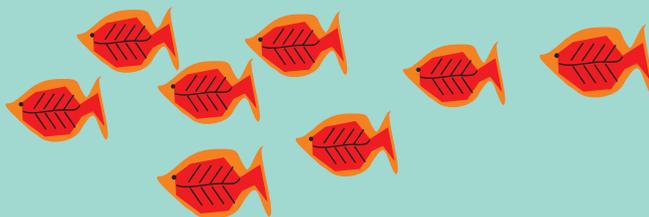
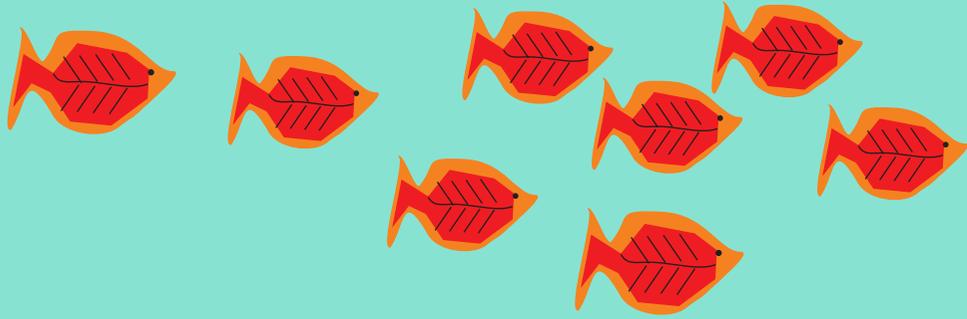




Ingeniería y
sostenibilidad

AGUA



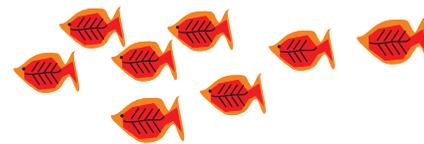


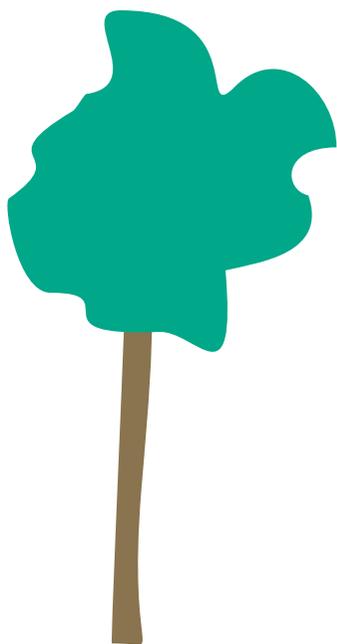
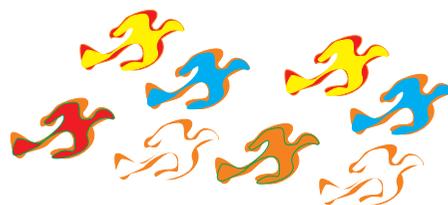
Ingeniería y
sostenibilidad

Belo Horizonte, 2018



AGUA





Agua: ingeniería y sostenibilidad / Organización, Marília Melo y Paulo Bretas; Ilustración, Sinésio Bastos. – Belo Horizonte: Consejo Regional de Ingeniería y Agronomía de Minas Gerais - CREA-MG, 2018.

48p.: il.; color;

1. Agua 2. Sostenibilidad 3. Ingeniería 4. Agricultura.
5. Reuso del agua. 6. Medioambiente
I. Melo, Marília. II. Bretas, Paulo. IV. Título

CDU – 628.1-022.316



PRESENTACIÓN

Uno de los grandes desafíos de la ingeniería sostenible hoy en día es la preservación de uno de los recursos más importantes para el mantenimiento de todas las especies vivas, el agua. Esta publicación aborda específicamente el tema, interpretando la búsqueda de la ingeniería por el equilibrio entre el consumo humano y la sostenibilidad ambiental.

La degradación de los recursos naturales causada por el hombre, la desigualdad social y el cambio climático conducen a una interrogación sobre cómo promover un desarrollo sostenible. En este contexto, el Consejo Regional de Ingeniería y Agronomía de Minas Gerais elaboró una serie de cinco folletos con el propósito de informar a los futuros profesionales del área tecnológica sobre la importancia de la contribución de este sector a la promoción del desarrollo sostenible de Brasil y del mundo.

El material producido se basa en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), acordados por los 193 países miembros en la 70ª Asamblea General de las Naciones Unidas, celebrada en 2015, en la ciudad de Río de Janeiro, con ocasión de la Cumbre de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, Río+20.

El objetivo de los folletos es difundir conocimiento, estrategias y herramientas para integrar los ODS al ejercicio profesional de la ingeniería y de las profesiones de las áreas tecnológicas, ejerciendo así su función técnica y responsabilidad social para participar en la construcción de un planeta más justo, igualitario y pacífico, con erradicación de la pobreza, crecimiento económico y sostenibilidad.

Por lo tanto, esperamos contribuir a la formación de profesionales más conscientes y capacitados, reforzando el papel del área tecnológica en la construcción de un planeta sostenible.



Lucio Borges
Presidente de Crea-Minas



Introducción	09	Técnicas compensatorias de drenaje urbano	29
El agua y los objetivos de desarrollo sostenible	13	Reuso y reciclaje	30
Desafío de compatibilizar desarrollo y preservación	15	Uso de aguas de lluvia en edificaciones...	35
Creciente demanda de agua.....	16	Infraestructura verde en cuencas hidrográficas	36
Escasez de agua.....	17	Casos de éxito/ejemplos	38
Saneamiento	18	Reuso industrial	38
Inundaciones y aguas urbanas	19	Eficiencia de riego.....	39
Agua y agricultura	20	Revitalización de ríos urbanos.....	39
Agua e industria	22	Infraestructura verde	40
Búsqueda de soluciones sostenibles, convergencia tecnológica e innovación	24	Conservación de manantiales.....	41
Ecología.....	25	Técnicas compensatorias de drenaje urbano	42
Tratamiento de aguas residuales y suministro de agua	26	Conclusiones	44
Revitalización de cuerpos de agua	29	Bibliografía	45

Ingeniería sostenible es aquella que parte de la realidad concreta, utiliza la teoría validada en la práctica y en la solución de los problemas, e involucra a las personas afectadas no sólo en el problema sino en la solución.

Izabel Cristina Chiodi ingeniera civil y sanitarista | INCT-ETEs Sostenibles

Ingeniería sostenible es aquella que prepara el futuro de la sociedad, reflexionando sobre nuestra realidad a partir del pasado, incorporando la ética, las nuevas tecnologías, las lecciones de la naturaleza y la visión de un mundo equilibrado para todos los seres.

Cláudio Jorge Cançado, ingeniero civil | investigador de la Fundación João Pinheiro

Ingeniería sostenible es aquella que propone soluciones sin desconsiderar sus impactos sociales y ambientales, y emplea todas las tecnologías disponibles para mitigarlas.

Marcelo da Fonseca, ingeniero civil | Superintendente de estrategia y fiscalización ambiental



NO IMPORTA QUE DUELA: ES
MOMENTO DE AVANZAR JUNTO
A QUIEN VA EN LA MISMA
DIRECCIÓN, AUNQUE AÚN
ESTÉ LEJOS DE APRENDER A
CONJUGAR EL VERBO AMAR.

Fragmento del poema "Aos que virão" - Thiago de Mello



INTRODUCCIÓN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron adoptados en la 70ª Asamblea General de las Naciones Unidas por los 193 países miembros. Forman parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo objetivo es lograr el desarrollo social, económico y ambiental de forma duradera y sostenible con la pobreza, reducir la desigualdad y la injusticia y combatir el cambio climático. Los objetivos fueron formateados a partir del legado de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM): personas, planeta, prosperidad, paz y alianzas.

Los ODS son integrados, interconectados e indivisibles y equilibran las dimensiones del desarrollo sostenible. Pensar en la ingeniería sostenible es trabajar y educar a los profesionales para que los compromisos de estas categorías se centren en promover el desarrollo sostenible. El ejercicio profesional cualificado puede contribuir intensamente a la sostenibilidad y, al mismo tiempo, demostrar a la sociedad la importancia de estas profesiones en el desarrollo del país y del mundo.

La motivación para este trabajo es la centralidad de los ingenieros, de las profesiones tecnológicas y de la tecnología para superar problemas sociales, económicos y medioambientales del planeta. El avance de la investigación y el desarrollo en las áreas del saneamiento, energías renovables, mejoras en la agricultura y salud tiene el potencial de reducir la pobreza y la exclusión.

Los países en desarrollo, como Brasil, necesitan la participación de los profesionales de estas esferas para promover el aumento de productividad, abaratamiento de tecnologías y el aumento de la protección del medio ambiente. La sostenibilidad de los negocios y de las políticas públicas será el motor de todas las transformaciones hacia un mundo mejor, propuesto por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por lo tanto, el concepto orientador de la serie de folletos centrado en la inserción de la ingeniería y demás profesiones del área tecnológica en construcción de una ingeniería sostenible, será representado a partir de la siguiente indagación: "¿Cómo la ingeniería y otras profesiones del área tecnológica pueden contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la ONU?".



