

TECNOLOGIAS E ESTRATÉGIAS UTILIZADAS PARA CONTROLE E ECONOMIA DE ÁGUA NOS PRINCIPAIS SETORES DE CONSUMO HÍDRICO NO BRASIL: UMA REVISÃO ATUALIZADA.

TECHNOLOGIES AND STRATEGIES USED FOR WATER CONTROL AND SAVING IN THE MAIN WATER CONSUMPTION SECTORS IN BRAZIL: AN UPDATED REVIEW.

Gustavo Costa Lima Soares¹
Robson José Silva²

RESUMO

A água é um recurso finito, de fundamental importância para a manutenção da vida humana. O seu uso com o tempo se tornou uma demanda importante em diversos setores da sociedade. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), os setores que mais consomem água no Brasil são: Agricultura, Abastecimento Urbano, Abastecimento Rural, Indústria, Dessedentação Animal, Termelétrica e Mineração. Com isso, planejadores e entidades gestoras têm buscado gerar soluções alternativas para melhor gestão dos recursos hídricos, de forma que seja possível otimizar seu uso e consequentemente reduzir seu desperdício. Dessa forma, este trabalho apresenta, a partir de revisão bibliográfica atualizada, as principais tecnologias e estratégias adotadas pelos setores de consumo para mitigação do controle e economia de água. A irrigação por gotejamento e a mudança genética de plantas são tecnologias que se destacam no setor agrícola; o reúso de água na indústria e a instalação de mecanismos poupadores de água em aparelhos domésticos também se destacam como tecnologias promissoras, assim como o reúso de água da chuva e a implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em áreas rurais. De uma forma geral, observa-se, que cada setor possui seu próprio desafio, convergindo na busca por tecnologias e inovações que gerenciem o consumo, combatam à escassez e reduzam o desperdício de água.

Palavras-chave: tecnologias; estratégias; gestão; controle; economia de água.

ABSTRACT

Water is a finite resource, of fundamental importance for the maintenance of human life. Its use over time has become an important demand in various sectors of society. According to the National Agency for Water and Basic Sanitation (ANA), the sectors that consume the most water in Brazil are: Agriculture, Urban Supply, Rural Supply, Industry, Animal Drinking, Thermal Power Plant and Mining.

¹ Bacharelado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2023.

² Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2023.

With this, planners and management entities have sought to generate alternative solutions for better management of water resources, so that it is possible to optimize its use and consequently reduce its waste. Thus, this work presents, based on an updated bibliographic review, the main technologies and strategies adopted by the consumption sectors to mitigate the control and save water. Drip irrigation and plant genetic modification are technologies that stand out in the agricultural sector; the reuse of water in industry and the installation of water-saving mechanisms in domestic appliances also stand out as promising technologies, as well as the reuse of rainwater and the implementation of integrated crop-livestock-forestry systems in rural areas. In general, it is observed that each sector has its own challenge, converging in the search for technologies and innovations that manage consumption, combat scarcity and reduce water waste.

Keywords: technologies; strategies; management; control; economy of Water.

INTRODUÇÃO

A água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, de forma que, planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos têm procurado continuamente implementar novas tecnologias e métodos que venham a otimizar o uso desse recurso. O fenômeno da escassez não é, entretanto, exclusivo das regiões áridas e semiáridas. Atualmente, muitas regiões com recursos hídricos abundantes, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANHOL, 2002). Segundo Cerruti e Furigo (2017), o crescente agravamento da falta de água deve levar as pessoas a estabelecerem uma nova forma de pensar e agir, mudando seus hábitos e desenvolvendo uma cultura de combate ao desperdício.

Na busca de soluções alternativas capazes de reduzir e controlar o consumo de água, são necessários investimentos em métodos e tecnologias eficazes, como por exemplo: o uso de carvão ativado para o tratamento de água de reuso, a instalação de mecanismos poupadores de água em áreas urbanas, a implantação de ações eficientes de gestão de demanda na

irrigação e a captação e reuso de água da chuva. Essas técnicas, dentre outras, são capazes de gerenciar e reduzir os índices de perdas e desperdícios.

Cerruti e Furigo (2017), afirmam que é de fundamental relevância que essas práticas sejam criteriosamente adotadas resguardando a saúde pública e observando os cuidados necessários para a preservação do patrimônio, equipamentos e segurança dos produtos e serviços oferecidos aos usuários.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar as principais tecnologias e estratégias aplicadas para redução do consumo de água nos sete principais setores hídricos do Brasil, de acordo com a ANA.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de revisão bibliográfica criteriosa. Segundo Gil (2018), a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. Além disso, também é

possível encontrar grande parte desses acervos em arquivos eletrônicos. Dessa forma, para a revisão atualizada, foi realizado levantamento bibliográfico através de pesquisa nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Portal da CAPES PERIÓDICOS e SciELO.

Com base nisso, foi feito o levantamento quantitativo de artigos acadêmicos que poderiam ser consultados, pesquisando sobre os sete setores brasileiros de maior consumo de água, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Quantitativo de artigos Acadêmicos sobre os sete setores de consumo.

Quantitativo de artigos acadêmicos sobre os setores							
Bases de dados	Irrigação	Abasteci-mento Urbano	Indústria	Dessede-ntação animal	Termelé-trica	Abasteci-mento rural	Mineração
Google Acadêmico	465.000	192.000	4.560.000	12.700	20.400	132.000	382.000
SciELO	2.996	49	4.312	10	13	108	674
CAPES PERIÓDICO	11.606	858	94.006	109	157	1.034	10.633

Fonte: Autor, 2023.

A partir daí a pesquisa foi direcionada especificamente para o consumo de água em cada um dos setores, conforme mostra Tabela 2.

Tabela 2: Quantitativo de artigos Acadêmicos sobre o consumo de água nos sete setores.

Quantitativo de artigos acadêmicos sobre os setores							
Bases de dados	Consumo de água na irrigação	Consumo de água no abasteci-mento urbano	Consumo de água na indústria	Consumo de água na dessede-ntação animal	Consumo de água na termelé-trica	Consumo de água no abasteci-mento rural	Consumo de água na mineração
Google Acadêmico	115.000	127.000	84.300	11.400	17.700	82.900	75.600
SciELO	111	4	29	3	0	17	2
CAPES PERIÓDICO	469	118	261	36	0	120	28

Fonte: Autor, 2023.

A partir da análise desses artigos acadêmicos, foi feita a seleção dos que apresentassem maior relevância, considerando os seguintes critérios:

- Estudos que representassem relevância para o Brasil;

- Artigos que apresentassem Tecnologias, métodos ou estratégias já aplicadas;
- Estudos realizados a partir dos anos 2000.

Dessa forma, para o estudo, resultaram em 65 artigos acadêmicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Gestão da água no Brasil

Em 1934, o Código de Águas centralizava as decisões sobre gestão dos recursos hídricos no setor elétrico. Com o crescimento dos problemas relacionados ao uso da água, em 1978, foi criado o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), seguido de vários comitês executivos que atuaram em diversas regiões hidrográficas. Esses comitês possuíam atribuições consultivas e tiveram funções determinantes no processo de evolução da gestão por bacia (PORTO & PORTO, 2008).

Em 1987 e 1989, a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) produziu, com grande repercussão no meio técnico, documentos fundamentais na criação de um sistema organizado de gestão: as Cartas de Salvador e de Foz do Iguaçu, respectivamente. Em particular, a Carta de Foz do Iguaçu delineou os princípios básicos que deveriam ser seguidos no estabelecimento do que posteriormente viria a ser a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Nesses documentos foram abordados a gestão de forma integrada, a bacia como unidade de gestão, a água como valor econômico e o princípio da gestão democrática.

Em 1997, a Lei nº 9.433 - Lei das Águas - estabeleceu como fundamento o respeito aos usos múltiplos e como prioridade, em casos de escassez, o

abastecimento humano e dessedentação animal. A lei implantou a PNRH e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), concretizando a gestão por bacias hidrográficas. Dentro desse contexto, a gestão dos recursos hídricos passou a ser descentralizada e participativa.

As metas e objetivos do gerenciamento apontados pelo SINGREH são: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos ligados ao uso da água; implementar a PNRH; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso da água.

O SINGREH é composto por organismos colegiados que debatem e deliberam sobre a gestão dos recursos hídricos, atuando na esfera federal ou estadual, de acordo com o domínio dos corpos hídricos. É composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH) vinculada ao Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERHs), órgãos gestores estaduais de recursos hídricos, comitês de bacia hidrográfica (interestaduais e estaduais) e agências de ÁGUA (vinculadas aos comitês).

São dois os tipos de domínios das águas no Brasil: águas federais e águas estaduais, definidas, respectivamente, como bens da União e bens do Estado. São bens da União: os lagos, rios e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio ou que banham mais de um Estado da federação, sirvam de limite com outros Países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham. São bens do Estado: as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes ou

em depósitos, encontradas em seu território (TUCCI, HESPANHOL E NETTO, 2000).

Segundo o Ministério de Meio Ambiente e Mudança do Clima (2022), criada em 2000 por meio da Lei nº 9.984, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) vem desempenhando, desde então, o papel de reguladora das águas de domínio da União (interestaduais, transfronteiriças e reservatórios federais). Assim, os diversos usos de recursos hídricos (abastecimento humano e animal, indústria, irrigação agrícola, mineração e etc.) têm sido objeto da regulação da ANA, por meio do instrumento de outorga para captação de água e de diluição de efluentes aos usuários dos diversos setores.

