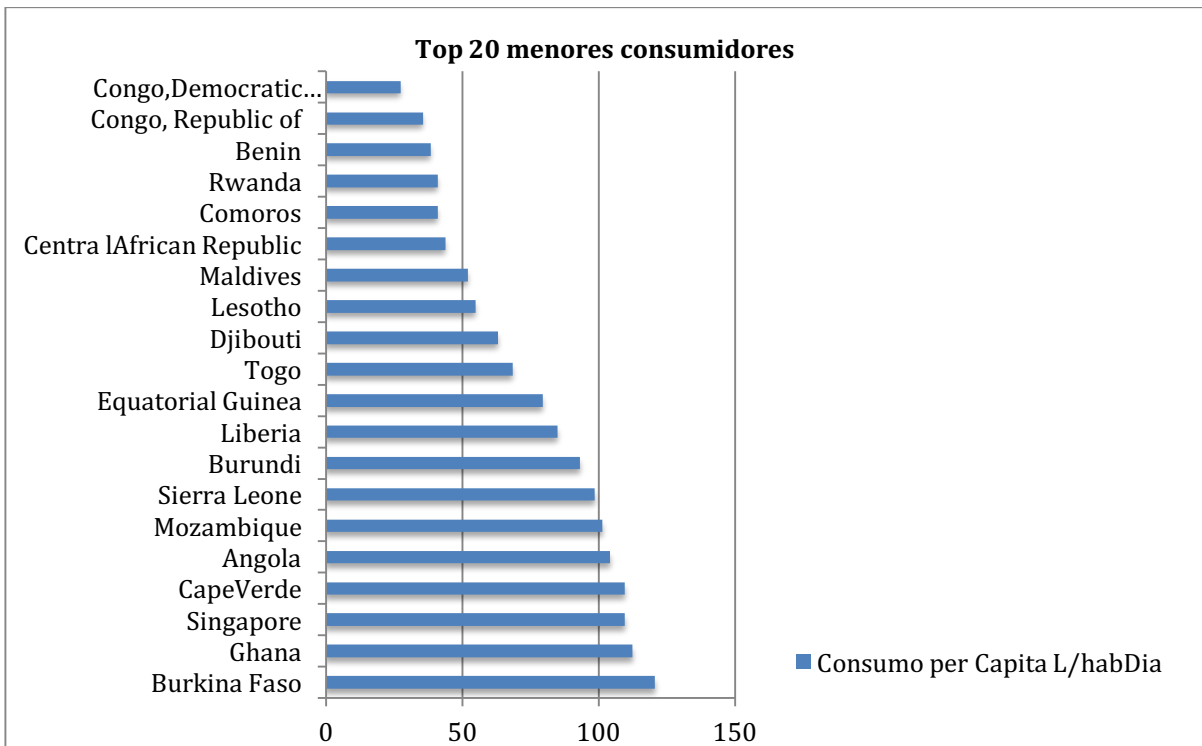


Figura 20 - Ranking dos 20 países com menores usos totais de água



Observando atentamente estes dados, facilmente verificamos que os estados da Ásia Central consomem mais água per capita do que os habitantes de qualquer outra região do planeta. Entre os problemas ambientais que afetam a região estão o desaparecimento do Mar de Aral que podemos ver na Figura 21, o ritmo acelerado da desertificação no Turquemenistão e o aumento da salinidade das terras agrícolas no Uzbequistão (Varis, 2014).



Figura 21 – Desaparecimento do mar de Aral (Fonte: Google Earth)

O Turquemenistão consome cerca de 14.800 litros de água per capita, que é de longe a maior taxa do mundo. Para colocar o número em perspectiva, um habitante do Turquemenistão consome em média quatro vezes mais água do que um cidadão típico dos Estados Unidos e 13 vezes mais do que os residentes da China.

Uzbequistão e Tajiquistão vêm em quinto e sexto lugar no ranking dos maiores desperdiçadores de água do mundo, cada uma consumindo cerca de 5.000 litros de água per capita. Quirguistão e Cazaquistão não estão muito atrás, ocupando o 9º e 11º, respetivamente.



2.7.4. Produtividade da água

A atitude das sociedades urbanas perante a água nada tem a ver com o ambiente, o conceito de escassez prende-se mais com a ineficiência de gestão das redes de que propriamente com as causas naturais. O conceito de conservação não existe e o de poupar tampouco, especialmente quando referidos aos usos domésticos, industriais ou turísticos. Nessa óptica a distinção entre usos e consumos de água não se faz e os indicadores de uso visam sobretudo a eficácia ou a eficiência, mesmo que a estas palavras não se associem conceitos claros. (Pereira, 2007)

As denominações uso e consumo de água podem ser muitas vezes utilizadas com o mesmo propósito, no entanto, uso da água corresponde à mobilização de uma determinada quantidade de água para um certo fim, em que uma parte vai retornar ao ciclo da água, com a mesma qualidade ou mais degradada; o consumo diz respeito à parte que não retorna ao sistema, ou seja, a parte que é retirada do ciclo natural da água.

A produtividade da água, exprime a relação entre a quantidade de produto ou de serviço produzido com o volume de água utilizada para a obtenção do produto ou serviço final. Pode ser a quantidade de cereal produzido por m^3 de água utilizada (kg/m^3), a quantidade de eletricidade produzida com determinado caudal do curso de água ($kW/m^3 s^{-1}$), a quantidade de cerveja ou refrigerante produzida por unidade de água utilizada em todo o processo de produção (L/m^3), a quantidade de tecido produzida por unidade de água utilizada na sua produção (m/m^3), a área de campo de golf regada por cada m^3 de água (m^2/m^3) ou em termos de produtividade económica, valor gerado por unidade de água utilizada ($US\$/m^3$) ou água utilizada por unidade do produto interno bruto de um país ($m^3/US\%$).

No entanto, o estudo da produtividade económica, carece de dados concretos e precisos acerca do real volume de água utilizado em determinado processo ou serviço e qual o valor acrescentado que o produto ou serviço representa em termos económicos. Deste modo teríamos uma percepção da água utilizada para a produção de determinado produto ou serviço bem como do seu valor acrescentado obtendo assim um indicador mais fiável de produtividade.



Este indicador permite comparar processos produtivos e de serviço da mesma natureza em termos de procura de água e esclarecer sobre a capacidade respectiva quanto a poupança e conservação da água. (Pereira, 2007)

Neste trabalho apenas vamos referir a produtividade económica da água por cada dólar do PIB.

Como vimos anteriormente, além de serem os maiores consumidores, os estados da Ásia Central também são os piores do mundo em termos de consumo de água por dólar do produto interno bruto (PIB) produzido. O Tajiquistão ocupa o primeiro lugar neste ranking, com 3,5 metros cúbicos de água usados por cada dólar do PIB. Quirguistão, Uzbequistão e Turquemenistão são 2^a, 4^a e 6^a respetivamente. (Varis, 2014)

Como podemos verificar de seguida, na figura 2.9 estão representados os 20 países que usam mais água por cada dólar do PIB.

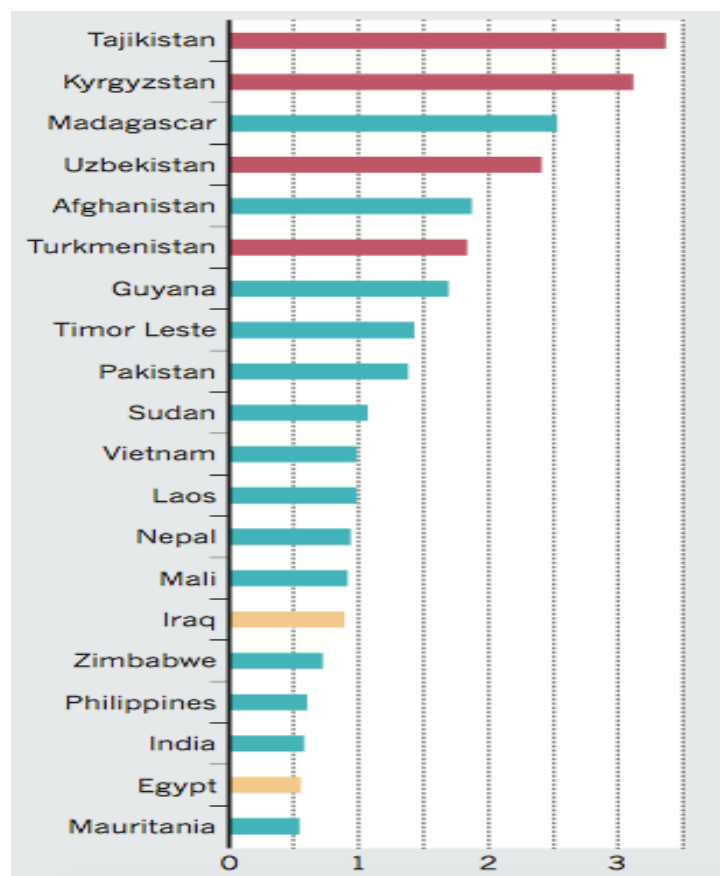


Figura 22 - Retorno económico da água em m³/US\$ do PIB (Fonte Science)



No entanto, ideia de que a Ásia Central tem falta de água é uma ideia errada. As disponibilidades anuais de água per capita para a bacia do Amudarya são 2.087 metros cúbicos e para a bacia do Sirdaria são 1.744 metros cúbicos, bem acima das definições das Nações Unidas de escassez de água 1000 metro cúbicos. Em comparação, a Alemanha tem disponíveis 1.878 metros cúbicos de água per capita. (Varis, 2014)

Se os Estados da Ásia Central não implementarem reformas que promovam o desenvolvimento sustentável, terão de enfrentar ameaças enormes, incluindo a degradação ambiental, económica e social, bem como guerras que diminuirão ainda mais os recursos.

Mas o grande problema é outro: a parcela agrícola do produto interno bruto (PIB) na Ásia Central caiu quase para metade desde a desintegração da União Soviética. Em vez disso, o crescimento económico é dominado pela indústria de petróleo e gás e pela expansão urbana. Mais de metade da população da região é urbana e essa proporção está a aumentar, apesar disso, as economias continuam a concentrar-se em sectores primários como a agricultura e a extração de combustíveis fósseis. O retorno económico na água é menor na Ásia Central do que em qualquer outro lugar do planeta . O Turquemenistão usa quase 3 vezes mais água do que a Índia para produzir um dólar do PIB, 4 vezes mais do que o Egito, 14 vezes mais do que a China e 43 vezes mais do que a Espanha . (Varis, 2014)

2.8.A água no sector urbano em Portugal

A água é um recurso indispensável e com uma influencia decisiva na qualidade de vida das populações, nomeadamente nas áreas do abastecimento de água e da drenagem e tratamento de águas residuais, que têm forte impacto na saúde pública.

No contexto desta dissertação, definimos para zonas urbanas os usos domésticos e industriais, deixando de lado os usos agrícolas.

A quantidade de água captada em Portugal está atualmente estimada em cerca de 4255×10^6 m³/ano, e tendo por base o Plano Nacional da Água, verifica-se que a agricultura é



claramente o maior utilizador de água em Portugal, com um volume total de cerca de $3446 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (81% do total), contra $510 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ no abastecimento urbano às populações (12% do total) e $298 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ na indústria (7% do total). (Baptista, et al., 2001)

Na Figura 23 podemos verificar a redução da quantidade de água captada pelos diferentes sectores entre o ano 2000 e o ano 2009 em Portugal.

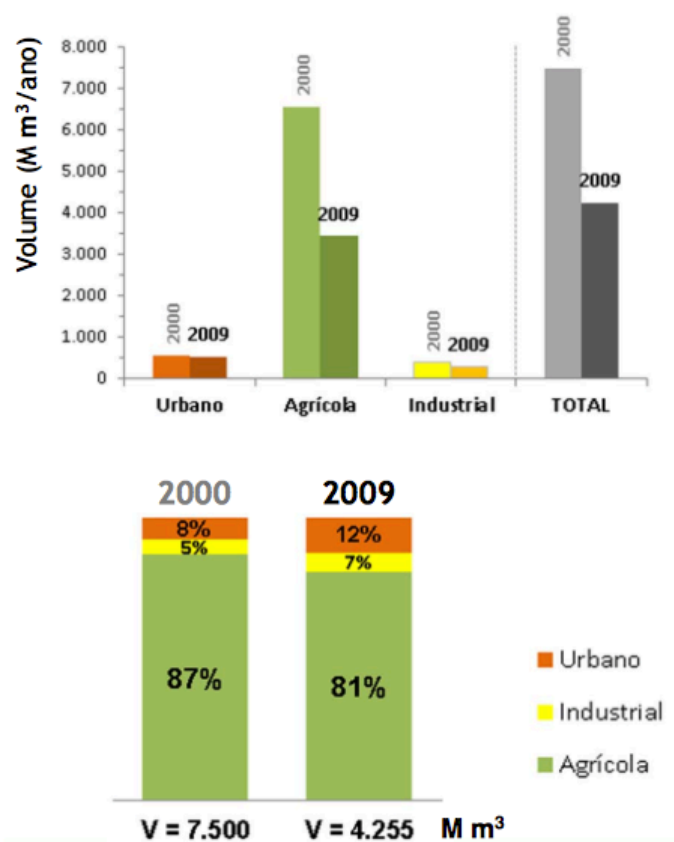


Figura 23– Distribuição da água captada por sector (Fonte (Batista et al, 2002; PNUEA, 2010))

Atendendo à reduzida parcela que o consumo de água potável no sector doméstico representa no consumo total de água, poderia considerar-se não ser de primeira necessidade tomar medidas para melhorar a eficiência do uso da água neste sector, no entanto, verifica-se que a água potável é uma água tratada de elevada qualidade que tem associados custos de captação, tratamento e transporte que são muito mais significativos.



Comparando os custos efetivos de utilização da água pelos diversos sectores, verifica-se que o sector urbano passa a ser o mais relevante com 875×10^6 €/ano, correspondendo a 46% do total, seguido da agricultura com 524×10^6 €/ano, 28% do total, e da indústria com 484×10^6 €/ano, 26% do total, citado por (Baptista, et al., 2001)

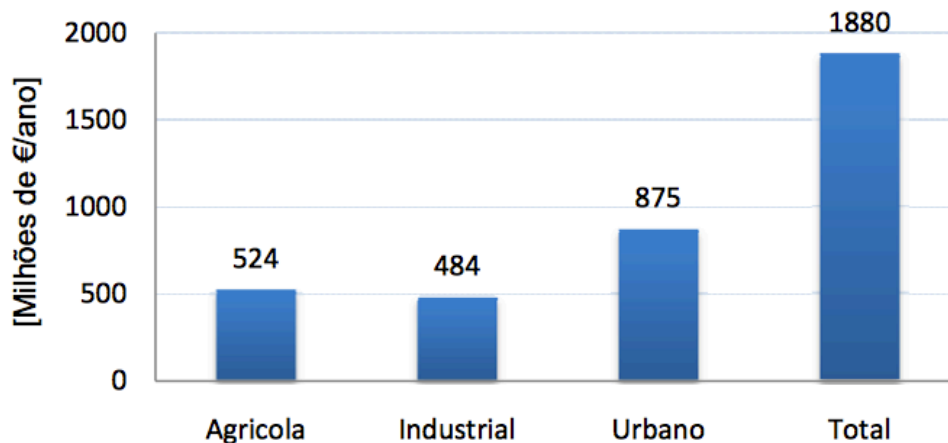


Figura 24– Custos efetivos de utilização da água pelos diversos sectores

Nem toda a água captada é efetivamente aproveitada, na medida em que há uma parcela importante associada a perdas relativamente à água que é efetivamente captada. Trata-se portanto de uma componente que tem custos para a sociedade mas não lhe traz benefícios. Estes elevados volumes indiciam assim potenciais de poupança muito importantes.

Em termos de oportunidades de poupança de água nos diversos sectores, estima-se que as perdas totais sejam na ordem dos 3100×10^6 m³/ano, das quais verifica-se que à agricultura correspondem perdas totais de cerca de 2750×10^6 m³/ano (88% do total), contra 240×10^6 m³/ano no abastecimento urbano às populações (8% do total) e 112×10^6 m³/ano na indústria (4% do total) (Baptista, et al., 2001).

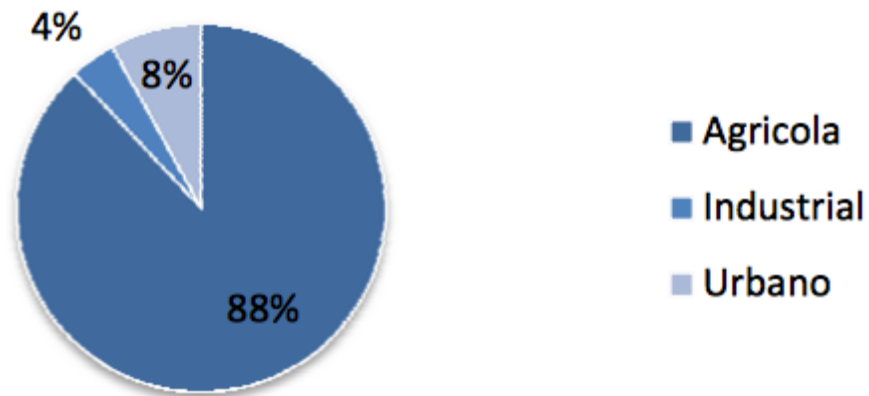


Figura 25– Estimativa de perdas de água em volume nos diferentes sectores

Calculando agora o valor económico dessas perdas, verifica-se que o sector urbano passa a ser o mais relevante com 369×10^6 €/ano (51% do total), seguido da agricultura com 219×10^6 €/ano, correspondendo a 30% do total, e da industria com 140×10^6 €/ano, ou seja, 19% do total, num total de 728×10^6 €/ano. Os custos associados a perdas representam 39% do valor global estimado da água captada em Portugal e 0,64% do Produto Interno Bruto nacional, citado por (Baptista, et al., 2001)

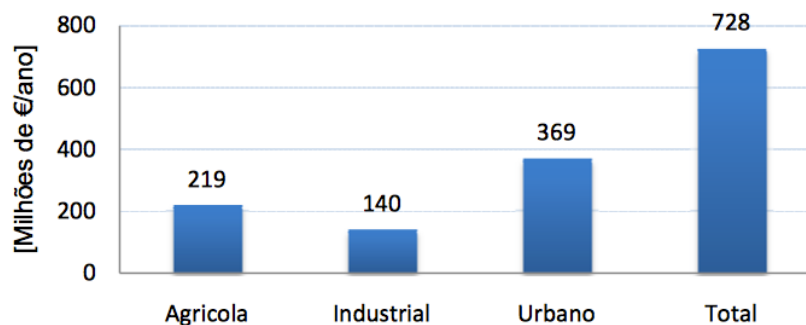


Figura 26 – Custos efetivos de perdas de água pelos diversos sectores

Verifica-se por isso, analisando os gráficos das Figuras, que apesar do consumo de água em meio urbano ser cerca de dez vezes menor que o consumo agrícola, o custo associado é mais elevado.