Se hace urgente la necesidad de organizar y movilizar a los profesionales para contribuir al desarrollo sostenible de Brasil y del mundo, ejerciendo así su función técnica y responsabilidad social para participar activamente del bienestar de la nación con respecto a la naturaleza y a las generaciones futuras. Es necesario despertar al enorme poder de multiplicación que tienen estos profesionales, así como su poder de influencia y de cambio, en el camino de una sociedad mejor.

La serie se complementa con un folleto general - Ingeniería y Sustentabilidad - y otros tres folletos temáticos, que tratan específicamente de las cuestiones de suelo y bosques, cambios climáticos y energía, y ciudades. El folleto general aporta un enfoque amplio sobre la importancia de la ingeniería para lograr el desarrollo sostenible, discutiendo el papel de la categoría profesional del Sistema Confea/Crea y el perfil para el ejercicio profesional basado en las premisas de sostenibilidad. Los folletos temáticos desarrollan los temas transversales en los ODS, en la perspectiva del papel de la ingeniería en los pilares económico, social y medioambiental del desarrollo sostenible.

El proyecto, que cuenta con el apoyo de la Unesco, está siendo construido junto a especialistas de diversas áreas de la ingeniería y demás profesiones tecnológicas, como geógrafos, geólogos, agrónomos, meteorólogos y técnicos.

OBJETIVOS **DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



Ojetivos del Desarrollo Sostenible

Con el fin de materializar metas para el desarrollo sostenible, las Naciones Unidas en el encuentro celebrado en Río de Janeiro, Río+20, propuso "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS" que se concluyeron en 2015, con motivo de la Cumbre de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible integran una agenda mundial compuesta por 17 objetivos y 169 metas a alcanzar hasta 2030.



1 ERRADICACIÓN DE LA POBREZA
ERRADICACIÓN DE LA POBREZA: Acabar con la pobreza en todas sus formas, en todas partes.



2 HAMBRE CERO
HAMBRE CERO: Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible..



3 BUENA SALUD Y BIENESTAR
BUENA SALUD Y BIENESTAR: Asegurar una vida sana y promover el bienestar para todos, en todas las edades..



4 EDUCACIÓN DE CALIDAD
EDUCACIÓN DE CALIDAD: Asegurar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.



5 IGUALDAD DE GÉNERO
IGUALDAD DE GÉNERO: Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas.



6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO
AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: Asegurar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.



7 ENERGÍA LIMPIA Y ACCESIBLE
ENERGÍA LIMPIA Y ACCESIBLE: Garantizar a todos el acceso confiable, sostenible, moderno y asequible a la energía.



8 EMPLEO DIGNO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO
EMPLEO DIGNO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, empleo pleno y productivo y trabajo decente para todos.



9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA
INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.



10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES
REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES: Reducir la desigualdad dentro de los países y entre ellos..



11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES: Promover ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resistentes y sostenibles.



12 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
CONSUMO Y PRODUCCIÓN RESPONSABLE: Garantizar estándares de producción y de consumo sostenibles..



13 COMBATE A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS
COMBATE A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS: Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos.



14 VIDA DE BAJO DEL AGUA
VIDA DE BAJO DEL AGUA: Conservar y utilizar "sosteniblemente" los océanos, mares y recursos marinos para el desarrollo sostenible.



15 VIDA SOBRE LA TIERRA
VIDA SOBRE LA TIERRA: Proteger, recuperar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de forma sostenible los bosques, combatir la desertificación, detener y revertir la degradación de la tierra y detener la pérdida de biodiversidad.



16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES FUERTES
PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES FUERTES: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, proporcionar el acceso a la justicia para todos y construir instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.



17 ALIANZAS EN PRO DE LOS OBJETIVOS
ALIANZAS EN PRO DE LOS OBJETIVOS: Fortalecer los medios de aplicación y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.



EL AGUA Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En las perspectivas económicas y sociales, el agua se relaciona con la producción de alimentos, energía y producción industrial, salud y equilibrio ecológico. Aunque el agua no es el único factor para la promoción de los temas enumerados, su ausencia, restricción o suministro en malas condiciones se convierte en un factor limitante.

Las acciones para la implementación de los ODS no deben ser aisladas y verticales. Los aspectos relacionados con el agua ejemplifican la necesidad de un enfoque transversal e interdisciplinario, ya que contribuyen directa o indirectamente al alcance de la mayoría de los demás objetivos. De los temas abordados en esta serie de folletos, el agua aparece transversalmente en la mayoría de ellos, así como tiene gran recurrencia en la mayoría de los ODS.



CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Agua: denominación común del monóxido de hidrógeno, sustancia compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, nombre dado a la fase líquida del monóxido de hidrógeno y a las soluciones asociadas a ella. El agua es un recurso natural limitado, dotado de valor económico.

Agua superficial: cualquier agua que fluye o que se almacena en la superficie terrestre en forma de ríos, lagos, humedales u océanos.

Agua subterránea: agua que se infiltra y satura el suelo o la roca, a veces, supliendo manantiales y pozos. La superficie superior de la zona saturada se

llama capa freática. El agua subterránea se almacena en grietas rocosas y en los poros de los materiales geológicos que componen la corteza terrestre.

Agua residual: alcantarillado, agua desechada, efluentes líquidos de edificaciones, industrias, agroindustrias y agropecuaria, tratados o no.

Agua de Reuso: agua residual que se encuentra dentro de los estándares exigidos para su uso en las modalidades previstas.

Ciclo hidrológico: fenómeno global de circulación cerrada del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, impulsado principalmente por la energía solar asociada a la gravedad y a la rotación terrestre.

Reuso: es el acto de procesar aguas utilizadas o residuales en uno o más ciclos de uso antes de su remisión al tratamiento y eliminación final en el medio ambiente. Se refiere al uso de aguas residuales tratadas con fines benéficos.

Cuenca hidrográfica: espacio geográfico delimitado por la respectiva divisoria de aguas, cuyo desagüe superficial converge hacia su interior siendo captado por la red de drenaje que le concierne.

Crecida: fenómeno de flujos relativamente grandes y que normalmente causan inundaciones o elevación, generalmente rápidas, del nivel de agua de un río hasta un máximo, a partir del cual el nivel desciende más lentamente.

Escasez de agua: falta de acceso a cantidades adecuadas de agua para uso humano y medioambiental. Existen

varios métodos de cuantificación y medición de la escasez de agua que captan diferentes aspectos, tales como fallas físicas, sequía severa o situación de aridez, falta de capacidad de adaptación (como infraestructura insuficiente), altos niveles de uso de agua en relación a su disponibilidad etc.

Recursos hídricos: es el agua disponible para cualquier uso en una determinada región o cuenca. Agua designada como insumo para múltiples usos.

Saneamiento: es el control de todos los factores del medio físico del hombre, que ejercen o pueden ejercer efectos nocivos sobre su bienestar físico, mental y social.

Derecho humano al agua y al saneamiento: Además de la relación costo-beneficio, el suministro de agua y la colecta y tratamiento de aguas residuales es un derecho de todos los ciudadanos. Recientemente, la Resolución 64/292, expedida en 2010 por la Asamblea General de la ONU, reconoció formalmente el derecho humano al agua y al sistema de alcantarillado. Los principios aplicables del derecho humano al agua y saneamiento son equivalentes a otros derechos humanos: no discriminación e igualdad; acceso a la información y transparencia; participación; rendición de cuentas (*accountability*); sostenibilidad. Los contenidos específicos del derecho humano al agua y saneamiento son: disponibilidad; accesibilidad física; calidad y seguridad; accesibilidad económica y aceptabilidad; dignidad y privacidad.



EL DESAFÍO DE COMPATIBILIZAR DESARROLLO Y PRESERVACIÓN

La necesidad de conciliar el desarrollo económico con la preservación del medio ambiente, construyendo así los pilares para un desarrollo verdaderamente sostenible, integra la expectativa en relación a la actividad profesional del ingeniero y demás profesiones tecnológicas.

En todas las profesiones tecnológicas, las búsquedas de la sostenibilidad deben contener soluciones en grandes y pequeños proyectos, optimizando el uso de los recursos naturales. El agua es un recurso natural limitado y que, en varias regiones del mundo se encuentra en escasez, sea por calidad inadecuada a usos múltiples o cantidad insuficiente, o por el uso y ocupación inadecuados del suelo, a menudo engendrados por los proyectos vinculados a la ingeniería en sus múltiples faces.

El agua es insumo en diversas actividades desarrolladas por el ingeniero. Ya sea para el suministro de agua potable a las poblaciones, tratamiento, control de inundaciones, generación de energía eléctrica, extracción mineral, ejecución de pequeñas, medianas y grandes obras civiles, riego, paisajismo, entre otros.

En este contexto, el ingeniero y demás profesionales de las áreas tecnológicas, bajo la perspectiva de la sostenibilidad, pueden destacarse en el mercado laboral, a través de la mejor técnica, eficiencia económica y socio-ambiental, y por lo tanto, pueden contribuir significativamente a un mundo mejor.