Atualmente no Brasil, em todo o território nacional, os recursos hídricos têm sua gestão organizada por bacias hidrográficas, seja em corpos hídricos de titularidade da União ou dos Estados.

Bacias hidrográficas no Brasil

São unidades espaciais de dimensões variadas, onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações entre a estrutura geológica-geomorfológica e as condições climáticas (CARVALHO, 2014).

Considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (CNRH, 2003). De acordo com a ANA (2023), a divisão hidrográfica nacional, instituída pelo CNRH, estabelece as doze regiões hidrográficas brasileiras:

Amazônica, Tocantins/Araguaia, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Nordeste Ocidental, Paraguai, Uruguai, Paraná, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste e Atlântico Sul. O quadro 1 apresenta as extensões territoriais das Regiões Hidrográficas no Brasil.

Quadro 1: Regiões Hidrográficas e sua distribuição territorial.

REGIÕES HIDROGRÁFICAS	OCUPAÇÃO TERRITORIAL NACIONAL (%)	ESTADOS
Amazônica	45%	AC, AM, RO, RR, AP, PA e MT.
Atlântico Leste	3,90%	BA, MG, SE e ES.
Atlântico Sudeste	2,50%	MG, ES, RJ, SP e PR.
Atlântico Nordeste Ocidental	3%	MA e PI.
Atlântico Nordeste Oriental	3,40%	PI, CE, RN, PB, PE e AL.
Tocantins-Araguaia	10,80%	GO, TO, PA, MA, MT e DF.
Parnaíba	3,90%	CE, PI e MA.
São Francisco	7,50%	BA, MG, PE, AL, SE, GO e DF.
Atlântico Sul	2,20%	SP, PR, SC e RS.
Paraguai	4,30%	MT e MS.
Paraná	10%	SP, PR, MS, MG, GO, SC e DF.
Uruguai	3%	RS e SC.

Fonte: ANA, 2023.

A Figura 1 mostra as regiões hidrográficas brasileiras e as suas extensões pelo território nacional.

Figura 1: Divisão Hidrográfica Brasileira.



Fonte: CNRH, 2003.

As maiores demandas de água no Brasil ocorrem nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHs) São Francisco, Paraná, Uruguai, Tocantins-Araguaia e Parnaíba. Essas regiões permanecerão liderando o crescimento dos usos, especialmente pela expansão da irrigação mecanizada, da agroindústria e das cidades. Com isso, a interdependência de mananciais e as grandes transferências de água entre bacias hidrográficas tendem a ser cada vez mais necessárias e complexas.

Qualidade da água

A qualidade das águas depende das condições naturais de funcionamento e das ações antrópicas ao longo do seu curso. Dentre as principais ações antrópicas responsáveis pela poluição dos recursos hídricos, se destacam o lançamento de esgoto doméstico ou industrial, o uso de contaminantes químicos, alterações do uso do solo e modificações do sistema fluvial (TUCCI, HESPANHOL E NETTO, 2000).

A poluição e a degradação dos recursos hídricos são realidades também decorrentes do acelerado crescimento demográfico, especialmente nas regiões metropolitanas. A falta de planejamento no desenvolvimento urbano, somada ao grande adensamento, pode acarretar a contaminação e poluição dos recursos hídricos, os quais muitas vezes servem de abastecimento para a população (ANDRADE et al, 2015).

Segundo a resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005), as águas doces, salobras e salinas são caracterizadas de acordo com o seu uso preponderante, totalizando treze classes de qualidade.

As águas doces são classificadas, conforme CONAMA (2005), em:

- Classe especial: Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas;
- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e

lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca;

- Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais;

- Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

As águas salobras são classificadas, conforme CONAMA (2005), em:

- Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

- Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

- Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário;

- Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

As águas salinas são classificadas, conforme CONAMA (2005), em:

- Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas e à aquicultura e à atividade de pesca;
- Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário;
- Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

O padrão de potabilidade da água, é um conjunto de características que qualquer água destinada ao consumo humano precisa ter para ser considerada segura, variam de acordo com a sua finalidade, tendo como referência os valores máximos em que cada componente microbiológico, físico, químico e radioativo não oferece risco à saúde, regidos pela portaria N° 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

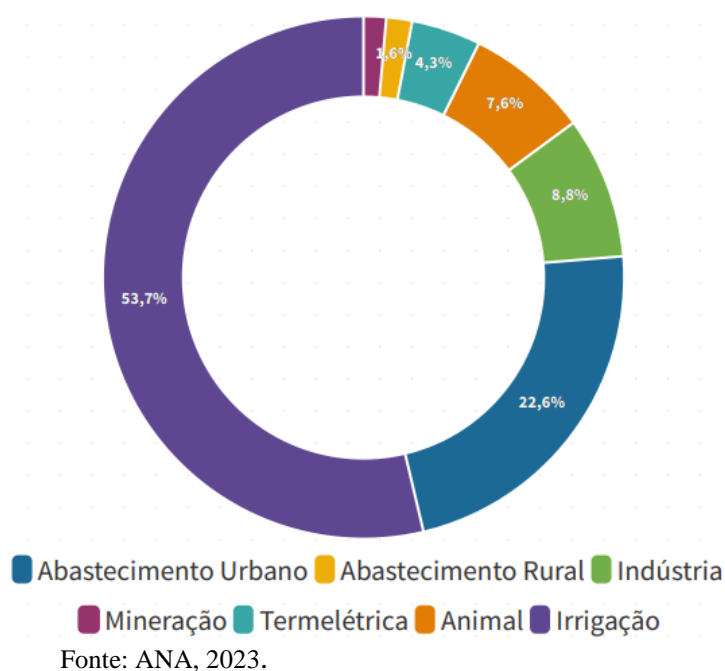
A Agência Nacional de Águas (ANA) monitora a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do país. Ela utiliza a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (RNQA) e o Índice de Qualidade das águas (IQA) como forma de analisar e avaliar qualitativamente a qualidade da água disponível para o abastecimento público. A RNQA foi criada em 2013, contando com a cooperação dos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos para o monitoramento a nível nacional dos recursos hídricos. O IQA, leva em consideração os seguintes parâmetros:

temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez. Sendo esse o principal indicador qualitativo para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público após o tratamento.

Setores de maior consumo de água no Brasil

Segundo ANA (2023), os principais setores do uso consuntivo da água no Brasil são: Irrigação, Abastecimento Urbano, Indústria, Dessedentação Animal, Termelétrica, Abastecimento Rural e Mineração (Figura 2).

Figura 2: Distribuição percentual do consumo de água nos setes principais setores.



Irrigação

A irrigação representa o maior setor de consumo de água no Brasil,

alcançando 53,7% do total de água retirada em 2022 (Figura 2).

Esse uso corresponde à prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as culturas, e varia de acordo com a necessidade de cada cultura, tipo de solo, relevo, clima e equipamento.

Segundo a EMBRAPA (2022), em 2021, o país registrou marcos importantes no agro: foi o maior exportador mundial de soja do planeta (91 milhões de toneladas); terceiro maior produtor de milho e feijão (105 milhões e 2,9 milhões de toneladas, respectivamente); na produção de café (em grãos), liderou com 32% do mercado internacional.

De acordo com dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (Abrasfrutas), em 2021, as exportações de uva e de manga tiveram crescimento robusto. Somando as duas frutas, o crescimento foi de 17,93% no primeiro trimestre de 2021 comparado ao mesmo período de 2020.

O uso eficiente da água de irrigação pode ser alcançado atuando-se: na estrutura de irrigação então existente, em termos de tipos de cultivo, sistemas de irrigação e gestão do uso de água, nos métodos de manejo da irrigação e nas técnicas que permitem aumento da eficiência do uso da água (COELHO, FILHO & OLIVEIRA, 2005).

Abastecimento Urbano

O abastecimento urbano representa o segundo maior setor de consumo de água no Brasil, alcançando 22,6% do total de água retirada em 2022 (Figura 2). O país apresenta 80% da população em áreas urbanas, onde nos estados mais desenvolvidos, esse

número chega à vizinhança de 90%. Dentro desse contexto os mananciais superficiais abastecem cerca de 85% da população, enquanto os outros 15% são abastecidos pelos mananciais subterrâneos.

Em virtude da alta concentração populacional em áreas urbanas, vários conflitos e problemas têm sido gerados. Segundo Albuquerque et al. (2004), o aumento do consumo, as perdas no sistema de abastecimento, o desperdício de água pelo usuário e a poluição hídrica são fatores agravantes no processo de gestão da água para abastecimento público.

Indústria

A indústria representa o terceiro maior setor de consumo de água no Brasil, alcançando 8,8% do total de água retirada em 2022 (Figura 2). As tipologias da indústria da transformação que mais se destacam quanto ao uso de água são: sucroenergética, papel e celulose, abate e produtos de carne, e bebidas alcoólicas. O setor sucroenergético (produção de açúcar e etanol) respondeu por 40% da demanda industrial em 2020 (ANA, 2023).

Dessedentação Animal

A dessedentação animal representa o quarto maior setor de consumo de água no Brasil, alcançando 7,6% do total de água retirada em 2022 (Figura 2). A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os rebanhos é uma grande preocupação dos produtores rurais devido às constantes ameaças antrópicas. Essas ameaças são intensificadas em regiões nas quais a concentração de animais por unidade de área é elevada. Além disso, a ocorrência de secas é um fator ambiental que gera impacto nos ciclos produtivos (PALHARES; GUIDONI, apud FEITOSA et al, 2012).

