DIRETRIZES PARA UMA
ECONOMIA VERDE NO BRASIL II

RECURSOS HÍDRICOS
E SANEAMENTO AMBIENTAL

fbds
www.fbds.org.br

DIRETRIZES PARA UMA ECONOMIA VERDE NO BRASIL II

RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

REALIZAÇÃO
Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS
www.fbds.org.br

Patrocinadores
Ambev, JSL, Light, Shell, Tetra Pak

Coordenação Geral do Estudo
Arisvaldo V. Méllo Jr.

Conselho Curador (FBDS)
Israel Klabin, Fabio Feldmann, Jerson Kelman, José Luiz Alquerés, Maria Silvia Bastos Marques, Philippe Reichstul, Thomas Lovejoy

Coordenação Geral (FBDS)
Walfredo Schindler

Equipe FBDS
Luís Saporta
Thaís Mattos
Fernanda França
Ricardo Gonzalez
Liana Gemunder
Carolina Jaguaribe

Projeto e Coordenação Editorial
Dimensione Comunicação Comprometida // www.dimensione.com.br

Revisão
Dimensione Comunicação Comprometida

Projeto Gráfico e Diagramação
Andrea Coutinho // Dimensione Comunicação Comprometida

AmBev JSL Entender para Atender Light PROTEGE Tetra Pak O QUE É BOM™

ÍNDICE

INTRODUÇÃO 01

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONTEXTO DE ECONOMIA VERDE 03

Recursos Hídricos e Economia Verde 06

INDICADORES DE DESEMPENHO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS 09

Indicadores de Comprometimento dos Recursos Hídricos 10

Indicador de Comprometimento de Saneamento Ambienta 15

ESTIMATIVA DO INDICADOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA 18

ESTIMATIVA DO INDICADOR DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 18

INDICADOR DE RESÍDUO SÓLIDO 19

INDICADOR DE SAÚ 20

INDICADOR DE RECURSOS HÍDRICOS 22

INDICADOR DE VULNERABILIDADE A INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS 23

INDICADOR SOCIOECONÔMICO 24

APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPEN 26

Indicador de Comprometimento de Recursos Hídricos 28

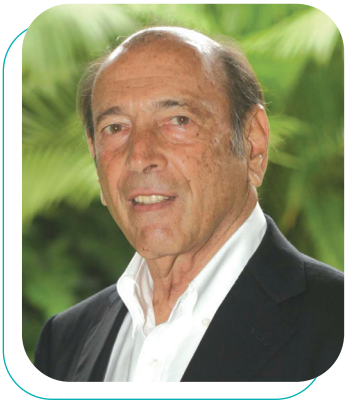
Indicador de Comprometimento de Saneamento Ambiental 30

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE OS INDICADORES 32

CONCLUSÃO 39

REFERÊNCIAS 41

PALAVRA DO PRESIDENTE



Ao longo dos próximos anos, teremos que lidar com situações e escolhas difíceis. O desenvolvimento pautado no uso de combustíveis fósseis, no consumo de bens descartáveis e na exclusão de parte da população mundial dos seus principais benefícios nos conduziu a um presente ambíguo. As inovações tecnológicas aproximam as pessoas, aumentam a expectativa de vida e permitem uma globalização real da sociedade contemporânea. Ao mesmo tempo, estamos cada vez menos saudáveis, mais individualistas e presenciamos o aumento da xenofobia e das barreiras que separam ricos e pobres.

O conceito de economia verde, assim como o desenvolvimento sustentável que o precedeu, tenta reintroduzir elementos importantes que foram sendo negligenciados ao longo dessa nossa caminhada. Seja por idealismo, seja por preocupações com a sustentação de longo prazo das conquistas geradas por nossa civilização, a necessidade de reforma dos paradigmas desse sistema de produção, consumo e inovação tem atraído a atenção de um grupo cada vez maior de agentes sociais. Antes confinado ao meio acadêmico e a algumas organizações não governamentais, o debate tem migrado para o centro decisório de nossa sociedade – isto é, para as grandes empresas e diferentes estâncias de poder local, regional, nacional e internacional.

É exatamente nas contradições desse sistema decisório contemporâneo que encontramos as principais razões para o estado crítico que atingimos, principalmente nos temas ligados ao meio ambiente e à economia. Com instituições cada vez mais globalizadas, operando em todos os continentes do planeta, o atual sistema de soberania concentrado em estados nacionais se mostra ultrapassado para regular tais atividades. Ao mesmo tempo, o aquecimento global atingirá a todos os habitantes desse planeta, onde quer que estejam, ainda que em variados graus de intensidade. Recentemente, constatamos como a poluição na China tem afetado a qualidade do ar na Costa Oeste americana.

Vivemos todos no mesmo planeta e temos que entender os limites que ele nos proporciona. O arcabouço decisório das Nações Unidas, baseado na necessidade de unanimidade e ignorando desvios de conduta, não tem acompanhado os desafios do século XXI. Se nada mudar, novas formas de organização e soberania deverão surgir na esteira de crises cada vez mais graves.

Contudo, há esperança de que possamos evitar os piores cenários previstos por nossos cientistas. A formulação do conceito de economia verde, os eventos internacionais como a RIO +20, o desenvolvimento de tecnologias verdes e a decisão de algumas cidades em tomar as rédeas das ações para o enfrentamento de importantes desafios, têm aberto novos horizontes de luta.

Ao longo dos anos, a FBDS tem contribuído para manter viva essa esperança. O projeto Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil é um desses instrumentos que contribuem para o diagnóstico dos problemas, para o desenvolvimento de ferramentas e para o apoio a políticas públicas e privadas. Na primeira fase do projeto, tentamos analisar o atual estágio de importantes setores da economia brasileira face à definição de economia verde descrita pelo PNUMA em seu relatório Towards a Green Economy. A atual fase do projeto concentrou esforços na criação de métricas capazes de avaliar o progresso desses diversos setores na transição para uma economia de baixo carbono, uso sustentável dos recursos naturais e inclusão social. Para isso, contamos com a participação de importantes especialistas nas temáticas abordadas, aos quais apresentamos nosso agradecimento e reconhecimento pela excelência dos respectivos trabalhos.

Métricas e indicadores são ferramentas essenciais para o desenvolvimento de políticas públicas e planejamento privado, pois possibilitam enxergar os reais impactos de tais proposições. Isso permite uma visão crítica e alterações de rumo que aproximam as ações adotadas de seus objetivos. O uso de indicadores bem estruturados é notadamente um ato de boa gestão e deve ser defendido e ampliado nas diferentes dimensões de nossa organização social.

Esperamos que esses cadernos possam enriquecer o debate sobre a sustentabilidade da economia brasileira e, principalmente, possam servir para que governos e empresas construam políticas que contribuam para a transição que tanto almejamos.

Gostaríamos de agradecer, uma vez mais, aos nossos parceiros de sempre, empresas realmente engajadas na busca da sustentabilidade planetária e cujo suporte financeiro e institucional tornou possível este trabalho: em ordem alfabética, AMBEV, JSL, LIGHT, SHELL e TETRA PAK. Esperamos continuar merecedores de sua confiança.

Israel Klabin, presidente da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS)

PALAVRA DO AUTOR

Projeções realizadas pelas Nações Unidas e citadas no Relatório que Metas de Desenvolvimento do Milênio indicam que em 2015 mais de 600 milhões de pessoas em todo o mundo não disporão de água em quantidade e qualidade apropriadas. Uma das metas a serem alcançadas é reduzir para metade a proporção da população sem acesso sustentável à água potável e saneamento básico.

O conceito de economia verde implica na melhoria do bem estar do homem e da equidade social, e a concomitante redução dos riscos ambientais e da escassez ecológica. É nesse contexto que se insere o sistema de gerenciamento de recursos hídricos que tem a finalidade de estabelecer o arranjo institucional, os fundamentos, as diretrizes, os objetivos e os instrumentos que devem ser aplicados para a sustentabilidade hídrica e ambiental dentro da perspectiva voltada para a economia verde.

Neste trabalho são apresentados indicadores de desempenho do uso dos recursos hídricos voltado para a economia verde na perspectiva de fornecer orientações sobre o papel desses indicadores nas principais etapas da formulação de políticas relacionadas com as questões ambientais. São apresentados conceitos importantes para a avaliação de desempenho de recursos hídricos e economia verde, discutidos e apresentados alguns indicadores de desempenho para recursos hídricos e saneamento ambiental, as fontes de dados disponíveis.

No texto também é apresentada uma aplicação de cálculo dos indicadores para uma bacia hidrográfica e como os mesmos podem ser úteis para definir políticas eficazes.

Por fim são feitas algumas considerações sobre os impactos que as mudanças climáticas poderão causar para o Brasil e sobre os indicadores de comprometimento dos recursos hídricos e de saneamento ambiental.

Arisvaldo V. Méllo Jr.

INTRODUÇÃO

A água assume papel de grande importância em vários usos, produtos e serviços dos quais o homem toma proveito. A qualidade ambiental é essencial para o bem estar do homem, e do desenvolvimento social e econômico, bem como para a preservação e a diversidade dos ecossistemas. Nas últimas décadas tem ocorrido aumento da demanda pelos serviços de abastecimento público e industrial, de irrigação, de controle dos eventos críticos associados às secas e às enchentes, de geração de energia, de navegação, de recreação, de saneamento e de manutenção de ecossistemas aquáticos e ribeirinhos.

Estima-se que no mundo existam um bilhão de pessoas que não têm acesso a um suprimento suficiente de água, definido como uma fonte que provenha 20 litros por pessoa, por dia, numa distância máxima de 1 km. Inclui-se entre as causas do inadequado suprimento de água o uso ineficiente, a degradação da água pela poluição e a superexploração das reservas subterrâneas (UN, 2011).

Há incerteza em relação à oferta e demanda. A demanda crescente entre múltiplos usos tende a aumentar os conflitos pelo uso da água. Neste cenário, podem existir dificuldades de atendimento das demandas com níveis de garantia satisfatórios, além de ocorrer alterações do regime hidrológico, caso não haja controle nas retidas e nos lançamentos de resíduos nos mananciais hídricos. Estas questões são cruciais para o estabelecimento das condições adequadas da sustentabilidade e do uso dos recursos naturais como um todo. Isso implica na necessidade de melhorar o processo de gestão e de planejamento, bem como a tomada de decisão sobre o uso dos recursos hídricos e, de uma forma mais ampla, dos recursos naturais.

Redução da frequência e severidade dos efeitos causados pelas secas, inundações e poluição excessiva, alternativas para aumentar a disponibilidade de abastecimento de água, de geração de energia elétrica, de recreação, de navegação, de qualidade da água são metas normalmente consideradas em sistemas de recursos hídricos. Metas ambientais (preservação e restauração de ecossistemas, qualidade da água), econômicas (maximização de benefícios e aumento de produção) e sociais (diminuição de pobreza e melhoria de qualidade de vida) devem ser consideradas para atender critérios de sustentabilidade.

Segundo UNEP (2011), durante as duas últimas décadas, muito foi investido em infraestrutura, e muito pouco em energia renovável, eficiência energética, agricultura sustentável,

proteção da biodiversidade e dos ecossistemas, além da conservação da água e do solo. Essa estratégia de desenvolvimento tem se mostrado insustentável porque privilegia o acúmulo de capital financeiro à custa da depleção excessiva e da degradação do capital natural. O conceito de economia verde implica na melhoria do bem estar do homem e da equidade social, assim como a concomitante redução dos riscos ambientais e da escassez ecológica.

Este novo paradigma implica na necessidade de realizar um gerenciamento integrado dos recursos hídricos, compreendendo a participação dos usuários, do poder público e da sociedade em geral conforme preconizado no arcabouço legal, na gestão ambiental e em outras políticas setoriais.

Um preceito estabelecido na Agenda 21 é a necessidade de desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para a tomada de decisões, em todos os níveis, e que contribuam para uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento (PNUMA, 1995).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal 9.433/97) estabelece a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável. O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos estabelece o arranjo institucional, os fundamentos, as diretrizes, os objetivos e os instrumentos que devem ser aplicados para sustentabilidade hídrica e ambiental dentro da perspectiva voltada para a economia verde. Neste sentido, Lobato (sd) e Ramos e Formiga-Johnsson (sd) apresentaram um panorama da situação dos recursos hídricos no Brasil, seus principais problemas, os aspectos legais e institucionais envolvidos e sua importância na transição para a economia verde, nos setores público e privado.

Neste trabalho serão apresentados indicadores de desempenho (ID) do uso dos recursos hídricos no contexto da economia verde. O objetivo é fornecer orientações sobre o papel dos indicadores nas principais etapas da formulação de políticas e com as questões ambientais, a serem realizadas ao longo do tempo. O Item 2 apresenta conceitos importantes para a avaliação de desempenho de recursos hídricos e economia verde. No Item 3 serão discutidos e apresentados os ID para recursos hídricos e saneamento ambiental, os dados e as fontes disponíveis. No item 4 é apresentada uma aplicação de cálculo dos indicadores para uma bacia e como os mesmos podem ser úteis para definir políticas eficazes. O Item 5 resume as principais conclusões do relatório.

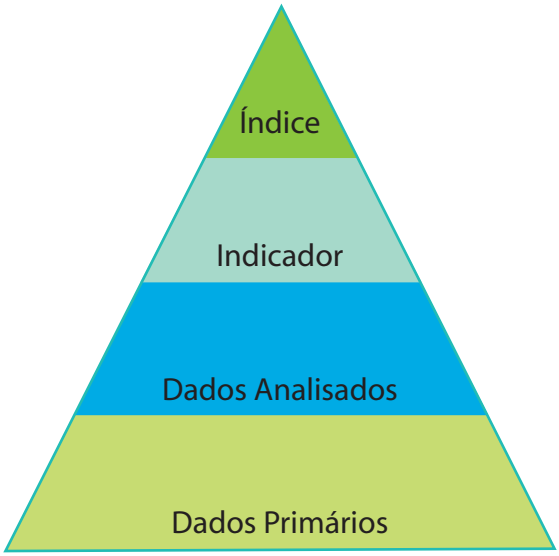
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONTEXTO DE ECONOMIA VERDE

Indicadores são vistos como uma ferramenta para identificar, priorizare traçar planos. O uso de indicadores de desempenho do sistema de gestão permite avaliar a eficácia do processo de gestão, que pode ser construído de acordo com o objetivo da análise. O interesse da medida de desempenho poderia ser em relação ao processo de gestão como um todo, ao serviço de abastecimento doméstico numa determinada bacia, ao meio ambiente, além de outras possibilidades. Segundo Alegre et al. (2006), o uso de indicadores de desempenho pode representar um papel chave na melhoria da qualidade dos serviços de uso da água, pois induz a eficiência de utilização e incentiva a eficácia do processo de gestão dos recursos hídricos.

