

# Oportunidades de Ciência e Tecnologia em Recursos Hídricos

CARLOS E. M. TUCCI

## HISTÓRICO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O século vinte passou por várias transições que evidenciaram o panorama do desenvolvimento dos recursos hídricos e o meio ambiente em cenários que tendem a buscar ampliar a sustentabilidade apesar dos grandes problemas existentes. Na tabela 1 foram caracterizados alguns períodos marcantes relacionados com o desenvolvimento dos recursos hídricos a nível mundial e a nível nacional.

Logo após a 2ª guerra mundial, houve a necessidade de grande investimento em infra-estrutura, principalmente para recuperar os países que sofreram com o conflito e depois com um período significativo de crescimento econômico e de população, que ocorreu em muitos países desenvolvidos. Neste período, houve uma forte industrialização e aumento dos adensamentos populacionais com uma crise ambiental importante pela degradação das condições de vida da população e a degradação dos sistemas naturais.

No início da década de 70 começou uma pressão ambiental para controle destes impactos. O *National Environmental Protection Act*, nos Estados Unidos, previu o controle ambiental e, em 1972, o *Clean Water Act* objetivou a melhoria da qualidade da água dos rios. Foi uma década de maciços investimentos no tratamento de esgoto das cidades e das indústrias. Este movimento se repetiu em diversos outros países desenvolvidos que tiveram também aprovadas as primeiras legislações ambientais.

Nos anos 80, o mundo encontrou um grande divisor de avaliação ambiental, que foi o acidente da Usina Nuclear de Chernobil. Em termos científicos, sabia-se da interação global dos efeitos, mas a opinião pública se deparou neste momento com o cenário que o ambiente de cada cidadão não era delimitado pelas suas fronteiras, mas que o globo possuía uma interação ambiental global fortíssima, ou seja, a “aldeia global” não era apenas um termo da mídia, mas uma realidade preocupante. Neste mesmo período, observou-se uma grande pressão sobre os investimentos internacionais em hidrelétricas que se faziam em áreas como a Amazônia, identificada pelo seu efeito global no equilíbrio climático. Foram eliminados os empréstimos internacionais para construção de hidrelétricas, com

grande impacto na capacidade de expansão do sistema hidrelétrico no Brasil.

Os anos 90 foram marcados pela idéia do desenvolvimento sustentável, que busca o equilíbrio entre o investimento no crescimento dos países e a conservação ambiental. O desenvolvimento dos recursos hídricos de forma integrada, com múltiplos usos e o início do controle da poluição difusa nos países desenvolvidos. Os investimentos internacionais no Brasil, que atuavam principalmente no setor energético, mudara para a melhoria sanitária das cidades, iniciando com as grandes metrópoles brasileiras. Este período foi marcado no Brasil pela instituição da legislação nacional de recursos hídricos em 1997 e de vários Estados brasileiros.

O início do novo século (e milênio) está marcado internacionalmente pelo movimento da busca de uma maior eficiência no uso dos recursos hídricos, dentro de princípios básicos aprovados na Rio 92. A água é o tópico que tem suscitado uma grande preocupação dos planejadores como a base de sustentação da sociedade moderna. O processo de institucionalização está sendo marcado no Brasil pela criação da Secretaria de Recursos Hídricos, a Agência Nacional da Água e a regulamentação da legislação que pressupõe a cobrança pelo uso da água e a penalização dos poluidores através do comitê e agências de bacia hidrográfica. Este cenário se mostra promissor a medida que existem regras e procedimentos que permita a participação de todos os atores na definição do uso dos recursos hídricos e da sua preservação dentro do desenvolvimento econômico e social.

## **CENÁRIO BRASILEIRO EM RECURSOS HÍDRICOS**

Recentemente, Tucci et al. (2001) apresentaram a visão do Brasil dentro do exercício de avaliação da Visão Mundial da Água e sintetizaram os principais aspectos de recursos hídricos dentro do contexto da relação sócio-econômica e dos recursos hídricos. A seguir é apresentada uma síntese desta avaliação.

Os recursos hídricos e o meio ambiente do Brasil possuem grande diversidade de paisagens, ecossistemas e ocupação do solo como as Florestas Tropicais do Amazonas, o exuberante banhado do Pantanal, a variabilidade antrópica da bacia do Paraná, as regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro e o ambiente costeiro.