Creciente demanda de agua

El aumento de la población ejerce una presión cada vez mayor sobre la demanda de agua para satisfacer las necesidades humanas y la producción para suplir el estándar de consumo de la sociedad. Cerca de 500 millones de personas viven en áreas donde el consumo de agua excede dos veces los recursos hídricos localmente disponibles.

Águas residuales: el recurso inexplorado

El informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017 argumenta que la mejora de la gestión de aguas residuales es un factor crítico en el contexto de una economía circular, en la que el desarrollo económico se equilibra con la protección de los recursos naturales y la sostenibilidad. En América Latina y el Caribe cerca del 70% de las aguas residuales no reciben ningún tratamiento antes de ser introducidas en ríos y lagos.



<http://bit.ly/es-agua01>

En las áreas urbanas esa situación se agrava aún más. La población urbana del mundo deberá crecer de 3,4 mil millones en 2009 a 6,3 mil millones de personas en 2050 y la concentración urbana se acentuará por el movimiento de la población rural hacia estas áreas. Con ello, los problemas de abastecimiento de agua, saneamiento y drenaje adecuados aumentarán en las ciudades, especialmente en áreas de vulnerabilidad social, como villas y barrios más pobres urbanos.

La Unesco publicó en 2012 un estudio de evaluación de los riesgos asociados a la gestión del agua. El documento presenta la demanda actual y la proyección en relación a los principales usos. El agua es un elemento fundamental para la seguridad alimentaria y la proyección es que el aumento de la población de 2 a 3 mil millones de personas en 40 años dará lugar a un aumento de la demanda de alimento del 70% hasta 2050.

El estudio apunta una relación recíproca entre energía y agua, no sólo en la producción energética, sino especialmente en la aducción, procesamiento, tratamiento, bien como en la distribución y uso del agua. La proyección en el sector energético es de un aumento del 50% en la demanda entre 2007 y 2035.

Entre 2012 y 2015, la demanda media mundial en la industria fue del 20% en

comparación con el total de agua consumida y el sector es responsable del 4% de las captaciones globales. Sin embargo, el consumo de agua varía mucho entre los países más o menos industrializados, con una proyección de hasta un 400% de aumento hasta 2050.

Incertidumbre y riesgo



El volumen de gestión del agua en situaciones de incertidumbre y riesgo es el primero de la serie de tres volúmenes que componen el informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos. El documento advierte sobre la mala gestión del agua y señala la presión climática, el crecimiento demográfico y la mayor demanda de energía y alimentos para lograr un uso sostenible del recurso..

<http://bit.ly/es-agua02>

Seguridad hídrica



El texto se centra en la importancia de la seguridad hídrica y ofrece soluciones a la inminente crisis y a los pasos que deben emprenderse. El informe del Foro Económico Mundial de 2011 destaca la aceleración de las tasas de consumo de agua en los últimos años. Entre el año 1990 y 2000, las retiradas de agua crecieron en proporción dos veces mayor que la población mundial..

<http://bit.ly/es-agua03>

Escasez de agua

El escenario señala que dos tercios de la población mundial actualmente viven en zonas que experimentan escasez de agua durante al menos un mes por año. La escasez hídrica ocurre por diversos factores naturales y antrópicos.

Ante la falta de mejoras tecnológicas o de intervenciones políticas, las polaridades económicas aumentarán entre los países ricos en agua y los países pobres en agua, así como entre sectores o regiones dentro de los países. Esto significa que habrá un mayor número de personas con grandes demandas compitiendo por menos agua y de menor calidad.

El marco de escasez natural se agrava en los países en desarrollo con una brecha en la infraestructura hídrica, menores niveles de tratamiento de efluentes domésticos o industriales y poco uso de tecnologías apropiadas que permitan mitigar las condiciones naturales. Otro agravante es la distribución heterogénea del agua en Brasil y en el mundo que, en algunas situaciones, se intensifica por la densificación de la población, no coincidente con las áreas de mayor disponibilidad de agua.

Además, el cambio climático ha ido agregando otra variable de riesgo en la disponibilidad de agua. La tendencia de impacto del cambio del clima en el régimen de lluvias es el agravamiento de los fenómenos climáticos extremos, es decir, el aumento de precipitaciones con grandes intensidades y concentradas en el tiempo y, por otro lado, la prolongación del período de seca, con sequías más severas.

Las medidas de mitigación se concentran en la reducción del consumo de energía y de las emisiones de carbono, mientras que la adaptación significa planificar y prepararse para el aumento de la variabilidad hidrológica y los fenómenos climáticos extremos. Esto significa acciones estructurales y no estructurales para el almacenamiento de agua que soporten períodos de sequía y estructuras de protección contra los fenómenos de lluvias extremas, especialmente en los centros urbanos.

Saneamiento

El segmento de suministro de agua, alcantarillado e higiene ha sido determinante en el debate sobre el agua, tanto en la óptica social y económica, como medioambiental.

En el debate internacional, el saneamiento es designado por la sigla en inglés, WASH - **W**ater, **S**anitation and **H**ygien.

La contaminación del agua representa uno de los principales riesgos para la salud pública. Existe una estrecha correlación entre la calidad del agua, la degradación de los ecosistemas y las innumerables enfermedades que afectan a las poblaciones, especialmente las no atendidas por los servicios básicos de saneamiento, además de relacionarse con la mortalidad infantil.

La brecha de tratamiento del alcantarillado en Brasil genera la degradación de la calidad del agua de los ríos. En 2015 Brasil logró superar la barrera de tener más de la mitad de la población con colecta de aguas residuales (50,3%), pero sólo el

42% de ese volumen es tratado. Con esto, las características del agua se pueden alterar sustancialmente alteradas al punto de comprometer ciertos usos. Esto se debe a que la calidad del agua es un atributo dinámico en el tiempo y en el espacio que está relacionado con los usos de una fuente en particular.

En lo que se refiere al abastecimiento público, todavía hay más de 34 millones de brasileños sin acceso al agua tratada, expuestos, por lo tanto, a fuentes de agua no confiables que aumentan el riesgo de adquirir enfermedades de transmisión hídrica.

Según el Banco Mundial, las inversiones necesarias para alcanzar los objetivos ODS 6.1 y 6.2 (abastecimiento de agua, alcantarillado e higiene) son tres veces mayores que el nivel actual de inversiones: la necesidad de recursos es del orden de 114 mil millones de dólares por año (hasta 2030) y representa el 0,39% del producto global (análisis de 140 países).

Inundaciones y aguas urbanas

El río no es un accidente geográfico en las ciudades

El manejo de las aguas pluviales va más allá del sistema de drenaje y está compuesto también por una serie de infraestructuras en una ciudad para llevar a cabo la colecta, transporte y la liberación final del agua de lluvia. También incluye la hidrografía y los talwegs. También consiste en una serie de medidas destinadas a minimizar los riesgos a los que están expuestas las poblaciones, reduciendo los daños causados por las inundaciones y posibilitando el desarrollo urbano de manera armoniosa, articulada y medioambientalmente sostenible.

La falta de planificación urbana sumada a los cambios que el medio sufre debido al uso impropio del suelo son ingredientes favorables a la generación de problemas urbanos como las inundaciones y deslizamientos de laderas. Cada año, durante la temporada de lluvias, las inundaciones urbanas ponen en riesgo a las poblaciones en zonas vulnerables.

Del río que todo lo arrastra se dice que es violento. Pero nadie dice que son violentas los márgenes que lo comprimen.

Bertolt Brecht

El modelo de drenaje urbano en Brasil siempre ha favorecido las soluciones convencionales en concreto que, por regla general, cubren los ríos urbanos, normalmente contaminados, se trata de una constante postergación del problema, o sea, la inundación siempre es problema del municipio vecino. Este modelo ya ha demostrado ser inadecuado para tratar las aguas urbanas, lo que se comprueba mediante la cuantificación de daños materiales y perjuicios económicos. Los datos de la Defensa Civil de Minas Gerais señalan que, en el período 2011/2012, el monto fue superior a R\$ 1,5 mil millones y, en 2013/2014, los daños y pérdidas superaron el valor de R\$ 2 mil millones

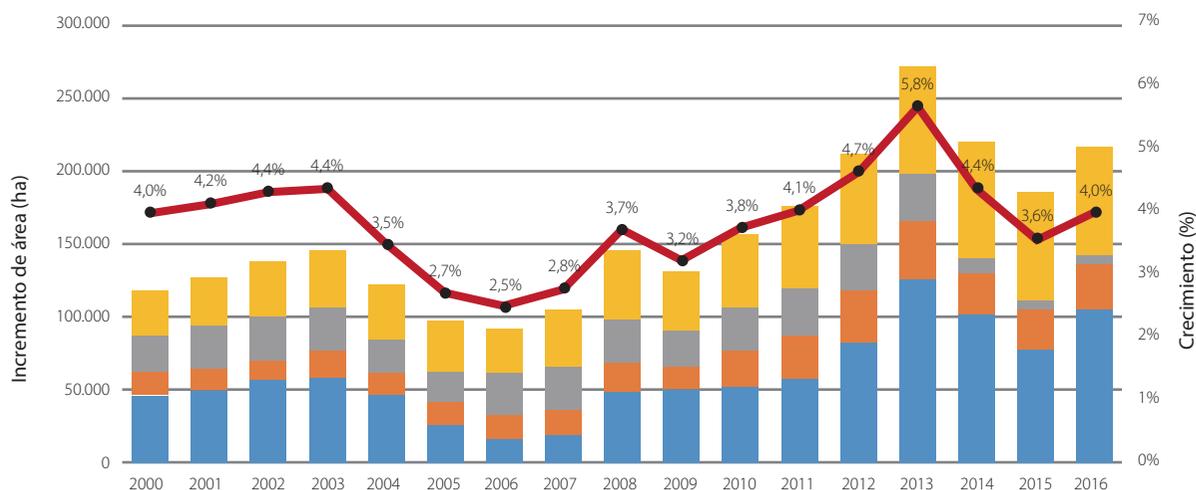
Agua y agricultura

Brasil está entre los diez países con mayor área equipada para riego del mundo. En relación con el uso del agua para la actividad de riego, considerando los usos consuntivos, la actividad es responsable del 46% de la retirada (2.105 m³/s) y del 67% del caudal de consumo (1.110 m³/s).