Os caudais fornecidos nos sistemas de abastecimento públicos a usos que se poderão designar estritamente urbanos, destinam-se, em média, em 45%, 9% e 6%, respectivamente, a consumos domésticos, comerciais e públicos, estando os 40% remanescentes associados a perdas (Baptista, et al., 2001).

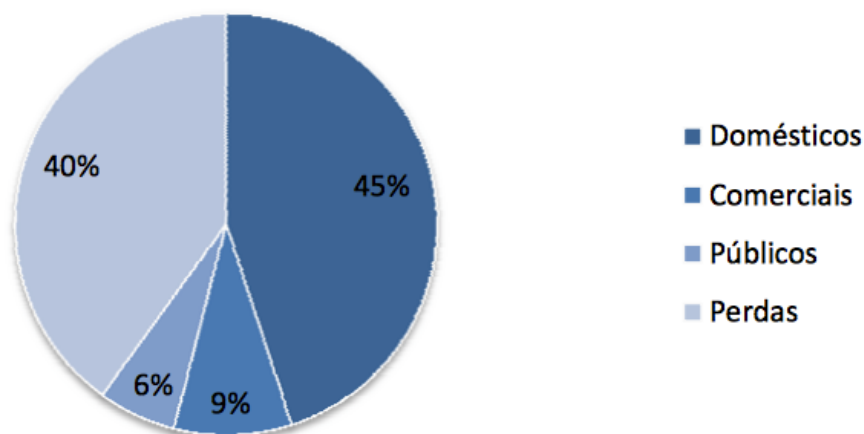


Figura 27– Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas

Para avaliar a real eficiência de um SRH de uma zona urbana, devemos considerar além dos usos domésticos, comerciais e públicos também os usos industriais, pois as indústrias estão localizadas nas cidades e fazem parte do SRH de uma zona urbana, considerando que consomem água da rede de abastecimento pública.

Verifica-se que a capitação tende a ser menor quanto menor for a população abastecida. Isto deve-se sobretudo à parcela das perdas no sistema de distribuição de água, aos espaços verdes urbanos e ao comércio, que aumentam com a população (Baptista, et al., 2001).

2.8.1. Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça

A região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça, RH2, inclui as bacias hidrográficas dos rios Cávado, Ave e Leça, e as bacias hidrográficas das ribeiras da costa ao longo da região hidrográfica. A RH2 é delimitada pelo território espanhol a Este, o oceano Atlântico a Oeste, a RH do Minho e Lima a Norte (RH1) e a RH do Douro a Sul (RH3).



Figura 28 – Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça - RH2

A RH2 tem uma área aproximada de 3 400 km², inserindo-se totalmente em território nacional, no seu território habitam cerca de 1,4 milhões de pessoas, distribuídas por 30 concelhos, dos quais nove estão totalmente inseridos na RH2.

Quanto à disponibilidade dos recursos hídricos superficiais, a afluência total média anual disponível é de, aproximadamente, 3 607 hm³. A sua importância traduz-se em 15 grandes barragens e uma capacidade de armazenamento de cerca de 1 170 hm³. No que diz respeito à disponibilidade hídrica subterrânea, verifica-se que esta é de, sensivelmente, 273 hm³/ano no conjunto das quatro massas de água subterrânea. (APA (PGRH), 2012)

A população residente na RH2 representa quase 15% da população de Portugal Continental situando-se nos 1 466 419 habitantes em 2008 (INE, 2011), a que acresce a população flutuante, estimada em 34 820 habitantes- equivalentes. A população flutuante diz respeito aos turistas e aos ocupantes de alojamentos de uso sazonal.



Em relação à distribuição da população residente, o total apresentado correspondia a uma densidade populacional de 436 habitantes por km^2 em 2008. Quase 30% da população mora em aglomerados entre 10 mil e 100 mil habitantes, e 12% habita em cidades com mais de 100 mil habitantes. A população residente em aglomerados com menos de 2 mil habitantes é de 43%, enquanto a população isolada é de apenas 2%.

As necessidades de água para usos consumptivos na RH2 ascendem a cerca de $373 \text{ hm}^3/\text{ano}$, podendo atingir um valor máximo, em ano seco, de $400 \text{ hm}^3/\text{ano}$, de acordo com as estimativas efectuadas. A agricultura é o maior consumidor de água com cerca de 71% das necessidades de água totais seguindo-se o sector urbano com um peso de 16%, a indústria com 12% e outros consumos 1%. (APA (PGRH), 2012)

Como utilização não consumptiva, a produção hidrelétrica assume um significado de peso, existindo atualmente em exploração seis aproveitamentos hidroelétricos de grande dimensão, com o total de potência instalada de 633 MW, e 21 unidades de pequena dimensão (potência instalada inferior a 10 MW). Na RH2 o consumo de energia elétrica é de 7,3 mil milhões de kWh. (APA (PGRH), 2012)

A análise do balanço anual entre as necessidades e as disponibilidades de água de origem superficial na RH2 revelou que as necessidades das sub-bacias são bastante inferiores às disponibilidades hídricas. Em termos anuais, e em ano médio as utilizações para as várias sub-bacias são inferiores a 10% das disponibilidades. (APA (PGRH), 2012)

Para a avaliação das pressões pontuais sobre as massas de água com origem em águas residuais urbanas, foram tidas em consideração as ETAR urbanas em funcionamento no ano 2012 e as cargas rejeitadas relativas aos parâmetros CQO, CBO_5 , P_{total} e N_{total} .



Tabela 4- Carga rejeitada no meio hídrico por sistemas urbanos de drenagem e tratamento de águas residuais na RH2 Fonte (APA (PGRH), 2012)

Grau de tratamento	Equivalente populacional (e.p.)	ETAR (N.º)	Carga rejeitada (kg/ano)			
			CBO ₅	CQO	P _{total}	N _{total}
Sem tratamento	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Preliminar	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Primário	210000	1	3111151,95	5805607,14	96489,37	721058,39
Secundário	718760	77	601184,6261	2982985,055	151022,48	771665,97
Mais avançado que secundário	1288937	19	717827,89	4119861,62	185154,14	689694,28
TOTAL	2217697	97	4430164,466	12908453,82	432665,99	2182418,6

As necessidades hídricas da indústria na RH2 rondam os 37,5 hm³. Do total de 37,5 hm³ estimados, 24,7 hm³ provêm de captações próprias da indústria. Admite-se que os restantes 12,8 hm³ sejam saciados, na totalidade, a partir dos sistemas de abastecimento público.

O sector da indústria têxtil representa individualmente cerca de 72% das necessidades hídricas totais da indústria como podemos ver de seguida. (APA (PGRH), 2012)

Tabela 5 - Necessidades hídricas da indústria transformadora na RH2, por CAE

CAE	Setor	Necessidades de água (mil m ³ /ano)	Estrutura (%)
10	Indústrias Alimentares	2.700	7,24%
11	Indústrias da Bebida	700	1,88%
13	Fabricação de Têxteis	27.000	72,39%
14	Indústria do Vestuário	580	1,55%
15	Indústria do Couro e dos Produtos do Couro	480	1,29%
16	Indústria da Madeira e da Cortiça	120	0,32%
17	Fabricação de Pasta, de Papel e de Cartão	120	0,32%
18	Impressão e Reprodução de Suportes Gravados	10	0,03%
20	Fabricação de Produtos Químicos	500	1,34%
21	Fabricação de Produtos Farmacêuticos de Base	150	0,40%
22	Fabricação de Artigos de Borracha e Plásticos	170	0,46%
23	Fabricação de Outros Produtos Minerais não Metálicos	440	1,18%
24	Indústrias Metalúrgicas de Base	990	2,65%
25	Fabricação de Produtos Metálicos	1.100	2,95%
26	Fabricação de Equipamentos Informáticos	260	0,70%
27	Fabricação de Equipamento Elétrico	140	0,38%
28	Fabricação de Máquinas e Equipamentos n.e.	440	1,18%
29	Fabricação de Veículos Automóveis	510	1,37%
30	Fabricação de Outro Equipamento de Transporte	240	0,64%
31	Fabrico de Mobiliário e Colchões	310	0,83%
32	Outras Indústrias Transformadoras	260	0,70%
33	Reparação, Manutenção e Instalação de Máq. e Eq.	80	0,21%
TOTAL		37.300	100,00%



No que respeita aos sectores industriais, destaca-se, a seguir à indústria têxtil, o sector da indústria alimentar, apesar de o seu peso ser muito inferior ao da primeira (7,24%), e a fabricação de produtos metálicos (2,95%). Estes números permitem concluir que estes três sectores absorvem mais de 80% das necessidades totais de água para a indústria na RH2.

A seguir são apresentados os volumes de água captados por algumas das empresas analisadas na região (APA (PGRH), 2012).

Tabela 6 – Captações de água da grande industria da RH2

Empresa	Volume captado (m ³ /ano)
Empresa Têxtil Nortenha, S.A.	140.317
Fábrica Têxtil Riopele, S.A.	150.000
Lima & C ^o , S.A.	76.487
Tintofama - Tinturaria e acabamentos têxteis Lda.	104.748
Tintrofa - Tinturaria da Trofa, S.A.	358.578
Têxtil Manuel Gonçalves, S.A.	8.728
Carnes Landeiro, S.A.	40.490
Pizarro, S.A.	778.656
Caverna Têxtil, Lda.	541.276
Sakthi Portugal, S.A.	91.230

A indústria transformadora tem um papel importante no tecido industrial português, abrangendo contudo atividades potencialmente nefastas para o ambiente, em particular para os recursos hídricos.

A caracterização das pressões com origem na indústria transformadora contempla as seguintes atividades industriais:

- Fabricação de têxteis;
- Indústria do vestuário;



- Indústrias da madeira e da cortiça e suas obras, exceto mobiliário; fabricação de obras de cestaria e de espartaria;
- Fabricação de produtos químicos e de fibras sintéticas ou artificiais, exceto produtos farmacêuticos;
- Fabricação de outros produtos minerais não metálicos (Cerâmicas);
- Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos (Metalomecânica);
- Fabricação de equipamento elétrico;
- Recolha, drenagem e tratamento de águas residuais (industriais).

Salienta-se que as cargas provenientes das instalações que se encontram ligadas aos sistemas públicos não são contabilizadas neste item, uma vez que já estão integradas, respetivamente, nos sistemas urbanos.

Tabela 7 – Carga rejeitada pela indústria transformadora

Tipo de atividade		Carga rejeitada (kg/ano)			
CAE	Designação	CBO ₅	CQO	P _{total}	N _{total}
13	Fabricação de têxteis	78141,25	245450,31	7652,18	23828,75
14	Indústria do vestuário	477,49	2634,99	53,64	180,24
16	Indústrias da madeira e da cortiça e suas obras,	2,31	29,25	0,77	9,07
	exceto mobiliário; fabricação de obras de cestaria e de espartaria				
20	Fabricação de produtos químicos e de fibras sintéticas ou artificiais, exceto produtos farmacêuticos	106,75	132,40	0,34	15,01
23	Fabricação de outros produtos minerais não metálicos (Cerâmicas)	0,061	0,195	0,002	0,085
25	Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos (Metalomecânica)	692,30	1824,50	158,10	444,01
27	Fabricação de equipamento elétrico	87,76	200,50	4,32	15,57
37	Recolha, drenagem e tratamento de águas residuais (industriais)	8782,87	31922,69	2566,87	1440,80
38	Recolha, tratamento e eliminação de resíduos; valorização de materiais	27,32	129,75	0,66	5,84
TOTAL		88315,80	282295,34	10436,11	25930,29



2.9. Macroprocessos relacionados com a água nas zonas urbanas

Os macroprocessos relacionados com a água nas zonas urbanas são imensos e difíceis de definir e tipificar, por essa razão, neste capítulo vamos optar por separar os macroprocessos por atividades/consumidores tipo.

Em Portugal as entidades gestoras agrupam os clientes, para efeitos de faturação, de acordo com a sua utilização, não distinguindo os seus usos nem retratando as reais utilizações da água. Para a elaboração de um plano de uso eficiente da água é essencial caracterizar, com o maior detalhe possível, as utilizações específicas de cada cliente. Com o objectivo de estabelecer uma classificação mais uniforme da estrutura dos usos, com categorias harmonizadas que tenham em consideração a tipologia dos consumos individuais, propõe-se então a caracterização dos macroprocessos internos relacionados com os usos da água nos meios urbanos classificando-os em: doméstico, colectivo, industrial, municipal colectivo, municipal público, energético e obras/outras.

- **Doméstico** – representa todos os usos de água numa habitação, entre eles o uso de água para beber, cozinhar, lavagens, higiene pessoal.
- **Colectivo** - Os consumos colectivos são característicos de todas as instalações em que existem dispositivos idênticos aos domésticos mas que são utilizados por um grande número de utilizadores como restauração, hotelaria, escritórios/serviços e outros. Incluem-se também organismos públicos ou instituições públicas que não pertençam ao Município. Naturalmente que existem outro tipo de usos consoante a atividade principal. Excluem-se aqui as instalações municipais.
- **Industrial** – Diz respeito aos consumos industriais a que pertencem todos os usos da água efectuados em unidades industriais e de produção. Desde processos produtivos a lavagens de pavimentos e equipamentos industriais. Nestas instalações também existem usos colectivos.
- **Municipal público** – são caracterizados pelas atividades municipais que têm um âmbito de cariz público, ou seja associadas a atividades que são para usufruto de toda a sociedade em que os dispositivos utilizados são diferentes dos de utilização



doméstica como por exemplo bombeiros, regas de zonas e espaços verdes, bocas de incêndio, lavagem de ruas e passeios.

- **Municipal colectivo** – são equivalentes aos consumos colectivos, ou seja, associados a instalações que utilizam dispositivos idênticos aos domésticos, mas que são utilizados por um grande número de utilizadores como é o caso de escolas, lares de 3ª idade, Hospitais, pavilhões desportivos, piscinas, fontes etc.
- **Energético** – são caracterizados pelos consumos de água referentes à produção de energia tais como centrais termo-elétricas, centrais de aquecimento/arrefecimento na indústria, extração de minérios (petróleo, carvão, gás natural), tratamento e refinação.
- **Obras e outros** – Por fim, a categoria de obras e outros consumos temporários, corresponde a consumos limitados a um determinado período de tempo, como é o caso das obras de construção civil, feiras, circos, festivais.

Em todas as categorias existe a possibilidade de dois tipos de usos: interiores e exteriores. Os primeiros incluem todas as utilizações da água realizadas no interior das instalações, nomeadamente as lavagens, higiene e autoclismos, entre outros. Os segundos são caracterizados por todas as utilizações efectuadas no exterior, tais como rega de espaços verdes, lavagem de pavimentos, piscinas, jogos ou espelhos de água, campos desportivos, entre outros.

2.10. A Energia das Águas Residuais

Cada etapa do ciclo de uso da água possui uma intensidade energética específica. Nesse caso, a “Intensidade energética” é definida como a quantidade de energia consumida por unidade de água relacionada a processos de dessalinização, bombeamento, extração, transporte, tratamento e distribuição de águas. A intensidade energética, pode ser definida como o número de kilowatts-horas consumido por metro cúbico de água entregue aos consumidores (kWh/m³).



Quando nos referimos a sustentabilidade do uso da água em zonas urbanas, verificámos que o papel das estações elevatórias, de tratamento de águas e de águas residuais é fundamental.

Estima-se que de 2% a 3% do consumo de energia em todo o mundo ocorram em sistemas urbanos de abastecimento de água, sendo o bombeamento de água responsável por cerca de 90% a 95% do total. A energia é necessária para mover a água através dos sistemas de água municipais, fazendo com que cada litro de água que é consumido também represente um consumo específico de energia. Embora o consumo de energia elétrica seja muito variável e

dependente do sistema de abastecimento considerado, (TSUTYIA, 2001) apresenta um índice médio de referência de 0,6kWh/m³ de água produzida.

Em termos económicos, a energia elétrica representou em média 64% das despesas totais das empresas que prestam serviços de abastecimento de águas em Portugal, tendo sido o maior item de despesa segundo (APA, 2014).

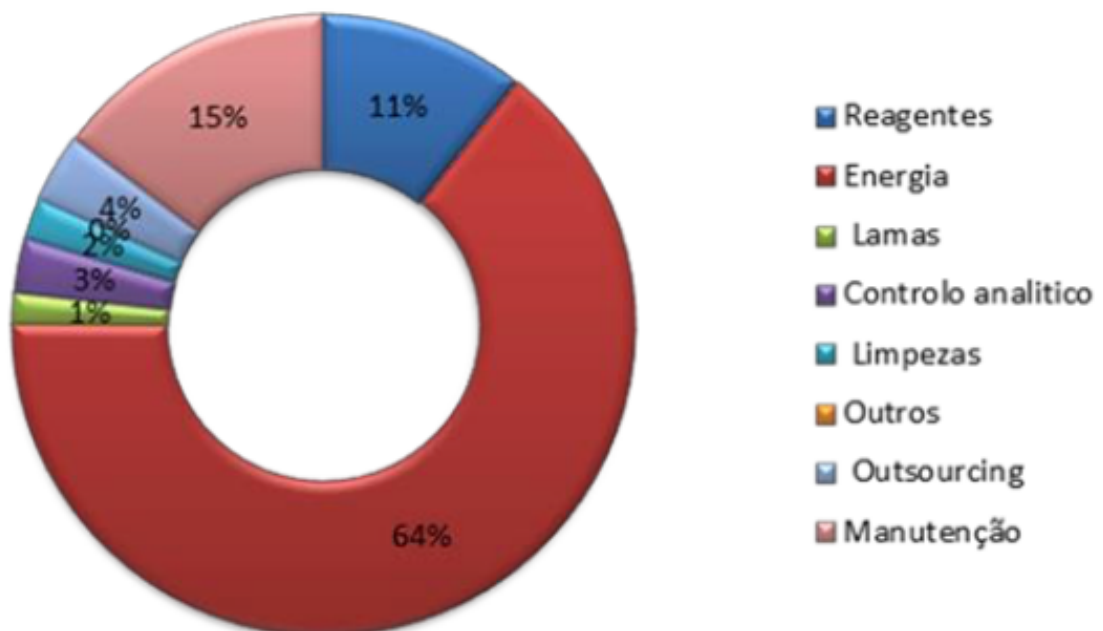


Figura 29 - Perfil de custos diretos Abastecimento de Águas (Fonte (APA, 2014))



No caso das empresas de recolha e tratamento de águas residuais, o valor com custos energéticos é menor do que no abastecimento de água, no entanto, estes representam ainda uma significativa parte dos custos totais (38%).