O consumo de água para pecuária varia em função da espécie animal. Segundo ANA (2023), a demanda para criação de bovinos é a que mais se destaca no setor pecuário, chegando a representar 87% da demanda para abastecimento animal em 2021, correspondente a 143 m³/s. O tamanho e estágio de desenvolvimento fisiológico são fatores determinantes na demanda hídrica, sendo ainda influenciados pelas condições de manejo.

O setor da produção animal é uma atividade geradora de proteína de alta qualidade, subprodutos e serviços fundamentais para a sociedade, contudo há muitos questionamentos quanto ao seu impacto ambiental e, particularmente, à forma como utiliza a água e se seu consumo é tão necessário para a produção animal (AGROBID, 2022).

Termelétrica

As termelétricas representam o quinto maior setor de consumo de água no Brasil, alcançando 4,3% do total de água retirada em 2022 (Figura 2). A geração de energia termelétrica, no Brasil, opera com combustíveis fósseis, biomassa e nuclear. Muitas vezes, as termelétricas são operadas como fonte de energia complementar, sendo acionadas de acordo com a demanda não atendida pela geração hidrelétrica, principal fonte da matriz de energia.

O Brasil possui mais de três mil termelétricas em atividade e a partir de 2012, devido à redução no volume de água disponível para geração hidrelétrica, houve um aumento no uso da água para geração termelétrica (ANA, 2023).

O principal consumo de água ocorre no processo de resfriamento, que segundo Yang e Dziegielewski (2007) apud Prata (2018), se dividem em três

grades grupos: Sistema de resfriamento de passagem única (once-through); sistema de resfriamento de recirculação com reservatório e sistema de recirculação com torres de resfriamento.

Abastecimento rural

O abastecimento rural representa o sexto maior setor de consumo de água no Brasil, alcançando 1,6% do total de água retirada em 2022 (Figura 2). Segundo ANA (2023), a demanda vem decrescendo nacionalmente em função da retração da população no campo, tendência que se mantém nos cenários futuros. Entretanto, no Brasil, há ainda cerca de 30 milhões de pessoas vivendo no campo, com muitos aglomerados em regiões de baixa disponibilidade hídrica. Alguns polos de expansão do agronegócio apresentam dinâmica diferenciada, com crescimento de vilas e outros aglomerados rurais. No cenário rural a escassez de água é fator determinante para o controle de consumo.

Silva et al (2019) constataram que nas zonas rurais o consumo médio diário per capita corresponde a uma variação entre 70 e 93 litros. Essa quantidade de água consumida por dia está abaixo do que sugere a ONU (2013), que afirma que 110 litros de água por dia é a quantidade suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa.

Mineração

A mineração representa o sétimo maior setor de consumo de água no Brasil, alcançando 1,4% do total de água retirada em 2022 (Figura 2). A mineração (ou indústria extrativa mineral) abrange os processos de extração de substâncias minerais. O Brasil está entre os maiores produtores

mundiais de minério de ferro, bauxita e alumina, nióbio e fosfato, dentre outros.

Em diversos municípios, a atividade mineral está restrita ao mercado local ou regional de construção civil (pedra, areia e argila) e de sal. A maior parte da produção e do uso da água, entretanto, concentra-se em polos conectados a corredores ferroviários e hidroviários, escoando especialmente carvão, minério de ferro, alumínio, manganês e minerais para adubos e fertilizantes.

As empresas de mineração planejam, desde a fase de pesquisa até o pós-fechamento, com ferramentas apropriadas, desenhando e implantando as medidas preventivas e corretivas mais adequadas. A boa gestão hídrica é um elemento de competitividade porque o insumo é essencial para as operações e porque seus custos são significativos (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2017).

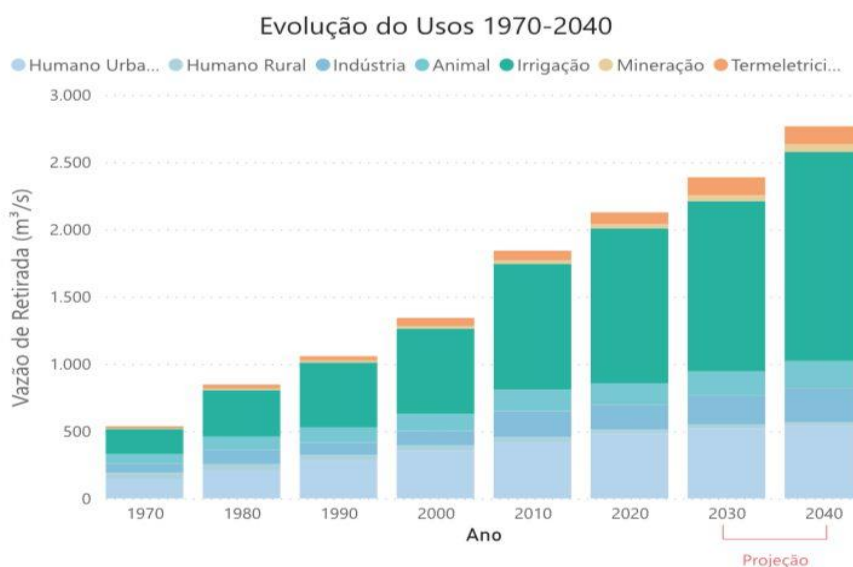
A água se caracteriza, portanto, como um elemento-chave na busca de uma mineração mais sustentável. Apesar da representatividade do setor mineral no

contexto econômico, o desenvolvimento sustentável representa um grande desafio, em termos sociais e ambientais, tendo em vista a natureza das atividades da indústria mineral (AZAPAGIC, apud BICHUETI et al, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos setes principais setores brasileiros de consumo de água, quatro se destacam como aqueles que representam a maior retirada de água nos últimos 50 anos, são eles: Irrigação, Abastecimento Urbano, Indústria e Dessedentação Animal (Figura 3). Ao longo dos anos, os setores de Termelétrica e Mineração apresentaram crescimento e, conseqüentemente, maior notoriedade nesse cenário. Por outro lado, em direção contrária aos setores citados, o Abastecimento Rural apresentou um decréscimo no consumo de água, em virtude do êxodo rural. No entanto, ainda se mantém como um setor relevante nacionalmente (ANA, 2023).

Figura 3: Consumo de água ao longo dos anos no Brasil.



Fonte: ANA, 2023.

Tecnologias e estratégias utilizadas para redução do consumo de água no Brasil

Irrigação

O Brasil totaliza 8,2 milhões de hectares equipados para irrigação, possuindo potencial para expandir sua área irrigada em mais 4,2 milhões de hectares até 2040. Para suprir essa área irrigada atual, o uso de água corresponde a 29,7 trilhões de litros por ano (ANA, 2023). Segundo Brito et al (2012), a principal problemática do alto consumo de água na irrigação são os baixos índices de eficiência. As perdas por evaporação e lixiviação são altas, causados por deficiências técnicas, climatológicas, de manejo do solo e dos cultivos.

De toda a água captada para fins de irrigação, mais de 50% não é efetivamente utilizada pelas plantas. Esse problema ocorre em razão de três fatores principais: diminuta utilização de critérios técnicos de manejo de água na maioria das áreas irrigadas, informações escassas e incompletas de parâmetros para manejo de água e uso de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação (MANTOVANI et al, apud MAROUELLI et al, 2011).

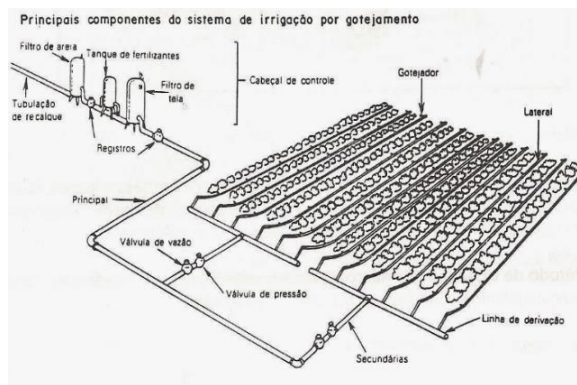
Segundo Coelho et al (2005), o uso eficiente da água de irrigação pode ser alcançado atuando-se nos sistemas e estruturas de irrigação, nos métodos de manejo e nas técnicas que permitem aumento da eficiência.

As principais e atuais tecnologias e estratégias utilizadas na agricultura para aumento da eficiência da irrigação e mitigação do consumo de água são:

- Irrigação por gotejamento;
- Manejo de irrigação adequado;
- Transgenia.

A técnica de irrigação por gotejamento surgiu em Israel (MARQUES et al, 2014). Segundo Silva et al. (2015), ela tem ganhado espaço, principalmente nos últimos anos, devido à escassez de recursos hídricos. Este sistema aplica água exatamente na região em torno da planta. Dessa forma, apenas parte da área do solo é molhada, reduzindo assim, a superfície exposta às perdas por evaporação (Figura 4).

Figura 4: Modelo de um sistema de irrigação por gotejamento.



Fonte: Cultivo orgânico, 2023.

Na técnica de gotejamento, o consumo de água é menor e a eficiência de irrigação é bem maior. Também conhecida como o método de irrigação localizada, pode ser aplicada em diversas culturas, destacando-se as hortícolas, leguminosas e frutíferas, que são de maior rentabilidade e condizentes com os custos dos sistemas. Na irrigação localizada, o gotejamento subsuperficial (Figura 3) é o de maior eficiência (acima de 90 %), uma vez que, pela própria posição do emissor no solo, as perdas de água por evaporação são as menores possíveis (COELHO, FILHO & OLIVEIRA, 2005).