Sin embargo, el riego se considera pequeño frente al potencial estimado, al área agrícola total, a la extensión territorial y al conjunto de factores físico-climáticos favorables, incluyendo una buena disponibilidad hídrica. Sin embargo, una evaluación del histórico reciente demuestra que el incremento del área de regadío en Brasil es considerable, lo que genera una presión sobre el uso del agua y el desafío de la técnica y la mejora tecnológica en la práctica brasileña.

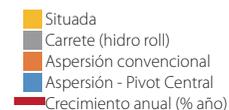
Según el Atlas de riego, el potencial de expansión del área en Brasil es de 76.195.000 ha.

Incremento anual del área de regadío



Incremento anual del área de regadío mecanizada, por grupos de sistemas (2000-2016)

Fuente: CSEI/Abimaq



Uso del agua en la agricultura de regadío

OEI Atlas de riego proporciona datos relevantes sobre la agricultura de regadío brasileña y su relación con los recursos hídricos. La información está destinada a subvencionar la toma de decisión, con énfasis en la seguridad hídrica y en la garantía de los múltiples usos del agua.

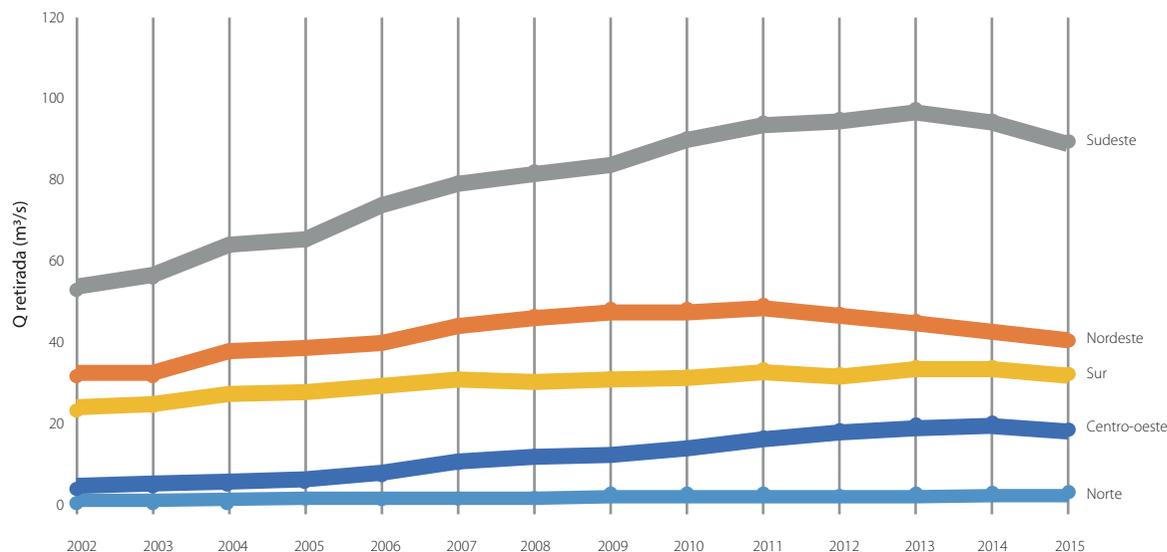


<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>

Agua e industria

La Agencia Nacional de Aguas publicó en 2017 un estudio denominado “El agua en la Industria: uso y coeficientes técnicos”. El estudio muestra que el crecimiento de la demanda hídrica industrial acompaña la coyuntura económica del país. En el período analizado, entre 2002 y 2015, el caudal consumido equivale a aproximadamente el 55% del total retirado y presenta el comportamiento demostrado en el siguiente gráfico:

Caudal de agua consumido por la industria



Fuente: Ana, 2017 - <https://drive.google.com/file/d/0B3aE-dABPLJ8QmQyeTlnNhxNDQ/view>

Una vez más, los profesionales del área tecnológica necesitan responder al desafío de hacer eficiente el uso del agua en los procesos industriales y tratar sus efluentes para que puedan ser reutilizados o lanzados al medio natural, con el menor impacto posible al medio ambiente.





BÚSQUEDA DE SOLUCIONES SOSTENIBLES. CONVERGENCIA TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN

El agua es la vida, el agua es salud.

Por cada dólar invertido en agua y saneamiento, se ahorran 4,3 dólares en costos de salud en el mundo.

El agua es inductor del desarrollo

Algunas regiones han observado que el crecimiento puede acelerarse un 6% con la mejor gestión de los recursos hídricos.

El agua es inductor de la
producción de alimentos

El riego aumenta los rendimientos de la mayoría de las cultivos entre 100 y 400%.

Agua es energía.

Aproximadamente el 90% de la generación de energía global es intensiva del uso de agua.

El agua genera empleo e ingresos

La mitad de la mano de obra mundial está empleada en industrias dependientes de agua y recursos naturales, como: agricultura, silvicultura,

pesca, energía, industrias de base, reciclaje, construcción y transporte. Se estima que más de 14 mil millones de empleos, o el 42% de la mano de obra total del mundo, dependen en gran medida del agua.

El compromiso con la sostenibilidad debe ser absorbido por todos los profesionales de las áreas tecnológicas, con el fin de garantizar el alcance de los ODS. La ausencia de este compromiso durante la elaboración o ejecución de estudios y proyectos contribuye directamente al surgimiento de los problemas presentados anteriormente. A continuación se presentan soluciones tecnológicas que incorporan los principios de sostenibilidad y que pueden ser adoptadas por los profesionales como referencia para eludir, evitar o mitigar tales problemas.

Ecohidrología

La ecohidrología se refiere a la comprensión integrada de procesos biológicos e hidrológicos en una escala de cuenca hidrográfica. El agua se entiende como un recurso abiótico y también como un servicio prestado por los procesos del ecosistema. Este enfoque permite identificar, cuantificar y mejorar las interacciones críticas para la sostenibilidad ambiental en una cuenca hidrográfica.

Los principios de la ecohidrología son:

- Revertir la degradación y regular los procesos cíclicos de agua y nutrientes, así como los flujos energéticos en una cuenca hidrográfica.
- Mejorar la capacidad de apoyo de los ecosistemas a los impactos antrópicos (resiliencia, robustez, biodiversidad y servicios de ecosistemas para la sociedad).
- Utilizar la interacción de la biota acuática como herramienta de gestión.
- Ecohidrología para la sostenibilidad.



<http://bit.ly/es-agua12>

Tratamiento de aguas residuales y suministro de agua

Los beneficios del saneamiento y la importancia de los servicios de saneamiento ya son bastante reconocidos, múltiples y de diversas índoles. En el siguiente marco se presenta una tipología de beneficios asociada a las inversiones.

Marco - Tipología de beneficios a lo largo de la cadena de valor de los sistemas de agua y alcantarillado

Tipos de inversión

Inversiones en ascenso - gestión sostenible del balance entre oferta y demanda

Protección de los recursos hídricos

Establecimiento de protección en las zonas de captación

Establecimiento de acuerdos voluntarios

Establecimiento de regulación

Aumento y garantía del suministro

Construcción de capacidad de reserva

Construcción de capacidad de captación

Desarrollo de fuentes alternativas

Adopción de planes de gestión de inundaciones y sequías

Gestión de la demanda

Reducción de pérdidas

Introducción de incentivos arancelarios

Instalación de equipos de ahorro de agua

Aumento de la concientización, educación ambiental y sanitaria

Tipos de beneficios

Beneficios medioambientales

Reducción de la presión sobre los recursos disponibles y mejora en los caudales

Beneficios económicos

Reducción de los costos de pre-tratamiento

Continuidad en el suministro para procesos productivos

Impacto económico en el uso del agua en actividades económicas (agricultura, hidroeléctrica))

Disminución de las instalaciones

Reducción de la necesidad de desalinización

Otros beneficios

Mejora de la calidad de vida

Actividades recreativas en represas y embalses

Promoción del acceso al agua y al alcantarillado

Acceso al agua potable cerca o en el domicilio

Construcción de conexiones de agua

Construcción y expansión de redes (agua/alcantarillado)

Construcción y operación de ETAs

Beneficios para la salud

Reducción de la incidencia de enfermedades

Beneficios económicos

Aumento en la productividad

Acceso al sistema de alcantarillado e higiene

Construcción de instalaciones sanitarias domiciliarias
Promover la adopción de prácticas de higiene

Coleta e transporte de esgoto

Colecta dinámica de aguas residuales por redes
Colecta estática y transporte de aguas residuales por fosa

Impacto en el turismo

Otros beneficios
Aumento en la higiene, dignidad y orgullo

Aumento de la frecuencia escolar

Inversiones en descenso - tratamiento de aguas residuales para su eliminación segura y reuso

Tratamiento de aguas residuales

Construcción y operación de ETEs
Eliminación segura del lodo

Beneficios para la salud

Beneficios adicionales derivados de la mejora de la calidad del agua

Beneficios ambientales

Reducción de la eutrofización

Beneficios económicos

Reducción de costes del pre-tratamiento
Fortalecimiento de las actividades turísticas
Aumento del suministro de agua para riego

Otros beneficios

Aumento de los valores de las propiedades

Fuente: adaptado de OCDE (2011).