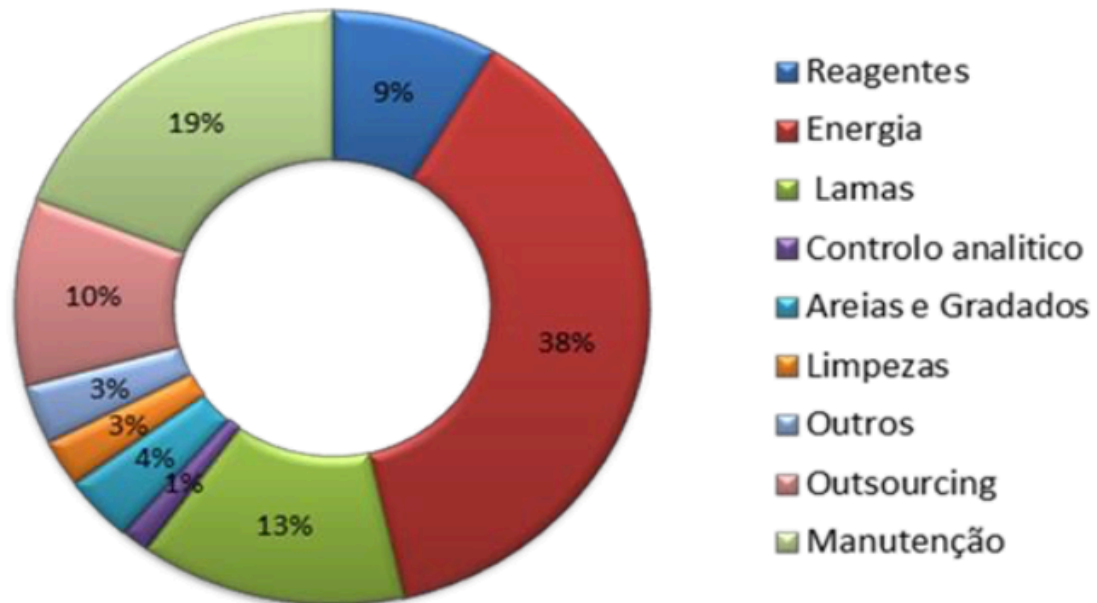


Figura 30 – Perfil de custos diretos Águas Residuais (Fonte (APA, 2014))

Tendo em vista que o consumo de energia elétrica apresenta uma relação direta com as quantidades de água consumidas numa cidade, torna-se evidente o interesse nos programas de conservação de água e de energia. Além do mais, os sistemas de abastecimento não são estanques (ou isolados), o que torna a gestão de perdas de água um assunto estratégico para a sociedade como um todo e, principalmente, para os serviços de saneamento. Portanto, as perdas, as fissuras, os furtos, os desperdícios dos consumidores e a distribuição ineficiente afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. Assim, as medidas para economizar água e energia podem ter um impacto maior se planeadas conjuntamente.

(Tambo 2006) indica que o conteúdo energético médio da água consumida em Tóquio (transporte e tratamento) é de $0,38 \text{ kWh.m}^3$. Para o transporte e tratamento do esgoto são utilizados $0,44 \text{ kWh.m}^3$ adicionais (Tambo, 2006). No Brasil as empresas de saneamento têm



um consumo de energia elétrica nos sistemas de distribuição de água entre 0,33 kW.h.m³ e 1,24 kW-h.m³, isto sem contabilizar as perdas.

Dados recentemente adquiridos em Israel permitem considerar que naquele país o conteúdo energético da água distribuída para os diversos usos se situa entre 1,3 kWh/ m³ e 2,5 kWh/m³.

O consumo da maior central de dessalinização de água do mundo (Ashkelon, Israel) é de 3,6 kWh/m³. (Tambo, 2006) cita que estes últimos valores chegam até 5 kWh/m³.

Segundo (CEC, 2005) a intensidade energética do ciclo de uso da água incluindo o tratamento de águas residuais e de água reciclada, varia de 0,62 kWh/m³ a 9,90 kWh/m³ na Califórnia.

Tabela 8 - Variação da intensidade energética em etapas do ciclo de uso da água na Califórnia (Fonte adaptado (CEC, 2005))

Etapa do ciclo do uso da água	Intervalo de intensidade energética (kWh/m ³)	
	Baixo	Alto
Captação e transporte de água	0	3,70
Tratamento de água	0,03	4,23
Distribuição de água	0,19	0,32
Recolha e tratamento de águas residuais	0,29	1,22
Descarga de águas residuais	0	0,11
Tratamento e distribuição de água reciclada	0,11	0,32

A energia que é necessária para satisfazer as necessidades de tratamento e abastecimento de água potável á população bem como para o tratamento das águas residuais representa uma parte considerável dos gastos totais de energia numa cidade (entre 6% e 18%.) (CEC, 2005). Desta forma, uma redução do consumo de energia nos sistemas de abastecimento e transporte de água, representaria uma redução significativa da factura energética das cidades.

Considerando a necessidade de se adotar práticas de maior racionalidade energética, frente à iminência dos fenómenos das alterações climáticas, instituições como a Agencia Internacional



de Energia (IEA) da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (OECD) alertam para a necessidade de mudança e aplicar tecnologias “sem precedentes em todos os aspetos da produção de energia e no seu uso”. (OCDE/IEA, 2008).

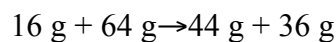
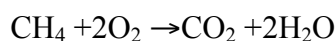
Poucas vezes paramos para pensar na quantidade de energia que pode ser produzida a partir dos esgotos domésticos. As seguir apresenta-se uma estimativa do aproveitamento energético que pode ser obtido através deste considerando dois aspetos principais:

1º - a capacidade de se produzir biogás.

2º - o conteúdo de nutrientes e azoto disponível na urina humana.

A produção de metano, ou biogás (CH_4), pode ser estimada da redução da CQO (carência química de oxigénio) do esgoto num reator anaeróbio. (Chernicharo, 2007)

“Outra forma de se avaliar a produção de metano é a partir da estimativa da degradação de CQO no reator, de acordo com a equação a seguir”:



Isto é, “cada 16 g de CH_4 , produzidos e retirados da fase líquida, correspondem a uma remoção de 64 g de CQO”. (Chernicharo, 2007), (considerando uma eficiência de redução de CQO de 67%, num reator anaeróbio que trate águas residuais com 600 mg.L de CQO, e que produza um efluente com 200 mgL), de cada litro de águas residuais são removidos 0,4 g de CQO. No presente caso considera-se uma eficiência de 100% na redução da CQO (redução teórica máxima).

Considerando a relação CH_4 / CQO referida, pode-se dizer que essa redução de 0,4 g de CQO corresponde a uma retirada de 0,1 g de CH_4 . Logo, num tratamento anaeróbio convencional, podem-se retirar 0,1 g de CH_4 de cada litro de esgoto.

Se uma pessoa produzir diariamente 120L de águas residuais, isso corresponderia á geração de 12 g de CH_4 .



Alternativamente, (Von Sperling, 2006), considerou que o esgoto doméstico contém, em média, 0,054 kg de CBO.pessoa.dia (para uma CBO de 300mg.L) e 0,11 kg de CQO.pessoa.dia (para uma CQO de 600mg.L), Se uma pessoa produz 110 g de CQO por dia (Von Sperling, 2006) e destes são retirados 67%, tem-se que 73,7 g de CQO são removidos na produção de $73,7 / 4 = 18,4$ g de CH₄. (este cálculo considera uma produção per capita de esgotos de 180 L.d).

A energia liberada na combustão completa do metano produzido é de 889,5 KJ por mol, ou seja, $889,5/16 = 55,6$ kJ/g de CH₄.

Desta forma, o metano produzido na digestão anaeróbia do esgoto doméstico, permitiria gerar $55,6 \times 18,4 = 1023$ kJ de energia por pessoa por dia. Se 1 kWh=3600 kJ, isto equivale a 284,3 wh.pessoa.dia (considerando 100% de aproveitamento energético na combustão do mesmo). Ou seja, corresponde a uma produção anual de 103,8 kWh por pessoa.

Outro valor energético que normalmente passa despercebido e, portanto, perdido nos sistemas de saneamento, é o conteúdo de nutrientes nele contido e não aproveitado. O azoto contido na urina produzida por uma pessoa durante um ano quase equivale à quantidade desse elemento necessária para se produzir 230 quilos de cereais (Drangert, 1998). É óbvio que isto depende muito das necessidades de nutrientes de cada cultura.

No ciclo urbano da água, o azoto dos esgotos é descarregado nos corpos receptores, onde provoca eutrofização ou passa por um processo de remoção em que consome grandes quantidades de energia. A produção de fertilizantes azotados, necessária para reposição do que foi extraído do solo, é feita através do azoto molecular atmosférico pelo processo Haber-Bosch que também implica um elevado uso de energia.

Atualmente, a síntese de amónia produzida pela indústria química para a fabricação de ureia utilizada como fertilizante agrícola, consome algo perto de 13,3 kW.h por kg de azoto (OECD/IEA, 2008).



Se admitirmos que uma pessoa produz 500 litros de urina anualmente e que esta quantidade de urina contem cerca de 5,6 kg de azoto (Drangert, 1998), pode afirmar-se que, caso fosse possível o seu total aproveitamento, seriam economizados (5,6kg x 13,3 kWh.kg) 74,5 kWh.ano de energia por pessoa.

Quer isto dizer que, se ao conteúdo energético utilizado para se produzir uma quantidade de azoto equivalente ao presente na urina expelida por uma pessoa, (74,5 kWh.ano) fosse adicionada a energia que poderia ser teoricamente aproveitada da digestão anaeróbia dos esgotos por ela produzida (103,8 kWh.ano), se obteria 178,3,kWh. ano por pessoa.

Se considerarmos que os sistemas de abastecimento de água consomem uma média de 0,8kWh/m³ de água tratada, e que uma pessoa que gasta 200L de água por dia, ao fim de um ano terá gasto 73m³ de água, concluímos que serão necessários 58,4 kW.h para levar essa água ao utilizador final.

Observa-se então que a energia associada ao nitrogénio presente na urina adicionada à energia produzida a partir da combustão do biogás dos esgotos de uma pessoa, representa mais de três vezes a energia despendida para abastece-la com água potável. Mesmo considerando que estes valores não incluem as ineficiências relativas á operação dos sistemas necessários para o aproveitamento desta energia, os valores apresentados podem ser considerados expressivos.

A sustentabilidade não é possível sem que haja a operação dos recursos segundo ciclos fechados. Por isso, para o uso saneamento sustentável, é fundamental o fecho do ciclo dos nutrientes de forma controlada, ambiental e sanitariamente adequada, o que depende de uma correta segregação, armazenamento, tratamento e aplicação das excreções.

A produção de 230 kg de cereais requer 7,5 kg de NPK (Azoto, Fósforo, Potássio) são denominados de macronutrientes por serem os principais nutrientes indispensáveis ao desenvolvimento das plantas; isto é praticamente igual ao conteúdo da urina em termos desses elementos (Drangert, 1998). Mais de 90% desses nutrientes são encontrados na urina como se mostra na tabela seguinte.



Tabela 9 - Fonte (Drangert, 1998)

Nutrientes	Urina 500L/ano	Fezes 50L/ano	Total	Necessário para 230kg de cereais
Azoto	5,6	0,09	5,7	5,6
Fósforo	0,4	0,19	0,6	0,7
Potássio	1	0,17	1,2	1,2
Total (NPK)	7Kg	0,45Kg	7,5Kg	7,5Kg

No ciclo urbano da água, o azoto presente dos esgotos é lançado nos corpos receptores, onde provoca eutrofização ou passa por um processo de remoção que consome elevadas quantidades de energia. A produção de fertilizantes azotados, necessária para a reposição do que foi extraído do solo, é feita através do azoto molecular atmosférico, e também consome quantidades elevadas de energia, conforme citado no item anterior.

O fósforo é um recurso limitado, não ocorre na forma gasosa, exceto em alguns compostos artificiais. Enquanto outros elementos estão presentes no corpo humano em concentrações muito inferiores às que ocorrem na crosta terrestre, o fósforo concentra-se numa proporção dez vezes superior nos tecidos animais e vegetais, em moléculas estratégicas para as funções biológicas como ATP e DNA. A falta deste nutriente limita a capacidade dos organismos

utilizarem outros recursos, tais como energia solar e a água, ainda que estes existam em grande abundância. Nos solos agrícolas a reposição do fósforo ocorre mediante a exploração de reservas fósseis e, se mantida a taxa de utilização atual, estima-se que as referidas reservas devam durar de 60 a 130 anos (Van Der Vleuten-Balkema, 2003).

A urina é responsável por cerca de 80% do azoto dos esgotos e por cerca de apenas 0,7% de seu volume (Drangert, 1998) (Otterpohl, Braun, & Oldenburg, 2003). Quanto ao fósforo, as principais fontes no esgoto doméstico são: urina, fezes e detergentes (Van Der Vleuten-Balkema, 2003); (Otterpohl, Braun, & Oldenburg, 2003). Os nutrientes, transformados em resíduos, devem ser reconvertidos em recurso para o fechamento do ciclo.





3. METODOLOGIA

Tendo como base os dados contidos nas tabelas The World's Water - Freshwater Withdrawal by Country and Sector 2013, (World Water, 2013) será feita uma análise mais detalhada e um estudo mais aprofundado sobre os consumos diários per capita de 167 países onde iremos verificar quais os maiores e menores consumidores de água á escala global, a água doce disponível e utilizada, a distribuição da população bem como as regiões mais problemáticas e ainda uma distinção entre os usos domésticos e industriais nas zonas urbanas.

Será proposto um indicador de consumos de água por habitante baseado nos consumos dos diversos países analisados. Este indicador será composto por cinco categorias de consumo sendo para isso estimados os volumes de consumos urbanos (domésticos e industriais) per capita e definidos dois valores mínimos e dois máximos como vamos ver a seguir.

Podemos definir então alguns extremos no que ao consumo de água diz respeito.

- **min1**- refere-se á quantidade mínima necessária para satisfazer as necessidades mais básicas do ser humano. A Organização Mundial de saúde recomenda pelo menos 20 litros por pessoa por dia para satisfazer as necessidades mais básicas. (UNESCO, 2006). (WHO, 2005)

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda como valor mínimo de água para satisfação das necessidades básicas individuais (beber, cozinhar e higiene elementar) 20 a 50 litros diários. (WHO, 2005) (UN, 2005). Para este mínimo será adoptado o valor de 20 L.

- **min 2** – diz respeito as quantidades de água mínimas necessárias para um individuo viver com dignidade, incluindo, além dos usos para higiene e bebida, o consumo necessário para cozinhar e lavar os alimentos, 50 litros/pessoa por dia serão suficientes para suprir as necessidades básicas de higiene pessoal e higiene dos alimentos. A OMS acrescenta ainda que os 50 litros diários representam a quantidade mínima recomendada para áreas com características urbanas, considerando o acesso ótimo



entre os 100 e os 200 litros de água por dia por pessoa. (WHO, 2005) (UN, 2005)

- **Max1** – em relação aos consumos máximos, não foram encontradas quaisquer recomendações a esse nível de nenhuma organização que pudesse ser credível, e uma vez que é muito difícil estipular um consumo máximo devido a heterogeneidade dos usos que damos á água para os diferentes fins em determinada zona urbana, bacia hidrográfica, país ou região, definimos Max1 como sendo a mediana do consumo médio diário de um habitante de cada um dos 167 países analisados, isto é, fazendo a mediana dos consumos per capita de 167 países. (265L)
- **Max2** – para definimos este valor, tomamos como base o consumo de um habitante de uma grande cidade de um país desenvolvido, com bons recursos económicos que para além das necessidades básicas de higiene e alimentação utilizam outros equipamentos grandes consumidores de água como piscinas, saunas, jacúzi e grandes áreas de espaços verdes. Conta ainda com a água relativa ao uso industrial. Este valor foi obtido através do cálculo da mediana referente à terça parte dos países que mais água consomem para fins urbanos., ou seja a mediana dos 56 países maiores consumidores de água nas designadas zonas urbanas (863L).

De seguida será feita uma comparação e classificação de alguns países segundo a escala definida onde se aprofundará os países do continente europeu e os seus principais usos relativos a água, realizando um estudo comparativo do uso, da população e produtividade da água dos países da UE.

Será abordado, ainda que de forma superficial, o tema do uso de água para a produção de energia e do consumo de energia para abastecimento e tratamento de água utilizando como caso exemplo a Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça.

Por fim será realizado um pequeno estudo da potencialidade de aproveitamento de biogás e nutrientes NPK através das águas residuais urbanas, tomando como exemplo a RH2.

A base de dados utilizada como base deste trabalho (World Water, 2013) foram as tabelas The World's Water.



Os dados sobre o uso da água por regiões e por diferentes sectores económicos são dos mais procurados na área dos recursos hídricos, contudo, estes dados são por vezes os menos fiáveis e mais inconsistentes de toda a informações sobre Recursos Hídricos disponível. Estas tabelas incluem os dados disponíveis do total de água doce captado por país em Km^3/ano e $\text{m}^3/\text{pessoa/ano}$, utilizando a população nacional estimada a partir de 2010. A tabela também apresenta a repartição do uso da água pelos sectores municipais, agrícolas e industriais, tanto em percentagem do total de uso da água como de $\text{m}^3/\text{pessoa/ano}$. Note-se que os usos "municipais" foram anteriormente chamados "domésticos" e agora, muitas vezes, incluem algumas estimativas de uso comercial e institucional na categoria única.