A maior eficiência no uso da água pela planta é obtida no sistema de irrigação por gotejamento e a economia de água é considerável em relação a outros sistemas. Segundo Sandri et al (2014), a economia em relação ao sistema por sulco, por exemplo, é de 29%. Segundo Marouelli et al (2011), na

mudança do sistema por aspersão para um sistema por gotejamento, é possível obter redução de 50% do uso global de água. Yuri et al (2015), em seu experimento com plantio de melancia, constatou que o consumo de água no método de irrigação por gotejamento foi de 4.160 m³, enquanto o método convencional teve um consumo de 5.340 m³, representando uma economia na ordem de 22%.

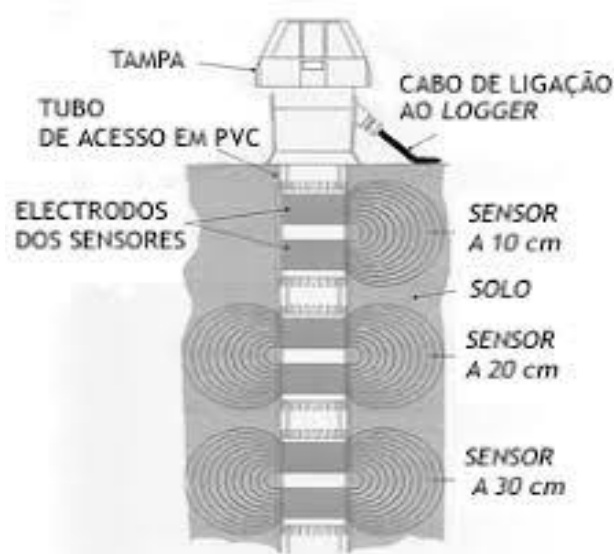
Após a instalação do sistema, o produtor deve realizar o manejo inicial de irrigação (que deve ser flexível) como forma de aplicar água no momento e na quantidade adequada para o solo, a fim de garantir elevadas eficiências na produção da cultura (COELHO et al, 2005).

O manejo de água em áreas cultivadas é uma resultante de práticas que visam garantir condições adequadas de umidade do solo para o pleno desenvolvimento das plantas. Está, inicialmente, condicionado à disponibilidade de água existente na propriedade rural. O produtor deve ter conhecimento do volume de água disponível anualmente e do volume de água necessário à irrigação das culturas (COELHO et al, 2000).

Segundo Coelho et al (2005), para se garantir a eficiência no manejo da irrigação podem ser utilizados sensores específicos, como por exemplo, a sonda de nêutron (Figura 5), a sonda de capacitância (Figura 6) e os refletômetros de TDR, que são capazes de medir a umidade ou o potencial de água no solo.

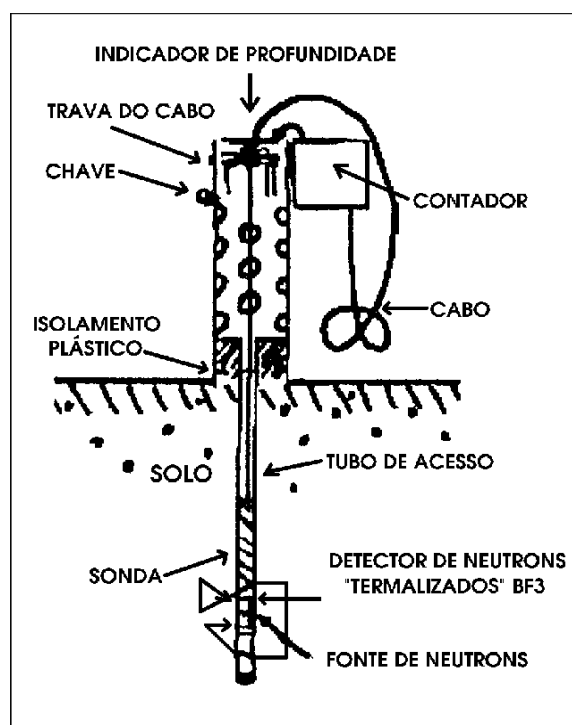
De acordo com Shibuya et al (2018), através de leituras com sonda FDR é possível concluir que os valores de umidade são compatíveis com os eventos de chuva e irrigação. Dessa forma, a sonda pode ser utilizada no manejo de irrigação como forma de redução do consumo de água.

Figura 5: Sonda de Nêutrons.



Fonte: ResearchGate, 2023.

Figura 6: Sonda de capacitância.

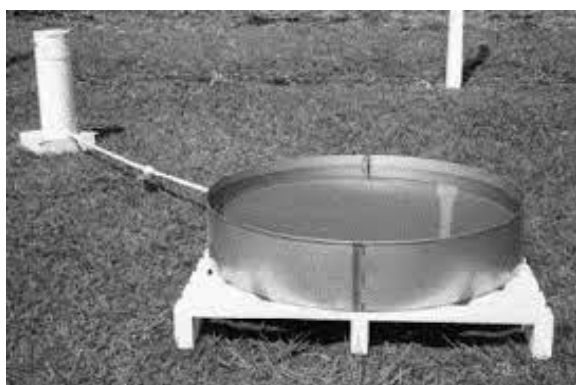


Fonte: Camargo et al, 2012.

Na prática, deve-se dividir a área de irrigação em talhões de solo com características físico-hídricas e químicas similares e, assim, instalar os sensores em pontos representativos, devendo sua quantidade aumentar com a variabilidade espacial da área (COELHO, FILHO E OLIVEIRA, 2005).

Outra estratégia utilizada para auxiliar o manejo de irrigação é o tanque classe “A”, bastante difundido em todo o mundo devido ao seu custo relativamente baixo, fácil instalação e operação. Ele possui formato cilíndrico, com diâmetro de 121 cm e 25,5 cm de profundidade, construído de material galvanizado (calibre 22), e montado sobre uma plataforma de madeira aberta, de 15 cm de altura (Figura 7).

Figura 7: Tanque classe “A”.



Fonte: Santos et al, 2004.

O local para instalação deve ser preferencialmente gramado (20 m x 20 m), com abertura nas laterais da plataforma para permitir a livre circulação do ar.

Segundo Coelho et al (2005), o método é utilizado para determinação da evapotranspiração potencial (ETP) que, uma vez adaptada (por coeficiente), fornece a evapotranspiração da cultura (ETC), e posteriormente, a lâmina de irrigação.

O tanque classe “A” vem sendo utilizado no manejo da irrigação de diversas culturas. Santos et al (2004), em cultivo de uvas finas, aplicou o manejo por meio do tanque classe “A” e encontrou uma economia de 56,3% no total de água, em comparação com produtores que não utilizavam técnica de manejo.

A modificação genética de plantas é outra técnica utilizada para controle e redução do consumo de água. O método corresponde a cruzamentos entre indivíduos ou população com o objetivo de obter genótipos superiores. O método também é conhecido como melhoramento genético (CAMPOS et al, 2022). Segundo a Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (ABRASEM) (2013), a biotecnologia pode ajudar no uso sustentável da água por meio do desenvolvimento de variedades de plantas geneticamente modificados (GM) resistentes à seca ou cujas características diminuam o uso de defensivos químicos e, conseqüentemente, de água.

Segundo Neves (2012), as culturas biotecnológicas no Brasil contribuíram com uma redução de uso da água em torno de 12,6 bilhões de litros; sendo 95% no plantio de soja geneticamente modificada, 3% na produção de milho geneticamente modificado e 2% na produção de algodão transgênico.

A Embrapa desenvolve estudos para transformação genética de plantas desde a década de 80, com o objetivo de contribuir para uma agricultura mais produtiva e saudável. Pesquisas nessa área estão sendo desenvolvidas com várias espécies agrícolas, como: soja, feijão, arroz, milho, algodão, alface, batata, café, cana de açúcar e mamão, entre outras.

Indústria

A necessidade de reduzir o desperdício e minimizar o consumo de água na indústria, aliada à cobrança pela captação, tratamento e lançamento de efluentes, vem forçando o setor a mudar seus costumes e processos (JÚNIOR & PAWLOWSKY, 2007).

As principais e atuais tecnologias e estratégias utilizadas para redução do consumo de água nas indústrias, são:

- Reuso de água;
- Adsorção por carvão ativado para tratamento da água;
- Osmose reversa para tratamento da água;
- Utilização da tecnologia Dye Clean.

Segundo Torres et al. (2018), na indústria, como forma de minimizar o consumo de água e o despejo de cargas poluidoras nos recursos hídricos, tem sido utilizado a prática de reutilização, reuso de água ou o uso de águas residuárias.

De acordo com Junior e Pawlowsky (2007), as tecnologias atualmente disponíveis para se tentar alcançar uma melhor qualidade de água de reuso na indústria envolvem tratamentos avançados. A adsorção em carvão ativado e a separação por membranas (osmose reversa) são considerados os principais métodos para reuso de água nas indústrias.

Segundo Borges et al (2016), o uso de filtros de carvão ativado tem como principal característica a capacidade de remoção de compostos biodegradáveis. O método promove a otimização do tratamento da água a partir do prolongamento da vida útil dos filtros, mantendo assim, a eficiência de produção. Segundo Mucciaccito (2009), essa técnica é utilizada nas indústrias de alimentos, bebidas e farmacêuticas.