En Brasil, el método convencional de tratamiento de aguas residuales es el más utilizado por tener buen costo/beneficio, lo que hace posible la universalización del abastecimiento público. El uso de esta técnica es posible gracias a la calidad del agua en el manantial. El costo del tratamiento sigue una correlación: cuanto más distante estén las características del agua a ser tratada del estándar establecido por el reglamento MS 2.914/2011, más costoso será el tratamiento de esta agua.

En algunas ocasiones el proceso de tratamiento avanzado tiene que ser adoptado. Las situaciones de escasez de agua o de contaminación extrema, por ejemplo, pueden hacer que la solución más viable de tratamiento sea el proceso de desalinización del mar. Las soluciones de ingeniería permiten transformar las características de estas aguas en estándares de potabilidad. La mayoría de los contaminantes son susceptibles de ser removidos del agua, con mayor o menor costo. A medida que los recursos hídricos alternativos estén cada vez menos disponibles, la necesidad de tecnologías de tratamiento innovadoras y económicas aumentará constantemente.



El desarrollo e implementación de tecnologías de tratamiento de agua ha sido impulsado por tres factores principales: el descubrimiento de contaminantes más raros, la promulgación de nuevos estándares de calidad del agua y el costo.

La transformación de las características físico-químicas y biológicas coherente con la capacidad de autodepuración del cuerpo hídrico receptor puede tener un costo con el que no siempre los municipios están preparados para arcar.

El tratamiento de aguas residuales puede clasificarse a través de los siguientes niveles: preliminar, primario, secundario y terciario. La definición del nivel de tratamiento de aguas residuales dependerá de la legislación vigente y de los objetivos del tratamiento.

Las tecnologías de tratamiento de aguas residuales varían entre sistemas simplificados o mecanizados y procesos aeróbicos o anaeróbicos..

- Filtros biológicos
- Lagunas anaeróbicas y aeróbicas
- Lodos activados y sus variaciones (secuenciales/lotes/MBBR)
- Tratamiento anaeróbico (UASB) seguido de lodos activados
- Lodo activado con eliminación de nitrógeno y fósforo
- Tratamiento por membranas (MBR)

Son normas técnicas dirigidas a los servicios públicos de agua y alcantarillado:

ISO ABNT 24510:2012 - Directrices para la evaluación y mejora del servicio prestado a los usuarios;

ISO ABNT 24511: 2012 - Directrices para la gestión de los proveedores de servicios de alcantarillado y para la evaluación de los servicios de alcantarillado;

ISO ABNT 24512: 2012 - Directrices para la gestión de los proveedores de servicios de agua potable y para la evaluación de los servicios de agua potable.

Revitalización de cuerpos de agua

La revitalización de ríos urbanos genera a la ciudad beneficios que van desde la minimización de inundaciones urbanas hasta el rescate de la relación cultural de la sociedad con el río. Las medidas a adoptar pueden variar según el grado de urbanización de la cuenca hidrográfica o de la ciudad que se inserta en ella, enfatizando que cuanto más urbanizada, mayor es el costo asociado a las soluciones a implementar.

Las soluciones que se pueden adoptar en una cuenca hidrográfica son:

- Revitalizar el curso de agua con recuperación de los taludes y recomposición de la vegetación ciliar;
- Mantener el lecho en sus condiciones naturales;
- Implantar interceptores de aguas residuales que permitan tratamientos futuros;
- Promover la reforestación de áreas degradadas para prevenir la erosión y la colmatación del curso de agua;
- Establecer la división en zonas de las áreas no ocupadas y la adopción de medidas para evitar ocupaciones en las áreas de riesgo;
- Preservar la franja no aedificandi a lo largo de los cursos de agua;
- Retirar a las familias de lugares susceptibles a la inundación, si es necesario;
- Implementar la reforestación para prevenir la erosión y la colmatación del curso de agua.

Técnicas compensatorias de drenaje urbano

La visión de que el proceso de urbanización es contradictorio al concepto de sostenibilidad surgió cuando se entendió que las fallas de los sistemas de drenaje en regiones urbanizadas, manifestadas por la reducción del espacio para el desagüe, no provienen de un proceso natural, sino del uso incorrecto y no regulado del suelo, así como de la falta de planificación.

A medida que los problemas de drenaje urbano se vuelven más complejos, se necesitan análisis más amplios e integrados, que consideren las interrelaciones existentes entre el medio físico y las intervenciones humanas.

En lo que se refiere al aumento de la capacidad estructural de los sistemas de drenaje urbano, el desarrollo de técnicas alternativas busca contrarrestar el efecto de la expansión urbana, optimizando el uso del suelo en las ciudades y limitando los costos de inversión.

También conocidas como técnicas compensatorias, apuntan a reducir el volumen de flujo, los caudales pico, la vulnerabilidad de las áreas urbanas a las inundaciones y, en menor medida, a proteger la calidad de los ambientes receptores del flujo producido. Uno de los principios asociados a las técnicas es mantener los caudales producidos en condiciones naturales.

En este contexto, algunos dispositivos de fácil instalación en conjunto con el paisaje urbano son: los jardines de lluvia; las trincheras de infiltración, que son estructuras longitudinales construidas para facilitar la infiltración del agua de lluvia; el pavimento permeable que, construido con materiales permeables, permite la infiltración del agua; los pozos de infiltración, que aumentan la capacidad de infiltración del suelo y permiten un almacenamiento en el desnivel producido; y los tejados verdes o de almacenamiento, que aunque tienen un efecto menos expresivo en el control de las inundaciones, agregan una serie de beneficios para la ciudad.

Los enfoques mencionados atribuyen a las aguas urbanas un papel creciente en la sociedad, añadiendo diversas funciones que extrapolan los aspectos hidráulicos y sanitarios, únicos originalmente considerados en los sistemas clásicos de drenaje, ofreciendo una base para el uso de herramientas integradas y asociadas a la gestión de las aguas urbanas.

Reuso y reciclaje

En la industria

Las mismas técnicas utilizadas para tratar aguas de calidad inadecuada pueden ser usadas para el tratamiento de efluentes y para posibilitar su reuso. En un escenario en donde los recursos hídricos son más escasos, la reutilización del agua se convierte en una alternativa para el lavado de patios, refrigeración de calderas y riego de jardines,

por ejemplo. Estas medidas ahorran agua de buena calidad que puede utilizarse para el consumo humano y como materia prima para los más diversos procesos industriales, además de reducir el aporte de contaminantes lanzados en el medio natural.

En Brasil está prohibido reutilizar el agua para suministro público. Sin embargo, es posible destinarla a usos menos nobles en la industria y/o agronegocios.

El reuso del agua y el reciclaje en la industria es una técnica incipiente en Brasil y que viene consolidándose en el medio como una alternativa viable. Como no existe una legislación específica sobre el tema en el país, es necesario establecer reglas sobre el reuso del agua y la recuperación de subproductos de las aguas residuales.

Reuso

- **Reuso indirecta y reciclaje externo:** el agua utilizada se vierte en medio acuático, pasando por el proceso de autodepuración para ser nuevamente utilizada;
- **Reuso directa:** se trata del uso directo y planificado de esas aguas para fines específicos como riego, refrigeración industrial, y transporte de materiales;
- **Reciclaje interno:** es el aprovechamiento a través de la reutilización interna del agua después del tratamiento teniendo como objetivo su uso original;
- **Reuso potable directa:** ocurre cuando las aguas residuales recuperadas a través de tratamiento avanzado, son directamente reutilizadas en el sistema de agua potable. Se utiliza en condiciones de difícil acceso al agua, en estaciones espaciales, en la Antártida, entre otros casos. En Brasil, sin embargo, su uso no está permitido.
- **Reuso potable indirecta:** caso en que las aguas residuales, después del tratamiento, son eliminadas en la colecta de aguas superficiales o subterráneas para dilución, purificación natural y posterior captación, tratamiento y finalmente uso como agua potable. Comprende el diagrama de flujo donde se emplea el tratamiento de aguas residuales con el objetivo de ajustar la calidad del efluente a la estación a los estándares de emisión y lanzamiento en los cuerpos de agua.