O volume de água captada normalmente refere-se a água retirada de uma fonte para uso, não se referindo à água "consumida" durante o uso. O sector doméstico inclui tipicamente usos domésticos e uso de municípios, bem como o uso da água comercial e edifícios governamentais. O sector industrial inclui água utilizada para o arrefecimento de reatores e produção industrial. O sector agrícola inclui água para irrigação e pecuária mas ficará de fora do objectivo deste estudo.

Devemos ter cuidado na utilização destes dados uma vez que foram recolhidos usando uma grande variedade de fontes, com alguns padrões formais. Como resultado, estas tabelas incluem dados que são realmente medidos, calculados e modelados usando diferentes pressupostos, ou derivado de outros dados.

Outra importante limitação destes dados é que eles não incluem o uso de precipitação na agricultura - que é muitas vezes referida como "água verde" quando nos referimos a pegada hídrica.

Muitos países usam uma significativa fração da chuva que cai no seu território para a produção agrícola, mas este uso da água não é nem medido nem faz parte deste conjunto de dados com precisão. Seria desejável que houvesse um compromisso de avaliação sistemática dos dados de usos de água quer a nível nacional como internacional para colectar e padronizar essas informações.





4. RESULTADOS

4.1. Distribuição dos Recursos Hídricos e da População

Tendo por base as tabelas “The World’s Water - Freshwater Withdrawal by Country and Sector 2013” (WorldWater 2013) obtivemos uma média do uso de água per capita nos diferentes continentes apresentada a seguir.

	População (Milhões)	Consumo Total (L/hab.dia)
África	1031,222	489
América do Norte e Central	541,043	1162
América do Sul	392,97	2361
Ásia	4142,99	1998
Europa	731,59	1212
Oceânia	35,19	2343

Tabela 10 - População e uso total de água por Continente

Consumo Total per capita L/hab.dia

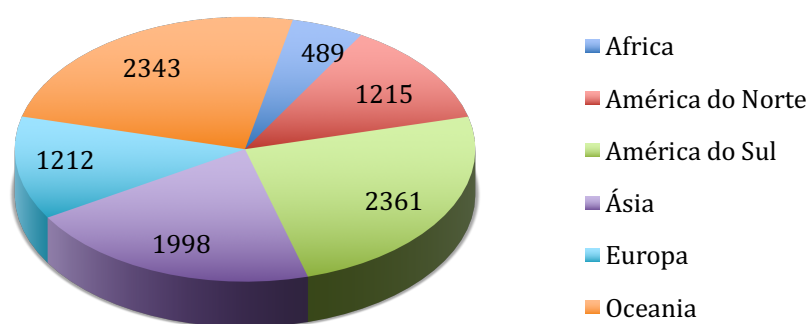


Figura 31 Consumo médio per capita incluindo agricultura por continente.



Considerando agora o uso relativo apenas a zonas urbanas, isto é, o uso doméstico/municipal e o uso industrial, verificamos que os consumos se distribuem da seguinte forma.

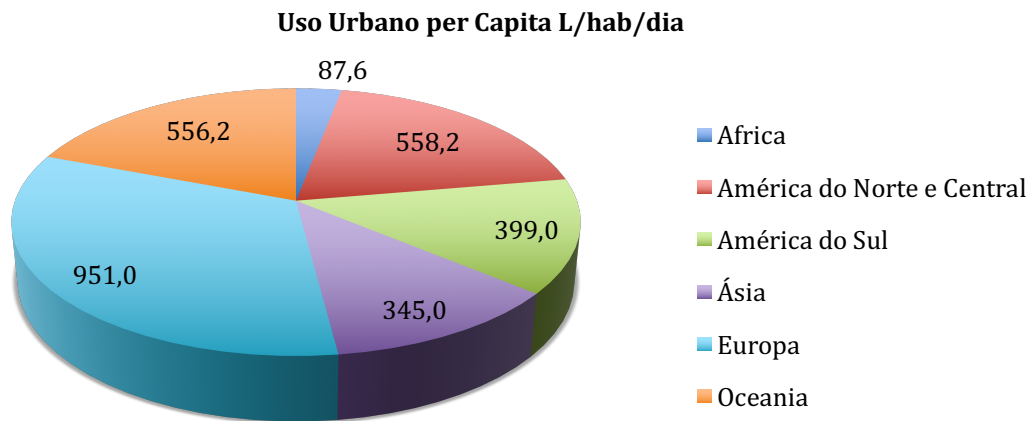


Figura 32 – Uso Urbano de água per capita por região.

Como podemos verificar, quando falamos de consumos globais per capita por continente, a América do Sul aparece em primeiro lugar, logo seguido da Oceânia, ambos com um consumo per capita superior a 2300L. Mas se olharmos apenas para os consumos urbanos, isto é, se não contabilizarmos a água utilizada no sector agrícola, verificamos que o panorama se altera completamente. Cada europeu, consome em média 951L de água por dia sendo os maiores utilizadores considerando o uso total urbano, cerca de 42% a mais, de água utilizada quando comparado com os habitantes da América do norte e central ou australianos, e mais 91% quando comparado com um habitante do continente africano.

Estes valores mostram claramente que as regiões mais desenvolvidas são as que utilizam mais água para as suas tarefas urbanas, enquanto que as regiões de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento têm um grande consumo de água associado ao sector agrícola.

No entanto, uma vez que estes consumos são por cada habitante, e visto que a distribuição da população no planeta não é uniforme, o facto de uma região apresentar um consumo per



capita elevado, não significa obrigatoriamente que essa região esteja em risco de seca ou stress hídrico.

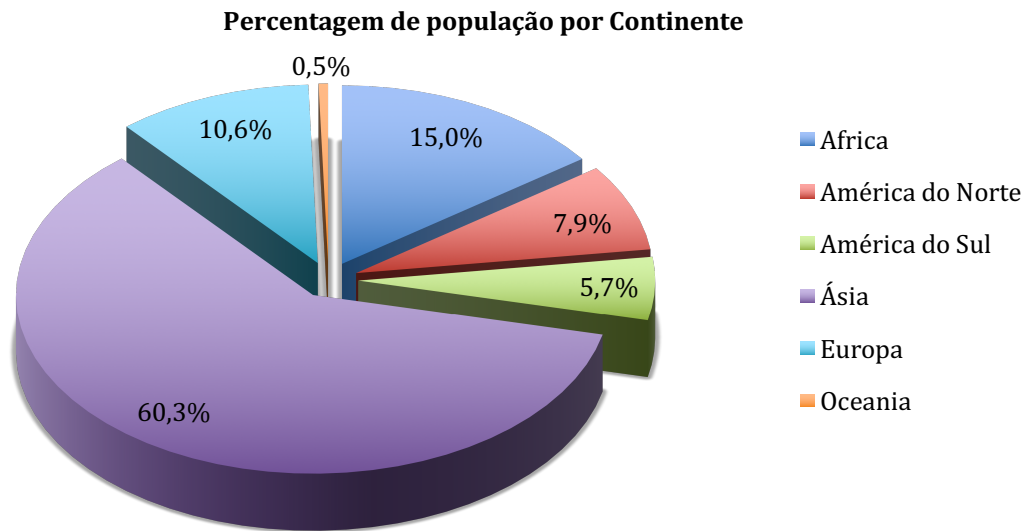


Figura 33– Percentagem de população por continente

Assim, o continente Asiático é de longe o mais populoso. Cerca de 60% da população mundial habita nesta zona do planeta o que provoca grandes pressões nos sistemas hídricos devido á elevada quantidade de água que é extraída das fontes naturais. Na figura seguinte está representado a quantidade de água doce disponível em cada continente.



% de Água Doce disponível por continente

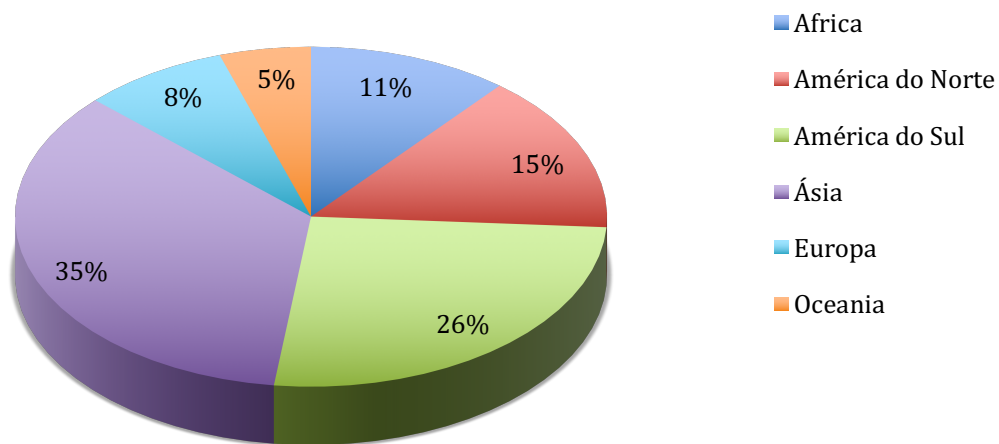


Figura 34 – Distribuição de água doce por Continente

Verificamos assim que o continente asiático, apesar de possuir 35% dos recursos de água doce, tem 60% da população mundial o que faz com que esta zona, seja uma zona onde exista um enorme uso de água, com tendência a aumentar com a previsão do aumento do crescimento da população em países como a Índia e a China.

Para ilustrar melhor e dar a entender as quantidades de água que estamos a tratar, vemos na imagem a seguir, Figura 34, a relação entre o recurso “água doce disponível” por região/continente e a quantidade que é retirada para satisfazer todas as necessidades de consumo pela população (usos agrícolas incluídos).



Água disponível vs Água utilizada

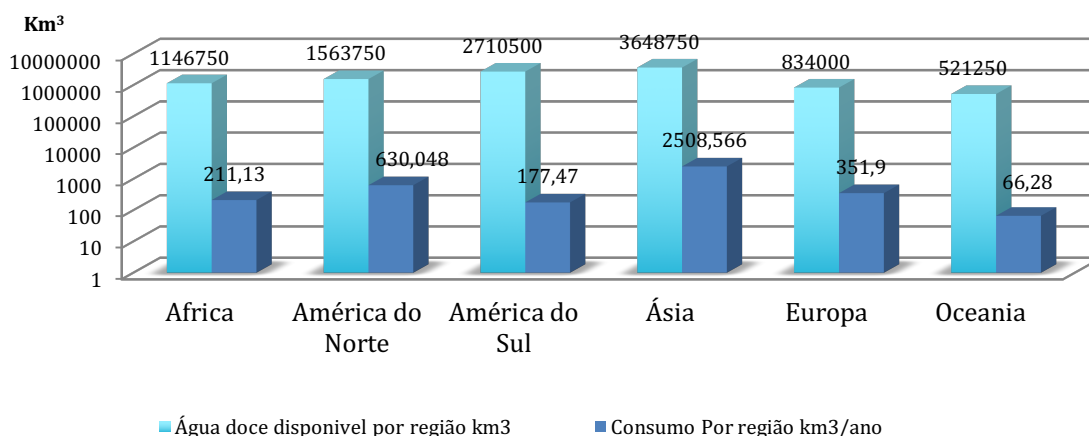


Figura 35 – Comparação entre o volume de água disponível e o volume de água consumido por continente.

Apesar de a água doce representar apenas 2,5% de toda a água existente no planeta, e de apenas uma pequena parte desta, cerca de 0,26% está acessível ao ser humano nos rios e lagos, olhando para o gráfico acima, verificamos que os recursos de água doce são muito superiores à quantidade de água que é retirada em cada um dos sistemas hídricos dos continentes, o que nos leva a admitir que a grande lacuna na disponibilidade de água quase nada tem a ver com escassez, isto é, com falta de água no sentido estrito do termo. Um exemplo é a Indonésia, um dos seis países com maior disponibilidade de água no mundo, onde o volume disponível é superior a 13 mil metros cúbicos de água por pessoa. No entanto, um quarto da população não tem acesso à água potável.

Segundo a ONU, a poluição é hoje a principal causa da redução dos volumes de água doce adequada para o consumo, com sérios impactos na qualidade de vida das pessoas, na saúde, no investimento público, no custo da água para a população e no meio ambiente. Resíduos industriais e esgotos domésticos sem tratamento são as principais causas da poluição de reservas de água.

Posto isto podemos verificar que a discrepância no acesso a água em diferentes zonas do planeta é abismal havendo uma grande heterogeneidade de consumos per capita em diferentes países e regiões do planeta.



4.2. Definição dos Consumos Máximos e mínimos em zonas urbanas

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) sugerem um requisito mínimo de 20 litros por dia proveniente de uma fonte situada até 1 quilómetro do lar. Esta quantidade é considerada suficiente para beber e garantir a higiene pessoal da família. Abaixo deste nível, considera-se que as pessoas estão limitadas na sua capacidade de manter o seu bem-estar físico e a dignidade inerente à higiene pessoal. Se atendermos a outros factores tais como tomar banho ou lavar a roupa, as necessidades fariam aumentar o requisito mínimo por pessoa para cerca de 50 litros diários sendo o recomendado cerca de 110L. (UNESCO, 2006)

Com o objetivo de tornar mais perceptível a quantidade de água usada por cada habitante em cada região do planeta, vamos tentar definir e categorizar um consumo mínimo e máximo de água por habitante que é um dos objetivos desta dissertação.

Na Tabela 11 estão representados os valores máximos e mínimos definidos e a sua correspondência com a categorização do uso de água em “muito baixo”, “baixo”, ”razoável”, ”alto” e “muito alto”.

Tabela 11 Definição de consumos máximos e mínimos em zonas urbanas

Limites	Uso (L/hab.dia)	Classificação
min1	$0 < U < 20 \text{ L}$	Muito baixo
min2	$20 \text{ L} < U < 50 \text{ L}$	Baixo
Máx1	$50 \text{ L} < U < 265 \text{ L}$	Razoável
Máx2	$265 \text{ L} < U < 863 \text{ L}$	Alto
	$U > 863 \text{ L}$	Muito Alto



4.3. Os Maiores e menores Consumidores de Água à Escala Global

Vamos de seguida comparar os valores urbanos per capita de cada país com os valores máximos e mínimos acima definidos.

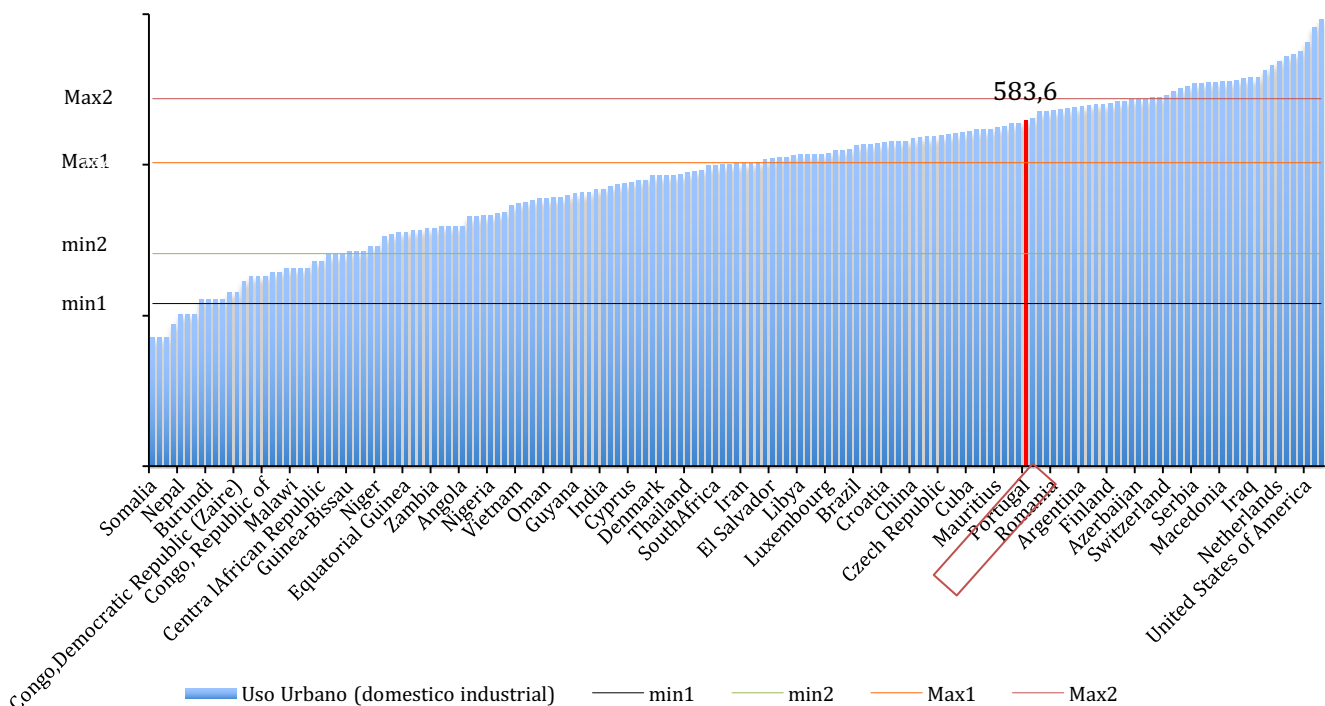


Figura 36 – Indicador de usos de água

De uma análise de 168 países, constatámos que em 7 deles, a água acessível à população para satisfazer os usos urbanos está abaixo dos 20 Litros por pessoa por dia. Isto significa que nesses países, a água utilizada para fins domésticos/municipais e industriais não atinge o mínimo recomendado pela ONU para a satisfação das necessidades de higiene mais básicas. Nestes países o abastecimento público de água é praticamente inexistente.

Como podemos ver a seguir na Tabela 12, todos estes 7 países são subdesenvolvidos, seis deles situam-se no continente africano e outro no continente asiático, o Nepal.



Tabela 12 – Países com menores Usos urbanos de água (<min1)

País	Usos Urbanos (L/hab.dia)
Somália	11
Etiópia	11
Cabo Verde	11
Ruanda	13,7
Nepal	16,4
Eritreia	16,4
Uganda	16,4

No lado oposto, na Figura 36, podemos verificar que os países com maior uso de água em zonas urbanas são países mais desenvolvidos, aos quais se associa um maior desenvolvimento industrial bem como melhores condições das populações e logo um uso e consumo maior de água nas zonas urbanizadas. Portugal encontra-se na 40^a posição no ranking dos maiores utilizadores com cerca de 586,3 Litros per capita sendo que os líderes são o Canadá, os Estados Unidos e a Austrália.