A osmose reversa é um processo de separação da água dos sais minerais entre duas soluções, uma com concentração maior de sais em relação a outra. Nesse método, uma pressão mecânica é aplicada sobre a solução mais concentrada, fazendo com que as moléculas passem por uma membrana semipermeável separando a solução em

duas partes: permeado e rejeitado. A parte permeada atravessa a membrana, resultando em um material de alto grau de pureza. Este processo remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (SILVA et al, 2019). As principais indústrias que utilizam essa técnica são a alimentícia, farmacêutica e Metalmeccânica.

Segundo Junior e Pawlowsky (2007), em termos financeiros, o tratamento por adsorção em carvão ativado pode apresentar certa vantagem em relação ao tratamento de osmose reversa. Em seu estudo comparativo, US\$ 1,14/m³, é mais atrativo que o custo de US\$ 1,70/m³ apresentado pela osmose reversa.

A Veolia Water Technologies, é uma empresa especializada em reuso de água na gestão de processos industriais. Ela atua junto a grandes fabricas e empreendimentos aplicando técnicas e estratégias visando a redução do consumo de água. Em 2011, a empresa Nestlé em parceria com a Veolia Technologies iniciou a aplicação de técnicas de reuso a partir da combinação de sistemas de tratamento por membranas. No período de 2011 à 2021, foi observado uma redução de 1/3 do consumo de água no processo industrial, reduzindo os custos de produção e economizando recursos (VEOLIA WATER TECHNOLOGIES, 2021).

Segundo Twardokus (2004), a indústria têxtil requer atenção especial entre os outros setores industriais. Pois, apresenta níveis elevados de consumo de água por quilo de malha processada, podendo variar dependendo do tipo de equipamento, processo ou fibra utilizada. Devido a maior cobrança na utilização racional dos recursos naturais por parte dos órgãos ambientais, as indústrias têxteis têm buscado modernizar seus equipamentos e buscar produtos e processos ecologicamente

corretos, visando uma menor utilização desses recursos.

As indústrias têxteis são responsáveis por gerar toneladas de litros de água anualmente. Para se ter uma ideia, são necessários mais de 5 mil litros de água para a fabricação de uma única calça jeans (FUSATI, 2022). Segundo Pereira (2015), a empresa brasileira Golden Tecnologia, especializada na área têxtil, lançou uma tecnologia batizada de Dye Clean, cujo sistema consiste em tingir fibras celulósicas com corantes reativos, reaproveitando a água dos banhos, e promete reduzir em 80% o consumo de água. Além disso, com o Dye Clean é possível reduzir entre 20% e 30% o custo total do processo de tingimento de tecidos, além de diminuir a contaminação de efluentes.

Abastecimento Urbano

Para combater e prevenir o problema de escassez de água, os urbanistas vêm aprimorando estratégias e desenvolvendo melhores tecnologias reguladoras. Dentro desse contexto, é possível destacar:

- Reuso de águas cinzas;
- Mecanismos poupadores de água;
- Medidores individuais por apartamento;
- Conscientização ambiental.

Em virtude das condições de escassez e racionamento de água nos centros urbanos, uma estratégia com visibilidade de aplicação é a reutilização de águas cinzas para fins menos nobres, como: limpeza de piso, descarga de vasos sanitários e irrigação de plantas. De acordo com Costa e Bessa (2019), as águas cinzas são oriundas dos efluentes domésticos e não recebem contribuição da bacia sanitária, ou seja, são os efluentes gerados pelo uso dos

lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça.

Segundo Rampelotto (2014), a produção de água cinza de uma residência, possui uma estimativa em torno de 46% a 91%. Essa água caso seja armazenada pode ser utilizado para atividades domésticas que não exigem potabilidade.

Os mecanismos poupadores de água, que são peças instaladas em aparelhos domésticos com a função de reduzir o consumo de água. Segundo Barros et al (2015), sua aplicação consiste em substituir os equipamentos convencionais pelos poupadores, não exigindo grandes intervenções na construção do edifício e nem mudanças drásticas no comportamento dos usuários. Os principais mecanismos poupadores de água utilizados no Brasil, são:

- Arejador para torneira;
- Torneira com temporizador;
- Torneira com sensor de presença;
- Aerador para chuveiro;
- Bacia sanitária com acionamento duplo.

O arejador (Figura 8) consiste em uma peça localizada na extremidade da torneira. Em seu interior existe um filtro que diminui o tamanho das partículas e introduz ar no líquido (BARROS et al, 2015). O ar introduzido na partícula, substitui parte da água que seria ejetada e com isso diminui o consumo de água durante o seu uso.

Figura 8: Arejador para torneira.



Fonte: Casa & Construção, 2023.

As torneiras com temporizador (Figura 9) permitem o uso otimizado da água, visto que cortam o fluxo no tempo pré-estabelecido, evitando excessos. Segundo Souza (2020), funcionam através do ato de pressionar a válvula para liberação da água e a partir daí o fechamento é automático.

Figura 9: Torneira com temporizador.



Fonte: Idral, 2023.

As torneiras por sensores de presença (Figura 10) funcionam a partir da detecção das mãos do usuário. Quando alguém se aproxima, o sensor óptico envia um sinal para uma peça que libera a saída de água. Isso faz com que o fluxo exista apenas enquanto as mãos estão próximas à peça (SOUZA, 2020).

Figura 10: Torneira com sensor de presença.

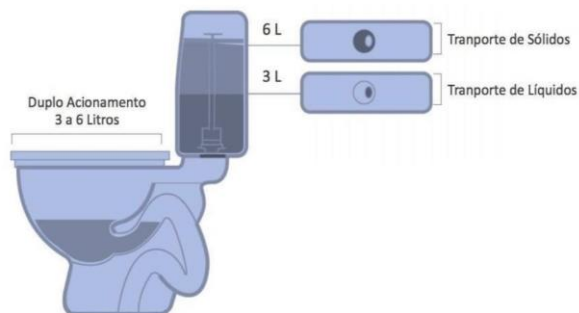


Fonte: Roca, 2023.

O aerador para chuveiro é um dispositivo que, quando instalado nas duchas, preenche as gotas de água com uma minúscula bolha de ar, ele utiliza um pequeno tubo de diâmetro variável, que cria uma diferença de pressão e velocidade do fluido. O ar é sugado para dentro do tubo, devido ao vácuo parcial criado, fazendo com que o ar e a água se misturem. Com isso, o fluxo é aumentado e a quantidade de água utilizada é reduzida.

A bacia sanitária com acionamento duplo (Figura 11) permite a descarga com volumes específicos, respectivamente, 3 litros e 6 litros, para resíduos líquidos e com sólidos. Segundo Gnoatto et al (2020), considerando os indicadores de consumo per capita, a redução média após a adoção de sistemas de duplo acionamento nas descargas de bacias sanitárias é de 36,43% (considerando o indicador de consumo em bacias sanitárias). Como as bacias sanitárias representam parcela entre 64,01% e 71,52% do consumo total de água, a redução após a substituição dos acabamentos simples por acabamentos de duplo acionamento foi de 28,97% quando considerado o consumo total de água do edifício.

Figura 11: Bacia Sanitária com acionamento duplo.



Fonte: Carvalho, 2014.

Barros et al (2015), apresentaram uma proposta de implantação de mecanismos poupadores de água em edificações residenciais verticais, apresentando as economias de água estimadas de 83,26% e 10,42%, respectivamente, para a vida útil do edifício e para o bairro.

Souza (2020), realizou uma análise de implementação de mecanismos poupadores em um complexo habitacional que integra: 4.100 unidades habitacionais, 2 escolas e 3 creches. Em sua análise quando as residências adotaram: bacia sanitária com acionamento duplo, chuveiro com aerador e torneira com arejador. E as creches e escolas substituíram todas as torneiras pelo modelo com arejador foi possível obter uma redução global do uso de água de 48%. Com isso, podemos determinar que para a redução do consumo hídrico nas zonas urbanas é aconselhável o uso em conjunto dos mecanismos poupadores.

Medidores individuais por apartamento, são aparelhos responsáveis por medir individualmente o consumo de água por apartamento em um condomínio. Segundo Junior (2007), com a implantação desse tipo de sistema é possível obter uma economia de até 20% no consumo do edifício. Vale ressaltar que na medição de forma individual o acompanhamento do

consumo é acessível ao morador, contribuindo para o uso consciente da água e redução do desperdício.

As estratégias de redução de consumo no setor urbano também permeiam a temática da conscientização ambiental. Através de práticas simples a população pode desenvolver hábitos sustentáveis que favorecem a economia de água, são eles:

- Banhos curtos;
- Escovar os dentes com a torneira fechada;
- Lavar carro com balde de água, no lugar de mangueira;
- Limitar o uso da máquina de lavar;
- Fechar bem as torneiras;
- verificar e corrigir quaisquer vazamentos.

Dessedentação Animal

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os rebanhos é uma grande preocupação dos produtores rurais devido às constantes ameaças antrópicas. Essas ameaças são intensificadas em regiões nas quais a concentração de animais por unidade de área é elevada. Além disso, a ocorrência de secas é um fator ambiental que influencia os ciclos produtivos, gerando conflitos pelo uso da água (PALHARES & GUIDONI, 2012).

A produção pecuária tem potencial de usar a água de modo eficiente, sem desperdícios, além de manter ou até melhorar sua qualidade ao integrar o ciclo hidrológico. apesar da produção animal demandar o uso de água, existem conceitos, princípios e práticas que podem melhorar a eficiência do uso deste recurso (SILVEIRA et al, 2023). Nesse contexto, as principais técnicas utilizadas na dessedentação animal para redução do consumo de água são:

- Manejo hídrico na pecuária;
- Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF).