**Tabela 1 - Comparação dos Períodos de desenvolvimento (Tucci, et al, 2000)**

<b>Período</b>	<b>Países desenvolvidos</b>	<b>Brasil</b>
<b>1945-60</b> Crescimento industrial e populacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Uso dos recursos hídricos: abastecimento, navegação, energia, etc</li> <li>· Qualidade da água dos rios</li> <li>· Controle das enchentes com obras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Inventário dos recursos hídricos;</li> <li>· Início dos empreendimentos hidrelétricos e planos de grandes sistemas.</li> </ul>
<b>1960-70</b> Início da pressão ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Controle de efluentes;</li> <li>· Medidas não estruturais para enchentes</li> <li>· Legislação para qualidade da água dos rios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Início da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos;</li> <li>· Deterioração da qualidade da água de rios e lagos próximos a centros urbanos.</li> </ul>
<b>1970-1980</b> Início do Controle ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Legislação ambiental</li> <li>· Contaminação de aquíferos;</li> <li>· Deterioração ambiental de grandes áreas metropolitanas;</li> <li>· Controle na fonte da drenagem urbana, da poluição doméstica e industrial;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ênfase em hidrelétricas e abastecimento de água;</li> <li>· Início da pressão ambiental;</li> <li>· Deterioração da qualidade da água dos rios devido ao aumento da produção industrial e concentração urbana.</li> </ul>
<b>1980-90</b> Interações do Ambiente Global	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Impactos Climáticos Globais;</li> <li>· Preocupação com conservação das florestas;</li> <li>· Prevenção de desastres;</li> <li>· Fontes pontuais e não pontuais;</li> <li>· Poluição rural;</li> <li>· Controle dos impactos da urbanização sobre o ambiente</li> <li>· Contaminação de aquíferos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Redução do investimento em hidrelétricas;</li> <li>· Piora das condições urbanas: enchentes, qualidade da água;</li> <li>· Fortes impactos das secas do Nordeste;</li> <li>· Aumento de investimentos em irrigação;</li> <li>· Legislação ambiental</li> </ul>
<b>1990-2000</b> Desenvolvimento Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Desenvolvimento Sustentável;</li> <li>· Aumento do conhecimento sobre o comportamento ambiental causado pelas atividades humanas;</li> <li>· Controle ambiental das grandes metrópoles;</li> <li>· Pressão para controle da emissão de gases, preservação da camada de ozônio;</li> <li>· Controle da contaminação dos aquíferos das fontes não-pontuais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Legislação de recursos hídricos</li> <li>· Investimento no controle sanitário das grandes cidades;</li> <li>· Aumento do impacto das enchentes urbanas;</li> <li>· Programas de conservação dos biomas nacionais: Amazônia, Pantanal, Cerrado e Costeiro;</li> <li>· Início da privatização dos serviços de energia e saneamento;</li> </ul>
<b>2000-</b> Ênfase na água	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Desenvolvimento da Visão Mundial da Água;</li> <li>· Uso integrado dos Recursos Hídricos;</li> <li>· Melhora da qualidade da água das fontes difusas: rural e urbana;</li> <li>· Busca de solução para os conflitos transfronteiriços;</li> <li>· Desenvolvimento do gerenciamento dos recursos hídricos dentro de bases sustentáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Avanço do desenvolvimento dos aspectos institucionais da água;</li> <li>· Privatização do setor energético e de saneamento;</li> <li>· Diversificação da matriz energética;</li> <li>· Aumento da disponibilidade de água no Nordeste;</li> <li>· Planos de Drenagem urbana para as cidades.</li> </ul>

Em Recursos Hídricos, a transferência direta de tecnologia nem sempre é o melhor caminho. Na maior parte das vezes, necessita-se do desenvolvimento adequado de produtos voltados a cada realidade, devido à complexidade das interações entre o meio natural e o sócio-econômico. Os grandes desafios em ciência e tecnologia são os de compreender e de desenvolver a tecnologia adequada ao desenvolvimento sustentável, voltada para os ecossistemas brasileiros.