Um bom indicador deve ser capaz de representar todos os aspectos relevantes associados ao desempenho do sistema analisado, partindo de uma condição inicial até um determinado período de tempo. É desejável que o indicador seja de fácil compreensão, que utilize dados e informações possíveis de serem obtidos e que permita comparações entre bacias distintas. Segundo Benedetto e Klemes (2009), o indicador não deve ser muito genérico, porém deve agregar informações suficientes para ser usado no processo de tomada de decisão.

Hammond et al. (1995) define duas características dos indicadores: de quantificar uma informação para torná-la mais evidente e de simplificar uma informação de um problema complexo para melhorar sua compreensão. Indicadores são construídos com base em dados primários provenientes de um sistema de monitoramento, que quando analisados produzem informações sobre o sistema. Esta configuração pode ser representada por uma pirâmide de informação (Figura 1). A acurácia dos dados é, portanto, essencial para a boa qualidade da informação produzida. Assim deve-se fortalecer a capacidade de coletar, armazenar, organizar, avaliar e utilizar dados nos processos de tomada de decisões de maneira mais efetiva (PNUMA, 1995).

Figura 1: Pirâmide de informação



Fonte: Hammond et al., 1995

Segundo Mueller et al. (1997), um indicador deve ser capaz de sintetizar e refletir a realidade. Deve representar, com coerência estatística e lógica, as hipóteses levantadas na sua construção, deve fazer com que a informação seja quantificada de forma a permitir a comunicação. Deve ser produzido em tempo oportuno para torná-lo válido e deve transmitir informações de forma fácil com base científica adequada.

Os índices podem ser definidos como o resultado da combinação de um conjunto de parâmetros associados, uns aos outros, por meio de uma relação pré-estabelecida que dá origem a um novo e único valor. Na construção do índice são atribuídos valores relativos a cada parâmetro que o compõe, sendo que a relação entre os parâmetros pode ser estabelecida por meio de estatística ou formulação analítica (Santos, 2004).

Considerando a gestão integrada dos recursos hídricos avaliada num contexto da economia verde, os dados primários relacionados à hidrologia, às demandas dos vários setores da economia e aos aspectos sociais devem ser obtidos no nível apropriado, seja na bacia, no município ou na região de interesse. Uma vez que a unidade de planejamento na gestão de recursos hídricos é a bacia e as unidades administrativas são os estados e municípios, os dados em geral estão disponíveis em diferentes bases. Isso poderá originar grandes dificuldades para reuní-los.

Muitas fontes de dados são necessárias, tanto no setor público quanto no privado. O fornecimento de dados hidrológicos, utilizados na determinação de balanços hídricos, estimativa de fluxos e volumes, avaliação de impactos das flutuações e incertezas sobre licenças e outorga de direito de uso, bem como sobre a qualidade da água, é de responsabilidade do poder público. Os dados econômicos e sociais poderão ser obtidos nos setores público e privado.

Uma questão importante a ser esclarecida é: qual a implicação da economia verde e como ela se relaciona com os conceitos de desenvolvimento sustentável, capital natural, eficiência de uso de recursos, produção e consumo sustentáveis?

UNEP (2012) traz uma resposta para essa questão. As atividades econômicas operam dentro de um ecossistema global e conta com ele para fornecer insumos e assimilar os resíduos e emissões. Neste sentido, ecossistemas são vistos como uma forma de capital natural. A manutenção do capital natural poderá contribuir para o desenvolvimento econômico, fornecendo recursos renováveis preciosos e produzindo bens e serviços.

Segundo UNEP (2012), a transição para a economia verde requer:

- O uso eficiente do capital natural, produzindo sem aumentar o uso de recursos e os impactos ambientais.
- Meios de produção sustentáveis, respeitando a capacidade de recuperação dos ecossistemas.
- A busca pelo bem estar humano e a melhoria do capital social (a eqüidade social e a justa repartição de encargos).

Recursos Hídricos e Economia Verde

Os múltiplos usos da água movimenta vários setores da economia. A alocação adequada da água para satisfazer diferentes demandas, em ambientes de grande variabilidade climática temporal e espacial, em bacias com diferentes características de uso do solo, torna essa tarefa complexa. A alocação ineficiente resulta em desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água, em impactos ambientais, sociais e econômicos negativos. Estes só poderão ser resolvidos por meio de uma boa estrutura de gestão, com normas e instrumentos regulatórios adequados, participação da sociedade, investimentos públicos e privados para estimular áreas específicas. As ações direcionadas para o conceito de economia verde oferece uma boa oportunidade para o uso sustentável dos recursos hídricos.

Para que isso aconteça é necessário informações sobre o capital natural, conhecer quais os recursos disponíveis e quais suas localizações, quais os ecossistemas que poderão ser sustentáveis, quais os efeitos que determinados poluentes têm sobre os ecossistemas e como compensar as perdas dos recursos esgotados.

Uma questão chave ao considerar o valor econômico da água está relacionada ao seu uso eficiente e quais os indicadores deveriam ser utilizados para quantificá-lo ou qualificá-lo. Em geral, o uso eficiente da água é dado pela relação entre o volume de água aplicado e a produção do sistema ou da atividade (m^3/unidade do produto). Usar água eficientemente implica em encontrar caminhos para minimizar o uso do bem natural e ao mesmo tempo maximizar a produção. Isso significa que decisões de alocação de água em cada setor produtivo e entre os setores deverão ser acertadas.

GWP (2006) propõe uma aproximação que envolve os conceitos de:

- Eficiência técnica como insumo (agricultura, indústria ou doméstico) ou como produto (reservatório ou transferência).
- Eficiência produtiva em termos de valor econômico da água ao invés da quantidade física.
- Eficiência na escolha de bens e serviços que reflitam as preferências dos consumidores e suas habilidades ou predisposições de pagamento pelos bens e serviços.
- Eficiência na alocação dos recursos hídricos em condições de usos competitivos (agrícola, doméstico, industrial e ecológico) visando maximizar os benefícios líquidos a partir de seus usos.

Embora possamos considerar a gestão dos recursos hídricos na bacia, o conceito de eficiência de uso ou alocação eficiente da água transcende os limites da bacia porque seus efeitos poderão afetar a economia local, regional, nacional e até mesmo internacionalmente.

Pode-se considerar a economia verde sob o aspecto macro ou microeconômico. A macroeconomia concentra-se no estudo do comportamento agregado em relação à produção, à geração de renda, ao uso de recursos, ao comportamento dos preços, e ao comércio exterior. O indicador econômico convencionalmente utilizado para representar a macroeconomia é o Produto Interno Bruto (PIB). Segundo UNEP (2011), o PIB fornece uma visão distorcida para o desempenho econômico, particularmente, porque não é suficiente para refletir o grau em que as atividades de produção e consumo depreciam o capital natural. Énecessário avaliar em termos monetários os estoques do capital natural a fatores relacionados à eficiência de uso dos recursos que afetam o PIB, tais como estresse hídrico, reciclagem e reutilização de resíduos, preço de energia, entre outros.

A microeconomia trata da alocação de recursos escassos utilizados para a produção de bens de consumo. Esta relação é mediada por fatores fundamentais, tais como preferências do consumidor, fatores de produção (capital, trabalho e especialmente os recursos naturais), tecnologia utilizada no processo de produção, regulação estatal, entre outros. De acordo com Rogers et al. (2002) e GWP (2013a), conceitos de microeconomia podem induzir ao aumento da equidade, eficiência e sustentabilidade dos recursos hídricos.

Os instrumentos econômicos citados por GWP (2013a) incluem cobrança pelo uso da água, mercados de água, taxas ou impostos e subsídio. A cobrança é prevista na legislação brasileira (Lei Federal no 9.433/1967) e tem a função de disciplinar o uso e, consequentemente, promover a conservação e o uso eficiente. Também pode ser utilizado para medir a disposição dos consumidores de pagar por investimentos adicionais em serviços de água. O mercado de águas pressupõe que o incentivo à economia de água em alguns usos e a venda da parcela que não é utilizada a outros usos melhore a eficiência. Taxas poderiam ser aplicadas diretamente por volume para usos que envolvem grande consumo ou para processos que causam poluição da água. Os subsídios diretos e cruzados (usuários mais ricos pagam pelos mais pobres) devem ser cuidadosamente orientados, transparentes e regularmente reavaliados.

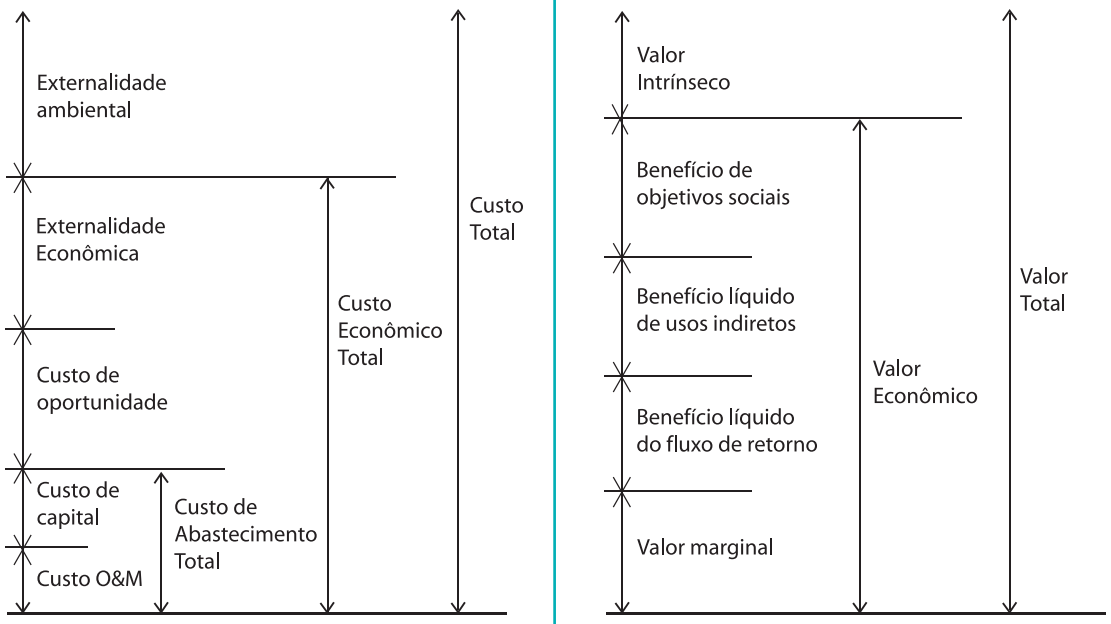
Muitos especialistas têm defendido fortemente os preços de água baseados no custo total como a única forma de garantir o uso sustentável dos recursos, entre eles Rogers et al. (2002). Rogers et al. (1998) define os custos e valores totais da água, conforme a Figura 2. O custo total é composto pela soma dos custos de operação e manutenção, de capital, de oportunidade, econômico e de externalidades econômicas e ambientais. O valor total da

água é a soma dos componentes associados à utilidade marginal do uso da água, ao benefício líquido obtido do fluxo de retorno (efluente urbano e drenagem de irrigação, por exemplo) e ao uso indireto (retiradas de água de canais de irrigação para abastecimento humano em zonas rurais), além de objetivos sociais (redução da pobreza e segurança alimentar), sendo associado ao valor da pura existência (valor hedônico).

O custo de oportunidade é um fator que garante a utilização eficiente dos recursos escassos, pois é ponderado em relação ao valor gerado no momento de decidir aumentar ou reduzir uma atividade. Do ponto de vista ambiental, seria o máximo valor que poderia ter sido obtido pelo usufruto de um recurso natural. Por exemplo, o custo de oportunidade de não usar a água para irrigação seria o que se deixa de ganhar com o uso da mesma quantidade de água para abastecimento humano e industrial.

As externalidades estão associadas à saúde pública e à manutenção dos ecossistemas. Por exemplo, se as causas de poluição aumentam os custos de produção ou o consumo para os usuários a jusante, é uma externalidade econômica. Mas se a poluição provoca impactos no ambiente pode-se defini-la como uma externalidade ambiental.

Figura 2: Princípios gerais para custo e valor da água.



Fonte: Rogers et al., 1998

INDICADORES DE DESEMPENHO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Sistemas de recursos hídricos atendem a uma variedade de propósitos onde estão envolvidos aspectos econômicos, ambientais e sociais, tais como abastecimento de água, proteção contra enchentes, irrigação, produção de energia, navegação, recreação coleta e tratamento de efluentes. O gerenciamento desses sistemas englobam decisões em vários níveis que envolvem um grande número de informações e que tornam o processo difícil de ser realizado.

A gestão sustentável dos recursos hídricos depende de informações sobre o uso da água e os impactos provocados pelos usos para que sejam projetadas ações, desenvolvidos objetivos e estabelecidas medidas de acompanhamento de implantação. Este mecanismo contribui para tornar mais eficaz o uso dos recursos hídricos enquanto se mantem a função dos ecossistemas, bem estar do homem e a equidade social.

Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) têm como meta reduzir pela metade a proporção da população sem acesso sustentável à água potável e saneamento básico até 2015 (UN, 2012). Em 2010, a América Latina apresentava 94% da população com acesso a abastecimento de água confiável, e 80% da população com cobertura de saneamento. Esses resultados correspondem de forma positiva aos ODM, entretanto, as medidas de qualidade da água, a confiabilidade e a sustentabilidade não estão refletidas no indicador usado para rastrear progresso em direção à meta. Segundo o relatório, no Brasil, 7 milhões de pessoas ainda praticam a defecação a céu aberto. Outro problema é que existe uma discrepância de cobertura de abastecimento de água e saneamento entre a população urbana e rural.

Numa perspectiva futura, um crescimento voltado para a economia verde exige garantir a segurança dos recursos hídricos para as gerações futuras e o fornecimento de soluções que permitam atingir um crescimento maior com uso de menos recursos. Deve-se atentar para o valor intrínseco da água, com seus diversos usos para a sobrevivência e o bem-estar da humanidade. A segurança hídrica representa uma questão chave para que estes objetivos sejam alcançados.

Segurança hídrica é definida como a disponibilidade de uma quantidade e qualidade aceitável de água para saúde, meios de vida, ecossistemas e produção, associados a um nível aceitável de riscos relacionados com a água para as pessoas, economias e meio ambiente.

Tornam-se necessários, portanto, quantificar os usos da água e os impactos ambientais provocados por eles em vários níveis de gestão dos recursos hídricos. A avaliação de desempenho sobre o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos geralmente é baseada na relação entre a disponibilidade hídrica natural, determinada por meio de um balanço hídrico, e os diferentes usos consuntivos e não consuntivos. Neste caso os indicadores de desempenho podem ser calculados diretamente, com dados hidrológicos e de consumo, ou indiretamente por meio de indicadores que relacionam aspectos físicos, econômicos e sociais (Sullivan, 2002).

Várias abordagens podem ser dadas. A abordagem pode ser local, tomando a bacia hidrológica como unidade de planejamento, regional ou nacional. O foco da análise pode ser em relação à gestão dos recursos hídricos, à qualidade dos serviços de abastecimento de múltiplos usos operados pelo poder público ou pela iniciativa privada, à qualidade ambiental.

UNEP (2012) sugere três métodos complementares para **quantificar o uso da água e o crescimento econômico de modo dissociado**: escassez hídrica, pegada hídrica e avaliação do ciclo de vida.

Neste texto serão abordados **três indicadores**:

- Comprometimento dos recursos hídricos.
- Saneamento ambiental.
- Avaliação do ciclo de vida da água.

Indicadores de Comprometimento dos Recursos Hídricos

As informações básicas para a construção dessa categoria de indicadores são fornecidas por dados hidrológicos de quantidade e de qualidade de água úteis para o cálculo do balanço hídrico. Esta informação é utilizada para a execução da gestão do sistema de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, especialmente para a outorga de direito de uso e o enquadramento dos rios em classes de uso preponderantes (Lei Federal 9.433/97).
Em geral, o critério adotado para a emissão de outorgas preventivas e de direito de uso de recursos hídricos é verificar a possibilidade de atender às demandas dos diversos usuários da água, de acordo com a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, conhecendo-se os efeitos das respectivas intervenções autorizadas em relação a um estado antecedente do corpo hídrico.

Para efeito de aplicação do instrumento de outorga, a disponibilidade hídrica é ditada pelas vazões mínimas dos rios principais e seus afluentes, pois a repartição dos recursos hídricos disponíveis (vazões outorgáveis) entre os diversos requerentes deve ser feita com uma garantia de manutenção de fluxo residual nos cursos de água.

De modo geral, duas abordagens têm sido usadas nacionalmente como critério para definição de vazões mínimas de referência: vazões mínimas com determinado tempo de recorrência e vazões de curva de permanência. A primeira abordagem tem origem no setor de saneamento é usada como critério em vários estados, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, usualmente por meio da vazão mínima de 10 anos de recorrência e 7 dias de duração (Q7,10), em que a estatística de vazão mínima é obtida por meio do ajuste de uma distribuição estatística. A segunda abordagem consiste na identificação da vazão que é superada em uma porcentagem grande do tempo. Esta porcentagem do tempo é usualmente denominada garantia. O valor complementar à garantia, ou seja, o tempo em que esta não é satisfeita, é usualmente denominado de risco. Em geral, a Agência Nacional de Águas (ANA) adota como vazão de referência a vazão que é superada em 95% do tempo (Q95%), uma vez que o risco de 5% é um valor médio entre aqueles que, se consideram toleráveis, pelos diversos setores usuários (ANA, 2013).

Séries históricas de vazões observadas em estações de monitoramento são utilizadas para inferir a disponibilidade hídrica da bacia, e admite-se a hipótese de estacionariedade, admitindo que os parâmetros estatísticos das vazões observadas se repetirão no futuro. Em situações em que o monitoramento das vazões é significativamente influenciado por retiradas provocadas por usos consuntivos, retira-se da série histórica períodos em que sabidamente os usos foram mais intensos (em geral, os períodos mais recentes) ou são realizados estudos para saber o histórico de uso da água na bacia para utilizá-lo na reconstituição da vazão natural.

Em muitas bacias é comum a ocorrência de vazões regularizadas por reservatórios. O regime hidrológico natural a jusante desses reservatórios é alterado e a hipótese de estacionariedade pode não ser válida. Em geral, verifica-se um aumento das vazões mínimas e diminuição das vazões máximas. No caso das vazões mínimas, é estabelecida a manutenção de uma vazão mínima, chamada vazão de restrição, que deve ser mantida a jusante em 100% do tempo que é a vazão de referência imediatamente a jusante do reservatório.

A Lei Federal 9.433/97 estabelece que a outorga visa assegurar o controle qualiquantitativo dos usos da água, portanto, não só as captações, mas também os lançamentos de efluentes são passíveis de outorga. A inter-relação entre estes dois tipos de interferências pode ocorrer quando:

- Captações à montante de lançamentos diminuem a capacidade de diluição do manancial para qualquer poluente.
- Captações a jusante de lançamentos retiram, em alguma medida, a carga poluente lançada.
- Lançamentos a montante de captações aumentam a quantidade de água disponível para ser captada;
- Lançamentos a montante de lançamentos diminuem a capacidade de diluição do manancial, para o mesmo parâmetro de qualidade presente no lançamento.

O balanço hídrico qualiquantitativo requer que as captações (vazão demandada para usos consuntivos) e os lançamentos (carga poluente referente aos usos não consuntivos) sejam integrados numa base única. Para comparar demandas quantitativas e qualitativas na mesma unidade de medida é adotada a vazão necessária para diluir um poluente até a sua concentração permitida, que, no caso do rio estar enquadrado em classes de uso, corresponde à concentração da classe em que o manancial está enquadrado (ANA, 2013). Este conceito foi denominado de vazão de diluição (Q_{dil} em $m^3.s^{-1}$) e pode ser quantificado pela equação 1 (Kelman, 1997).

$$Q_{dil} = Q_{eg} \cdot \frac{(C_{ef} - C_{perm})}{(C_{perm} - C_{nat})} \qquad (1)$$

Em que Q_{ef} é a vazão do efluente ($m^3.s^{-1}$), C_{ef} é a concentração do poluente ($mg.L^{-1}$), Cperm é a concentração permitida ($mg.L^{-1}$) e C_{nat} é a concentração natural do poluente no manancial ($mg.L^{-1}$). A concentração natural do poluente no rio depende do conhecimento da qualidade da água que represente esta condição naquele rio. Segundo Von SPERLING(1998), um rio limpo possui uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) natural de aproximadamente 1 $mg.L^{-1}$, decorrente da matéria orgânica oriunda de folhas e galhos de árvore, peixes mortos, fezes de animais, etc.

A vazão que cada usuário utiliza para diluir os efluentes é denominada vazão indisponível, e corresponde à soma da vazão de diluição com a vazão de lançamento do efluente ($Q_{ind} = Q_{dil} + Q_{ef}$). Esta vazão é aquela que o usuário torna indisponível no manancial para outras diluições do mesmo parâmetro de qualidade da água. É a vazão que é comparada com a disponibilidade hídrica, demais demandas consuntivas e demais vazões não disponibilizadas para o mesmo parâmetro de qualidade.

Devido à autodepuração dos rios, as vazões indisponíveis vão se tornando progressivamente menores nos trechos de jusante do lançamento para os poluentes não conservativos. É o caso da DBO que é o poluente mais presente e mais importante atualmente no país por estar relacionado com o lançamento de esgotos domésticos. Detalhes sobre o tratamento matemático associado ao decaimento das concentrações de poluentes nos rios podem ser encontrados em Chapra(1997).

A vazão indisponível total (Q_{ind}) associada a um determinado poluente que ocorre no trecho de um rio deve ser comparada com a vazão que resta no trecho após as captações. A vazão remanescente (Q_{rem}), conforme a equação 2. Se $Q_{ind} > Q_{rem}$, é um indicativo de que não há vazão suficiente para diluir os efluentes e consequentemente não há condições de manter a qualidade da água naquele trecho em níveis desejados ou permitidos.

$$Q_{rem} = Q_{disp} - Q_{cap} \qquad (2)$$

Em que Q_{disp} é a vazão disponível dada pela vazão de referência em cada trecho do rio. Em $m^3.s^{-1}$ e Q_{cap} é a vazão captação a montante do trecho considerado em $m^3.s^{-1}$.

O balanço hídrico deve comparar as demandas e disponibilidade de água por meio de indicadores que quantificam o nível de comprometimento dos recursos hídricos. As demandas são caracterizadas pelas vazões captadas para consumo, pelas vazões necessárias para diluição de efluentes e pelas cargas de poluição hídrica gerada pelos usuários. A disponibilidade hídrica é caracterizada por vazões de referência definidas especificamente para cada corpo hídrico.

A análise do balanço hídrico pode ser base para a construção de indicadores que expressem a porcentagem da disponibilidade hídrica da qual o usuário se apropria, bem como a porcentagem da disponibilidade hídrica já comprometida.

O indicador de comprometimento quantitativo dos recursos hídricos para um trecho do rio pode ser determinado pela relação entre a somatória das demanda de água (vazões consumidas à montante) e a disponibilidade hídrica (Q_{disp}), conforme a equação 3,

$$I_{cq} = \frac{Q_{con}^{mon} + Q_{cap}}{Q_{disp}} = \frac{\left(\sum_1^i Q_{cap}^{mon} - \sum_1^i Q_{lan}^{mon}\right) + Q_{cap}}{Q_{disp}} \quad (3)$$

em que I_{cq} é o indicador de comprometimento da quantidade dos recursos hídricos (fração ou %), Q_{con}^{mon} é a vazão consumida por todos os usuários a montante do trecho considerado ($m^3.s^{-1}$), Q_{con}^{mon} é a vazão captada a montante do trecho considerado ($m^3.s^{-1}$). O_{cap} é a vazão captada pela demanda i no trecho ($m^3.s^{-1}$), Q_{con}^{mon} é a vazão do efluente a montante do lançamento *j* no trecho considerado ($m^3.s^{-1}$) e Q_{disp} é a vazão de referência no trecho ($m^3.s^{-1}$). Este indicador representa quanto o corpo hídrico está efetivamente comprometido com usos consuntivos em um determinado trecho.

O indicador de comprometimento qualitativo dos recursos hídricos para um trecho do rio pode ser determinado pela relação entre a vazão utilizada para diluir a poluição causada pelo lançamento do efluente e a disponibilidade hídrica de um trecho do rio, conforme a equação 4.

$$I_{cq2} = \frac{\sum_1^k Q_{dil}}{Q_{disp}} \quad (4)$$

Em que I_{cq2} é o indicador de comprometimento da qualidade da água (fração ou %), Q_{dil} é a vazão de diluição *k* no trecho ($m^3.s^{-1}$) e Q_{disp} é a vazão de referência no trecho ($m^3.s^{-1}$).

Os indicadores de comprometimento podem ser classificados em faixas indicadoras da criticidade do trecho do rio. Pessoa et al. (2009) sugeriram uma classificação apresentada na Tabela 1. Os autores associaram uma cor para cada faixa a fim de melhor representar os trechos de rios em mapas temáticos.

Os dados de disponibilidade hídrica (vazão dos rios), qualidade da água e demandas (vazões captadas e lançadas), necessários ao cálculo dos indicadores poderão ser obtidos nos sistemas de informações e em planos de bacias federais ou estaduais. No caso de rios de domínio federal os dados sobre vazão poderão ser obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb (ANA, 2013c). Os dados de demandas (vazão captada) e lançamentos de efluentes (vazão lançada) em rios federais poderão ser obtidos no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – Cnarh (ANA, 2013d). Dados de qualidade das águas superficiais poderão ser obtidos no Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA (ANA, 2013b). Em rios de domínio estadual os dados poderão ser obtidos em sistemas de informação estaduais operados pelos órgãos gestores.

Tabela 1: Classificação dos indicadores de comprometimento dos recursos hídricos

Faixa do indicador de comprometimento	Condição
$0 \leq I_c \leq 0,25$	Muito baixo
$0,25 \leq Ic \leq 0,5$	Baixo
$0,5 \leq I_c \leq 0,75$	Médio
$0,75 \leq I_c \leq 1,0$	Elevado
$I_c \geq 1,0$	Crítico

Fonte: Pessoa et al., 2009

Indicador de Comprometimento de Saneamento Ambiental

O manejo integrado dos recursos hídricos envolve a aplicação de tecnologias desenvolvidas em várias áreas do conhecimento e a participação multissetorial de instituições públicas e privadas que exerçam alguma atividade que influencie os recursos hídricos na bacia. Um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (Lei Federal nº 9433/97). Uma das diretrizes gerais de ação para implementação da política de recursos hídricos, constituída pela Lei, é a gestão sistemática da água, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade.

Este modelo de gestão de recursos hídricos faz interface com a área de saneamento ambiental, em que as intervenções de tratamento de água e esgoto, disposição de resíduos sólidos e controle de poluição difusa, recolhida pelo sistema de drenagem pluvial, representam um importante papel.