O manejo hídrico dos sistemas de produção animal é o primeiro passo para promover a eficiência do uso da água. Esse manejo é o uso cotidiano de práticas e tecnologias que conservem a água em quantidade e com qualidade. Segundo Palhares (2021), se internalizarmos o manejo hídrico em nossos sistemas de produção e promovermos a eficiência hídrica de nossos produtos, atingiremos a eficiência na gestão de água.

Ainda segundo Palhares (2021), o pecuarista deve fazer o manejo nutricional de forma precisa para os animais. A instalação de hidrômetros na propriedade para medir o consumo de água e de cisternas para captação da água da chuva são práticas que auxiliam para se conhecer os fluxos hídricos do sistema de produção e ter uma fonte alternativa de água.

Segundo Silveira et al (2023), a instalação de hidrômetros, que permitem o acompanhamento do consumo, bem como a utilização de lavadoras sob pressão, mangueiras com reguladores de fluxo e melhoria da eficiência de raspagem do piso, são recursos baratos que podem representar economia significativa de água na produção de leite. Mudanças de hábitos e manejos simples podem resultar em economia de até 30% no consumo, o que é bastante significativo.

De acordo com Behling et al (2013), a Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), é uma estratégia de produção que integra sistemas de produção agrícola, pecuária e florestal. Ela tem como grande objetivo a otimização do sistema de uso da terra, visando atingir patamares cada vez mais elevados de produtividade, qualidade do

produto, qualidade ambiental e competitividade.

Segundo Casagrande (2018), é possível obter a redução de até 19% no consumo de água com a adoção do sistema ILPF. Animais criados em sistemas integrados com árvores frequentam menos os bebedouros em comparação com aqueles criados em sistemas convencionais, a pleno sol. O estudo constatou que, no período da tarde, 87% dos animais que estavam expostos ao sol foram ao bebedouro. Na área sombreada, esse índice caiu para 63% no mesmo período.

Abastecimento Rural

Segundo GOMES et al. (2014), o consumo de água oriundo da captação da chuva na zona rural possui fins distintos em comparação a zona urbana. Enquanto na zona urbana é utilizada para suprir demandas secundárias, na zona rural são adotadas para ampliar o acesso da população à água potável, sendo utilizada para suprir necessidades básicas, de consumo humano.

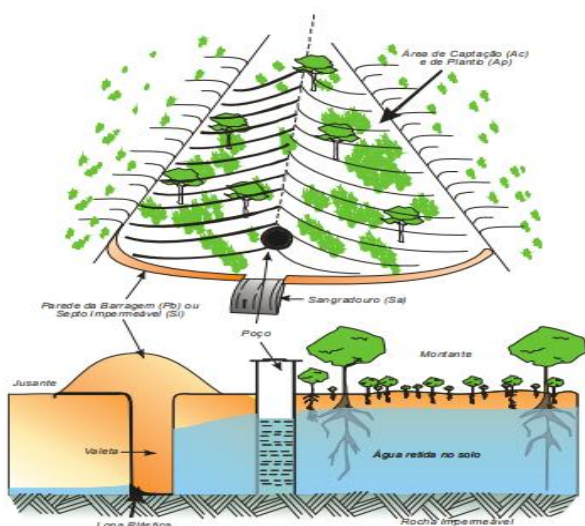
Nesse contexto, a principal fonte de abastecimento de água potável na zona rural brasileira é oriunda da água da chuva e se destaca as duas principais técnicas de captação, são elas:

- Barragens subterrâneas;
- Cisternas de concreto.

A barragem subterrânea (Figura 11) é uma tecnologia alternativa de baixo custo de construção e manutenção utilizadas no semiárido para aproveitamento da água da chuva, viabilizando o seu uso para o abastecimento humano, animal e agrícola, garantindo a segurança alimentar das famílias (LIMA et al, 2013).

De acordo com Silva et al (2007), a água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas (Figura 12). Esse barramento armazena água dentro do solo com perdas mínimas de umidade (evaporação lenta), mantendo o solo úmido por um período maior, até quase fim do período seco. Tem a função de barrar (interceptar) a água da chuva que escoar na superfície e dentro do solo por meio de uma parede construída transversalmente à direção das águas.

Figura 12: Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea.



Fonte: Silva et al, 2007.

A forma mais comum de armazenamento de água da chuva se dá através da captação da mesma pelos telhados das edificações e posterior condução através de gravidade por um sistema em conjunto de calhas e tubos, que destinam a água até a cisterna (Figura 13).

Conforme Oliveira (2014), a utilização de cisternas para captação de água da chuva, é uma técnica milenar com vasta aplicação no mundo. No Brasil, os governos Federal, Estadual e Municipal juntamente com Articulação do Semiárido (ASA), têm trabalhado em

vários projetos, dentre eles se destaca o Projeto “Um Milhão de Cisternas” (P1MC), que objetiva a construção de um milhão de cisternas para famílias da zona rural que não tem acesso ao sistema de abastecimento de água.

Com início em 2003, as cisternas construídas pelo P1MC armazenaram até 16 mil litros de água de chuva, quantidade suficiente para abastecer uma família de cinco pessoas por um período de oito meses (o período médio de estiagem no Semiárido), pois essa água é destinada para consumo doméstico (beber e cozinhar). Atendeu aproximadamente 5 milhões de pessoas nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. São famílias agricultoras difusas residentes nas zonas rurais do Semiárido brasileiro.

Figura 13: Cisterna de concreto com sistema de captação de água da chuva.



Fonte: Portal Metálica, 2023.

Também pode ser utilizado uma superfície no chão, cimentada ou coberta por pedras. Nesse caso, diz-se que a área de captação é do tipo calçadão (Figura 14) (OLIVEIRA, 2014).

Figura 14: Cisterna tipo calçadão.



Fonte: Daki semiárido vivo, 2023.

Termelétrica

De acordo com Gerdes e Nichols (2009) apud Prata (2018), alternativas para o aumento da disponibilidade de água em termelétricas incluem a captação, tratamento e reutilização de parcelas de água existente nos gases de combustão advindas de turbinas a gás. Levy et al (2011) apud Prata (2018), determina que toda a água existente nos gases de combustão tem potencial de suprir de 10% a 33% da quantidade de água requerida nas torres de resfriamento das termelétricas.

Existem diversas técnicas disponíveis para realização da separação da água dos gases de combustão. Em geral, podem-se utilizar condensadores, sistemas dessecantes ou membranas poliméricas semipermeáveis (PRATA, 2018).

Tecnologias que se utilizam de membranas semipermeáveis são eficientes do ponto de vista energético, uma vez que não há necessidade de mudança de fase para que ocorra o processo de separação. Além disso, são confiáveis do ponto de vista operacional, já que não possuem partes móveis. O processo de separação permite a remoção seletiva do vapor de água presente na corrente de exaustão,

produzindo água com elevado grau de pureza sem adição ou retirada de calor ao processo (PRATA, 2018).

Wang (2012) apud Prata (2018), afirma que a condensação dos componentes existentes nos gases de combustão, por meio da simples remoção de calor em um trocador de calor, possui limitações tais como a necessidade de elevadas áreas superficiais e a ocorrência de corrosão do equipamento decorrente da condensação de ácidos (caso de gases provenientes da queima de carvão mineral). Sendo assim, para que a água recuperada possa ser utilizada em outras partes do processo, há a necessidade de tratamento adicional no sentido de reduzir a quantidade de contaminantes presentes.

Brunetti et al. (2013) apud Prata (2018) avaliaram experimentalmente um equipamento denominado por eles próprios de condensador de membranas para a recuperação de água descartada em gases industriais. O equipamento era constituído por membranas microporosas hidrofóbicas através das quais fluíam os gases. A água se condensava na superfície e era coletada, enquanto os demais componentes eram admitidos pela membrana seletiva. Cerca de 30% do vapor de água era recuperado quando a diferença de temperatura entre a membrana e a corrente dos gases era de 8°C e mais de 60% quando a diferença estabelecida era de 15°C. Os autores demonstraram que a relação entre a vazão dos gases e a área da membrana é um fator fundamental no projeto da unidade.

A recuperação de água pela combustão, por si só, não é capaz de suprir completamente o volume de reposição demandado, porém, pode, de forma subsidiária a alternativas, contribuir para utilização racional deste recurso e mitigar as perdas que ocorrem (PRATA, 2018).

Mineração

A interação da água com a mineração não se esgota na fase de exploração da jazida, mas perpassa todos os processos de operação, tratamento e beneficiamento do minério, bem como as etapas de fechamento e pós-fechamento das minas (BICHUETI et al, 2014).

O Instituto Brasileiro de Mineração (2017), afirma que a mineração vem, cada vez mais, buscando a otimização dos seus processos produtivos, por meio da eficiência de uso de recursos naturais. É prática usual da atividade, o reuso de água, que chega a atingir até 85% de água recirculada em algumas tipologias minerais.

A recuperação e o reuso da água na mineração torna possível a redução da captação de água nova, diminuição da geração dos efluentes aquosos, redução dos custos operacionais da planta e aumento de competitividade do setor mineral. Dessa forma, é imprescindível para a indústria priorizar a maximização do reuso da água e promover a conservação e racionalização de seu uso, essas ações agregarão, conseqüentemente, valor econômico e ambiental ao produto gerado (ESTEVEZ, 2013).

De acordo com Fonseca (2008), o tratamento de águas consiste na remoção das partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, sais férricos, e outras substâncias que possam prejudicar os processos de concentração dos minérios.