Tucci *et al.* (2000) identificaram os principais desafios para a área de Recursos Hídricos, levando-se em conta os avanços tecnológicos e o contexto sócio-econômico do país, destacando as seguintes áreas:

- **Institucional:** o desenvolvimento institucional encontra-se em fase de transição. A lei de recursos hídricos foi aprovada em 1997, estando sua regulamentação em curso. Foi criada a ANA – Agência Nacional da Água, no final de 2000. Procedeu-se à aprovação das legislações de parcela importante dos Estados e ao início do gerenciamento por meio de comitês e agências de bacias. Existem estados brasileiros, como o Ceará e São Paulo, em que o processo está mais adiantado. Há estados em que ainda nem mesmo existe uma legislação estadual de Recursos Hídricos. O papel da ANA na evolução desse processo ao longo dos próximos anos será fundamental para que o país consolide a institucionalização e passe à ação mais efetiva.

No setor de abastecimento de água e saneamento, ocorre uma transição institucional, que envolve a privatização de serviços de empresas e instituições que são públicas. Esse processo depende, em parte, do encaminhamento de uma questão econômico-institucional, já que há empresas que são estaduais, que operam em cidades em que não possuem o direito de concessão dos serviços. O direito definido na Constituição é prerrogativa dos municípios mas, no entanto, existem sistemas que envolvem mais de um município. O Executivo enviou projeto de lei sobre o assunto para o Congresso, o qual está atualmente em debate.

- **Disponibilidade e Demanda:** as condições atuais de disponibilidade x demanda mostram que, na média, na maior parcela do território brasileiro, não existe *déficit* de recursos hídricos. No entanto, observam-se condições críticas em períodos de estiagem no Semi-Árido Nordeste e, em algumas regiões onde o uso da água é intenso, como na vizinhança das cidades médias e principalmente das regiões metropolitanas.

O Nordeste brasileiro apresenta condições hídricas desfavoráveis, que combinam evapotranspiração alta durante todo ano, baixa precipitação, subsolo desfavorável em muitas regiões (água salobra ou formação cristalino) e baixo desenvolvimento econômico social. A falta de água em grande parte do ano compromete seriamente as condições de vida da população em áreas extensas do Semi-Árido.

As grandes concentrações urbanas brasileiras apresentam condições críticas de sustentabilidade devido a uma forte demanda por água

associada ao excesso de cargas de poluição doméstica, industrial – que contaminam os mananciais – e à ocorrência de enchentes urbanas. A tendência de redução de disponibilidade hídrica dessas áreas é significativa, dados os dois fatores citados. Já se observam, por exemplo, freqüentes racionamentos em Recife e São Paulo. A Região Metropolitana de São Paulo, que importa a maior parte da água da bacia do rio Piracicaba devido à contaminação dos mananciais vizinhos, está praticamente sem opções de novos mananciais.

Outro conflito é observado entre água potável e irrigação nas regiões críticas como o Nordeste, em regiões de forte demanda agrícola do Sul, do Sudeste e do Centro-Oeste do Brasil. Esses conflitos localizados necessitam de soluções específicas, com discussão dos interessados no âmbito de comitês e associações de bacias. O Ceará, que possui reduzida disponibilidade hídrica durante a estiagem, tem apresentado soluções criativas para os conflitos de uso nas áreas de baixa disponibilidade sazonal.

- **Desenvolvimento Urbano:** o Brasil apresenta 80% da população em áreas urbanas. Nos estados mais desenvolvidos, esses números chegam à vizinhança de 90%. Devido a essa grande concentração urbana, vários conflitos e problemas têm sido gerados nesse ambiente, tais como: degradação ambiental dos mananciais; aumento do risco das áreas de abastecimento com a poluição orgânica e química; contaminação dos rios por esgotos doméstico, industrial e pluvial; enchente urbana gerada pela inadequada ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana; falta de coleta e disposição do lixo urbano.