A figura 33 mostra ainda que, em 27 dos 168 países analisados, se utiliza mais água per capita do que o valor Max2 definido anteriormente, ou seja, 16% dos países têm um consumo considerado muito elevado.

Tabela 13 – Países com maiores usos urbanos (>Max2)

País	Usos Urbanos (L/hab.dia)
Estónia	3682
Canadá	3213
Estados Unidos da América	2443
Austrália	2057
Lituânia	1962
Bulgária	1871
Holanda	1726

O elevado consumo que a Estónia apresenta, deve-se sobretudo ao elevado uso de água na produção de energia e arrefecimento, associada ao sector industrial e ainda ao facto de ter



uma população de apenas 1,34 milhões de habitantes, o que faz com que o consumo per capita seja assim tão elevado.

Analisando os dados obtidos, procedeu-se a uma divisão dos países por categoria da água consumida per capita em zonas urbanas.

Tabela 14 – Classificação do consumo de água por categoria

Nº de Países	Consumo Urbano L/hab.dia	Classificação do consumo
7	<20	Muito baixo
21	20-50	Baixo
56	50-265	Razoável
56	265-863	Elevado
27	>863	Muito elevado

Percentagem de países por tipo de consumo

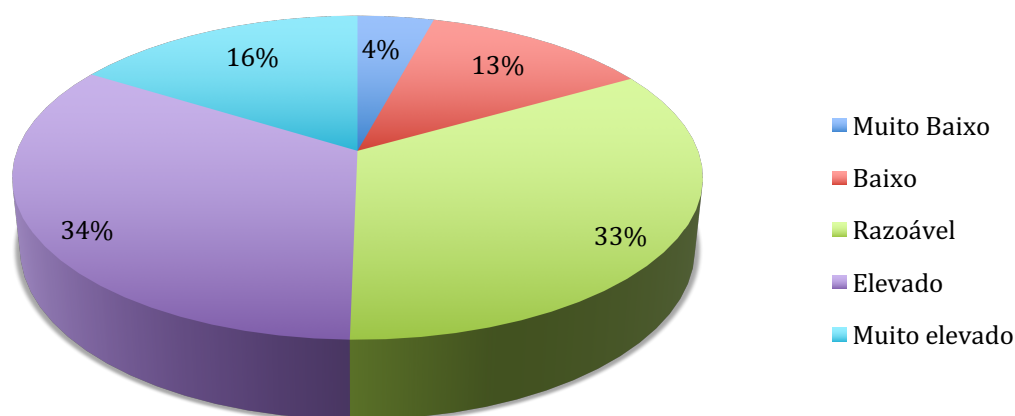


Figura 37 – Classificação de consumos por percentagem de nações.

Pela visualização da Figura 37 é possível perceber que a percentagem de países com consumo elevado e muito elevado é de 50% enquanto que os países com consumos baixos e muito baixos se fixa nos 17% e 33% dos países com um consumo razoável.



Os países mais desenvolvidos são geralmente os que consomem mais água nas zonas urbanas, devido ao aumento da população, e as suas melhores condições e estilos de vida que exigem um uso intensivo da água para os mais diversos fins, assim, quanto maior for uma população urbana, maior será o consumo doméstico, pois existem mais habitações, mais comércio, mais serviços, restaurantes, hotéis, mais parques e espaços verdes que é necessário regar, mais indústria e mais perdas existem nos sistemas de distribuição de água.

4.4. Comparação dos usos de água na Europa

Partindo deste pressuposto, vamos focar-nos nos países mais desenvolvidos como é o caso dos países do continente Europeu e Norte Americano pois é nestes que se utilizam maiores quantidades de água para uso urbano, pois as populações tem melhores condições e mais fácil acesso a este recurso.

O crescimento da população urbana na Europa e nos Estados Unidos tem vindo a crescer ao longo das ultimas décadas como podemos ver pelo gráfico da figura seguinte, que compara a evolução da percentagem da população que habita nas zonas urbana nos Estados Unidos, na Europa e em Portugal entre 1990 e 2015.

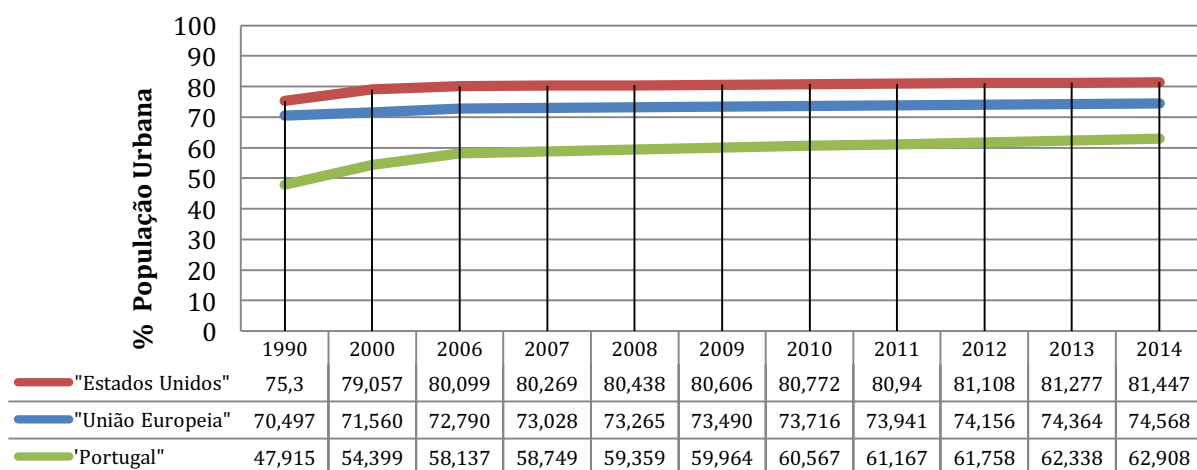


Figura 38 - % de População Urbana nos EU na UE e em PT



Entre 1990 e 2014, a população urbana nos Estados Unidos aumentou 6,1% enquanto que na União Europeia e em Portugal aumentou 4% e 15% respetivamente.

Se olharmos para a taxa de crescimento urbano, verificamos que o maior aumento se deu na ultima década do século XX, tendo o crescimento vindo a diminuir a partir daí como podemos ver na Figura 39.

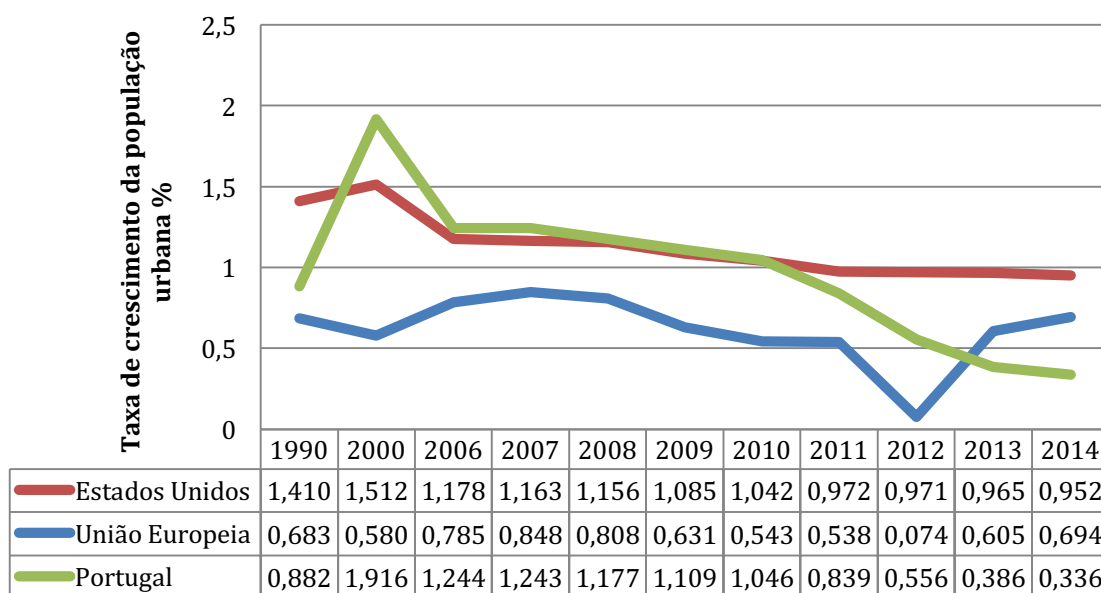


Figura 39 – Taxa Anual de Crescimento Urbano.

O crescimento da população urbana nestes países tem tendência a estabilizar, tendo a sua taxa de crescimento anual vindo a diminuir ao longo da ultima década, mas ainda com crescimento positivo.

A partir do ano 2008 verifica-se uma considerável redução do crescimento urbano principalmente na UE e em Portugal que terá tido origem na crise económica de 2008 que levou a perda de rendimentos provocando assim um abrandamento na deslocação das populações que se mobilizavam para zonas urbanas, devido á falta de condições económicas e ao aumento da taxa de desemprego.



A seguir podemos ver uma projeção da quantidade de água utilizada para fins domésticos industriais e energéticos em diferentes grupos de países para o ano 2050

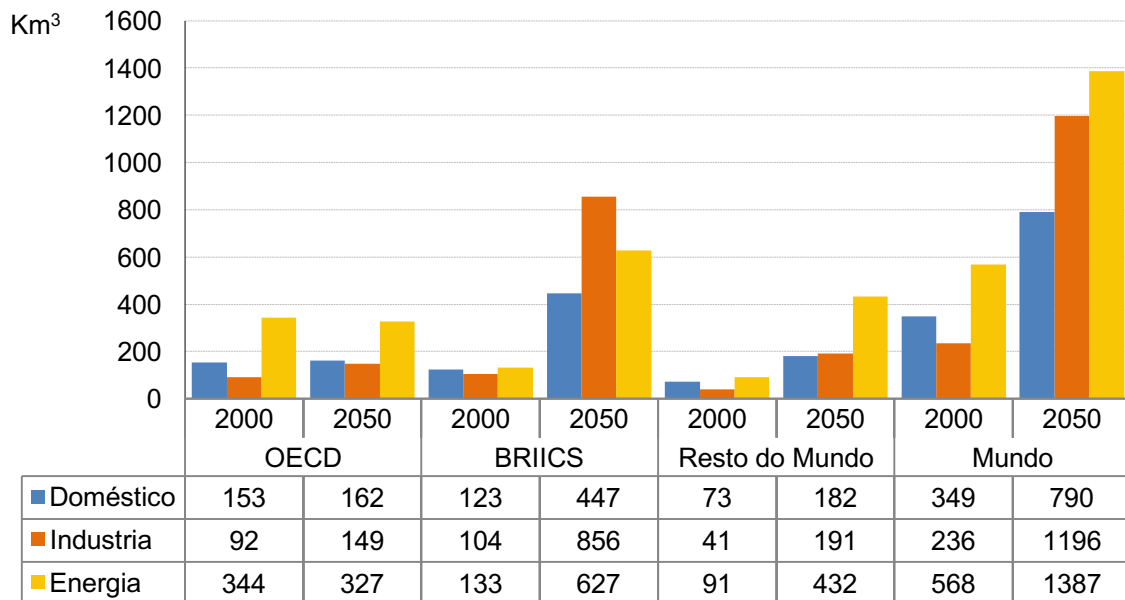


Figura 40 – Extração global de água cenário base 2000 e 2050. (adaptado (OECD, 2012))

Prevê-se que para os países da OCDE, a água captada para o sector doméstico e municipal aumente ligeiramente devido ao aumento da população urbana e ainda ao uso de novas tecnologias que permitirão poupar eficazmente a água nas nossas habitações.

Relativamente ao sector industrial, verificamos que aqui existe um aumento considerável devido ao aparecimento e proliferação de novas indústrias com diversos usos de águas. Haverá mais gente nas cidades a adquirir mais produtos que necessitarão de ser produzidos em maiores quantidades levando também ao aumento do consumo de água na indústria.

No sector energético é onde se espera verificar uma redução do uso da água, devido à maior utilização de fontes de energia renováveis que não utilizem água diretamente na produção de energia como a energia solar fotovoltaica, eólica, das ondas ou marés, geotérmica, estes serão os factores chave para alcançar um futuro sustentável para a água.



Aumentar a eficiência dos recursos, reduzir as perdas e a poluição, alteração de hábitos de consumo e a escolha de tecnologia apropriada são os principais desafios que a Europa e a América do Norte terão de enfrentar, conciliando diferentes usos de água ao nível de bacias hidrográficas e desenvolvendo políticas coerentes do seu uso a nível nacional e além fronteiras serão as prioridades nos próximos anos.

A classificação dos países europeus em relação aos seus consumos urbanos per capita, conforme definido anteriormente é apresentada de seguida.

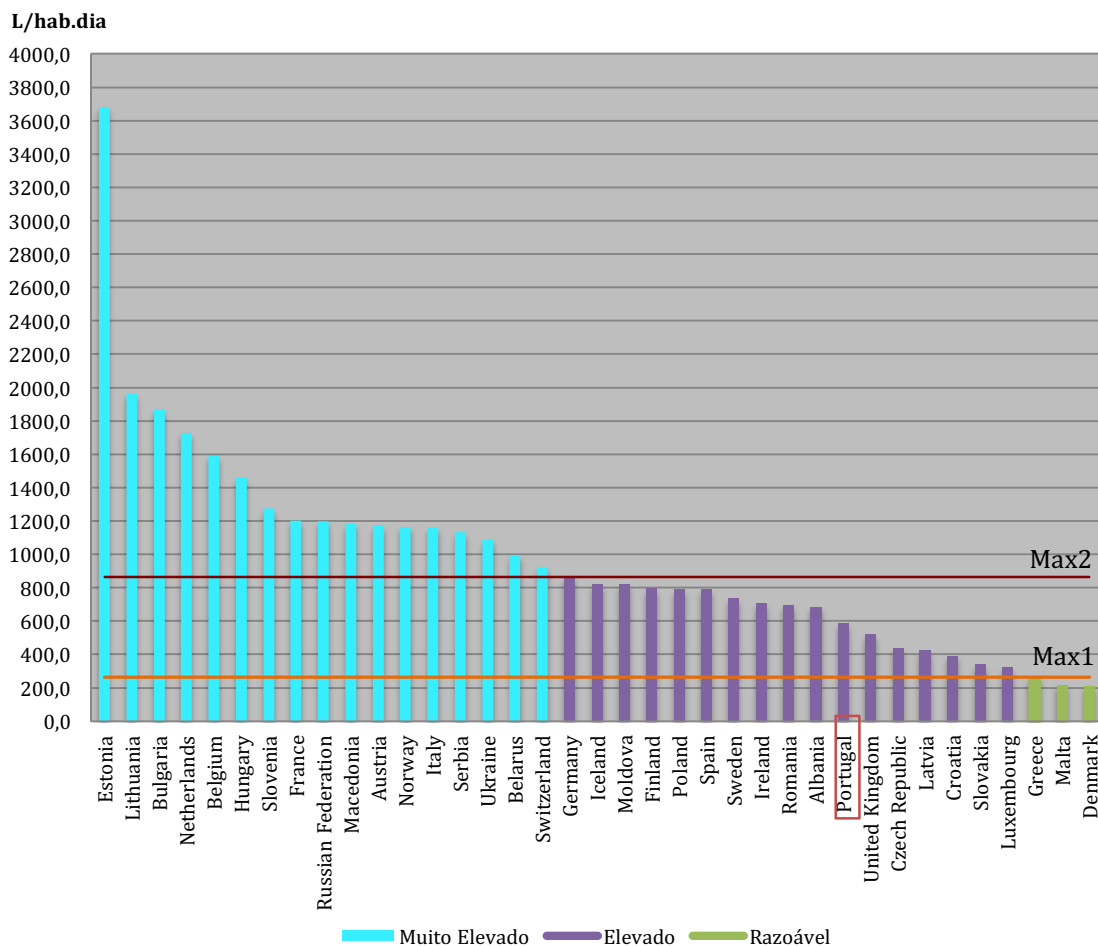


Figura 41 - Caracterização do consumo urbano a nível Europeu

É notório que os padrões de uso de água dos países Europeus são excessivos quando comparados com o resto do mundo. Apenas Grécia, Malta e Dinamarca apresentam consumos razoáveis, isto é, abaixo dos 265L/hab.dia. Todos os outros países apresentam consumos



elevados ou muito elevados, sendo que a Estónia é líder no que ao desperdício de água diz respeito com uns expressivos e excessivos 3.682 L/hab.dia.. No entanto, este elevado consumo per capita, deve-se à pequena população (1,34 milhões) e ao elevado uso de água para a produção de energia.

Na figura seguinte estão representados os usos domésticos e os usos industriais, nos quais estão incluídos os usos da água para a produção de energia.