A relação de causalidade entre as condições de saneamento e do meio ambiente com a saúde pública é baseada na premissa de que condições insalubres aumentam o risco de contaminação de doenças que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento (Heller, 1998; Libânio et al., 2005). Esta constatação evidencia a importância do aperfeiçoamento das interfaces entre a gestão de recursos hídricos com o setor de saneamento, a fim de se promover um melhor aproveitamento da água e da qualidade de vida da população, contribuindo para o alcance do desenvolvimento ecologicamente sustentável, socialmente justo e economicamente viável. As ações relacionadas à gestão de recursos hídricos e ao setor de saneamento devem ser coordenadas e devem abranger toda a bacia hidrográfica.

O Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) foi desenvolvido para avaliação da eficácia do Plano Estadual de Saneamento, de forma a atender as normas e os regulamentos decorrentes da Lei 7.750 de 31/03/1992, que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento no Estado de São Paulo (Piza e Gregori, 1999; SÃO PAULO, 1999). Este indicador foi criado para facilitar a identificação de demandas para melhoria dos serviços de abastecimento de água, a coleta e tratamento de esgoto, a disposição final de resíduo sólido, o controle de vetores e as condições socioeconômicas dos municípios.

O Instituto Sociambiental (ISA) tem sua aplicabilidade dirigida para as zonas urbanas e de expansão urbana dos municípios. Sua aplicação em áreas rurais é prejudicada devido à inexistência dados ou dos serviços que são avaliados pelo modelo proposto. Embora tenha sido construído para orientar ações compatíveis com as realidades regionais e locais, o indicador poderia ser aplicado na escala da bacia hidrográfica. Para isso é proposto neste trabalho uma adaptação deste indicador para representar as condições de saneamento visando a adoção de medidas que tornem mais eficazes as ações que promovam o desenvolvimento sustentável do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida das populações, preceitos relacionados à economia verde.

Neste texto será apresentado o Indicador de Comprometimento de Saneamento Ambiental (I_{csa}) que é composto por indicadores secundários específicos que avaliam atributos de cada componente do sistema de gestão nas áreas de saneamento, socioeconômica, saúde pública, drenagem urbana e recursos hídricos. **O I_{csa} é formado por sete grupos de indicadores:**

- Indicador de Abastecimento de Água (I_{ab}).
- Indicador de Esgotamento Sanitário (I_{es}).
- Indicador de Resíduo Sólido (I_{rs}).
- Indicador de Saúde Relacionada à Doença de Veiculação Hídrica (I_{sa}).
- Indicador de Recursos Hídricos (I_{rh}).
- Indicador de Vulnerabilidade a Inundações (I_{vi}).
- Indicador Socioeconômico (I_{se}).

Os indicadores secundários devem ser construídos com variáveis relacionados à região, à bacia ou aos municípios abrangidos pela área da bacia. Neste caso são utilizados dados médios para comporem cada indicador representativo da condição de saneamento ambiental da bacia como um todo. O I_{csa} é calculado pela média ponderada dos indicadores secundários conforme a equação 5. Os pesos utilizados na ponderação dos indicadores secundários podem variar de acordo com a importância relativa de cada indicador secundário.

$$I_{csa} = 0{,}25 \cdot I_{ab} + 0{,}20 \cdot I_{es} + 0{,}2 \cdot I_{rs} + 0{,}1 \cdot I_{sa} + 0{,}1 \cdot I_{rh} + 0{,}05 \cdot 0{,}1 \cdot I_{vi} + 0{,}1 \cdot I_{se} \quad (5)$$

O I_{ab}, o I_{es} e o I_{rs} são calculados por meio da média dos indicadores terciários obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2013). A condição de comprometimento sobre saneamento ambiental é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação do indicador de comprometimento de saneamento ambiental (I_{csa})

Faixa do indicador de comprometimento	Condição
$0 < I_{csa} \leq 0{,}25$	Crítico
$0{,}25 < I_{csa} \leq 0{,}5$	Médio
$0{,}5 < I_{csa} \leq 0{,}75$	Baixo
$0{,}75 < I_{csa} \leq 1$	Muito baixo

Fonte: SNIS, 2013

ESTIMATIVA DO INDICADOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para o I_{ab} (adimensional) foram utilizados: o índice de Atendimento Total de Água (IN_{055} - %), Índice de Perdas na Distribuição (IN_{049} - %) e a relação entre a quantidade de ligações de água ativas e a quantidade total de ligações de água considerando as ativas e as inativas (R_{ag} - %), conforme a equação 6.

$$I_{ab} = \frac{IN_{ab} + IN_{049} + R_{ag}}{3} \qquad (6)$$

O IN_{055} corresponde à relação entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total dos municípios atendidos com abastecimento de água. Este índice informa sobre a cobertura do serviço de abastecimento de água. O IN_{049} corresponde ao volume de água produzido menos o volume de água consumido dividido pelo volume de água produzido. Este índice informa a qualidade do serviço de distribuição de água referindo-se às perdas de água na rede. O R_{ag} é a relação entre a quantidade de ligações de água ativas (AG_{002}) e a quantidade total de ligações de água (AG_{021}). Este índice informa sobre a eficiência do serviço e a necessidade de ampliar a cobertura do serviço de abastecimento de água.

ESTIMATIVA DO INDICADOR DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O I_{es} (adimensional) é calculado pela média do Índice de Tratamento de Esgoto (IN_{016} - %), do Índice de Atendimento Total de Esgoto Referido aos Municípios Atendidos com Água (IN_{056} - %) e da relação entre a quantidade de ligações de esgoto ativas e a quantidade total de ligações de considerando as ativas e as inativas (R_{es} - %), conforme a equação 7.

$$I_{es} = \frac{IN_{016} + IN_{056} + R_{es}}{3} \qquad (7)$$

O IN_{016} corresponde à relação entre o volume de esgoto tratado e o volume de esgoto coletado e importado, que informa sobre a capacidade do serviço de saneamento. O IN_{056} corresponde à relação entre a população total atendida com esgotamento sanitário (ES_{001}) e a população total dos municípios com abastecimento de água (G_{12a}). Este índice informa sobre a cobertura da população atendida por rede de esgoto. O *Res* informa sobre a eficiência do serviço e a necessidade de ampliar a cobertura do serviço de esgotamento sanitário.

INDICADOR DE RESÍDUO SÓLIDO

O I_{rs} (adimensional) é calculado pela média entre Índice de Cobertura da Coleta de Resíduo Domiciliar em relação à População Total do município (I_{015} - %) e a Taxa de Recuperação de Recicláveis em relação à quantidade de Resíduo Domiciliar e Resíduo Público (I_{031} - %), conforme a equação 8.

$$I_{rs} = \frac{I_{015} + I_{031}}{2} \qquad (8)$$

O I_{015} corresponde à relação entre a população total atendida declarada (urbana e rural) e a população urbana. Este índice tem o objetivo de quantificar os domicílios atendidos por coleta de resíduo sólido. O I_{031} corresponde à relação entre a quantidade total de materiais recuperados exceto matéria orgânica e rejeito e a quantidade total coletada. Este índice informa sobre a capacidade do serviço de reciclagem do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos na bacia.

INDICADOR DE SAÚDE

O Indicador de Saúde (I_{sa}) está relacionado aos agravos provocados pela transmissão de doenças veiculadas pela água contaminada por agentes patogênicos, de acordo com o mecanismo de ação. Em muitas situações, a população dispõe de abastecimento de água, mas não é provida de coleta e tratamento de esgoto e resíduos sólidos.

As doenças selecionadas para compor o I_{sa} foram a dengue (A90), a esquistossomose mansônica (B65) e a leptospirose (A27), conforme Heller (1997), somada ao coeficiente de mortalidade por doenças de veiculação hídrica, adaptado de Piza e Gregori (1999). Os códigos entre parênteses seguem a 10ª versão da Classificação Internacional de Doenças (CID). A dengue é uma doença cujo agente patogênico (Aedes aegypti) não tem relação direta com a água, mas seu ciclo de vida depende do inseto, que se procria e se alimenta na água. A esquistossomose é uma doença infecciosa parasitária, causada por um trematódeo (Schistosoma mansoni) que vive na corrente sanguínea do hospedeiro definitivo, o homem. O modo de transmissão começa pela liberação dos ovos do agente etiológico pelo hospedeiro na água que eclodem liberando as larvas que infectam o hospedeiro intermediário, o caramujo (BRASIL, 2005). A leptospirose é uma doença de veiculação hídrica transmitida pelo contato com a água contaminada pela bactéria presente na urina de ratos.

Essas doenças são de notificação compulsória e as informações clínicas e epidemiológicas sobre essas doenças podem ser obtidas no Sistema de Notificação de Agravos Notificados (SINAN) ou no Serviço de Vigilância Epidemiológica (SÃO PAULO, 2013). A unidade utilizada pelas fontes de informação é número de casos por 100.000 habitantes. O coeficiente mortalidade por doença de veiculação hídrica foi composto pelas doenças diarreia, esquistossomose, febre tifoide, hepatites, cólera, dengue e leptospirose. Os dados forram obtidos do Sistema de Informação de Saúde -DATASUS (BRASIL, 2013a).

Os valores foram normalizados em função da amplitude total dos casos notificados em um determinado período, conforme a equação 9.

$$X_{iN} = \frac{X_i}{A} \qquad (9)$$

Em que X_{iN} é o do indicador *i* normalizado, x_i é o valor quantificado do indicador *i* e *A* é a amplitude total do valor quantificado.

O I_{sa} é calculado a partir da média ponderada entre os indicadores de Dengue (I_D), Esquistossomose (I_E) e de Leptospirose (I_L) somado ao coeficiente de mortalidade por doenças de veiculação hídrica (I_M), conforme a equação 10. Todos os índices foram normalizados utilizando-se a equação 9 e indicam a situação em relação à presença de vetores transmissores ou hospedeiros de doenças e da mortalidade.

$$I_{sa} = \left(\frac{\frac{I_D + I_E}{2}}{2} + 1_L \right) . 0{,}3 + I_M . 0{,}7$$

INDICADOR DE RECURSOS HÍDRICOS

O I_{rh} é calculado a partir da média dos indicadores de qualidade de água bruta (I_{QB}) e de comprometimento da quantidade dos recursos hídricos (I_{cq}) visto anteriormente, limitado à faixa de extensão de 0 a 1, conforme a equação 11. O I_{QB} por sua vez é a média entre o índice de qualidade de águas brutas para fins de abastecimento público (*IAP*) e o índice de qualidade da água para proteção da vida aquática e de comunidades aquáticas (*IVA*), conforme a equação 12.

O *IAP* é calculado pelo produto do índice de qualidade de água (*IQA*) e o índice de substâncias tóxicas e organolépticas (*ISTO*). O *IQA* é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice (Temperatura da Água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes/E. coli, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólido Total e Turbidez). O *ISTO* é composto pelo produto das variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (Potencial de Formação de Trihalo-metanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel) e das variáveis que afetam a qualidade organoléptica (Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco). O *IVA* leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e o nível de eutrofização da água. Estes índices são obtidos no portal da qualidade das águas (ANA, 2013b) ou em órgãos gestores de recursos hídricos ou órgãos gestores ambientais nos Estados.

$$I_{rh} = \frac{I_{QB} + I_{cq}}{2} \qquad (11)$$

$$I_{QB} = \frac{IAP + IVA}{2} \qquad (12)$$

No Estado de São Paulo as informações sobre qualidade das águas superficiais são encontradas em CETESB (2013). A classificação empregada pela instituição para os índices *IAP* e *IVA* é apresentada na Tabela 3 (pág. 23). Como os índices utilizam escalas diferentes é necessário aplicar um procedimento de normalização, conforme a equação 9 (pág. 20).

Tabela 3: Classificação dos índices IAP e IVA				
Categoria	***IAP***	***IAP*** normalizado	***IVA***	***IVA*** normalizado
Ótimo	$79 < IAP \leq 100$	$0{,}79 < IAP \leq 1$	$IVA \leq 2{,}5$	$IVA \leq 0{,}37$
Bom	$51 < IAP \leq 79$	$0{,}51 < IAP \leq 0{,}79$	$2{,}6 \leq IVA \leq 3{,}3$	$0{,}38 \leq IVA \leq 0{,}49$
Regular	$36 < IAP \leq 51$	$0{,}36 < IAP \leq 0{,}51$	$3{,}4 \leq IVA \leq 4{,}5$	$0{,}5 \leq IVA \leq 0{,}66$
Ruim	$19 < IAP \leq 36$	$0{,}19 < IAP \leq 0{,}36$	$4{,}6 \leq IVA \leq 6{,}7$	$0{,}67 \leq IVA \leq 0{,}98$
Péssimo	$IAP \leq 19$	$IAP \leq 0{,}19$	$IVA \leq 6{,}8$	$IVA \leq 1$

Fonte: CETESB, 2013

INDICADOR DE VULNERABILIDADE A INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

As inundações causam a deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea e age como veículo para os agentes causadores de doenças. A deterioração da qualidade da água é devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido, às ligações clandestinas de esgoto doméstico à rede de drenagem pluvial e à contaminação de aquíferos. As doenças de veiculação hídrica causam graves problemas de saúde pública.

O I_{vi} é composto por ocorrências de inundações bruscas e inundações ocasionadas por precipitações extremas que ocasionam rápidas e violentas elevações dos níveis das águas que escoam com elevada velocidade provocando transbordamento. Esses eventos extremos são surpreendentes porque ocorrem rapidamente e sua previsibilidade não é facilmente determinada. Os alagamentos nos leitos das ruas e nos perímetros urbanos decorrentes das precipitações intensas podem ser um indicativo de deficiência nos sistemas de drenagem pluvial urbana. Segundo UFSC (2012), as ocorrências de inundações bruscas e alagamentos aumentaram em todo o Brasil na década de 2000 em relação à década anterior.