Esses processos ocorrem, entre outros fatores, porque os municípios não possuem capacidade institucional e econômica para administrar o problema, enquanto os Estados e a União se acham distantes para buscar uma solução gerencial adequada de apoio aos municípios. Cada um dos problemas citados é tratado de forma isolada, sem um planejamento preventivo, ou mesmo uma solução eficiente e curativa desses processos. Como consequência, observam-se perdas de vidas humanas, prejuízos econômicos, forte degradação da qualidade de vida, com retorno de doenças de veiculação hídrica, perdas de moradias e bens, e interrupção da atividade comercial e industrial em algumas áreas.

- **Desenvolvimento Rural:** existe um conflito natural entre o uso da água para agricultura e o abastecimento humano em algumas regiões brasileiras, como citado anteriormente. A solução desse tipo de conflito passa pelo aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e o gerenciamento adequado dos efluentes agrícolas quanto à contaminação.

A água é fator essencial de desenvolvimento rural em regiões de pouca disponibilidade sazonal de água e em regiões secas como o Nordeste, onde a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, mui-

tas vezes, da disponibilidade de água. Existe uma importante expansão de empreendimentos voltados para a fruticultura irrigada, que apresenta alta rentabilidade econômica. Esse processo se desenvolve na bacia do São Francisco, em que a disponibilidade hídrica é maior, enquanto que nas áreas distantes dos rios perenes, persiste uma agricultura de subsistência que sofre freqüentes perdas.

Nas regiões Sul e Sudeste, o uso da irrigação ainda depende de redução do custo dos projetos de irrigação para a maioria das culturas, à exceção do arroz por inundação no Sul. Grande parte do setor agrícola prefere assumir os riscos que ocorrem somente em alguns anos, do que o investimento em irrigação. No entanto, na irrigação do arroz existem conflitos do uso da água na bacia do rio Uruguai e ambientais na região do lagoa Mirim.

Além do atendimento hídrico à produção agrícola, deve-se ressaltar a necessidade de conservação do solo, já que solo mal conservado é fonte da poluição difusa. Em grande parte do Sul do Brasil, tem-se observado uma mudança de prática agrícola no sentido de troca de plantio conservacionista para plantio direto, com importantes benefícios que são: redução da erosão, aumento da contribuição do freático para os rios e maior regularização das vazões. No entanto, existem várias regiões do Brasil onde a erosão e a degradação do solo são importantes como na bacia do rio Paraguai, e onde o gado e a soja têm produzido importante alteração na geração de sedimentos que se desloca para o Pantanal, principalmente no leque do rio Taquari.

- Hidroenergia: o sistema de produção energética brasileiro é fortemente dependente da energia hidrelétrica (91%), mas tem sido planejada a sua diversificação com termelétricas a gás para os próximos anos. Mesmo assim, essa diversificação até 2002 ainda manterá em 83% a parcela das hidrelétricas.

No que se refere ao risco de falha, deve-se considerar que, desde 1970, as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste (onde se encontra grande parte da capacidade instalada) apresentam vazão média cerca de 30% maior que a do período anterior, o que significa que, para a mesma capacidade instalada, é possível gerar mais energia, com menor risco de falha. O sistema, mesmo com o período de vazões altas, está no limite de atendimento da demanda. Considerando que períodos longos climáticos abaixo e acima de determinados patamares podem ocorrer, o sistema, dessa forma, apresenta forte dependência da climatologia. Em condições climáticas mais desfavoráveis, mantidas as tendências de aumento da demanda e com reduzida ampliação da oferta, podem ocorrer condicionantes desfavoráveis ao desenvolvimento econômico brasileiro pela limitação no fornecimento de energia.

O sistema está passando por um processo de privatização, com venda dos empreendimentos existentes e instalação de novas Usinas, na sua

grande parte térmicas a gás. Além disso, nos próximos anos, deverá ocorrer a regulação dos processos de compra e venda de energia, determinando o funcionamento de empresas da geração, transmissão e distribuição.

- Enchentes e Secas: as enchentes urbanas têm sido uma das grandes calamidades a que a população brasileira tem sido exposta, como resultado de ocupação inadequada do leito maior dos rios ou urbanização das cidades.

O País perde, anualmente, somas altas, provavelmente superiores a 1 bilhão de dólares anualmente. Não existe nenhuma política de controle e as que existem são totalmente equivocadas, o que tem aumentado os prejuízos nas cidades. Normalmente, existe uma combinação de falta de conhecimento e de falta de interesse na solução desses problemas, na medida em que, ocorrendo o evento, é declarado estado de calamidade pública. Daí, então, o município recebe recursos a fundo perdido, sem que seja necessária concorrência pública para o dispêndio.