L/hab.dia

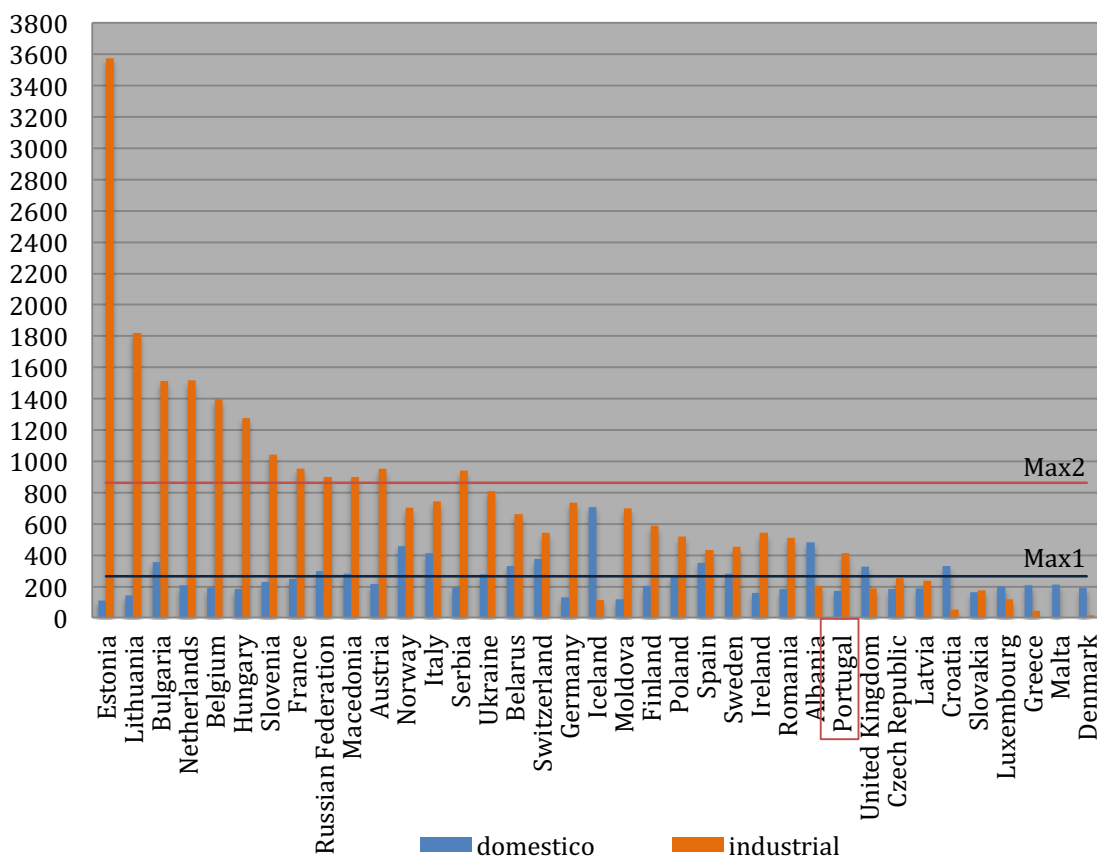


Figura 42 – Usos Domésticos e Industriais na Europa

Destes dados, podemos concluir que para os usos domésticos, cada habitante Europeu gasta em média, entre 210 e 260L de água por dia, enquanto que para a industria se consomem em média entre 570 a 640 L por habitante. Se para os usos domésticos os valores per capita variam entre 109L na Estónia e 706L na Islândia, para os usos industriais a diferença é ainda maior com 16L no Luxemburgo e 3572 na Estónia.



4.4.1. Os Usos Industriais de água na Europa

O uso de água na Europa é liderado pelo sector industrial como vimos anteriormente. No entanto, este sector tem vindo a diminuir a sua utilização de água. Isto deve-se em primeira mão aos melhoramentos tecnológicos nos equipamentos utilizadores de água. O aumento da reciclagem a par da reutilização de água, têm também contribuído, para tal declínio. Na Europa de Leste, as extracções de água parecem ter diminuído devido a um sério declínio da atividade industrial em todos os sectores.

Geralmente, os mecanismos de fixação de preços, têm sido utilizados amplamente para encorajar a eficiência do uso da água junto do sector industrial. As empresas adoptam tecnologias de poupança de água para puderem ver os seus custos ser reduzidos. Também os custos/taxas/multas pelas descargas de águas contaminadas na rede de esgotos e nos corpos de água são um importante incentivo para as indústrias melhorarem os processos tecnológicos e reduzirem a quantidade de água utilizada e descarregada, ou pelo menos seria desejável que assim fosse uma vez que continuamos a ver descargas de pequenas e grandes indústrias a poluírem cursos de água. As previsões de uso industrial de água na Europa mostram geralmente, uma tendência de diminuição devido ao aumento da eficiência nos processos industriais, maior reutilização da água e declínio das indústrias intensivas no uso de recursos na Europa.

Assim, a evolução da extração de água para a industria na Europa desde os inícios da década de 1990 é apresentada de seguida.

Tabela 15 – Evolução da extração de água no sector industrial na Europa (Fonte (EEA, 2010)).

	Industria 1990	Industria 2007	Redução
	Inicio 1990's	2002-2007	1990-2007
Europa Leste	12537,5hm ³	2276,1 hm ³	82%
Europa Ocidental	17306,5 hm ³	15585,1 hm ³	10%
Europa Sul	6719 hm ³	4119,15 hm ³	39%
Europa	36563 hm ³	21980,35 hm ³	40%

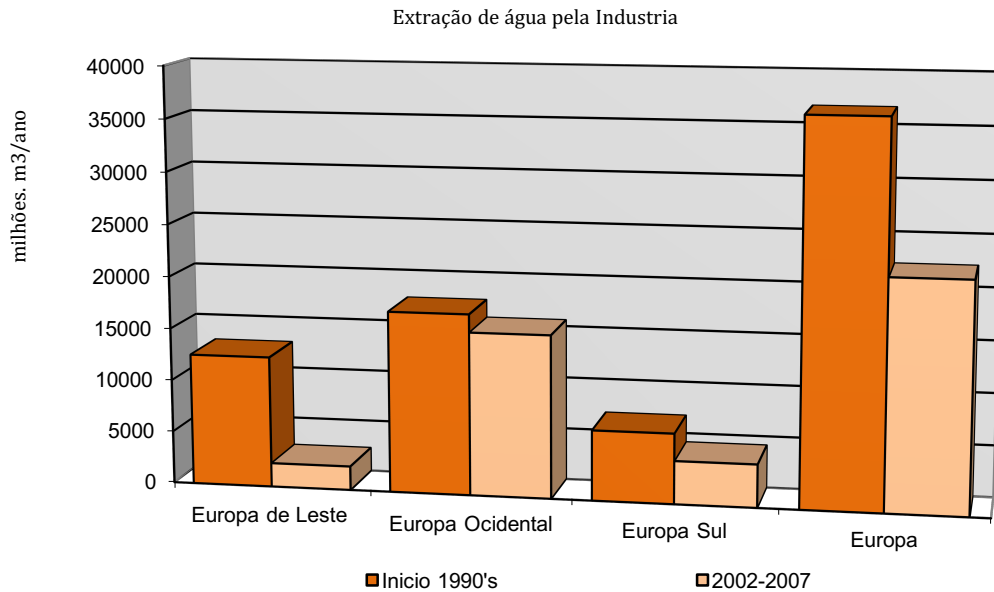


Figura 43 –Água utilizada na industria Europeia

4.4.2. Os usos Energéticos de água na Europa

Por outro lado, a água extraída para produção de energia representa cerca de 30 % de todos os usos na Europa. Os países do centro ocidental e norte ocidental são os maiores utilizadores de água para produção de energia na industria; em particular a Estónia, Bélgica e Alemanha onde mais de metade da totalidade de água extraída é usada para produção de energia .

Em termos gerais, a maior parte da água extraída pelas industrias é utilizada para arrefecimento. Contudo, esta água, é geralmente devolvida ao meio receptor com um aumento da temperatura e alguma contaminação possível por biocidas o que provoca problemas na qualidade da água afectando ecossistemas devido ao aumento de temperatura e consequente diminuição dos valores de oxigénio.

A água usada para fins energéticos na industria Europeia é quantificada na tabela seguinte.



Tabela 16 – Evolução da extração de água para fins energéticos. Fonte (EEA, 2010)

	Energia 1990	Energia 2007	Redução
	Início 1990's	2002-2007	1990-2007
Europa de Leste	21294,30 hm ³	20562 hm ³	3,44%
Europa Ocidental	44820,30 hm ³	37029,10 hm ³	17,38%
Europa Sul	26902,30 hm ³	25697,60 hm ³	4,48%
Europa	93016,90 hm ³	83288,70 hm ³	10,46%

Destes dados podemos verificar que desde a última década do século XX os usos de água para fins energéticos no sector industrial têm vindo a diminuir no continente Europeu. Os países da Europa Ocidental apresentaram uma redução de 17,38% do uso de água para energia que pode dever-se a dois fatores. Por um lado, a diminuição da intensidade do uso de água necessária à produção de energia nas unidades industriais com o aumento de fontes de energia renováveis não hídricas como eólica e solar fotovoltaica, por outro, a diminuição das indústrias com uso intensivo de recursos.



Extração de água na Europa para arrefecimento

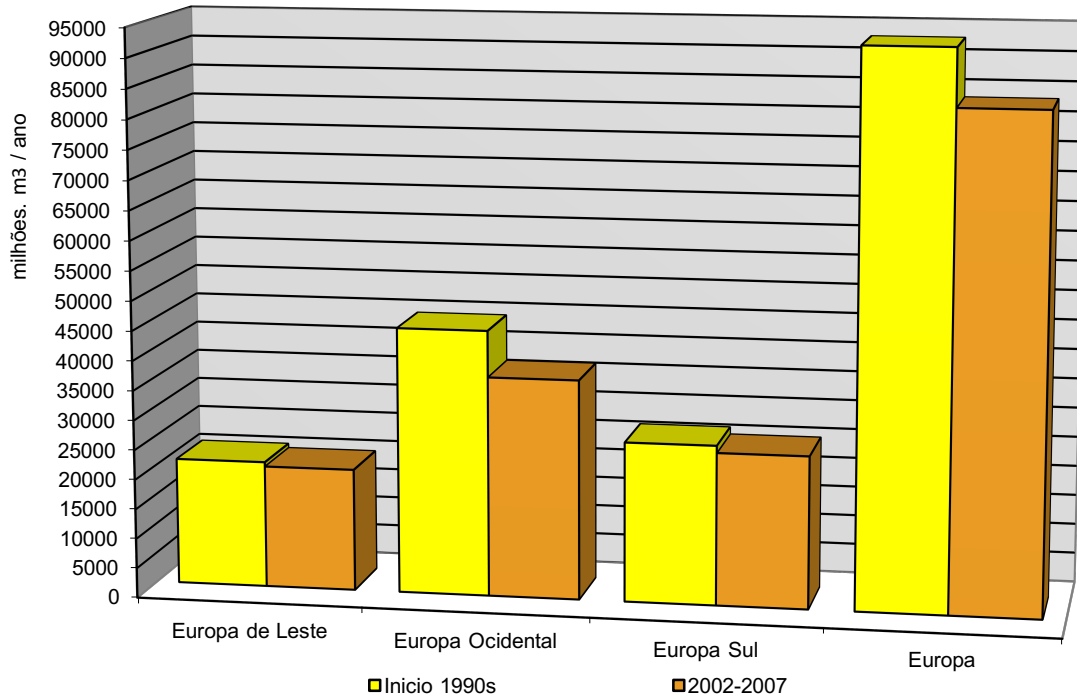


Figura 44 – Uso de água para arrefecimento no sector industrial Europeu (Adaptado de (EEA, 2010)

4.4.3. Os Usos domésticos de água na Europa

O sector doméstico é responsável por um uso de cerca de 49.000 milhões de m³.

No período 1990 – 2007 o uso urbano per capita diminuiu. Tal tendência pode ser atribuída a muitas mudanças tais como: mudanças nos estilos de vida, uso de tecnologias mais eficientes e dispositivos de poupança de água, uso de fontes alternativas de água (dessalinização, reutilização direta de águas residuais para outros fins), aumento da medição, e uso de instrumentos económicos (custo e tarifas de água), embora estes últimos exemplos sejam menos flexíveis.



Tabela 17 – Evolução da extração de água no sector doméstico na Europa. Fonte (EEA, 2010)

	Doméstico 1990	Doméstico 2007	Redução
	Início 1990's	2002-2007	1990-2007
Europa de Leste	11226 hm ³	8184 hm ³	27%
Europa Ocidental	21721 hm ³	18514 hm ³	15%
Europa Sul	16773 hm ³	22359 hm ³	-33%
Europa	49720 hm ³	49057 hm ³	1%

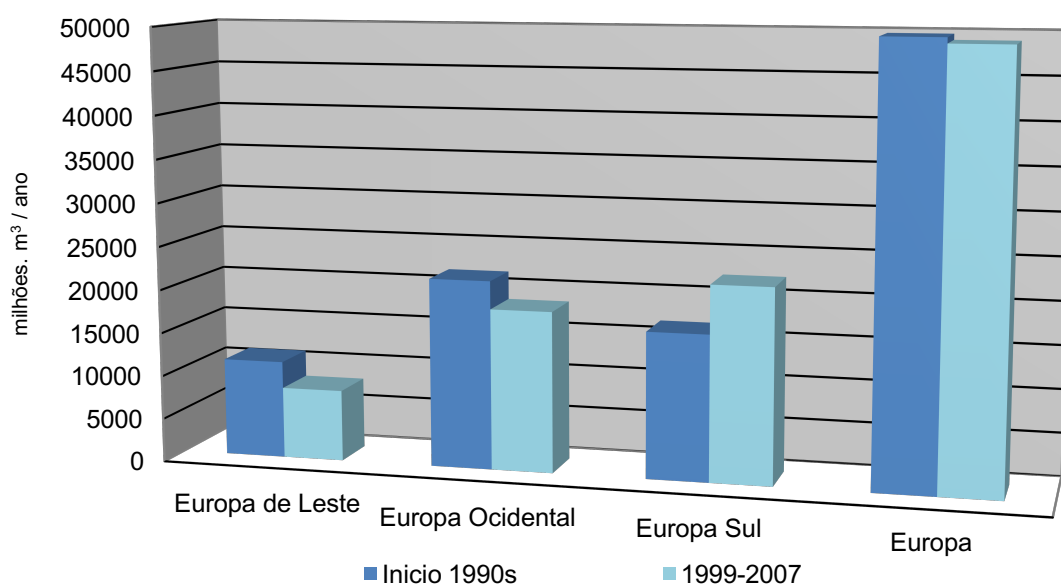


Figura 45 – Uso da água no sector doméstico.

A ligação de sistemas de fornecimento de água e serviços à população tem aumentado, especialmente nos países Mediterrâneos.

A água necessária para beber e outros consumos domésticos é uma proporção significativa da procura total de água. A proporção de água extraída para uso doméstico varia de 3% na Estónia até mais de 60 % no Luxemburgo.

No entanto, é nos países mediterrâneos que se verifica um aumento considerável do uso de água no sector doméstico tendo sofrido um aumento de 33% entre 1990 e 2007.



Na região do Mediterrâneo, a zona mais procurada para turismo na Europa, onde em 1990, 135 milhões de turistas se instalaram ao longo das suas costas. Mais de metade do turismo total em todos os países Mediterrâneos e o dobro da população costeira. (Karavitis, 2008) O turismo coloca enormes pressões nos ambientes locais. O impacto na quantidade de água (volume total e de pico) depende da disponibilidade de água em relação à localização e momento da procura de água pela atividade turística e na capacidade do sistema de fornecimento de água para responder a picos de procura.

A intensidade do uso dos recursos naturais pelo turismo pode entrar em conflito com outras atividades, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são escassos no verão, competindo com outros sectores da economia tais como a agricultura e indústria e energia.

O crescimento turístico descontrolado, frequente nas últimas décadas, levou à deterioração da qualidade do ambiente, especialmente nas zonas costeiras e montanhosas da região mediterrânea. O uso turístico da água é geralmente mais elevado que o da população residente. Além disso, as atividades recreativas, como piscinas, golfe e desportos aquáticos aumentam as pressões exercidas nos recursos hídricos

4.4.4. Evolução dos Usos de água no sector urbano na Europa

Para termos uma melhor percepção da distribuição do uso de água urbana por sectores e por região na Europa os dados anteriormente recolhidos estão resumidos na tabela seguinte:



Tabela 18 – Tabela resumo de Extrações de água na Europa hm³/ano

	Energia	Industrial	Doméstico	Agrícola	TOTAL
Europa de Leste 90	21294	12538	11226	8610	
Europa de Leste 07	20562	2276	8181	1060	
Europa Ocidental 90	44820	17307	21721	2002	
Europa Ocidental 07	37029	15585	18514	901	
Europa Sul 90	26902	6719	16773	40292	
Europa Sul 07	25698	4119	22359	39417	
Europa 90	93016,9	36563	49720	50903	230203
Europa 07	83289	21980	49054	41377	195700
% por Sector	43%	11%	21%	25%	
Redução	10,465%	39,88%	1,34%	18,71%	14,99%

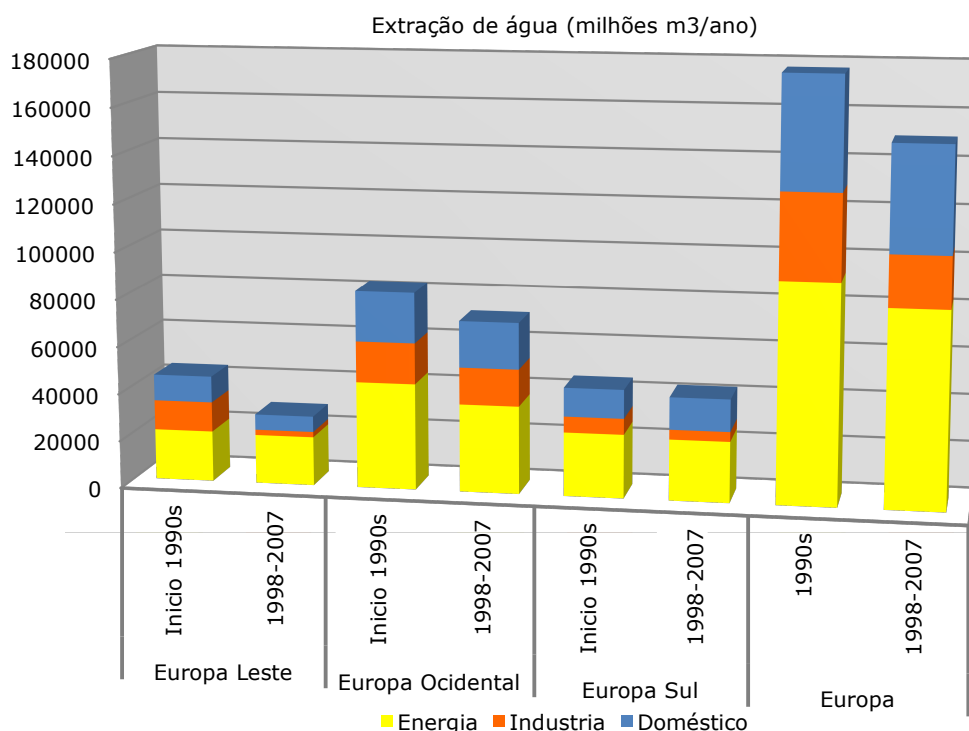


Figura 46 – Extração de água na Europa para usos urbanos

Após uma análise dos usos de água no continente Europeu, verifica-se que as extrações de água estão a diminuir em todos os sectores, maioritariamente no sector da industria e sector



agrícola com uma redução de 39,88% e 18,71% respectivamente. Esta diminuição deve-se em muito à utilização de novas tecnologias mais eficientes e com menores consumos de água nas indústrias, em conjunto com o aproveitamento, tratamento e a reutilização de águas residuais e pluviais.