A fonte de dados para o I_{vi} é o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), mantido pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil e tem o objetivo de qualificar e dar transparência a gestão de riscos e desastres no Brasil (BRASIL, 2013). O registro do desastre é realizado por meio do Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN) emitido pelos municípios. A definição do nível de intensidade do desastre é dada pelos danos humanos, materiais, ambientais e prejuízos econômicos provocados. A classificação adotada para o I_{vi} é o apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Classificação do nível de intensidade do indicador de vulnerabilidade a inundações e alagamentos

I_{vi}	Categoria
$0 \leq \leq I_{vi} < 0,25$	Pequeno
$0,25 \leq \leq I_{vi} < 0,5$	Médio
$0,5 \leq \leq I_{vi} < 0,75$	Grande
$I_{vi} \leq 0,75$	Muito Grande

INDICADOR SOCIOECONÔMICO

O I_{se} é representado pela média dos Indicadores de Desenvolvimento Humano Municipal (*IDHM*) dos municípios abrangidos pela bacia, conforme a equação 13 (pág. 25). Segundo PNUD (2013), o *IDHM* é calculado pela média geométrica das componentes de Longevidade (*Long*), Educação (*Edu*) e Renda per capita (*Renda*), conforme a equação 14 (pág. 25).

Long representa a expectativa de vida ao nascer. Esse índice mostra o número médio de anos que as pessoas viveriam a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade observados no ano de referência. *Edu* mede a dimensão do acesso ao conhecimento e é calculado pela média geométrica ponderada da escolaridade da população (Esc) e o fluxo escolar da população jovem (Flux), conforme a equação 15 (pág. 25). O índice *Renda* refere-se ao domínio sobre recursos para garantir um padrão de vida com acesso às necessidades básicas (como água, alimento e moradia) é medido pela renda mensal per capita. O *IDHM* é classificado em faixas cujos valores são apresentados na Tabela 5 (pág.25).

$$I_{rs} = \frac{\sum_{i=1}^{m} IDHM_1}{m} \quad (13)$$

$$IDHM = \sqrt[3]{Long \,.\, Edu \,.\, Renda} \quad (14)$$

$$Edu = \sqrt[3]{Esc \,.\, Flux} \quad (15)$$

Tabela 5: Faixas de índice de desenvolvimento humano municipal

Faixa	Classificação
$0 \leq IDHM < 0{,}5$	Muito Baixo
$0{,}5 \leq IDHM < 0{,}6$	Baixo
$0{,}6 \leq IDHM < 0{,}7$	Médio
$0{,}7 \leq IDHM < 0{,}8$	Alto
$IDHM \leq 0{,}8$	Muito Alto

Fonte: PNUD, 2013

Comentários sobre o I_{csa}

O indicador de comprometimento de saneamento ambiental utilizou um método de agregação linear ponderado com diferentes pesos para indicadores secundários. Os pesos devem refletir a realidade da bacia e a multiplicidade de pontos de vista dos usuários e especialistas. Eles essencialmente representam um juízo de valor e têm a propriedade de explicitar os objetivos da análise.

A agregação linear pode ser aplicada quando todos os indicadores têm a mesma unidade de medição e outras ambiguidades relacionadas quando os efeitos de escala foram neutralizados, ou seja, normalizados (Nardo et al., 2005). Esta técnica realiza uma compensação entre os indicadores secundários compensando aqueles que apresentam baixo desempenho com outros que apresentam alto desempenho proporcionalmente aos pesos. A ideia é que os déficits em uma dimensão possam ser compensados por excedentes em outra. A ausência de sinergia ou efeitos de conflito entre os indicadores é uma condição necessária para o uso desta técnica. Entretanto, o efeito compensatório poderá ser desprezado quando diferentes objetivos têm a mesma importância e não podem ser compensados uns pelos outros. Por exemplo, se o aumento do desempenho econômico não puder compensar a perda da coesão social ou o agravamento da sustentabilidade ambiental, a técnica da agregação linear não deve ser utilizada.

APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Com a finalidade de exemplificar o uso dos indicadores de desempenho para avaliação dos recursos hídricos e do saneamento ambiental os mesmos foram calculados para uma bacia hidrográfica. A bacia escolhida foi a do Rio Jundiaí, que está localizada na região administrativa de Campinas, no Estado de São Paulo, e pertence à unidade de planejamento das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), de acordo com a atual divisão hidrográfica do Estado (Figura 3 - pág.27).

A bacia apresenta uma área de 1.114 km^2 e uma extensão aproximada de 125 km que se estende desde as suas nascentes a 1.000 m de altitude na Serra da Pedra Vermelha, em Mairiporã, até sua confluência com o rio Tietê, no Município de Salto (SÃO PAULO, 2006).

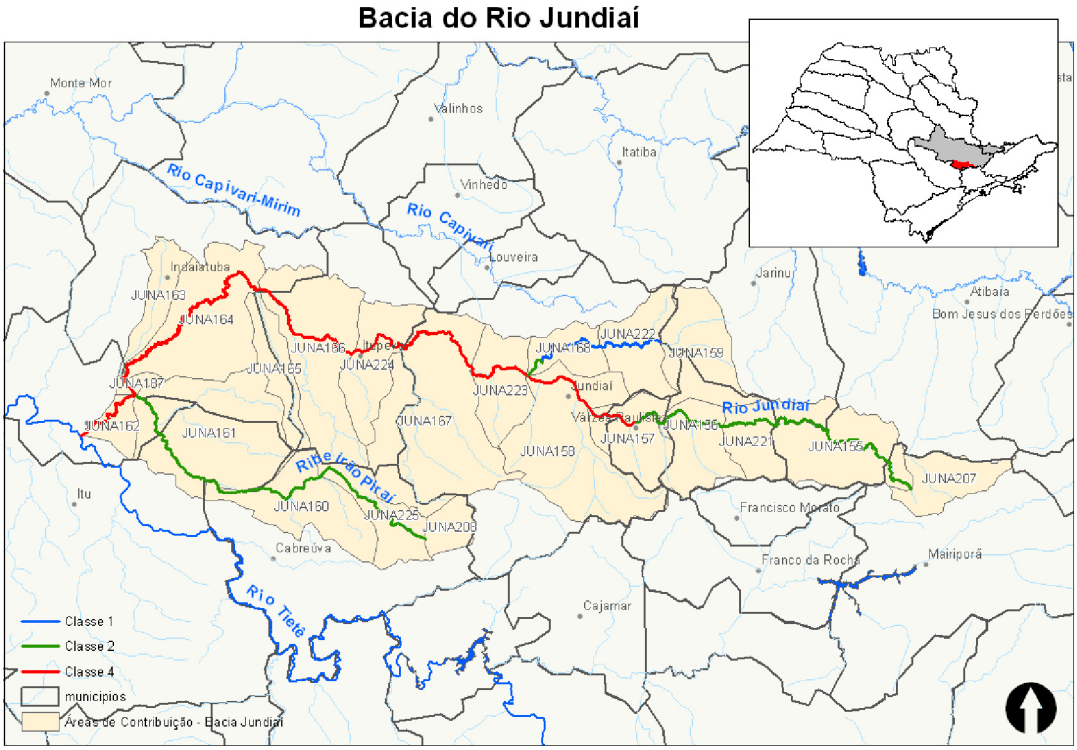
Os municípios pertencentes à bacia são: Atibaia, Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Indaiatuba, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Mairiporã, Salto e Várzea Paulista. A zona urbana do município de Atibaia está fora da bacia e, nem utiliza os recursos hídricos, nem, contribui com lançamento de efluentes. Por isso este município foi excluído dos cálculos dos indicadores.

De acordo com Comitê PCJ (2011), o processo atual de desconcentração industrial da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) transformou a região das Bacias PCJ em uma das áreas mais desenvolvidas da economia paulista, com destaque para a presença de muitas indústrias. A localização da bacia junto a vários eixos de ligação entre a RMSP, o interior do estado e o triângulo mineiro exerce um forte fator de atração para as empresas que buscam localizar-se fora da grande São Paulo.

A Figura 4 (pág. 27) apresenta a bacia do rio Jundiaí segmentada em 22 áreas de contribuição onde está destacada, em cores, a situação atual do enquadramento dos principais rios (Comitê PCJ, 2011).

Figura 3: Localização geográfica da bacia do rio Jundiaí

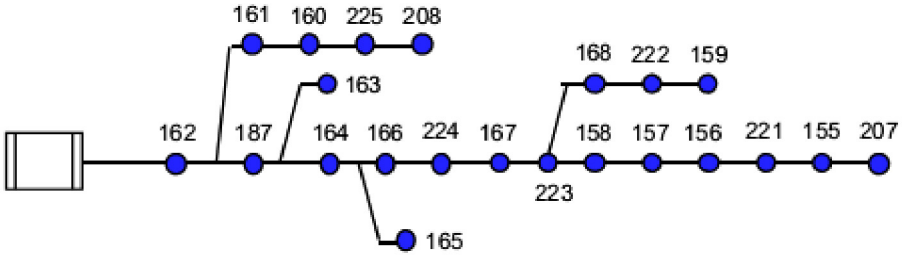
Figura 4: Representação da bacia do rio Jundiaí por área de contribuição e enquadramento dos rios principais em classes de uso preponderantes



Fonte: Comitê PCJ, 2011

As áreas de contribuição representam trechos dos rios principais que serão utilizados para quantificar disponibilidades hídricas, demandas e lançamentos associados aos trechos. A topologia da bacia é apresentada na Figura 5 em que os pontos representam as áreas de contribuição ou o trecho do rio. O número está relacionado à codificação adotada.

Figura 5: Topologia unifilar da bacia do rio Jundiaí



Indicador de Comprometimento de Recursos Hídricos

A Tabela 6 (pág. 29) apresenta os indicadores de comprometimento da quantidade (I_{cq}) e da qualidade (I_{cq2}) dos recursos hídricos na bacia e as variáveis utilizadas para suas determinações. Os dados utilizados para os cálculos dos indicadores foram obtidos de Comitê PCJ (2011). As captações incluem todos os usos na bacia onde as principais demandas são de abasteci-mento urbano (66,8%), industrial (18%) e de irrigação (15,2%). Percebe-se que, do ponto de vista quantitativo, 14 das 22 áreas de contribuição da bacia apresentam um nível de comprometimento elevado ou crítico considerando uma vazão de disponível maior ou igual a 90%.

Nas áreas de cabeceiras (159, 163, 165, 207 e 208), a vazão captada de montante foi desconsiderada na equação 3. O indicador de comprometimento da qualidade dos recursos hídricos foi verificado em relação à DBO realizando-se o cálculo para uma concentração limite correspondente à Classe 2 (5 $mg.L^{-1}$). Observa-se que nos 10 trechos onde houve lançamentos de efluentes o nível de comprometimento foi elevado ou crítico. Os trechos que apresentaram valores críticos simultâneos de comprometimento de quantidade e de qualidade dos recursos hídricos foram os trechos 156, 157, 162, 163 e 224.

Em média, ambos os indicadores Ic_q e I_{cq2} apresentaram níveis de comprometimento crítico dos recursos hídricos na bacia tanto em termos quantitativo quanto qualitativo. Estes valores mostram a importância de se melhorar os instrumentos de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, a fim de promover melhores condições para o desenvolvimento ambiental e socioeconômico sustentáveis.

Tabela 6: Indicador de comprometimento da quantidade (Icq) e da qualidade (Icq2) dos recursos hídricos na bacia do rio Jundiaí

Área	Q_{con}^{mon} m³.s⁻¹	Q_{con}^{mon} m³.s⁻¹	DBO_{lan} mg.L-1	Q_{cap} m³.s⁻¹	Q_{disp} m³.s⁻¹	I_{cq}	Condição	I_{cq2}	Condição
155	0,16				0,42	0,38	Baixo	0	Muito Baixo
156	0,38	0,25	47,77	0,35	0,44	1,09	Crítico	6,08	Crítico
157	0,44	0,29	60,46	0,39	0,50	1,08	Crítico	8,03	Crítico
158	0,50	0,06	112,89	0,11	0,88	0,62	Médio	1,84	Crítico
159		1,22	5,65	0,02	1,42	0,87	Elevado	0,14	Muito Baixo
160	0,19	0,1	47,88	0,15	0,38	0,63	Médio	2,82	Crítico
161	0,38			0,6	1,33	0,74	Médio	0	Muito Baixo
162	5,01	0,23	1250,47	0,39	4,91	1,05	Crítico	14,58	Crítico
163		0,05	135,52	0,05	0,09	1,11	Crítico	18,13	Crítico
164	3,15	0,41	60,89	0,34	3,57	0,86	Elevado	1,60	Crítico
165	3,03				3,15	0,96	Elevado	0	Muito Baixo
166	2,82			0,17	3,03	0,99	Elevado	0	Muito Baixo
167	2,16			0,05	2,68	0,82	Elevado	0	Muito Baixo
168	1,47			1,36	0,21	13,48	Crítico	0	Muito Baixo
187	3,66				3,68	0,99	Elevado	0	Muito Baixo
207		0,02	41,31	0,02	0,16	0,25	Baixo	1,13	Crítico
208					0,07	0,00	Muito Baixo	0	Muito Baixo
221	0,42			0,01	0,38	1,13	Crítico	0	Muito Baixo
222	1,42			0,3	1,47	1,17	Crítico	0	Muito Baixo
223	1,09	0,96	13,35	0,05	2,16	0,08	Muito Baixo	0,93	Elevado
224	2,68	0,12	76,62	0,17	2,82	0,97	Elevado	0,76	Elevado
225	0,07			0,02	0,19	0,47	Baixo	0	Muito Baixo
Médio						1,35	Crítico	2,55	Crítico

Indicador de Comprometimento de Saneamento Ambiental

A Tabela 7 (pág. 31) apresenta os indicadores secundários que compõem o indicador de saneamento ambiental. Os indicadores secundários ou são determinados para cada município ou por ponto de monitoramento da qualidade da água dos rios. O município de Atibaia foi excluído da análise porque não capta água e não contribui com lançamento de efluentes para a bacia.

O Iab apresentou um valor elevado (0,72) mostrando que os municípios possuem um bom atendimento de água, um baixo índice de perdas na distribuição e um serviço de ligação de água residencial adequado. Esse índice mostra que as empresas de distribuição de água têm uma atuação satisfatória na prestação de serviço.