El reuso en la industria proporciona ventajas como aumento de la producción, disminución del costo del agua industrial, disminución del uso del agua para limpieza urbana, aumento de la disponibilidad de agua para la recarga de acuíferos, reducción de la contaminación hídrica y conservación del suelo. Sin embargo, es necesario observar algunas situaciones indeseables, evitando su ocurrencia: contaminación de

acuíferos subterráneos, aumento de la salinidad del suelo y riesgos para la salud pública por contacto directo con el efluente.

El reuso de recursos hídricos en la industria tiene que ser aplicada en concomitancia con las prácticas que optimicen su uso, tales como el mapeo del uso del agua, el cambio de equipos dañados, programas de concientización y el aprovechamiento de las aguas pluviales.

Potencial

El Consejo Empresarial Brasileño para el Desarrollo Sostenible (CEBEDS) analizó 14 tecnologías que hacen uso eficiente del agua. La eficiencia del uso en la industria contribuye a la reducción de la captación de agua tratada, generando economía y minimizando los riesgos de desabastecimiento en futuros períodos de escasez. La economía potencial de estas tecnologías equivale al 19% de la retirada de agua en la industria y el 3% de la retirada de agua en la agricultura.

En la agricultura

Las aguas de calidad inferior, tales como las aguas residuales, en particular las de origen doméstico, aguas de drenaje agrícola y aguas salobres, deberían considerarse como fuentes alternativas para usos menos restrictivos.

Entre las ventajas del uso de la fertiirrigación (utilización simultánea de fertilizantes y agua), se destacan las menores pérdidas de fertilizantes por lixiviación y volatilización, además de una mayor eficiencia en la aplicación de fertilizantes, siendo estos puntualmente aplicados próximos al sistema radicular de las plantas en pequeñas dosis a lo largo del ciclo, ajustando las necesidades en las diferentes fases de los cultivos.

En Brasil, a través de la Resolución CNRH n° 54/05, el reuso agrícola se ha convertido en una de las modalidades de reutilización directa, no potable de agua, y con ello, práctica integral de los mecanismos de gestión de los recursos hídricos.

Entre los beneficios de el reuso, es posible destacar la disminución de aducción de agua directamente del medio natural y el descarte de los efluentes; reducción de los costos de transporte por descentralización de la reutilización; mejor aprovechamiento de nutrientes en el sector agrícola; reducción del consumo de energía asociado a la producción y de costos regulatorios con el descarte del agua. Además, el reuso del agua introduce recursos alternativos necesarios a las demandas locales, cuando no

se dispone de agua en cantidad suficiente, sea por alta demanda o por situación de escasez.

Tecnología	Ganadería	Agricultura - Soja y caña de azúcar	Procesam. de alimentos	Automotriz	Petroquímica	Acero y metalurgia	Minería	Bebidas	Papel y celulosa
Hidrómetro para segmentación de consumo			●	●	●	●	●	●	●
Riego por goteo		●							
Dispersador de polvo							●		
Aguas residuales para acuicultura	●								
Evaporación por concentración de vinaza			●						
Detector de pérdida de agua			●	●	●	●	●	●	●
Torres de refrigeración sin productos químicos			●	●	●	●	●		●
Aprovechamiento del agua de lluvia			●	●	●	●	●	●	●
Tratamiento de ozono			●					●	
Zonas húmedas artificiales	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ultra filtración	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ósmosis reversa			●	●	●	●	●	●	●
Destilación térmica			●	●	●	●	●	●	●
Reforestación	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Recomendaciones sobre el reuso:

- El uso de aguas residuales domésticas en actividades agrícolas es viable, pero sólo se puede hacer con aguas residuales tratadas y, preferiblemente, producidas por métodos eficientes en la reducción de microorganismos de contaminación fecal (coliformes termotolerantes, huevos de helmintos), como, por ejemplo, lagunas de estabilización en serie (anaerobia - facultativa - maduración) y reactores anaeróbicos tipo UASB seguidos de lagunas de estabilización o pulido;
- La cantidad de agua a ser aplicada, sea cual fuere el suelo a ser utilizado, el método de riego elegido y la planta a cultivar, debe ser calculada correctamente para que no se produzca lixiviación y posible contaminación de la capa freática;
- Para cualquier recomendación sobre el uso de aguas residuales y lodos tratados en la actividad agrícola, el suelo deberá ser analizado antes de iniciar el trabajo y durante la actividad agrícola para monitorear posibles daños a su calidad (por ejemplo: salinización);
- Debe haber un monitoreo sistemático de la calidad física, química, bacteriológica y parasitológica de las aguas residuales tratadas;
- Es necesario monitorear la calidad microbiológica y parasitológica de los cultivos elegidos para garantizar que se alcancen las normas de vigilancia sanitaria (Ministerio de Salud - Decreto n° 451/1997);
- Los trabajadores involucrados deben ser orientados sobre los riesgos de esa actividad para la salud, así como la necesidad de utilizar EPIs específicos;
- Es necesario prestar atención a la contaminación parasitológica del suelo y del cultivo en el caso de las hortalizas, incluso si los análisis parasitológicos en el efluente utilizado hayan mostrado ausencia de huevos de parásitos;
- El riego por aspersión debe evitarse debido a la formación de aerosoles.

Desproporción

En promedio, los países de alta renta tratan aproximadamente el 70% de las aguas residuales que generan, mientras que esta proporción cae al 38% en los países de renta media y al 28% en los países de baja renta. En los países de baja renta, sólo el 8% de las aguas residuales industriales y municipales son sometidas a tratamiento de cualquier tipo.

El agua residual también puede ser una fuente económica y sostenible de energía, nutrientes, materia orgánica y otros subproductos útiles. En un escenario de creciente demanda y disponibilidad limitada, se deben mejorar las acciones de uso eficiente

del agua en todos los sectores usuarios para la sostenibilidad del recurso y de las actividades que surjan de él. Esta eficacia sólo es posible gracias a la práctica de la ingeniería, mejora de procesos industriales y aplicación de tecnologías apropiadas.

Uso seguro de agua de reuso

El documento fundamenta el uso seguro de agua residual, tratada dentro de una nueva cultura del agua, traza el panorama mundial y discute las perspectivas y tecnologías para implementar la reutilización.



<http://bit.ly/es-agua14>

Uso de aguas de lluvia en edificaciones

El aprovechamiento del agua de lluvia en los edificios para uso no potable es una técnica para minimizar el uso de agua tratada, disminuyendo la captación de agua en los cuerpos hídricos, al tiempo que ayuda en la amortiguación del caudal pico en el sistema público de drenaje.

Cuando la definición de aprovechamiento de agua de lluvia entra en vigencia en la fase de proyecto, el potencial de economía es mayor, ya que se pueden utilizar aguas no potables en inodoros, lavadoras, además de limpieza de pisos y áreas comunes y riego de jardines

Agua de lluvia



El folleto publicado por Feam y Fiemg presenta cómo calcular los embalses, considerando el área de colecta de agua pluvial de la edificación..

<http://bit.ly/es-agua04>

Legislación sobre el agua de lluvia



En Belo Horizonte fueron editadas leyes para fomentar el uso de agua de lluvia y racionalizar del uso de agua potable.

Ley 10.857/2015, que dispone sobre políticas para el consumo racional del agua tratada suministrada al municipio

<http://bit.ly/es-agua05>



Ley 10.840/2015, que dispone sobre el reuso de agua en edificaciones públicas y privadas

<http://bit.ly/es-agua06>

Infraestructura verde en cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas captan el agua de lluvia, almacenan el agua subterránea en acuíferos, liberan el flujo de agua superficial y proveen hábitat para plantas y animales. En la medida en que los ecosistemas naturales presentes en esas cuencas tratan, almacenan y distribuyen agua a lo largo de la cuenca, modulan la calidad y hasta la cantidad y periodicidad del agua que fluye en el curso para los usuarios urbanos y la agricultura.

Según la Comisión Europea, la infraestructura verde es una red de ecosistemas saludables que atiende los intereses de las personas y de la naturaleza. Asegura que la calidad de los ecosistemas sea mantenga o restaure y que las áreas naturales estén interconectadas. Por lo tanto, la infraestructura verde genera los beneficios de la naturaleza, como aire limpio y agua disponible, prevención de inundaciones, polinización de cultivos, almacenamiento de carbono y refrigeración de las islas de calor urbanas. Así, los ciudadanos podrán disfrutar de salud y bienestar.

La infraestructura verde disminuye el aporte de sedimentos en los cuerpos de agua que, además de ser responsables por la colmatación de los ríos, deterioran la calidad del agua.

Es una herramienta importante en la conservación de las cuencas hidrográficas y tiene como estrategia:

Estrategia	Descripción
Conservación forestal	Conservación de áreas naturales a partir del aislamiento de los factores de degradación (ganadería, incendios, plagas, etc), para proteger las cuencas hidrográficas..
Restauración forestal	Restauración de plantío de árboles, pastos y arbustos nativos en áreas críticas para reducir la erosión y el transporte de sedimentos.
Restauración del bosque ribereño	Conservación y restauración de los márgenes de los ríos para reducir la erosión y mejorar la calidad del agua.