Segundo Sampaio et al (2018), a prática do tratamento da água está restrita à etapa de tratamento primário para separação sólido-líquido, isto é, à remoção dos resíduos sólidos dos efluentes. Comprova-se a maior recirculação de água pela utilização predominante de espessadores e barragens de rejeitos, como etapa de tratamento mais usual. No caso dos

efluentes das drenagens ácidas, o tratamento promove a neutralização da acidez e conseqüente precipitação, immobilizando então as espécies dissolvidas no lodo formado. Alternativamente, podem ser utilizados outros sistemas de processos. Nesses sistemas, está associado muitos processos físicos, químicos e biológicos naturais resultante da interação entre água, solo, plantas, microrganismos e atmosferas para tratar os efluentes da drenagem ácida, ocorrendo uma biorremediação.

As estações de tratamento de água – ETA estão presentes em quase a totalidade das plantas de tratamento de minérios no Brasil. Elas são utilizadas para potabilizar água para consumo humano, adequar a água bruta para os usos na planta e tratar as águas recuperadas em mecanismos anteriores (barragens de rejeitos, filtros etc.) para que atinjam parâmetros de qualidade necessários para a reutilização (FONSECA, 2008).

A carência de dados sobre o consumo, origem e qualidade da água utilizada na mineração dificulta uma abordagem correta da situação, tornando necessário e urgente o levantamento preciso dessas informações pelas empresas e órgãos públicos do setor para planejamento, controle ambiental e gerenciamento da água na mineração (SAMPAIO et al, 2018).

CONCLUSÕES

Os setores de economia de água no Brasil possuem o grande desafio do gerenciamento, controle e economia de água utilizada. Nesse sentido, diversas tecnologias e estratégias estão sendo adotadas na busca pela otimização e redução do desperdício. Na agricultura, o sistema de irrigação por gotejamento apresenta economia superior quando

comparado com outros métodos de irrigação; na indústria, o reuso de água tratada é a técnica que mais se difunde, sendo também utilizada nos setores de termelétrica e mineração.

No abastecimento urbano, a utilização de mecanismos poupadores de água e as estratégias de consumo consciente, podem apresentar bons resultados no combate ao desperdício. Já no abastecimento rural, as boas práticas de otimização se concentram na utilização de água da chuva. Além disso, sistemas de integração como o lavoura-pecuária-floresta podem reduzir consideravelmente o consumo hídrico na demanda da dessedentação de animais.

De uma forma geral, observa-se que a crescente demanda de água tem levado os diversos setores de consumo a estabelecerem novos métodos e tecnologias, adequações e inovações, estratégias e metas, estabelecendo uma nova cultura de combate ao desperdício e escassez. Apesar do grande desafio, o processo de transformação é real.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022**: Informe Anual. Brasília: ANA, 2023. Disponível em: [file:///C:/Users/Caio/Downloads/ConjunturaInforme_2022_PDF_Final_RevDIR_EC%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Caio/Downloads/ConjunturaInforme_2022_PDF_Final_RevDIR_EC%20(1).pdf). Acesso em: 02 de Jan. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **A ANA e o saneamento básico**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento>. Acesso em: 20 de abril 2023.
- ALBUQUERQUE, T. M. A. **Seleção Multicriterial de Alternativas para o Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de Bairro**. 2004, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de engenharia civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004. Disponível em: [file:///C:/Users/Caio/Downloads/TATIANA%20M%C3%81XIMO%20ALMEIDA%20ALBUQUERQUE%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PPGECA%202004%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Caio/Downloads/TATIANA%20M%C3%81XIMO%20ALMEIDA%20ALBUQUERQUE%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PPGECA%202004%20(1).pdf). Acesso em: 22 de jan. 2023.
- ANDRADE, L. C. Lago Guaíba: uma análise histórico-cultural da poluição hídrica em Porto Alegre. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 229-237, 2015. Disponível em: scielo.br/j/esa/a/8fQdYrLS3wCkRdcY4D8Ztz/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 de jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Biotechnologia reduz uso de água na agricultura**. Brasília: ABRASEM, 2013. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/biotechnologia-reduz-uso-de-agua-na-agricultura-2/>. Acesso em: 15 de jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. **Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos**. Brasília: ABRAFRUTAS, 2022. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/10/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos/>. Acesso em: 12 de abril 2023.
- BARROS, M. B; RUFINO, I. A. A; MIRANDA, L. I. B. Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Paraíba, v. 21, n. 1, p. 251-262, 2015.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/RTknJvzPtCkPbcTqmGCWctP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de fev. 2023.

BEHLING, M. et al. **Integração Lavoura Pecuária Floresta**. 2013. Disponível em: [Alice: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta \(iLPF\). \(embrapa.br\)](https://www.embrapa.br/iLPF). Acesso em: de fev. 2023.
BICHUETI, R. S. et al. O uso da água na mineração: uma análise da produção científica internacional. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/articloe/view/9871/4573>. Acesso em: 02 de jan. 2023.

BORGES, R. M. et al. Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 21, n.4, p. 709-720, 2016. Disponível em: [scielo.br/j/esa/a/qShs6gCcN46bLKrnCB9Ljkr/?format=pdf&lang=pt](https://www.scielo.br/j/esa/a/qShs6gCcN46bLKrnCB9Ljkr/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 19 de mar. 2023.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 22 de Jan. 2023.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=99348>. Acesso em: 15 de fev. 2023. HIERARQUIA

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Diário Oficial da União, [1997]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.433%2C%20DE%208%20DE%20JANEIRO%20DE%201997.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,Federal%2C%20e%20a%20Ltera%20o%20art. Acesso em: 04 de mar. 2023.

BRITO, R. R; GOMES, E. R; LUDWING, R. Uso da água na irrigação. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 373-383, 2012. Disponível em: <https://azdoc.tips/preview/uso-da-agua-na-irrigaao-5c1358e751662>. Acesso em: 06 de mar. 2023.

CAMPOS, I. N. et al. Percepção pública dos alimentos transgênicos no brasil: uma revisão da literatura. In: CAMPOS, I. N. et al. **Trabalho em rede saúde e inovação**, Rio de Janeiro: Epitaya, 2022. p. 239-254. Disponível em: [Vista do Percepção Pública dos Alimentos Transgênicos no Brasil: Uma Revisão da Literatura \(epitaya.com.br\)](https://www.vista.do-percepcao-publica-dos-alimentos-transgenicos-no-brasil-uma-revisao-da-literatura-epitaya.com.br). Acesso em: 16 de fev. 2023.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no brasil. **Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente**, n. 36, Volume Especial, p. 26-43, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172>. Acesso em: 22 de jan. 2023.

CASAGRANDE, A. **ILPF reduz procura de água para rebanho**. 2018. Disponível em: <https://animalbusiness.com.br/colunas/top-news/ilpf-reduz-procura-de-agua-pelo-rebanho/>. Acesso em: 10 de abril 2023.

- CERRUTI, J. A.; FURIGO, L. M. Uso de tecnologias na redução do consumo de água no campus das faculdades integradas Maria Imaculada na cidade de Mogi Guaçu. **FOCO: Caderno de Estudos e Pesquisas**, n. 12, p. 39-54, 2017. Disponível em: <http://revistafoco.inf.br/index.php/FocoFimi/article/view/253>. Acesso em: 27 de fev. 2023.
- COELHO, E. F. et al. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. n. 40, Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/640631>. Acesso em: 28 de fev. 2023. Estrutura. “circular técnica”, norma.
- COELHO, E. F.; COELHO M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agricultura**, Bahia, v. 7, n.1, 2005. Disponível em: https://www1.ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf. Acesso em: 10 de mar. 2023.
- COSTA JUNIOR, João. **Água na pecuária de corte: 5 dicas para o uso consciente**. Agrobid. 2022. Disponível em: <https://www.agrobid.net/post/%C3%A1gua-na-pecu%C3%A1ria-de-corte-5-dicas-para-o-uso-consciente>. Acesso em: 12 abril de 2023.
- COSTA, I. B; BESSA, C. V. D. **Estudo de viabilidade da implantação do filtro bioágua para reaproveitamento das águas cinzas nos domicílios da zona urbana da cidade de Caraúbas-RN**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Caraúbas, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3011/2/ITALOBC_ART.pdf. Acesso em: 04 de abril 2023.
- ESTEVES, C. F. **Utilização, Reuso e Gerenciamento da Água nas Usinas de Beneficiamento de Minério de Ferro**. 2013. Monografia (Mestrado em Engenharia de Recursos Minerais) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9XLHAY/1/monografia_carol_esteves.pdf. Acesso em: 10 de abril 2023.
- FEITOSA, E. R. S; YADA, M. M; SOARES, N. M. Uso de cisternas na captação da água da chuva para uso animal. **Revista Interface Tecnológica**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 305-314, 2012. Disponível em: [USO DE CISTERNAS NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA USO ANIMAL | Revista Interface Tecnológica \(fatectq.edu.br\)](https://www.fatectq.edu.br/revista-interface-tecnologica). Acesso em: 26 de Jan. 2023.
- FONSECA, D. C. A. **Alternativas de reuso de água em indústrias de beneficiamento de minério**. 2008. Monografia (Mestrado em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9ASHTS/1/monografia_desa_daniel_corea_de_assis_fonseca.pdf. Acesso em: 01 de jan. 2023.
- GESTÃO Otimizada da Água na Indústria Têxtil. Piracicaba: Fusati, 07 de jan. 2022. Disponível em: <https://www.fusati.com.br/gestao-otimizada-da-agua-na-industria-textil/>. Acesso em: 12 de jan. 2023. BLOG
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 4. ed. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2017.