O Ies apresentou elevado desempenho (0,75) em razão do bom índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água e à quantidade de ligações de esgoto ativas em relação à quantidade total de ligações (ativas + inativas), embora o índice de tratamento de esgoto seja considerado insuficiente.

Os municípios de Cabreúva, Mairiporã e Várzea Paulista não dispõem de dados dos índices I015 e I031. Os municípios de Jundiaí e Salto apresentam 100% de cobertura na coleta de resíduo domiciliar em relação à população total, mas não dispuseram informações sobre a taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de resíduo domiciliar e resíduo público (I031). Por esta razão, estes municípios foram excluídos do cálculo do Irs médio. O I_{rs} apresentou baixo desempenho (0,5) em razão das baixas taxas de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de resíduo domiciliar e resíduo público gerado pelos municípios. Em geral, os municípios apresentaram ótimos índices de cobertura da coleta de resíduo domiciliar em relação à população total.

O I_{sa} foi o indicador secundário com menor impacto relativo (0,3), em função do baixo nível de prevalência de dengue, esquistossomose, leptospirose e do coeficiente de mortalidade por doenças de veiculação hídrica nos municípios, em comparação com o país e com o Estado de São Paulo entre os anos de 2007 a 2011.

Quatro pontos de monitoramento da qualidade da água foram utilizados para calcular o indicador secundário de recursos hídricos (I_{rh}) que representa a média da bacia. O Irh apresentou baixo desempenho (0,57) porque três dos quatro trechos de rio utilizados para o cálculo desse indicador apresentaram índices de comprometimento de disponibilidade hídrica média e crítico. O índice de qualidade de águas brutas para fins de abastecimento público (*IAP*) e o índice de qualidade da água para proteção da vida aquática e de comunidades aquáticas (*IVA*) foram considerados bons. Esse resultado indica que na bacia existem déficits hídricos comprometedores.

Quatro municípios notificaram danos por inundações ou alagamentos. A classificação do indicador de vulnerabilidade I_{vi} foi realizada de acordo com o relatório de avaliação de danos apresentado pelos municípios no período de 2007 a 2010. Aqueles que não apresentaram notificação receberam valor zero para este indicador. Embora esse indicador tenha apresentado um desempenho relativo baixo (0,39), em quatro municípios ocorreram níveis severos de intensidades de inundações e alagamentos, aumentando a vulnerabilidade da população a este tipo de ocorrência. Esse índice reflete a necessidade de melhoria das condições de drenagem de águas pluviais e capacidade de prevenção dos municípios.

O I_{se} foi baseado nos Indicadores de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) para o ano de 2010. O desempenho desse indicador secundário foi alto (0,77), o maior entre todos os indicadores secundários, em função dos elevados índices encontrados nos municípios da bacia, destacando-se o de longevidade que supera o índice da Região Sul, o mais elevado do Brasil. O I_{se} reflete as boas condições de salubridade, educação e renda mensal per capita da população dos municípios, garantindo um padrão de vida com acesso às necessidades básicas (água, alimento, moradia), bem como a escolaridade da população adulta e o fluxo escolar da população jovem.

Tabela 7: Indicadores secundários que compõem o indicador de comprometimento de saneamento ambiental (Icsa) para a bacia do rio Jundiaí

Município	I_{ab}	I_{es}	I_{rs}	I_{sa}	I_{rh}	I_{vi}	I_{se}	I_{rh}
Cabreúva	0,69	0,86	-	0,11		0,00	0,74	
Campo Limpo Paulista	0,73	0,51	0,51	0,37		0,75	0,77	
Indaiatuba	0,77	0,92	0,50	0,25		1,00	0,79	
Itupeva	0,70	0,59	0,53	0,34		0,75	0,76	
Jarinu	0,60	0,71	0,47	0,26		0,00	0,73	
Jundiaí	0,77	0,99	1,00	0,56		1,00	0,82	
Mairiporã	0,72	0,68	-	0,37		0,00	0,79	
Salto	0,80	0,92	1,00	0,19		0,00	0,78	
Várzea Paulista	0,73	0,59	-	0,25		0,00	0,76	
Ponto								
JUMI00800					0,77			
JUNA02010					0,67			
IRIS02100					0,29			
IRIS02900					0,54			
Médio	0,72	0,75	0,50	0,30	0,57	0,39	0,77	0,62

No âmbito geral, considerando os pesos atribuídos aos indicadores secundários, o indicador de comprometimento de saneamento ambiental (Icsa = 0,62) foi classificado baixo para a bacia do rio Jundiaí, mostrando as boas condições ambientais e de salubridade, refletindo boas condições para o desenvolvimento sustentável e para a qualidade de vida.

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE OS INDICADORES

Mudanças climáticas referem-se a uma alteração no estado do clima, que pode ser identificado pela mudança na média e/ou na variação das suas propriedades e que persiste durante um período de tempo prolongado, geralmente décadas. As mudanças climáticas podem ser consequentes de processos internos naturais ou forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e atividades antropogênicas que provocam mudanças persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo (IPCC, 2013b). É atribuída à atividade humana a ação direta ou indireta na alteração da composição da atmosfera que se soma às causas naturais. **As principais mudanças observadas no sistema climático** apontadas no quinto relatório do IPCC foram:

- Dados de temperatura globais da superfície terrestre e do mar combinadas mostram um aumento médio de 0,89°C (0,69 a 1,08°C) durante o período de 1901 a 2012 e de 0,72°C (0,49 a 0,89°C) para o período de 1951 a 2012. Esta última descrevendo uma tendência linear de crescimento.
- A energia proveniente da radiação solar aumentou em até 274 (196 a 1021) x 1021 J[1] entre 1971 e 2010, com uma taxa de aquecimento de 213 x 1012 W para os valores anuais ao longo desse período.
- A umidade específica do ar global na superfície e na troposfera tem aumentado desde a década de 1970. No entanto, nos últimos anos a tendência de umedecimento próximo à superfície diminuiu.
- O oceano superior (acima de 700 m) tem aquecido de 1971 a 2010. Em uma escala global, o aquecimento dos oceanos é maior perto da superfície, e os 75 m superiores apresentam uma taxa de aquecimento de 0,11°C (0,09 a 0,13°C) por década no período de 1971 a 2010.

[1] 1 J (Joule) = 0,24 cal; 1 W (Watt) = 1 $J.s^{-1}$; 1 cal = quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 g de água de 14,5ºC para 15,5oC

- É muito provável que as regiões com águas de alta salinidade, onde predomina a evapo ração, tornaram-se mais salinas, enquanto regiões com águas de baixa salinidade, onde predomina a precipitação, tornaram-se menos salinas desde 1950. Estas tendências regionais na salinidade oceânica fornecem evidências indiretas de que a evaporação e a precipitação sobre os oceanos mudaram.
- A taxa média de perda de gelo das geleiras em todo o mundo foi de 226 (91 a 361) $Gt.ano^{-1}$ durante o período de 1971 a 2009, e de 275 (140 a 410) $Gt.ano^{-1}$ durante o período de 1993 a 2009.
- A taxa média de perda de gelo da camada da Antártida aumentou de 30 (-37 a 97) $Gt.ano^{-1}$ no período de 1992 a 2001 para 147 (72 a 221) Gt.ano-1 durante o período de 2002 a 2011. A amplitude média anual da camada de gelo no mar Ártico diminuiu ao longo do perío do de 1979 a 2012 com uma taxa 3,5 a 4,1% por década (de 0,45 a 0,51 milhões de km^2 por década).
- Desde o início da década de 1970, a perda de massa e o aquecimento, em conjunto, expli cam 75% da elevação média do nível do mar global. No período de 1993 a 2010, a eleva- ção do nível médio do mar foi de 2,8 (2,3 a 3,4) $mm.ano^{-1}$ proveniente da soma das con tribuições da expansão térmica dos oceanos devido ao aquecimento (1,1 [0,8 a 1,4] $mm.ano^{-1}$), da mudança nas geleiras (0,76 [0,39 a 1,13] $mm.ano^{-1}$), camada de gelo da Groenlândia (0,33 [0,25 a 0,41] $mm.ano^{-1}$), camada de gelo da Antártida (0,27 [0,16 a 0,38] $mm.ano^{-1}$) e do armazenamento de água do solo (0,38 [0,26 a 0,49] $mm.ano^{-1}$).
- As concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) têm aumentado desde 1750 devido à atividade humana. Em 2011, as concentrações desses gases foram 391 ppm^2, de 1803 ppb e de 324 ppb, respectivamente. Estes valores superaram os níveis pré-industriais em aproximada- mente 40%, 150% e 20%, respectivamente.
- As emissões anuais de CO_2 provenientes da queima de combustíveis fósseis e de pro- dução de cimento foi de 8,3 (7,6 a 9,0) GtC .ano-1 e foi de 9,5 (8,7 a 10,3) $GtC.ano^{-1}$ em 2011, 54% acima do nível observado em 1990. A emissão líquida proveniente do manejo do solo foi de 0,9 (0,1 a 1,7) $GtC.ano^{-1}$, no período de 2002 a 2011.
- A emissão antropogênica acumulada de CO_2, no período de 1750 a 2011, foi de 555 (470 a 640) GtC, 375 (345 a 405) GtC proveniente da queima de combustíveis fósseis e produ- ção de cimento, 180 (100 a 260) GtC provenientes de desmatamento e outras formas de manejo do solo. Do total, 240 (230 a 250) GtC se acumula na atmosfera, 155 (125 a 185) GtC nos oceanos e 160 (70 a 250) nos ecossistemas terrestres naturais.

Segundo IPCC (2013b), a **influência da atividade humana sobre o sistema climático é clara.** As principais evidências de mudança ocorrem nas temperaturas regionais, no ciclo da água, no balanço total de energia, nas geleiras e nos oceanos. O aumento do fluxo de radiação no topo da atmosfera, provocado pelo aumento dos gases de efeito estufa (CO_2, CH_4, N_2O e Halocarbono[4]), foi de 2,83 (2,26 a 3,40) $W.m^{-2}$ de 1750 até 2011. O aquecimento médio global da superfície foi de 0,6 a 0,7°C no período de 1951 a 2010. Foi estimado que 1% de CO_2 por ano provoca um aumento de 2,0 (1,3 a 2,7) $W.m^{-2}.°C^{-1}$ na radiação efetiva.

É muito provável que a atividade antropogênica tenha contribuído para as mudanças observadas na frequência e na intensidade de extremos diários de temperatura em escala global e é provável que tenha aumentado o risco de seca desde meados do Século 20.

Cenários representativos das ações mitigadores dos fatores que contribuem para a elevação da radiação recebida na superfície da Terra, chamados de RCP (*"Representative Concentration Pathways"*). As ações incluem componentes econômicos, demográficos, energéticos e climáticos. As metas consideradas para 2100 foram 2,6; 4.5; 6,0 e 8,5 $W.m^{-2}$ (IPCC, 2013b).

Os modelos de previsão climática global indicam que haverá aumento na frequência, duração e magnitude de extremos de calor, no entanto extremos de frio ocasionais continuarão a ocorrer no inverno. As regiões tropicais e subtropicais terão temperaturas mais elevadas do que regiões de latitudes médias.

A intensidade de eventos extremos de precipitação irá aumentar com o aquecimento, a uma taxa bem superior à da precipitação média. As precipitações anuais serão menores regiões de latitude média (30°N a 60°N e 30°S a 60°S), subtropical árida e semiáridas, enquanto que regiões húmidas localizadas em latitudes médias apresentarão precipitações maiores até o fim deste século, no cenário RCP8.5 (Figura 6). Há indícios de que a Zona de Convergência do Atlântico Sul vai mudar para o sul, aumentando a precipitação sobre o sudeste da América do Sul e reduzindo ao norte da zona de convergência.

[2] ppm (partes por milhão) ou ppb (partes por bilhão, 1 bilhão = 1.000 milhões) é a relação entre o número de moléculas de gás e o número total de moléculas de ar seco

[3] 1 GtC (Gigatonelada de Carbono) = 1015 gramas de Carbono = 3,667 $GtCO_2$

[4] IPCC (2013a): Qualquer hidrocarboneto combinado com qualquer um dos cinco elementos (F - Fluor, Cl - Cloro, Br - Bromo, I - Iodo, At - Astato) do grupo 7A da tabela periódica. Incluem Clorofluorcarbonos (CFCs), Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), Hidrofluorcarbono (HFCs), Cloreto de Metila (CH3Cl) e Brometo de Metila (CH3Br)

- É muito provável que as regiões com águas de alta salinidade, onde predomina a evapo ração, tornaram-se mais salinas, enquanto regiões com águas de baixa salinidade, onde predomina a precipitação, tornaram-se menos salinas desde 1950. Estas tendências regionais na salinidade oceânica fornecem evidências indiretas de que a evaporação e a precipitação sobre os oceanos mudaram.
- A taxa média de perda de gelo das geleiras em todo o mundo foi de 226 (91 a 361) Gt.ano^{-1} durante o período de 1971 a 2009, e de 275 (140 a 410) Gt.ano^{-1} durante o período de 1993 a 2009.
- A taxa média de perda de gelo da camada da Antártida aumentou de 30 (-37 a 97) Gt.ano^{-1} no período de 1992 a 2001 para 147 (72 a 221) Gt.ano-1 durante o período de 2002 a 2011. A amplitude média anual da camada de gelo no mar Ártico diminuiu ao longo do perío do de 1979 a 2012 com uma taxa 3,5 a 4,1% por década (de 0,45 a 0,51 milhões de km^2 por década).
- Desde o início da década de 1970, a perda de massa e o aquecimento, em conjunto, expli cam 75% da elevação média do nível do mar global. No período de 1993 a 2010, a eleva- ção do nível médio do mar foi de 2,8 (2,3 a 3,4) mm.ano^{-1} proveniente da soma das con tribuições da expansão térmica dos oceanos devido ao aquecimento (1,1 [0,8 a 1,4] mm.ano^{-1}), da mudança nas geleiras (0,76 [0,39 a 1,13] mm.ano^{-1}), camada de gelo da Groenlândia (0,33 [0,25 a 0,41] mm.ano^{-1}), camada de gelo da Antártida (0,27 [0,16 a 0,38] mm.ano^{-1}) e do armazenamento de água do solo (0,38 [0,26 a 0,49] mm.ano^{-1}).
- As concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) têm aumentado desde 1750 devido à atividade humana. Em 2011, as concentrações desses gases foram 391 ppm^2, de 1803 ppb e de 324 ppb, respectivamente. Estes valores superaram os níveis pré-industriais em aproximada- mente 40%, 150% e 20%, respectivamente.
- As emissões anuais de CO_2 provenientes da queima de combustíveis fósseis e de pro- dução de cimento foi de 8,3 (7,6 a 9,0) GtC .ano-1 e foi de 9,5 (8,7 a 10,3) GtC.ano^{-1} em 2011, 54% acima do nível observado em 1990. A emissão líquida proveniente do manejo do solo foi de 0,9 (0,1 a 1,7) GtC.ano^{-1}, no período de 2002 a 2011.
- A emissão antropogênica acumulada de CO_2, no período de 1750 a 2011, foi de 555 (470 a 640) GtC, 375 (345 a 405) GtC proveniente da queima de combustíveis fósseis e produ- ção de cimento, 180 (100 a 260) GtC provenientes de desmatamento e outras formas de manejo do solo. Do total, 240 (230 a 250) GtC se acumula na atmosfera, 155 (125 a 185) GtC nos oceanos e 160 (70 a 250) nos ecossistemas terrestres naturais.