Fuente: McDonald y D.Shemie: Mapa de Recursos Hídricos Urbanos. Mapeo de soluciones de conservación para el desafío global del agua 2014. The Nature Conservancy: Washington D.C.

La disponibilidad de agua puede incrementarse mediante la combinación de la infraestructura verde con la infraestructura gris, que busca garantizar la cantidad y calidad de los recursos hídricos por medio de soluciones de ingeniería. Ejemplos de estas soluciones tradicionales de infraestructura gris son la expansión de los sistemas de producción de agua, la construcción de nuevos embalses, la reducción de la contaminación ampliando el sistema de colecta y tratamiento de aguas residuales, y la prospección de nuevos manantiales para la importación del agua.

La conservación de las cuencas hidrográficas también crea valores agregados que van más allá del agua, incluyendo desarrollo socioeconómico y empleos, recreación, protección de la biodiversidad y resiliencia climática (mitigación de sequías e inundaciones). Las ciudades capaces de equilibrar soluciones verdes y grises para adaptarlas a sus desafíos particulares, conducirán el camino hacia un futuro sostenible para las personas y la naturaleza.

Un estudio de 2016 de The Nature Conservancy - TNC estimó que la degradación de las cuencas hidrográficas cuesta anualmente a las ciudades del mundo US\$ 5,4 mil millones en tratamiento del agua, y muchos gobiernos municipales están percibiendo la importancia de invertir en sus cuencas hidrográficas.



CASOS DE ÉXITO/ EJEMPLOS

El agua no nace en los embalses.

José Carlos Carvalho

Reuso industrial

Aquapolo es el mayor emprendimiento de producción de agua de reuso industrial en América del Sur. Es el resultado de una alianza entre BRK Ambiental y la Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo (Sabesp), suministra por contrato 650 litros/segundo de agua de reuso para el Polo Petroquímico de la Región del ABC Paulista.

El proceso se inicia en las Estaciones Elevadoras de Sabesp, donde se han instalado sensores que determinan el nivel de toxicidad de la carga que llegará a la ETE a corto plazo. El desagüe es bombeado hasta la ETE del ABC y sirve de insumo al Aquapolo. El volumen de 1.350 litros/segundo es vertido en el Córrego dos Meninos con la calidad exigida por la legislación. Otros 650 litros/segundo son desviados y transformados en agua de reutilización. Al final del proceso de tratamiento, está listo para regresar a la naturaleza.

Los parámetros de calidad del agua que deben ser alcanzados al final de todo el proceso fueron determinados por el propio Polo Petroquímico, considerando el uso destinado al agua que, en este caso, es principalmente para limpiar torres de refrigeración y calderas. Para la realización y distribución del agua producida, se construyó un acueducto de 17 km, que va de São Paulo y recorre los municipios de São Caetano do Sul y Santo André, hasta llegar a una torre de distribución en Capuava, Mauá, donde se encuentra el Polo. A partir de este acueducto, una red de distribución de 3,6 km entrega el agua a cada uno de los clientes allí instalados. El mismo fue diseñado para permitir derivaciones, haciendo posible el servicio a otros potenciales clientes.



<http://www.aquapolo.com.br>

Eficiencia de riego

La propiedad de Makoto Harano, en la región de Salesópolis (SP), está ubicada en una región crítica, en un área de represas que suministran agua para la región metropolitana de São Paulo.

El sitio posee un área de plantación de hortalizas con cobertura plástica mulching, que utiliza aspersores autocompesados de baja precipitación y emisores sectoriales en las márgenes del área. La conducción del cultivo se realiza mediante la plantación con agujeros alternados en el plástico, para permitir no sólo la entrada del agua, sino también para permitir la colocación manual de fertilizantes.

La red hidráulica es fija y está compuesta de tubos de polietileno, lo que posibilitó utilizar la técnica de fertiirrigación con ahorros de cerca del 30% de fertilizantes y del 50% en el volumen de agua de riego y de energía eléctrica.



<http://www.naandanjain.com.br>

Revitalización de ríos urbanos

El río Sena (la Seine, en francés) es un río que baña la capital, París, y que desagua en el Océano Atlántico. Su cuenca tiene una extensión equivalente al 18% del territorio francés y concentra el 30% de la industria nacional.

La experiencia de revitalización del río Sena demuestra la importancia de las intervenciones de ingeniería integradas a políticas públicas de uso y ocupación del suelo y de instrumentos económicos para la descontaminación de los ríos urbanos, rescatando así la relación cultural entre la población y los ríos de su ciudad.

La principal base del proceso de revitalización del río Sena es el tratamiento de aguas residuales. En lo que se refiere a la contaminación industrial, la base del trabajo es minimizar la carga contaminante a ser lanzada en el río y hacer más eficiente el uso del agua. En el tratamiento de la contaminación difusa, se trabaja para minimizar el aporte de nutrientes provenientes de la agricultura y del sistema de drenaje urbano de aguas pluviales, por medio de protocolos junto a los agricultores y contratos de la agencia de aguas con los municipios, respectivamente.

Entre las acciones futuras, se encuentran las mejoras de las estaciones de tratamiento existentes, la mejora del sistema de drenaje urbano y la minimizando de las conexiones clandestinas de aguas residuales domésticas en la red pluvial. .

Un baño en el Sena



<http://bit.ly/es-agua10>



<http://bit.ly/es-agua11>

Infraestructura verde

La ciudad de Nueva York ha elaborado el Plan de Infraestructura Verde que presenta un enfoque alternativo para mejorar la calidad del agua que integra la "infraestructura verde", como zanjas de infiltración y tejados verdes, con inversiones para optimizar el sistema existente y construir una infraestructura "gris" o tradicional dirigida y de menor escala.

El plan presenta como objetivos:

- Mejora en la calidad del agua;
- Reducción del desagüe superficial de aguas pluviales en superficies impermeables durante el período de lluvia; y
- Proporcionar beneficios sustanciales y cuantificables de sostenibilidad, enfriando la ciudad, reduciendo el uso de energía, aumentando los valores de la propiedad y mejorando la calidad del aire.

Para alcanzar los objetivos propuestos, el plan consta de cinco componentes, ellos son:

- Construir una infraestructura "gris" con balance favorable de costo y beneficio que incluye, sistemas de colecta de aguas residuales, estaciones de tratamiento de aguas residuales y sistemas de abastecimiento público;

- Optimizar el sistema de agua pluvial existente;
- Controlar el desagüe de aguas pluviales en un 10%, con el uso de infraestructura verde, como interceptación de árboles en las calles, tejados verdes, zanjas de infiltración, retención e infiltración subterránea y zonas verdes en los espacios públicos;
- Institucionalizar la gestión adaptativa, modelar impactos, y monitorear la calidad del agua;
- Identificar e involucrar a las partes interesadas.

Estas estrategias en el área urbana se complementaron con acciones de conservación de la cuenca donante de agua bruta que abastece a Nueva York. En 10 años, la ciudad aplicó más de US\$ 1,5 mil millones de dólares en su cuenca hidrográfica y la inversión en infraestructura natural permitió un bajo índice de sedimentos en el agua y evitó la construcción de una planta de filtración, ahorrando US\$110 millones de dólares al año.



Infraestructura Natural / *Natural Infrastructure*, <http://bit.ly/es-agua07>



Aguas urbanas / *Urban Water Blueprint*, <http://bit.ly/es-agua08>

Conservación de manantiales

La Agencia Reguladora de los Servicios Públicos de Santa Catarina (Aresc) permite que las inversiones en la conservación de manantiales sean incorporadas en sus costos operativos. El objetivo es evitar que el consumidor pague más caro por el agua a largo plazo y asegurar recursos permanentes para las iniciativas de restauración y preservación de los ecosistemas en áreas estratégicas de la cuenca hidrográfica responsables de la garantía de calidad y de la cantidad de agua a largo plazo.

Las inversiones en la conservación del manantial en forma de componentes financieros de la estructura arancelaria permite el control de las inversiones por parte de la compañía de agua y la agencia reguladora, garantizándole al ciudadano una tarifa justa y transparente.

El Programa Productor de Agua en Camboriú ha sido un modelo de gestión para el funcionamiento de las inversiones en la conservación de manantiales. En él, las partes interesadas componen la Unidad de Gestión del Proyecto (UGP), instancia deliberativa que realiza los estudios técnicos necesarios y elabora el plan de conservación, que establece las acciones específicas de conservación a ser implantadas así como sus costos. La implantación del plan de conservación se financia a través de la asignación de recursos por parte de la compañía de agua, solicitada anualmente a la agencia reguladora. Con esto, se establece un flujo de caja que confiere transparencia y buena gobernanza al proceso, garantizándole al ciudadano que sus recursos sean bien aplicados.

En un período de aproximadamente 20 años, la reducción del costo del tratamiento compensará el 80% de la inversión realizada en el proyecto. Esto sin calcular los beneficios no cuantificados, tales como la reducción del riesgo de inundaciones y del riesgo de desabastecimiento de agua durante la alta temporada.