A redução dos usos de água para o sector energético e arrefecimento, embora seja de 10,45%, é de grande relevância uma vez que representou uma poupança de 9728 milhões de m³. A aposta em energias renováveis como a energia eólica e fotovoltaica tem dado um grande contributo para esta diminuição.

Em relação aos usos domésticos, verifica-se que estes reduziram apenas 1%, principalmente devido ao aumento da extração de água por parte dos países da Europa do Sul neste sector. Verifica-se que neste conjunto de países a captação de água no sector doméstico aumentou 33%, muito em parte devido à expansão e crescimento do turismo que acarreta um acréscimo do consumo de água como já foi justificado atrás, mas também devido ao clima quente que leva a maior necessidade de água para duchas, regas de jardins, serviços públicos.

Após esta análise de consumos de água nas zonas urbanas, propomos a caracterização do consumo per capita de um habitante europeu que, como vimos anteriormente, está muito próximo do limite definido como Max 2. A distribuição do uso de água por cada habitante para diferentes fins, é apresentada na figura seguinte.

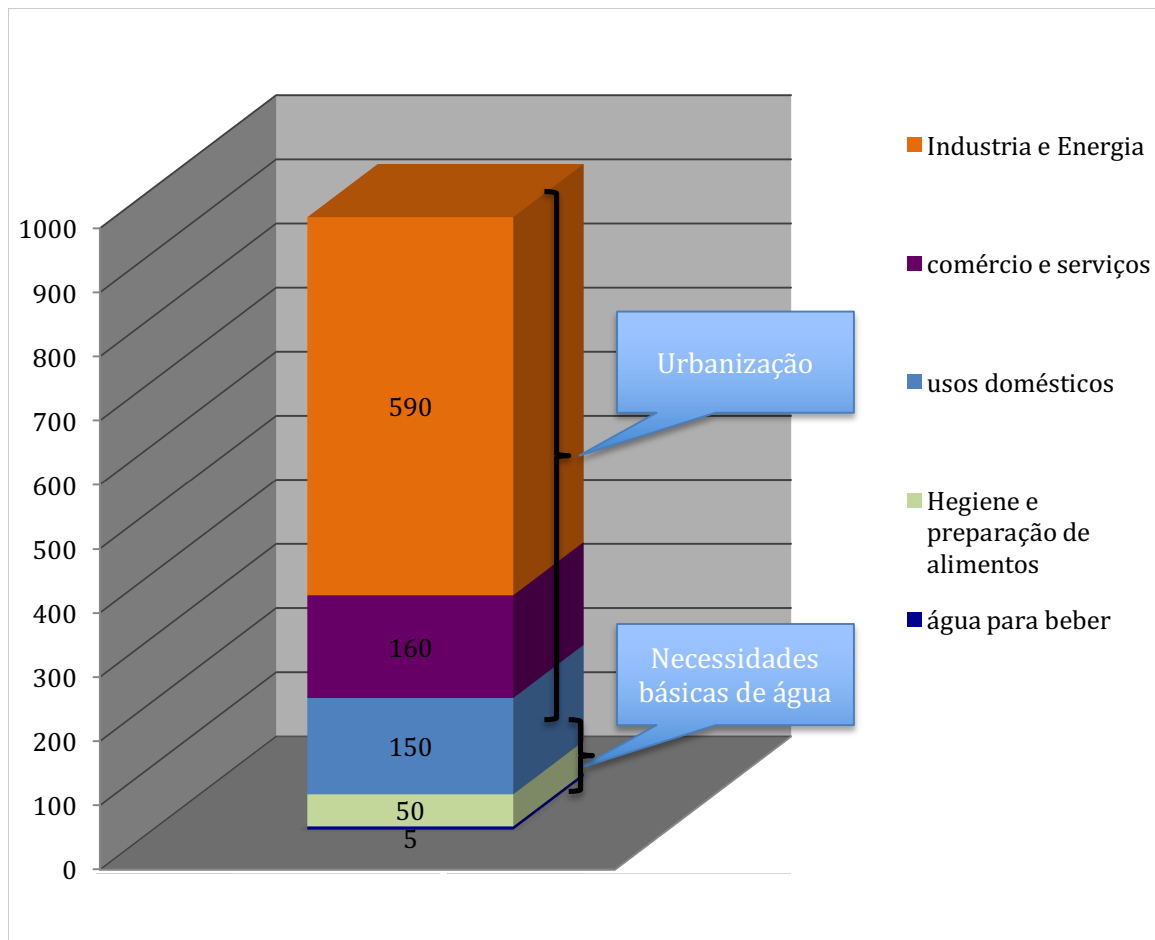


Figura 47 – Caracterização do consumo per capita de um habitante europeu.

4.4.5. A Produtividade do Uso de Água na Europa

Com o objetivo de estudar a produtividade económica da água de cada país, ou seja, a criação de valor em unidades monetárias a partir da água, dividimos o PIB (produto interno bruto) dos diferentes países pela captação total de água. Obtivemos os seguintes valores

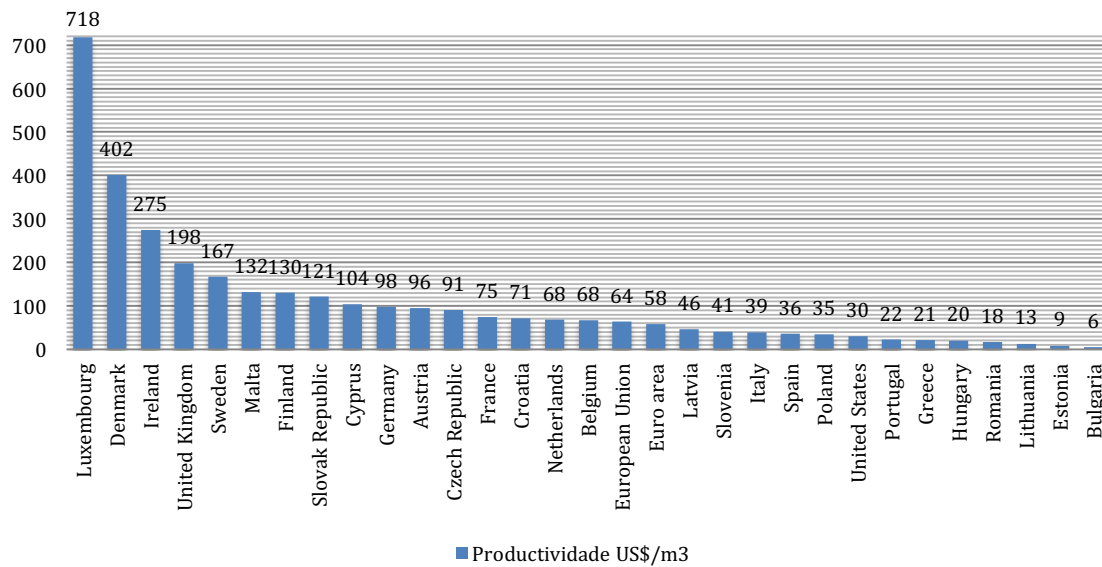


Figura 48 – Produtividade da água por país (Fonte: adaptado de Pordata)

Os dados aqui representados mostram que existe uma diferença abismal entre países europeus no que á produtividade de água diz respeito. O Luxemburgo é o país que produz mais riqueza por cada m³ de água utilizado, 718 US\$, enquanto que do lado oposto está a Bulgária com apenas 6 US\$/m³.

Podemos também verificar que os países mediterrâneos têm uma produtividade menor do que a média da União Europeia (64\$/m³) e da zona Euro (58 US\$/m³). A produtividade nestes países ronda os 21 US\$/m³ na Grécia, 22 US\$/m³ em Portugal, 36 US\$/m³ Espanha e 39 US\$/m³ em Itália.

De seguida é apresentado um gráfico resumo de bolhas relativo aos países europeus onde se concilia o consumo urbano de água por habitante de cada país, com a sua população e com a produtividade do uso de água. A produtividade é representada pelo tamanho das bolhas sendo que quanto maior for a bolha, maior é a produtividade do respetivo país.

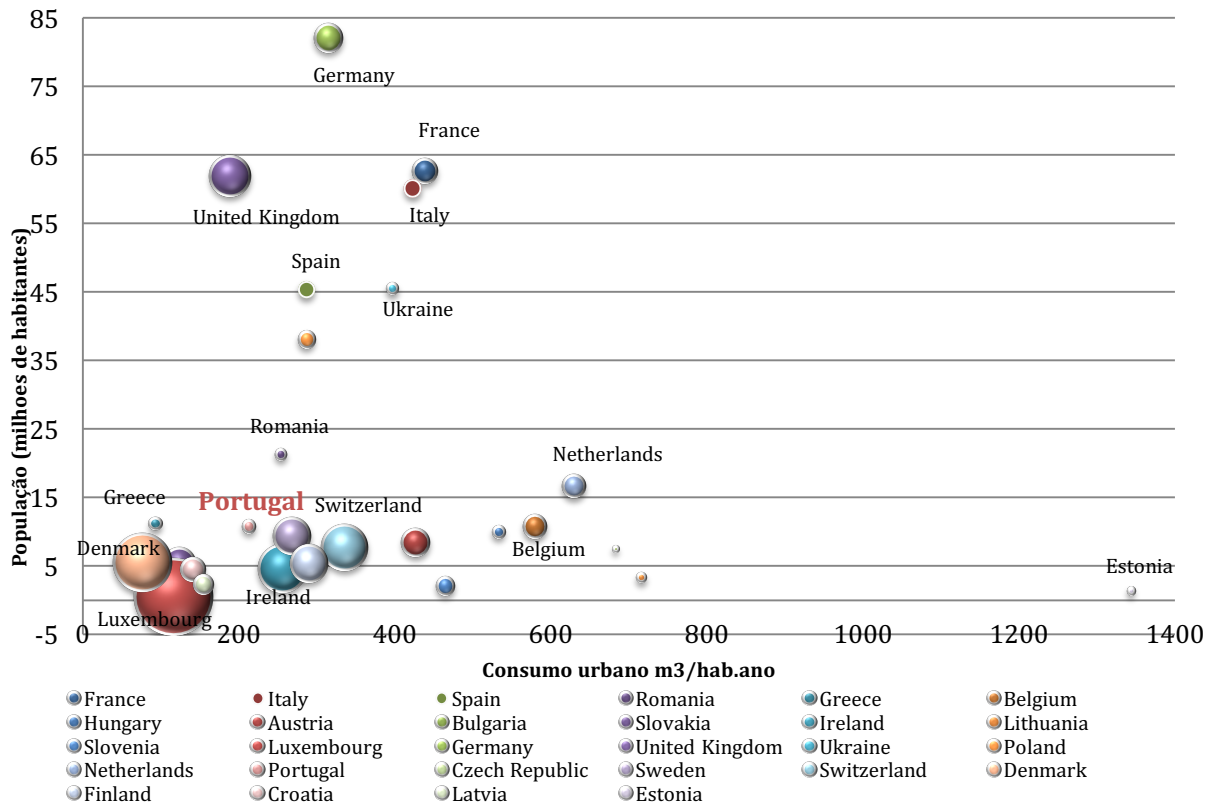


Figura 49 – Produtividade da água vs consumo vs população

Verifica-se que existe uma relação inversa entre o consumo de água e a sua produtividade, isto é, quanto maior for o consumo, menor é a produtividade como era de esperar. Outro facto que ressalta neste gráfico é que a produtividade é influenciada negativamente pelo aumento da população. Os países mais desenvolvidos e com maior população como a Alemanha, França e Reino Unido apesar de terem uma produtividade do uso da água bem superior à média europeia, Figura 48, ficam ainda bastante aquém quando comparados com outros países desenvolvidos mas com população mais reduzida como o Luxemburgo a Dinamarca a Irlanda ou a Suíça.

A produtividade da água está diretamente relacionada com as perdas e os desperdícios, assim, quanto maior for a população maior é a rede de distribuição de água e maiores são os volumes de água perdidos e desperdiçados tornando os sistemas ineficientes se não houver uma manutenção adequada e monitorização constantes.



4.5. A Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça

Analisando agora a Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça, verificamos que o uso consumptivo de água por sector apresenta a seguinte distribuição.

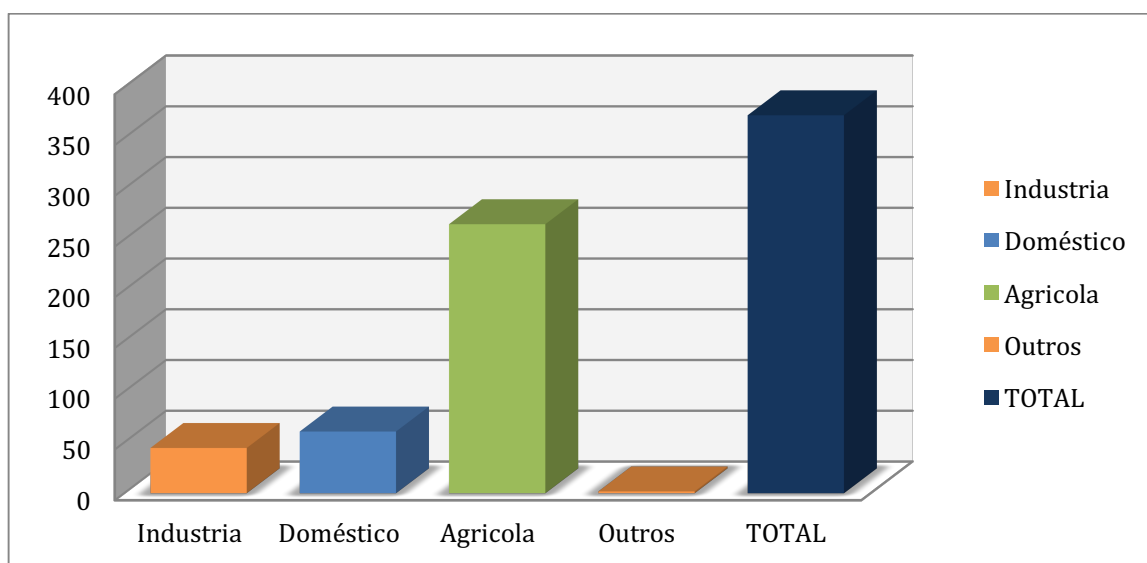


Figura 50 – Uso de água por sector na RH2 (hm³)

Verificamos que o sector agrícola é o maior consumidor de água na RH2 representando cerca de 71% dos consumos totais seguido do sector urbano com 16% e industria com 12%

Para os consumos estritamente urbanos, apresenta-se a figura seguinte

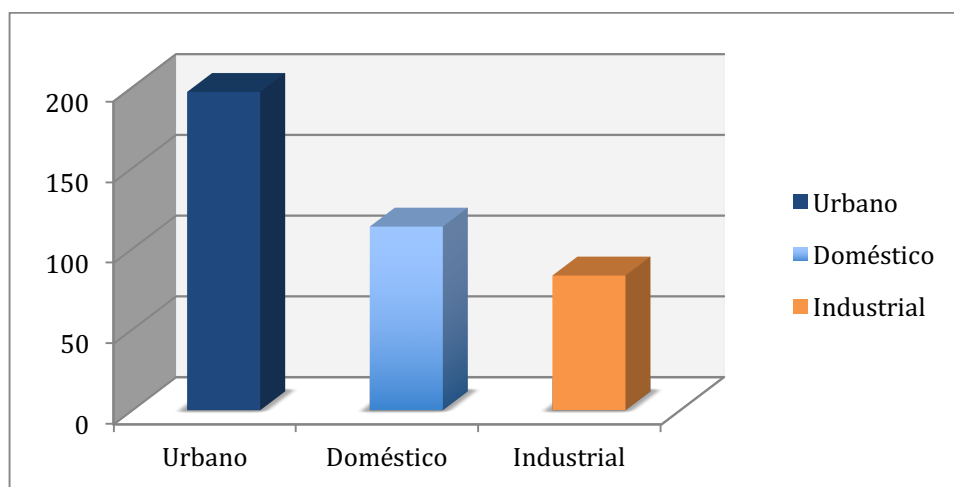


Figura 51 – Uso consumptivo da água L/hab.dia na RH2

No que diz respeito aos usos urbanos, o consumo médio é de 197 litros por habitante por dia, o que coloca a Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça numa região de consumo razoável de água segundo a escala definida anteriormente entre os valores de min2 e Max1.

Os usos não consumptivos reportam-se principalmente ao sector energético onde domina a produção de energia hidroelétrica que utiliza cerca de 7130 hm³ de água por ano, no entanto toda essa água está disponível para usos posterior não sendo consumida e por isso não contabilizada para este efeito.

4.5.1. Potenciais aproveitamentos das águas residuais

4.5.1.1. Aproveitamento de biogás

De forma análoga ao exemplificado na secção 2.10 deste documento, e mantendo os mesmos pressupostos, verificamos que para a Região Hidrográfica do Cavado, Ave e Leça, RH2, a carga de CQO existente nas águas residuais urbanas (



Tabela 4 e 5) é de aproximadamente 13.190 749 Kg de CQO. Adoptando a mesma relação, 1g de CH₄ por 4g de CQO obtemos então 3.297 689,75 Kg de CH₄. sabendo que 1g CH₄ produz 55,6 kj de energia através da sua completa combustão, 1kg de CH₄ produz 55600 kj ou 15,44 kWh. Assim sendo, a carga de CQO rejeitada no meio hídrico da RH2 poderia servir para produzir (3.297 689,75 Kg x15,44 kWh) 60,91 GWh, o que equivale a 43kWh/pessoa.

Posto isto, podemos concluir que a CQO produzida por cada habitante da RH2, é inferior á media calculada por (Von Sperling, 2006) de 110g de CQO por pessoa. Se dividirmos a carga total de CQO pela população e pelos 365 dias do ano verificamos que corresponde a um valor de 0,02 kg por pessoa, valor bastante diferente do considerado por Von Sperling que era de 0,110kg por pessoa por dia.