Segundo IPCC (2013b), a **influência da atividade humana sobre o sistema climático é clara.** As principais evidências de mudança ocorrem nas temperaturas regionais, no ciclo da água, no balanço total de energia, nas geleiras e nos oceanos. O aumento do fluxo de radiação no topo da atmosfera, provocado pelo aumento dos gases de efeito estufa (CO_2, CH_4, N_2O e Halocarbono[4]), foi de 2,83 (2,26 a 3,40) $W.m^{-2}$ de 1750 até 2011. O aquecimento médio global da superfície foi de 0,6 a 0,7°C no período de 1951 a 2010. Foi estimado que 1% de CO_2 por ano provoca um aumento de 2,0 (1,3 a 2,7) $W.m^{-2}.°C^{-1}$ na radiação efetiva.

É muito provável que a atividade antropogênica tenha contribuído para as mudanças observadas na frequência e na intensidade de extremos diários de temperatura em escala global e é provável que tenha aumentado o risco de seca desde meados do Século 20.

Cenários representativos das ações mitigadores dos fatores que contribuem para a elevação da radiação recebida na superfície da Terra, chamados de RCP (*"Representative Concentration Pathways"*). As ações incluem componentes econômicos, demográficos, energéticos e climáticos. As metas consideradas para 2100 foram 2,6; 4.5; 6,0 e 8,5 $W.m^{-2}$ (IPCC, 2013b).

Os modelos de previsão climática global indicam que haverá aumento na frequência, duração e magnitude de extremos de calor, no entanto extremos de frio ocasionais continuarão a ocorrer no inverno. As regiões tropicais e subtropicais terão temperaturas mais elevadas do que regiões de latitudes médias.

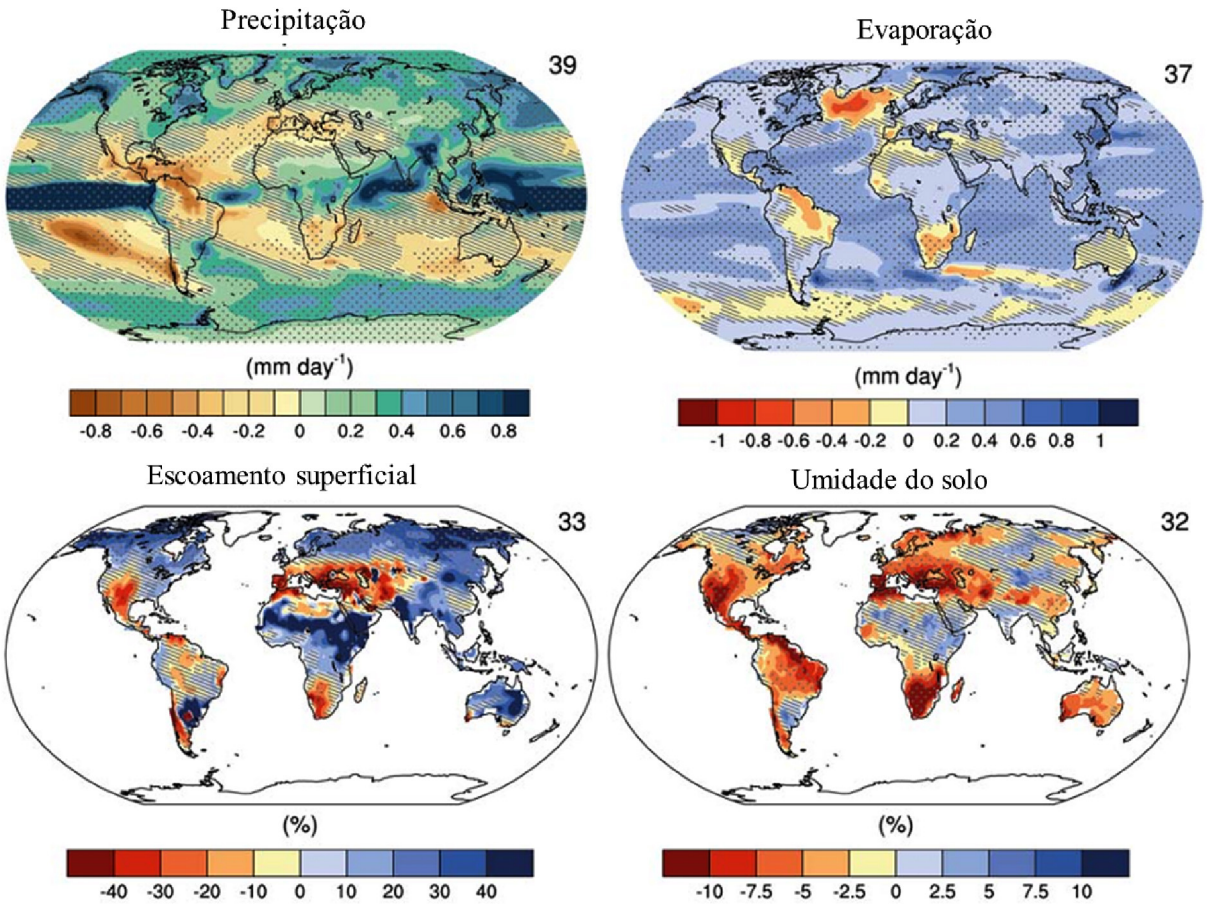
A intensidade de eventos extremos de precipitação irá aumentar com o aquecimento, a uma taxa bem superior à da precipitação média. As precipitações anuais serão menores regiões de latitude média (30°N a 60°N e 30°S a 60°S), subtropical árida e semiáridas, enquanto que regiões húmidas localizadas em latitudes médias apresentarão precipitações maiores até o fim deste século, no cenário RCP8.5 (Figura 6). Há indícios de que a Zona de Convergência do Atlântico Sul vai mudar para o sul, aumentando a precipitação sobre o sudeste da América do Sul e reduzindo ao norte da zona de convergência.

[2] ppm (partes por milhão) ou ppb (partes por bilhão, 1 bilhão = 1.000 milhões) é a relação entre o número de moléculas de gás e o número total de moléculas de ar seco

[3] 1 GtC (Gigatonelada de Carbono) = 1015 gramas de Carbono = 3,667 $GtCO_2$

[4] IPCC (2013a): Qualquer hidrocarboneto combinado com qualquer um dos cinco elementos (F - Fluor, Cl - Cloro, Br - Bromo, I - Iodo, At - Astato) do grupo 7A da tabela periódica. Incluem Clorofluorcarbonos (CFCs), Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), Hidrofluorcarbono (HFCs), Cloreto de Metila (CH3Cl) e Brometo de Metila (CH3Br)

Figura 6: Variação média anual da Precipitação, Evaporação, Escoamento Superficial e Umidade do Solo do período de 1986-2005 para o período 2081-2100, para o cenário RCP8.5. O número no canto superior de cada mapa indica o número de modelos utilizados na simulação. Área hachureada indica variação menor do que um desvio padrão. Área não hachureada indica variação maior que dois desvios padrão e concordância de 90% dos modelos sobre o sinal da mudança



Fonte: IPCC, 2013b

No Brasil, observa-se uma diminuição da evaporação e na precipitação nas regiões Norte e Nordeste, e aumento na região Sudeste. O escoamento superficial apresenta tendência de aumento na região Sudeste e decréscimo em áreas específicas nas regiões Norte e Nordeste. A diminuição na umidade do solo abrange uma grande área compreendendo as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Figura 6).

Segundo Marengo (s.d.), modelos regionais simulando condições limitantes de diversos modelos climáticos globais apontaram aumento da precipitação nas regiões Sul, Oeste da Amazônia e na região litorânea entre o Amapá e o Ceará, bem como menos chuvas nas regiões Sul, no centro da Amazônia, Centro-Oeste e na maior parte da região Nordeste, para o início deste século. As chuvas serão mais intensas nas regiões Oeste da Amazônia, Sul e Sudeste do Brasil, e ocorrerá um aumento na frequência de dias secos consecutivos em relação ao presente.

É difícil determinar com precisão as causas naturais e antropogênicas das mudanças climáticas. Segundo Grimm (2010), no Brasil o diagnóstico de mudanças climáticas é prejudicado pela escassez de longas séries de observações de parâmetros meteorológicos que permitam a detecção de tendências de longo período. Tendências reveladas em séries relativamente curtas de parâmetros climáticos (temperatura, precipitação, etc.), que podem parecer manifestação de mudança climática, revelam, na realidade, mudança de fase em oscilações interdecadais naturais, cujas causas ainda não são claras. Essas oscilações de longo período produzem variações climáticas que podem confundir-se com mudanças climáticas antrópicas e provocam grande incerteza em suas projeções futuras. O autor recomenda investir em **monitoramento de dados meteorológicos e em pesquisa climatológica** para validar e aperfeiçoar os modelos de previsão climática em escala regional.

Obregón e Marengo (2007) atribuíram como principais causas para as imprecisões nos modelos a falta de continuidade dos dados (homogeneidade temporal das séries utilizadas) e uma distribuição espacial inadequada. Segundo Salati et al. (2007), os estudos necessitam ser aprofundados, especialmente nas regiões semiárida do Nordeste e na Amazônia, sendo esta última ainda sujeita ao desmatamento que afeta o aporte de vapor d'água para a atmosfera, produzido pela evapotranspiração dos sistemas florestais e também pela evaporação direta das superfícies livres de água. Esse processo implica no aumento, numa primeira fase, da vazão dos rios, pelo aumento do escoamento superficial nas áreas desmatadas e numa diminuição dos recursos hídricos disponíveis no sistema solo-planta na região, reduzindo o tempo de residência da água nos ecossistemas, bem como diminuindo a oferta de vapor d'água para outras regiões.

Não obstante à falta de precisão dos modelos climáticos globais para o Brasil, as pesquisas realizadas pelas principais instituições nacionais e internacionais envolvidas com o tema demonstram que **as alterações climáticas terão um impacto grave na produção de alimentos,**

à vida humana e o ambiente e perfazem indícios suficientes para justificar medidas de mitigação e adaptação a respeito de vulnerabilidades ao aumento da aridez na região semiárida do Nordeste, bem como ao aumento da intensidade de precipitação nas grandes cidades.

Os efeitos das mudanças climáticas constituem uma ameaça para o abastecimento de água da população e para a manutenção da qualidade da água. De acordo com Marengo et al. (2007), a redução da disponibilidade hídrica acompanhada de altas temperaturas e elevadas taxas de evaporação poderão afetar drasticamente a produção agrícola, especialmente os agricultores de subsistência na área do semiárido do Nordeste e, a geração de energia elétrica, afetando a economia do país como um todo. A estrutura e o funcionamento dos ecossistemas poderão ser alterados trazendo como consequência a **perda de biodiversidade e de recursos naturais, mudanças das rotas migratórias e nos padrões reprodutivos de espécies da fauna e redução da capacidade de absorção de carbono das florestas tropicais.**

Salati et al. (2007) estudou as variações dos balanços hídricos das regiões Amazônia, Bacia do Rio Paraguai, Nordeste Brasileiro e Bacia do Prata, em dois cenários futuros de mudança climática. Um mais pessimista, com elevada emissão de gases de efeito estufa (A2), e outro mais otimista, com baixa emissão (B2), comparados ao cenário real do período de 1961 a 1990. Médias dos resultados obtidos com cinco modelos de circulação global apontam para redução do excesso de água de até 33% e 49% para ambos os cenários (A2 e B2), no período de 2071 a 2100, para a Amazônia e a Bacia do Rio Paraguai, respectivamente. No Nordeste Brasileiro haverá redução do excesso de água de até 100% para o período de 2011 a 2100 e na Bacia do Rio do Prata haverá diminuição de até 70% para o período de 2011 a 2040 e nenhum excesso de água para o período de 2041 a 2100.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é fundamentada na vazão mínima cujo critério de definição varia com a bacia hidrográfica considerada. **O conhecimento da tendência das mudanças climáticas nas diferentes regiões hidrográficas do país passa a ser requisito fundamental para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.**

A redução da vazão de referência disponível para consumo elevará os valores dos indicadores de comprometimento da quantidade (I_{cq}) e da qualidade (I_{cq2}) dos recursos hídricos (equações 3 e 4) aproximando-os da condição crítica.