<http://bit.ly/es-agua09>.

Técnicas compensatorias de drenaje urbano

Cuenca de retención Engenho Nogueira - Belo Horizonte

El Campus Pampulha de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG), ubicado en Belo Horizonte, sufría con recurrentes problemas de inundación. Pensando en solucionar el problema a escala local y en amortiguar los efectos de las inundaciones en mayor escala, el Ayuntamiento Municipal de Belo Horizonte, junto con la universidad, decidió implantar una cuenca de retención.

La cuenca de retención Engenho Nogueira, ubicada en la región de Pampulha,

drena una zona urbanizada de aproximadamente 3,4 km². Es una cuenca sin almacenamiento de agua (cuenca seca) en períodos de sequía, presentando en su composición el canal fluvial Engenho Nogueira, que se filtra a través de ella y presenta acumulación de agua sólo en situaciones donde hay mayor caudal (cuenca en línea). La cuenca está formada por barras en tierra y enrocado, con una descarga de fondo que permite el paso del canal fluvial en períodos de sequía.

Después de la implantación de la cuenca, fue notoria la mitigación de los problemas de inundación en la Universidad, pero el desagüe de aguas residuales y los efluentes industriales provenientes de las empresas instaladas en la cuenca hidrográfica aún son arrojados en el canal Engenho Nogueira, lo que causa una significativa contaminación de sus aguas.

Tejados verdes

La utilización de tejados verdes está asociada a la minimización de los impactos derivados del aumento de la temperatura en centros urbanos y al almacenamiento de aguas pluviales. En Chicago (EEUU), se construyeron tejados verdes en diversos edificios. Sólo en el techo del ayuntamiento hay más de 20 mil plantas, de más de 150 variedades, incluyendo 100 arbustos, 40 enredaderas y 2 árboles. La ciudad está monitoreando la temperatura, la lluvia, y la velocidad y dirección del viento, lo que ayudará a evaluar cómo el techo verde ha contribuido a la calidad de vida en el lugar.

En la Universidad de São Paulo (USP) se desarrolló otro ejemplo de trabajo que comparaba dos edificios de la capital paulista, uno con zona verde y otro con superficie de hormigón, donde se comprobó que la temperatura en la parte superior del edificio con jardín quedó hasta 5,3 grados Celsius (°C) más baja. También hubo un 15,7% de ganancia en relación a la humedad relativa del aire.



CONCLUSIONES

La seguridad del agua es hoy en día una cuestión prioritaria para los sectores público y privado y es definida por la ONU como la capacidad de garantizarle a la población el acceso sostenible, la cantidad adecuada y con calidad aceptable para los medios de subsistencia, bienestar humano y desarrollo socioeconómico. El concepto abarca también la capacidad de garantizar la protección contra la contaminación y los desastres relacionados con el agua, y la preservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política.

Las acciones prioritarias para su logro son, entre otras, la promoción de la eficiencia en el uso del agua, el incentivo a la reutilización, el tratamiento de efluentes y sistemas de drenaje que no pongan en peligro a la población.

Además, la economía verde se percibe como aquella que resulta en una mejor calidad de vida humana y equidad social, al tiempo que reduce los riesgos medioambientales y la escasez ecológica, y cuya forma de alcanzarla requiere la combinación de esfuerzos políticos, desarrollo tecnológico y mayor concientización, dando como resultado la reducción de la “huella hídrica” en los distintos sectores, derivada del aumento de la conservación, reuso y eficiencia en el uso del agua.

Estos enfoques refuerzan acciones de gestión adecuada del agua en sus diversos aspectos abordados a lo largo de este folleto, justificándose así la relevancia de la mejora de las técnicas y tecnologías relacionadas con el desempeño de los profesionales de ingeniería.

BIBLIOGRAFIA

- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2º ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano...** Brasília: Funasa, 2017.
- CHOUKR-ALLAH R. Perspectives of Wastewater Reuse in the Mediterranean Region. In: CHOUKR-ALLAH R., RAGAB R., RODRIGUEZ-CLEMENTE R. (ed.) **Integrated Water Resources Management in the Mediterranean Region**. Dordrecht: Springer, 2012.
- FLETCHER T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12 (7), p. 525-542, 2014.
- FORTUNATO, A.; OLIVERI, E.; MAZZOLA, M. R. Selection of the Optimal Design Rainfall Return Period of Urban Drainage Systems. **Procedia Engineering**, v.89, p.742-749, 2014.
- GERSONIUS, B. Can resilience support integrated approaches to urban drainage management? **11th International Conference on Urban Drainage**, Edinburgh. Scotland, UK, 2008.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. Trata Brasil. Site institucional: www.tratabrasil.org.br
- MELO, M.C. **Segurança Hídrica para Abastecimento Urbano: Proposta de Modelo Analítico e Aplicação na Bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Engenharia) Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016
- MOURA, P.; LARA, M.; BAPTISTA, M. Análise da efetividade de bacias de retenção para controle de inundações em meio urbano: estudo de caso em Belo Horizonte. **XXV Congresso Latinoamericano de Hidráulica San José**: Costa Rica. 2012.
- NEVES-SILVA, Priscila; HELLER, Léo. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, Jun 2016, Volume 21 Nº 6 Páginas 1861 – 1870
- SILVA, A. O. et al. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11. p. 1143-1151, 2013.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Site institucional. www.snis.gov.br
- SOUZA, T. R. et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 846-854, 2012.
- SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

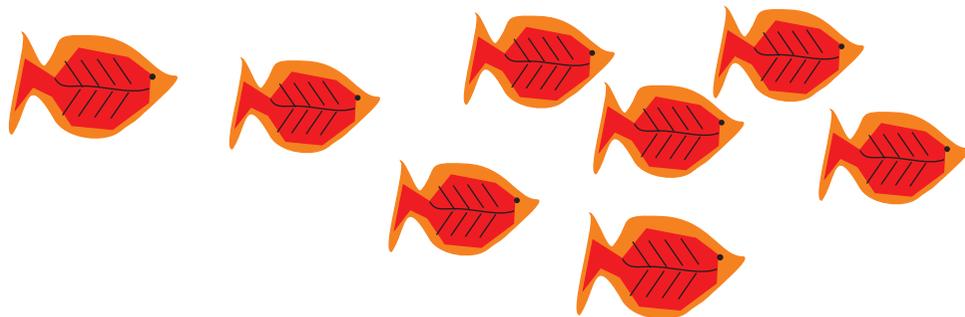


FICHA TÉCNICA

Agua: Ingeniería y Sostenibilidad: es una publicación del Consejo Regional de Ingeniería y Agronomía de Minas Gerais • **Presidente:** ingeniero civil Lucio Borges • **Vicepresidente:** ingeniero civil David Thomaz Neto • **Director Administrativo y Financiero:** ingeniero civil Walmir Januário • **Director de Atención y Acervo:** ingeniero agrónomo Edson dos Santos • **Director de Planificación, Gestión y Tecnología:** ingeniero mecánico Waldimir Teles Filho • **Director de Relaciones Institucionales:** ingeniero civil Pedrinho da Mata • **Directora Técnica y de Fiscalización:** ingeniera civil Maria das Graças Lage • **Director de Recursos Humanos:** ingeniero electricista Flávio Vianna • **Superintendente de Relaciones Institucionales:** ingeniero civil y de seguridad laboral Marcos Venícios Gervásio • **Gerente de Comunicación y Publicidad:** Debi Sarmento.

Organización: ingeniera civil Marília Carvalho de Melo y economista Paulo Roberto Bretas • **Textos:** ingeniera civil Marília Carvalho de Melo (Igam), ingeniero civil Vítor Carvalho Queiroz (HidroBR Consultoria), ingeniero ambiental Heitor Soares Moreira (Igam), ingeniera agrícola y ambiental Aline de Araújo Nunes (PUC-Minas), ingeniero forestal Ricardo Galeno (The Nature Conservancy), Miguel de França Doria (Hidrólogo Regional de la Unesco para América Latina y Caribe) y Soledad Benitez (Asistente del Programa Hidrológico Internacional para América Latina y Caribe) • **Colaboradores:** ingeniera civil y sanitarista Izabel Cristina Chiodi (INCT-ETEs Sostenibles), ingeniero de minas y metalúrgico Octávio Elisio Alves de Brito (Fiemg) • **Ilustraciones:** Sinésio Bastos • **Proyecto Gráfico y diagramación:** Antônio Bosco • **Edición:** Marília Melo, Debi Sarmento • **Revisión:** Kelly Barbosa • **Tiraje:** 500 ejemplares • **Traducción:** Universo Traduções • **Impresión:** Global Print

El contenido de este folleto está disponible en el sitio web de Crea-Minas (www.crea-mg.org.br/images/es-agua-es.pdf). ¡Puede y debe ser reproducido! Usted puede compartir y adaptar el presente trabajo, desde que se cite la fuente, dando el debido crédito a los autores, de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons 4.0 Atribución Internacional.



CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais

Av. Álvares Cabral, 1600 - Santo Agostinho
Belo Horizonte - MG
Cp: 30170-917
Teléfono: 0800.0312732
www.crea-mg.org.br



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa
Hidroológico
Internacional