A energia total consumida na RH2 é de 7,3 mil milhões de kWh, sabendo que cerca de 2 a 3% da energia total das cidades e do mundo é consumida pelos sistemas de abastecimento e tratamento de águas, então, a energia consumida por esses sistemas na RH2 seria de 146 milhões de kwh.

Cada habitante da RH2 consome em média 72m³ água por ano, ou seja, no total são consumidos 105 milhões de m³ em usos urbanos o que dá uma média de 1,39kWh/m³ .

Anualmente serão então gastos 100.1 kWh por ano por pessoa para o abastecimento de água na RH2. O aproveitamento do biogás poderia satisfazer 43% das necessidades energéticas do abastecimento.

Mesmo considerando que estes valores não incluem as ineficiências relativas á operação dos sistemas necessários para o aproveitamento desta energia, os valores apresentados podem ser considerados expressivos e com alguma relevância.



4.5.1.2. Aproveitamento de nutrientes presentes em águas residuais

Os nutrientes obtidos das excreções humanas não têm que ser usados necessariamente na agricultura tradicional. Como o índice de urbanização aumenta cada vez mais, e os sistemas de saneamento são construídos para atender às demandas das áreas urbanas, as possibilidades de utilização das excreções humanas aumentam à medida que a proposta da agricultura urbana se expande. A produção de alimentos é um aspeto fundamental na composição da pegada ecológica das cidades, o que requer vastas áreas de produção e depende de significativas quantidades de alimento que são trazidas de fora. Londres, por exemplo, tem 12% da população britânica, mas requer o equivalente a 40% da sua terras para produção de alimentos (Deelstra & Girardet, 2000).

Analisando a carga de azoto contida nos esgotos domésticos na RH2, verificamos que esta corresponde a 2.182.418kg de N. Se para produzir 230kg de cereais são necessários 5,6kg de N, então, o azoto contido nos esgotos domésticos produzidos na RH2 daria para produzir 89635 ton de cereais. Tomando como referencia que a síntese de amónia produzida pela indústria química para a fabricação de ureia utilizada como fertilizante agrícola, consome algo perto de 13,3 kW.h por kg de azoto, podemos ter aqui uma poupança de 1.19×10^9 kWh.

No o caso do fósforo, para a produção de 230kg de cereais, são necessários 0,7kg. Utilizando mais uma vez os dados das tabelas 4 e 5, verificamos que a quantidade de fósforo contida nas águas residuais corresponde a 432.666 kg, que poderiam ser utilizados na produção de cerca de 142.161 ton de cereais.

A agricultura urbana tem um importante papel a desempenhar quando se projeta a necessidade de sustentabilidade das cidades no futuro. Neste sentido pode-se lidar com a problemática da gestão dos resíduos urbanos utilizando-os de forma produtiva, evitando a

poluição das águas superficiais e subterrâneas e reinserindo o ciclo dos nutrientes no ciclo da produção de alimentos. Tais medidas, além dos resultados apresentados, contribuem para aumentar a segurança alimentar, reduzir a pobreza, gerar emprego e renda e gerenciar de forma mais eficiente os recursos hídricos (Baumgartner & Belevi, 2001).



Outra possibilidade de investimento na manutenção dos ciclos vitais envolvendo o ciclo dos nutrientes dá-se através da aquicultura, que consiste na produção de proteína vegetal e/ou animal a partir dos nutrientes dos esgotos. A hidroponia, ou cultivo sem solo, deve ser também apontado como outro meio de produção vegetal, a partir do esgoto tratado, onde poderá ser utilizado como solução nutriente.

4.5.1.3. Soluções para o aproveitamento dos dejetos humanos

As soluções de remoção dos dejetos humanos das habitações, sem o uso de água, são fortemente defendidas e apoiadas nas propostas de saneamento ecológico. Por um lado o uso de água nas descargas sanitárias, depende das práticas locais e da tecnologia utilizada nos aparelhos sanitários, que podem representar entre 5% e 30% do consumo doméstico (o limite superior é o mais frequentemente citado) (Gonçalves, 2006), para o que se utiliza, atualmente, água potável. A maior parte desse volume é utilizado na veiculação da urina. Segundo (Vickers, 2002), a frequência média de uso da bacia de retrete é de cinco vezes por pessoa e por dia, sendo quatro para urinar e uma para defecar. Ou seja, gasta-se um magnífico recurso como é a água potável, apenas para transportar os nossos dejetos ao mesmo tempo que se diluem os dejetos, dificultando seu aproveitamento como fonte de nutrientes.

O uso de aparelhos que utilizam menor quantidade de água apresenta a vantagem de favorecer o tratamento anaeróbio no local, tornando possível o aproveitamento do biogás. A eliminação ou minimização do uso de água na descarga da urina apresenta-se como um passo importante em prol da sustentabilidade ambiental do sector do saneamento, primeiro porque representa um dos usos que mais água “consome” se considerarmos a utilização das bacias de retrete convencionais para tal efeito, em segundo lugar porque a urina concentra a maioria dos nutrientes expelida por uma pessoa, associada a uma carga patogénica quase nula (OTHERPPOL et al., 2003).

Em certa medida, a separação da urina e das fezes já acontece com o uso de mictórios masculinos, que podem ser regulados para um baixo consumo de água. Falta o passo seguinte



que seria a destinação a um depósito para posterior transporte e uso como fertilizante. O uso de mictórios sem descarga de água tem vindo a crescer em alguns países, contudo, mictórios convencionais equipados com válvulas de descarga podem trabalhar com 250 ml por descarga.

Um desenvolvimento mais recente com uma grande aceitação no mercado do norte da Europa é a bacia de retrete separadora que utiliza até 200 mL para descarregar a urina.



Figura 52 – Vaso sanitário com separador de urina

Na vida urbana ocorre naturalmente uma separação de funções sanitárias. No trabalho ou noutras atividades que se desenvolvem em prédios ou edifícios públicos, as pessoas tendem a usar as instalações sanitárias mais para urinar do que para defecar. Numa pequena pesquisa de opinião na Universidade do Minho, Campus de Gualtar, os alunos entrevistados responderam, em 85% dos casos, que usam os sanitários da universidade para urinar e, em apenas 15%, para defecar. Contudo, o uso da bacia de retrete é bastante elevado, pois muitos usuários preferem o uso da bacia de retrete para urinar em detrimento dos mictórios, gerando grandes



desperdícios de água potável. Um design melhorado dos aparelhos das casas de banho poderia reduzir este desperdício significativamente.

A falta de alternativas, obriga as mulheres a usar a bacia de retrete para urinar, representando um desperdício maior àquele praticado pela população masculina. O desenvolvimento, e o aprimoramento de mictórios femininos poderiam trazer grandes avanços na redução do consumo de água em edifícios públicos.



5. CONCLUSÃO

A rota para a sustentabilidade ambiental, económica e social do uso da água nas zonas urbanas requer a ampliação da visão do sector e mudanças em alguns dos conceitos e práticas. Em muitos casos, porém, uma recolocação de prioridades e uma aplicação em larga escala de procedimentos e técnicas já dominadas podem ser suficientes. Isso tudo tem que acontecer sem se perder de vista que o principal objetivo do sector deve ser promover a melhoria e aumento das condições sanitárias de toda a população, principalmente da mais vulnerável e desfavorecida.

Nos países subdesenvolvidos grande parte da população não tem acesso a água, ou por questões de escassez física ou económica, o que impede o desenvolvimento das sociedades. Em muitos locais de África e da Ásia, mulheres e crianças necessitam de percorrer vários km para conseguir uma fonte de água que muitas vezes não tem qualidade. O saneamento é praticamente inexistente nesses países.

Neste sentido, é de toda a urgência dotar os países sub desenvolvidos e em desenvolvimento de conhecimentos e técnicas praticadas nos países mais evoluídos em matéria de abastecimento e tratamento de águas com vista a melhorarem as suas redes de abastecimento á população. Este passo torna-se cada vez mais importante á medida que o aumento da população se concentra nas zonas urbanas, assim, quanto mais água for tratada antes de regressar ao ciclo hidrológico, menos pressão colocámos sobre os ecossistemas, e por isso melhor para o desenvolvimento sustentável.

A água de qualidade é um factor vital para o desenvolvimento das sociedades, ela está praticamente em tudo; ela permite matar a sede, fazer a higiene pessoal, cozinhar, produzir alimentos, lavar a roupa, além de ser necessária á industria o que faz aumentar o emprego e o desenvolvimento económico.

Assim, com a análise global dos consumos de água realizada, verificou-se que existe um grande desperisimo de água em muitos países e sectores, evidenciando um fosso enorme entre



os países com melhores condições económicas e os países mais pobres. Também se verificou que apesar de haver países em stress hídrico, alguns têm grandes desperdícios, chegando mesmo a ser os que mais água utilizam.

Para serem atingidas as metas propostas pela ONU para 2030, a comunidade internacional terá de se unir para vencer este importante desafio. É um desafio á escala global.

Nos países mais desenvolvidos têm-se assistido a uma melhoria e redução dos consumos de água por meio de novas técnicas e melhores práticas no uso de água, tais como a sua reutilização, aproveitamento de águas pluviais, mecanismos e dispositivos menores consumidores de água bem como políticas de gestão de água, no entanto ainda há um longo caminho a percorrer com vista á sustentabilidade tão desejada e necessária. O volume de perdas é ainda bastante elevado cerca de 40% e o volume de água poluída cada vez maior, o que torna cada vez mais necessário e urgente o tratamento eficiente de águas residuais bem como a sua reutilização.

As alternativas técnicas adotadas nos sistemas de saneamento, no processo de adaptação dos países ricos às mudanças climáticas, contribuirão para agravar o problema. Deslocamentos de água de distancias maiores e dessalinização em larga escala são alguns dos fatores esperados.

Uma população com acesso a água segura vai ver as suas despesas com saúde bastante reduzidas visto que a água é um dos principais veículos de doenças e sendo tratada o risco de doença por via hídrica é drasticamente reduzido. Também a eliminação e tratamento dos esgotos é fundamental, pois as fossas e esgotos a céu aberto são considerados uma das maiores fontes de doenças.

Vimos também que a água tem uma relação muito estreita com a energia. Será necessário aumentar a eficiência do uso de água e da energia visto que cada vez se consome mais energia e cada vez temos menos água para a produzir. A solução passa por eliminar as perdas dos

serviços de abastecimento e distribuição de água, adoptar outras fontes de energia renováveis como a energia eólica, fotovoltaica, das ondas e também pelo aproveitamento de biogás.



Optimizar a eficiência energética das empresas distribuidoras de água utilizando bombas mais eficientes e bombeando em horários económicos podem ser uma solução.

O aumento da eficiência no uso da água e da eficiência energética a ele associado constitui o primeiro passo, o mais rentável e efetivo. Isso deve ocorrer tanto na parte pública dos sistemas de produção e distribuição como no sector privado, nas casas e nos prédios em geral. Para tal, um reajustamento de prioridades da ação pública pode ser suficiente. O exemplo deve vir de cima, dos próprios sistemas de saneamento e dos edificios públicos. Contudo outras ações têm que ser agrupadas a estas. Dever-se-á promover a descentralização das soluções de saneamento tendo em vista menores encargos energéticos e um melhor encerramento dos ciclos da água e dos nutrientes. Isso deve ser conseguido sem aumento dos custos nem perda na qualidade dos serviços. Para tal, avanços em automação e controle, já aplicados noutros sectores industriais, deverão ser mais familiares ao sector do saneamento.

A constante renovação das redes de distribuição de água, aliada a medidas de controle de perdas mais eficientes deverão ganhar espaço no rol de prioridades das empresas gestoras de água. No âmbito predial, algumas mudanças de comportamento e modernização de equipamentos requerem não apenas desenvolvimentos tecnológicos, mas também de sistemas tarifários que efetivamente promovam uma maior racionalidade no uso da água.

Novas fontes de água, comprometidas com menores encargos energéticos, tais com a captação direta de águas pluviais e de aquíferos locais, requerem principalmente avanços legais e novos modos de operação descentralizada, associada a mecanismos de controle centralizados e tecnologicamente competentes. E necessário promover a separação das correntes de água em função das suas características e usos para se ampliar as possibilidades de reutilização e de substituição por novas fontes. Isto sim requer a implementação de novos padrões e novas infraestruturas.





6. BIBLIOGRAFIA

- APA (PGRH). (2012). PARTE 1 - ENQUADRAMENTO E ASPECTOS GERAIS. Em APA, *PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO CÁVADO, AVE E LEÇA - RELATORIO DE BASE*. AGENCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE.
- APA (PGRH). (2012). PARTE 2 - CARACTERIZAÇÃO E DIAGNOSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA. Em *PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO CÁVADO, AVE E LEÇA - RELATÓRIO DE BASE*. Agencia Portuguesa do Ambiente -
- APA. (2012). *Plano Nacional para o Uso Eficiente da Agua. Relatorio técnico*. Agencia Portuguesa do Ambiente.
- APA. (2014). *Agencia Portuguesa do Ambiente; PENSAAR 2020: Uma Estratégia ao serviço da população*.
- Baptista, J. M., Almeida, M. C., Vieira, P., Silva, A. C., Ribeiro, R., Fernando, R. M., . . . Cameira, M. R. (2001). *Programa Nacional para o Uso eficiente da Água*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Instituto Superior de Agronomia, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território e Instituto da Água. Portugal.
- Batista et al. (2002). *PNUEA*. Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água.
- Baumgartner, B., & Belevi, H. (2001). *A systematic overview of urban agriculture in developing countries*. Swiss Federal Institute for Environment Science e Technology. Dept. of Water e Sanitation in Developing Countries.
- CEC. (2005). *Water-Energy Relationship*. CALIFORNIA ENERGY COMMISSION.
- Chernicharo, C. A. (2007). *Reatores anaeróbios Princípios do tratamento biológico de águas residuarias*.
- Costanza, R. e. (1992). “*Natural capital and sustainable development*”.
- Drangert, J. (1998). *Fighting the urine blindness to provide more sanitation options*. Water SA.
- EEA. (2010). *Water abstractions for irrigation, manufacturing industry, energy cooling and Public Water Supply*. European Environment Agency.



- FAO. (2013). *AQUASTAT - FAO's Information System on Water and Agriculture*.
- Gonçalves, R. F. (2006). *Uso racional da água em edificações*. Tio de Janeiro: Prosab.
- Haie, N., & Keller, A. (2014). Macro, meso, and micro-efficiencies and terminologies in water resources management: a look at urban and agricultural differences. *Water International*, 39(1), 35-48.
- Hann, D. H., & Klaas. (2012). *Water in EU Legislation & Refining Industry's Response*. CONCAWE.
- Hinrichsen, D. (s.d.). Obtido de People and the Planet: <http://www.peopleandtheplanet.com>
- Hoekstra, C. e. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. English.
- INE. (2011). Instituto nacional de estaística.
- Karavitis, C. A. (2008). *Uso da Água na Europa* (Vol. A). Lucinda.
- Kayaga, S., Smout, I., & Al-Maskati, H. (2007). *Water Demand Management – Shifting Urban Water Management Towards Sustainability*.
- OCDE/IEA. (2008). *Energy technology perspectives, scenarios and strategies to 2050*. Paris: ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT / INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.
- OECD. (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*.
- Otterpohl, R., Braun, U., & Oldenburg, M. (2003). *Innovative technologies for decentralized water, wastewater and biowaste management in urban and peri-urban areas*. Water Science and Technology.
- Peixoto, J. P. (1979). *O ciclo da água em escala global* (2ª Edição ed.). Lisboa: Comissão Nacional do Ambiente.
- Pereira, L. S. (2007). *Uso Sustentável da Água e Convivência com a Escassez: Revisando Conceitos e Indicadores*. Lisboa.
- Pereira, L. S. (2008). *INDICADORES DE USO DA ÁGUA*. Universidade Técnica de Lisboa.
- PNUEA. (2010). Plano Nacional Para o Uso Eficiente e Água.
- Rio Carrillo, A. M., & Frei, C. (2009). *Water: a key resource in energy production*. Energy Policy.
- Rockström, e. a. (2009). *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity*.
- Shiklomanov, A. I., & Rodda, J. C. (2003). *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge University Press.



- Shiklomanov, I. A. (s.d.). St. Petersburg: State Hydrological Institute.
- Shiklomanov, I. A. (1998). “*World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century*”.
- Tambo, N. (2006). *Technology in the high entropy world. Water Science & Technology*,.
- The Water Research Institute. (2010). *The Water Energy-Nexus*. Arizona: The Water Research Institute.
- TSUTYIA, M. T. (2001). *Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água*. São Paulo.
- UN. (2014). *World Water report*.
- UN. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* .
- UNESCO. (2003). *World Water Development Report - Water for People, Water for Life*. The United Nations World Water Development Report.
- UNESCO. (2005). *O Direito Humano à Água e Saneamento - Comunicado aos Media*.
- UNESCO. (2006). Ending the crisis in water and sanitation. Em *Human Development Report 2006* (p. 35). United Nations.
- UNESCO. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*.
- UNESCO. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, France.
- USGS. (2014). *USGS, Science for a changing world*. Obtido de How much water is there on, in and above the Earth?: <http://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>,
- Van Der Vleuten-Balkema, A. J. (2003). *Sustainable wastewater treatment, developing a methodology and selecting promising systems*.
- Varis, O. (02 de October de 2014). Curb vast water use in central Asia. *Nature*, 514, 27-29.
- Vickers, A. (2002). *Handbook of water use and conservation*. Water Plow Press.
- Von Sperling, M. (2006). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*.
- WBCSD. (1998). *Industry, Fresh Water and Sustainable Development*.
- WBCSD. (2006). *Facts and trends – water*. World Busines Council for Sustainable Development.
- WEF. (2015). *Global Risks Report*.



-
- WHO. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being - Health Synthesis*. World Health Organization.
- World Water . (2013). *Freshwater Withdrawal by Country and Sector 2013*. World water organization.
- World Water Council. (2007). *Water Crisis. Water at a Glance*. Obtido de worldwatercouncil: <http://www.worldwatercouncil.org>
- WWC. (2007). *The Use of Water Today*. World Water Council.
- WWF. (2014). *Living Planet Report 2014*. World Wildlife Fund.
- WWF-UK, S. e. (2009). *Water Footprinting: Identifying & Addressing water risks in the value chain*. Rel. téc.