O indicador de comprometimento de saneamento ambiental (I_{csa}) também poderá ser útil (equação 5), pois eventos hidrológicos críticos provocados por mudanças climáticas afetam cinco dos sete indicadores secundários. O indicador de abastecimento de água (I_{ab} - equação 6) poderá ser reduzido se a relação entre a população total atendida e a população total dos municípios atendidos pelo serviço (IN055) diminuir. O indicador de esgotamento sanitário (Ies– equação 7) poderá diminuir numa condição de enchentes quando a rede de drenagem pluvial e de coleta de esgoto for unificada. Isso reduzirá a capacidade de tratamento da poluição difusa e, consequentemente, o indicador IN_{016}.

O indicador de saúde (I_{sa} – equação10) é representado pela média ponderada de indicadores de doenças de transmissão hídrica e de mortalidade provocada por essas doenças. Quando o número de casos aumenta, a amplitude total do valor quantificado torna-se maior, reduzindo o valor dos indicadores e, consequentemente, o diminuindo o Isa tornando-o crítico. O indicador de recursos hídricos (I_{rh} – equação 11) é afetado em consequência da alteração do I_{cq} bem como pelo índice de qualidade de águas brutas para fins de abastecimento público (*IAP*) e pelo índice de qualidade da água para proteção da vida aquática e de comunidades aquáticas (*IVA*) que poderão apresentar alterações de acordo com os níveis de poluição e do regime hidrológico na bacia.

O indicador de vulnerabilidade a inundações e alagamentos (I_{vi}) é afetado pelo número de ocorrências de agravos registrados no Sistema Integrado de Informações sobre desastres (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Neste caso, quanto maior o número de agravos notificados maior a vulnerabilidade.

Diante das evidências dos dados simulados e dos possíveis impactos que a mudança climática poderá causar, o uso dos indicadores propostos poderá ser útil para avaliar a vulnerabilidade das bacias aos efeitos dessas mudanças nas bacias hidrográficas a fim de propor medidas de mitigação e adaptação. Essas atitudes contribuem para o melhor uso dos recursos naturais, a preservação dos ecossistemas, a minimização de custos de remediação dos impactos e auxiliam o processo de tomada de decisão em direção ao desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÃO

Os indicadores de comprometimento de recursos hídricos e de saneamento ambiental apresentados neste documento podem ser utilizados como instrumentos avaliadores do uso dos recursos hídricos e dos seus impactos no meio ambiente. Eles podem ser utilizados para auxiliar a tomada de decisão em relação à escolha das melhores alternativas de uso dos recursos hídricos para assegurar o desenvolvimento sustentável da bacia e promover a sustentabilidade e a proteção dos recursos ambientais para o benefício de equidade social. Este princípio vai ao encontro do conceito da economia verde, que visa "melhorar o bem-estar humano e da equidade social, enquanto reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica".

Para exemplificar o uso dos indicadores, os mesmos foram aplicados na bacia do rio Jundiaí, no Estado de São Paulo. O indicador de comprometimento de recursos hídricos mostrou níveis críticos do ponto de vista quantitativo e qualitativo. Estes dados mostram a necessidade de se promover ações eficazes de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos. Isso significa que os sistemas de controle do uso da água devem ser aperfeiçoados por meio dos instrumentos de gestão previstos na legislação, bem como investir em projetos que promovam aumento da disponibilidade hídrica e no tratamento de efluentes.

O indicador de comprometimento de saneamento ambiental apresentou um nível baixo de impacto à população e ao ecossistema da bacia, embora ainda sejam necessárias melhorias no manejo de resíduos sólidos, em saúde pública, nos recursos hídricos e em medidas de prevenção a inundações.

O processo de gestão envolve o conhecimento de dados hidrológicos, ambientais, de saúde, sociais e econômicos. Sem os quais seria impossível o funcionamento do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos. É imprescindível que os sistemas de informações sobre recursos hídricos cumpram sua função de facilitar o acesso aos dados. Isso implica na necessidade de investimento em infraestrutura de monitoramento e em tecnologia da informação. Além disso, é necessário acessar dados ambientais, de saúde, sociais e econômicos. Portanto, a divulgação e o acesso a esses dados em sistemas de informações setoriais também deve ser estimulados e facilitados.

Um desafio que precisa ser superado é a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental da bacia. As ações de cada sistema de gerenciamento devem promover intervenções que abranjam os aspectos quantitativos e qualitativos, atendendo as prerrogativas de cada área, visando a maximização dos ganhos e das exigências de adaptação de projetos e/ou de mitigação de seus efeitos negativos ao ecossistema.

Embora existam incertezas a respeito de projeções futuras em relação às mudanças climáticas provocadas pela escassez de longas séries de observações de parâmetros meteorológicos que permitam a detecção de tendências de longo período, há fortes indícios de que as alterações já estão em curso e que poderão provocar alterações significativas na temperatura, precipitação, evapotranspiração e no escoamento superficial nas bacias hidrográficas do Brasil. Alterações no balanço hídrico poderão afetar o regime hidrológico reduzindo a disponibilidade de água ou provocando prejuízo devido à ocorrência de inundações. Vulnerabilidades dos recursos hídricos e das condições de saneamento ambiental, agravados pelas mudanças climáticas, poderão ser detectadas pelos indicadores de comprometimento.

Este texto apresenta indicadores que medem o nível de comprometimento de recursos hídricos e saneamento ambiental que podem ser utilizados como ferramenta para monitorar as ações de gestão e planejamento, bem como na definição de políticas, no contexto da economia verde. Os indicadores poderão ser adaptados a fim de atender condições específicas das bacias onde forem utilizados.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, H., BAPTISTA, J.M., CABRERA JR., E., CUBILLO, F., DUARTE, P., HIRNER, W., PARENA, R. Performance indicators for water supply services.2 Ed. IWA, 2006. 289p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas. ANA, Brasília, 2013a.

ANA. Agência Nacional de Águas. Portal da qualidade das águas. ANA. Brasília, 2013b. <http://pnqa.ana.gov.br>. Acesso em 1 de setembro de 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb. ANA, Brasília, 2013c. <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 1 de setembro de 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - Cinarh. ANA, Brasília, 2013d. <http://cnarhtreino.ana.gov.br/>. Acesso em 1 de setembro de 2013.

BENEDETTO, L. D., KLEMES, J. The Environmental Performance Strategy Map: an integrated LCA approachto support the strategic decision-making process. Journal of Cleaner Production, v. 17, p. 900-906, 2009.

BRASIL. Guia de vigilância epidemiológica. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 6. Ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde.DATASUS: Sistema de Informação de Saúde. 2013a.<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10sp.def>. Acesso em 2 de Novembro de 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. S2ID: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. 2013b. <http://s2id.integracao.gov.br/>. Acesso em 4 de Novembro de 2013.

CETESB. São Paulo. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012. CETESB. São Paulo: CETESB, 2013.370p. (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103)

CHAPRA, S.C. Surfacewater-qualitymodeling. McGraw-Hill, 1997.

COMITÊ PCJ. COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. Plano das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 a 2020. Relatório Síntese. São Paulo: Cobrape. 2011. 128p.

GRIMM, A.M. Mudanças climáticas antrópicas e variações climáticas naturais. Parcerias Estratégicas. Ed. Esp. Brasília, DF, v. 15, n. 31, parte 2, p. 1-396, 2010.

GWP.Global Water Partnership. Taking an integrated approach to improving water efficiency. 2006. Technical Brief 4. <www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/>. Acesso em4 de Setembro de 2013a.

HAMMOND, A., ADRIAANSE, A., RODENBURG, E.,BRYANT, D., WOODWARD, R. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World ResourcesInstitute. 1995.

HELLER, L. Saneamento e Saúde. Organização Panamericana da Saúde, Brasília, 1997.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. Ciência e Saúde Coletiva, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

IPCC. Annex III -Glossary. Contribution of Working Group I to the IPCC Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5), climate change 2013: the physical science basis [Planton, S. (ed.)]. IPCC, Stockholm, Switzerland, 34 p. 2013a.

IPCC. Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. and Plattner, G-K (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013b.

KELMAN, J. Gerenciamento de recursos hídricos: parte I – outorga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. Anais... Rio de Janeiro: ABRH, 1997.

LIBÂNIO, P.A.C., CHERNICHARO, C.A. de L., NASCIMENTO, N. de O. A dimensão da qualidade de água: avaliação darelação entre indicadores sociais, de disponibilidadehídrica, de saneamento e de saúde pública. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LOBATO, F. Recursos hídricos e a economia verde: setor privado. Coleção de estudos sobrediretrizes para uma economia verde no Brasil. FBDS. sd.<http://fbds.org.br/fbds/article.php3?id_article=1026> Acesso em 2 de Setembro de 2013.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: GIANNOTTI, L. (ed.). Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Lloyd's/FBDS. DaGema Comunicação. s.d.

MARENGO, J.A., NOBRE, C.A., SALATI, E., AMBRIZZI, T. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. In: Ministério do Meio Ambiente. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Sumário Técnico. CPTEC-INPE/IAG-USP/FBDS, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasil. 2007.

MUELLER, C.C., TORRES, M., MORAIS, M.P. Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos. Brasília, DF: IPEA, 1997.

NARDO, M., SAISANA, M., SALTELLI A., TARANTOLA, S. Tools for Composite Indicators Building. Institute for the Protection and Security of the Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit. EuropeanCommission. Italy. 2005.

OBREGÓN, G., MARENGO, J.A. Caracterização do clima no Século XX no Brasil: tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. In: Ministério do Meio Ambiente. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Relatório No. 2. CPTEC-INPE, São Paulo, Brasil. 2007.

PESSOA, M.M.P., KAYSER, R.H.B., FRAGOSO JR., C.R., COLLISCHONN, W. Protótipo de sistema de suporte à decisão para gerenciamento de bacias hidrográficas integrado a umSIG: IPH-SISDEC.In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande. Anais. Campo Grande: ABRH, 2009.

PIZA, F.J.T., GREGORI, L. Indicador de Salubridade Ambiental.In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIASANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. Rio de Janeiro. Anais.. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

PUND. Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil: Atlas Brasil 2013. <www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em 1 de Novembro de 2013.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Agenda 21. Brasília. Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações. 1995 (Série ação parlamentar n. 56)

RAMOS, M., FORMIGA-JOHNSSON, R. M. Água, gestão e transição para uma economia verde no Brasil: propostas para o setor público. Coleção de estudos sobrediretrizes para uma economia verde no Brasil. FBDS. sd.<http://fbds.org.br/fbds/article.php3?id_article=1027> Acesso em 2 de Setembro de 2013.

ROGERS, P., BHATIA, R., HUBER, A. Water as a social and economic good: How to put the principle into practice.Global Water Partnership/Swedish International.Tac Background Papers no 2. 1998. <www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/>Acessoem 4 de Setembro de 2013.

ROGERS, P., SILVA R. de, BHATIA, R. Water is an economic good: How to use prices to promoteequity, efficiency, and sustainability. WaterPolicy, v. 4, p. 1–17, 2002.

SALATI, E., SALATI, E. CAMPANHOL, T., VILA NOVA, N. Tendências de Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. In: Ministério do Meio Ambiente. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Relatório No. 4. FBDS/ESALQ-USP, Rio de Janeiro, São Paulo, Brasil. 2007.

SANTOS, R.F. dos. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. ISA: Indicador de Salubridade Ambiental. Manual Básico.São Paulo. Edição SRHSO/Sabesp. São Paulo. 1999.

SÃO PAULO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004 / 2007- Resumo. São Paulo: DAEE, 2006. 92p.

SÃO PAULO (Estado). Centro de Vigilância Epidemiológica. <www.cve.saude.sp.gov.br>.Acesso em 21 de Outubro de 2013.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos –2011.Brasília: MCIDADES.SNSA, 2013.

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Centro Universitário de Estudos e Pesquisa sobre Desastre. Florianópolis: CEPED, UFSC, 2012. 94p.

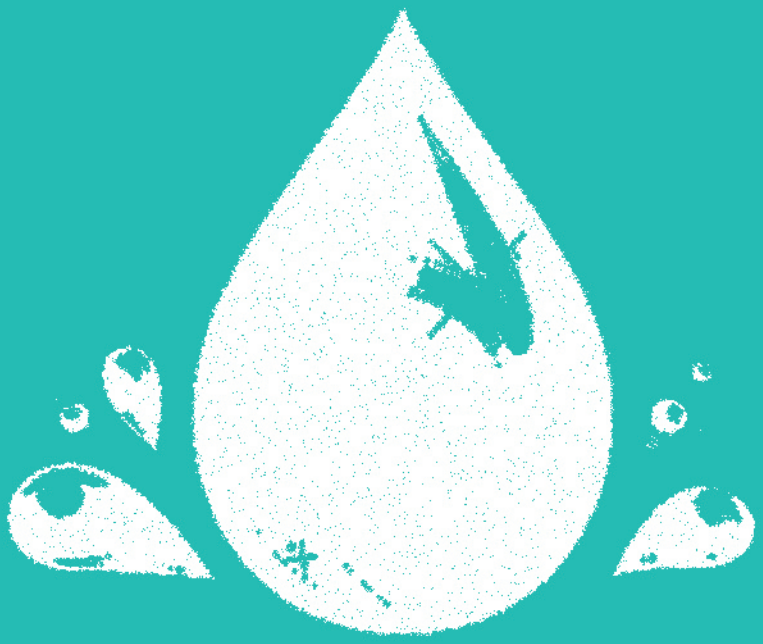
UNEP. United Nations Environment Programme.Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers. 2011. <www.unep.org/greeneconomy>.Acesso em 2 de Setembro de 2013.

UNEP. United Nations Environment Programme.Measuring water use in a green economy.2012. InternationalResourcePanel. <www.unep.org/ecosystemmanagement/Publications> Acesso em 2 de Setembro de 2013.

UN. Union Nations.Water. 2011. <www.un.org>. Acessoem 2 deSetembro de 2013.

UN. Union Nations. The Millennium Development Goals Report.2012. <www.un.org>. Acesso em 2 de Setembro de 2013.

Von SPERLING. M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1998.243p.



AmBev

JSL
Entender para Atender

Light

Tetra Pak
PROTEGE O QUE É BOM™