GNOATTO, E. L.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Avaliação de indicadores de consumo de água em bacias sanitárias de um edifício de um campus universitário. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais eletrônicos** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. Disponível em: [Vista do AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA EM BACIAS SANITÁRIAS DE UM EDIFÍCIO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO \(antac.org.br\)](http://www.antac.org.br). Acesso em: 08 de Fev. 2023.

GOMES, U. A. F. et al. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19 n.1, p. 7-16, 2014. Disponível em: [10.21168/rbrh.v19n1.p7-16](http://www.rbrh.org.br). Acesso em: 02 de Jan. 2023.

GUARALDO, M. C; REYNOL, F. **Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos**. Brasília: EMBRAPA, 14 de out. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>. Acesso em: 16 de abr. 2023.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002. Disponível em: [10.21168/rbrh.v7n4.p75-95](http://www.rbrh.org.br). Acesso em: 02 de Mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Mineração e economia verde**. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5393/Livro_Minera%C3%A7%C3%A3o-Economia-Verde-Ind%C3%BAstria-

[para-Sustentabilidade CNI.pdf?sequence=1](http://www.cni.org.br). Acesso em: 22 de jan. 2023.

LIMA, A. O. et al. Barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: análise histórica e metodologias de construção. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 200-211, 2013. Disponível em: [10.15809/irriga.2013v18n2p200](http://www.10.15809/irriga.2013v18n2p200). Acesso em: 12 de Jan. 2023.

MARANHÃO, F. É possível viver com 110 litros de água por dia?, **UOL**. São Paulo, 05 fev. 2015. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/02/05/e-possivel-viver-com-110-litros-de-agua-por-dia-veja-como-seria-a-sua-vida.htm>. Acesso em 15 de jan. 2023.

MAROUELLI, W. A. et al. Manejo da água de irrigação. *In: MAROUELLI, W. A. et al. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília, DF: EMBRAPA Informação tecnológica, 2011. p. 158-232. Disponível em: [livro irrigacao e fertirrigacao.indd \(embrapa.br\)](http://www.embrapa.br). Acesso em: 02 de Fev. 2023.

MARQUES M. S; PEDRO, M. A. M. Estudo de tratamentos de água utilizados nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/553>. Acesso em: 22 de fev. 2023.

MUCCIACITO, J. C. Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais. **Portal Tratamento de Água**. 2009. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/uso-eficiente-do-carvao-ativado-como-meio-filtrante-em-processos-industriais/>. Acesso em: 20 de mar. 2023.

Nestlé: Primeira fábrica de laticínios sem água no mundo. **Veolia**. Jalisco, 2021.

Disponível em:
<https://www.veolia.com/latamib/pt/caso-s-de-estudo/nestle-primeira-fabrica-de-laticinios-sem-agua-do-mundo>. Acesso em: 20 de fev. 2023.

NEVES, D. E. **Análise dos impactos da produção, comercialização e consumo de transgênicos no Brasil**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão de Políticas Públicas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.each.usp.br/flamori/images/TCC_Daniel_2012.pdf. Acesso em: 30 de mar. 2023.

OENNING JUNIOR, AIRTON; PAWLOWSKY, URIVALD. Avaliação de tecnologias avançadas para o reuso de água na indústria metal-mecânica. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 302-316, 2007. Disponível em: <a08v12n3.pdf> (scielo.br). Acesso em: 22 de Jan. 2023.

OLIVEIRA, M. H. C. **Aproveitamento da água de chuva**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/21875/3/MD_ENSCIE_II_2014_56.pdf. Acesso em: 12 de jan. 2023.

OLIVO, A. M; ISHIKI H. M. Brasil frente à escassez de água. **Revista Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 11, n. 3, p. 41-48, 2014. Disponível em: <10.5747/ch.2014.v11.n3.h170>. Acesso em: 14 de mar. 2023.

PALHARES, J. C. P. Uso da água nas dimensões quantitativa e qualitativa e cenários regulatórios e de consumo. **EMBRAPA Pecuária Sudeste**, 1ª Edição, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1137256?locale=en>. Acesso em: 16 de abril 2023.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Revista Ambi-Água, Taubaté**, v. 7, n. 1, p. 244-254, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/925276>. Acesso em: 06 de Jan. 2023.

PEREIRA J. F. S. **Água na indústria têxtil: características, tratamento, alternativas de consumo e reuso**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Produção Têxtil) - Faculdade de Tecnologia de Americana, São Paulo, 2015. Disponível em: http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/966/1/20151S_PEREIRAJeanFabi_oDosSantos_CD2053.pdf. Acesso em: 20 de fev. 2023.

PORTO, R. F. A; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <PROCI2012.00038.pdf> (embrapa.br). Acesso em: 06 de Jan. 2023.

PRATA J. E. **Estimativa e recuperação da água presente nos produtos de combustão de centrais termelétricas**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-27042018-115515/publico/TeseJEduardoPrata.pdf>. Acesso em: 22 de jan. 2023.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7863/RAMPELOTTO%2C%20GERALDO.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 de abril 2023.

- SAMPAIO, J. A. et al. **Água no processamento mineral**. CETEM, Tratamento de Minérios – 6ª Edição, c. 18, 2018. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/767/1/CCL00400010.pdf>. Acesso em 05 de Jan. 2023.
- SANTOS F. J. S. et al. Manejo da Irrigação da Melancia: Uso do Tanque Classe A. **Circular Técnica Online**, Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/662964>. Acesso em: 12 de Fev. 2023.
- SHIBUYA, D. H. et al. Manejo de irrigação do café com a utilização de uma sonda capacitativa (FDR). In: Congresso de Iniciação Científica Unicap, 26., 2018, Campinas. **Anais eletrônicos** [...]. Campinas, 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/Caio/Downloads/328-Resumo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Caio/Downloads/328-Resumo%20(1).pdf). Acesso em: 23 de mar. 2023.
- SILVA, E. L. et al. A escassez hídrica na zona rural: o consumo de água sob a perspectiva dos agricultores de um assentamento no município de Pombal-PB. **Res. Soc. Dev**, Campina grande, v. 8, n. 6, 2019. Disponível em: <https://isidore.science/document/10670/1.zpk4nk>. Acesso em 01 de Fev. 2023.
- SILVA, M. S. L. et al. **Barragem subterrânea: água para produção de alimentos**. Brasília: EMBRAPA, cap. 6, p. 121-137, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/158489>. Acesso em: 02 de Mar. 2023.
- SILVA, S. et al. Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 19, n. 9, p. 849–856, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n9p849-856>. Acesso em: 03 de Mar. 2023.
- SILVEIRA FRANCO JUNIOR, Reynaldo. **Água: economia e uso eficiente no meio urbano**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-17052010-110317/publico/Agua_economia_e_uso_eficiente_no_meio_urbano.pdf. Acesso em: 24 de fev. 2023.
- SILVEIRA, M. C. T; TRENTIN, G. **Manejo da água na pecuária: Aplicação de conceitos, princípios e práticas para racionalizar seu uso**. Brasília: EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1152726>. Acesso em: 01 de Abril 2023.
- SOUZA, R. F. **Mecanismos poupadores como ferramentas de resiliência urbana e de apoio à gestão sustentável do abastecimento de água**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/13224/ROSI_LIANA%20FERNANDES%20DE%20SOUSA%20-%20DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20%28PPGECA%29%202020.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 02 de mar. 2023.

TORRES, T. L. et al. Gestão do uso da água na indústria: aplicação do reuso e recuperação. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 370-385, 2018. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/GEST%C3%83O-DO-USO-DA-%C3%81GUA-NA-IND%C3%9ASTRIA:-APLICA%C3%87%C3%83O-DO-E-Torres-Oliveira/fed8e2e862d0e0085136a09efd61ba17394e5ca0>. Acesso em: 05 de Jan. 2023.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão de água no Brasil: Uma contribuição para a “visão mundial da água”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/fc55/030b270a1529c187c96b5ce4ac33f0fa6b9b.pdf?_gl=1*1jnoi8p*_ga*Nzk3NDU4NTEwLjE2ODU1NzY3MzM.*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4NjU5MDU5Ni4zLjAuMTY4NjU5MDU5Ni42MC4wLjA. Acesso em: 25 de Mar. 2023.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129870>. Acesso em: 04 de Jan. 2023.

TWARDOKUS, R. G. **Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88051/212455.pdf>. Acesso em: 24 de mar. 2023.

YURI, J. E; COSTA, N. D; CALGARO, M; CORREIA, R. C. Manejo de água e nutrientes na cultura da melancia sob irrigação por gotejamento. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 25., 2015. São Cristovão. **Anais eletrônicos** [...]. Fortaleza: CONIRD, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1031034/manejo-de-agua-e-nutrientes-na-cultura-do-melao-sob-irrigacao-por-gotejamento>. Acesso em: 05 de Mar. 2023.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Aos meus pais, Maria do Carmo e Vitorino por me apoiarem e me proporcionarem condições de seguir meus estudos. À minha irmã, Geovana, que está comigo nessa jornada distante da nossa casa, familiares e amigos.

Ao meu Orientador, Robson Silva, que durante meses me acompanhou pontualmente, dando todo o auxílio necessário para a elaboração do trabalho.

Aos meus professores de graduação, que através dos seus ensinamentos me propuseram conhecimento necessário para concluir esse trabalho.

A todos os meus amigos de graduação, em especial a Lenilson, José Raimundo, Adriano, Pedro Vitor e Thaís.