Com esse tipo de ação, dificilmente serão implementados programas preventivos eficientes que, na sua maioria, não envolvem obras estruturais, mas atuam mais na regulamentação do uso do solo.

As secas, principalmente no Nordeste brasileiro, são eventos frequentes. Um dos projetos em curso, que poderá contribuir para minimizar esse problema, é o ProÁgua, que possui um expressivo volume de recursos planejado para diferentes Estados do Nordeste. A aferição dos resultados das iniciativas deverá ser realizada a partir de indicadores sociais e de saúde da população.

Como as enchentes e secas geram prejuízos, mas não geram receitas como outros setores de recursos hídricos, a gestão desses fenômenos não se acha adequadamente prevista na estrutura institucional vigente. O grande desafio atual é o de buscar criar programas nacionais preventivos de redução do impacto das inundações e das secas que orientem a população com educação, alternativas de sobrevivência e planos para se antecipar às emergências, por meio de ações efetivamente descentralizadas.

- Recursos Humanos: é inegável a falta de profissionais capacitados para atuar no setor de recursos hídricos hoje no país. Os níveis de formação em recursos hídricos no Brasil são: técnico (nível médio), graduação e pós-graduação.

Para a formação de técnicos de nível médio, existe um curso que possui 32 anos de funcionamento no IPH da UFRGS. Esse curso tem a duração de 1 ano e os alunos devem concluir o colegial para seu ingresso.

Não existe grande tradição mundial de formação de profissionais em Recursos Hídricos em cursos de graduação. Na Argentina, existe um curso de engenharia de Recursos Hídricos e no Brasil recentemente foi

criado um curso também de engenharia hídrica, na Escola de Engenharia de Itajubá. Existem alguns cursos de engenharia ambiental e sanitária que procuram englobar temas de recursos hídricos. Tradicionalmente, a área de Recursos Hídricos está nos cursos de engenharia civil e, de forma mais limitada, nos cursos de geografia. Na maioria dos cursos de graduação predomina a visão setorial, sendo as disciplinas e a formação subdividida em áreas como irrigação, energia, abastecimento doméstico, entre outros.

Na pós-graduação, desde 1969 existem vários cursos que atuam em recursos hídricos, também na sua maioria dentro das escolas de engenharia civil. Por exemplo, na USP/SP e UFRJ/COPPE, recursos hídricos e saneamento são sub-áreas do programa de pós-graduação em engenharia civil.

Existem aproximadamente vinte cursos de pós-graduação na área no Brasil, considerando aqueles diretamente ligados à área de recursos hídricos juntamente com aqueles de áreas correlatas como, por exemplo, meio ambiente. A experiência em pesquisa e formação está ainda muito concentrada no Sul e Sudeste. A região Norte é área com o menor número de cursos, seguida da Região Centro-Oeste.

De forma geral, os programas de pós-graduação encontram-se reunidos em componentes setoriais de recursos hídricos caracterizados nos seguintes grupos:

- a) Hidrologia, Hidráulica, Sedimentos, usos como hidroenergia, navegação, irrigação e gerenciamento de recursos hídricos: predomínio do engenheiro civil e agrônomo (na irrigação e proteção solo rural);
- b) Água subterrânea: predomínio de geólogos;
- c) Abastecimento e Saneamento: engenharia civil;
- d) Meio Ambiente: engenheiros, biólogos, agrônomos e geógrafos, meteorologistas;
- e) Clima e tempo: meteorologistas e geógrafos.

Os programas existentes possuem um ou mais desses componentes no ensino e na pesquisa, sendo geralmente organizados a partir desses macrotemas. Deve-se considerar, também, que existem outras áreas com componentes que envolvem recursos hídricos, não tratados de forma integrada, mas sim como subtema, como é o caso da Meteorologia.

Os citados cursos na área de Recursos Hídricos formam Mestres e Doutores mas, geralmente, com diplomas na área de Engenharia. Uma parte importante dos alunos são professores universitários. Profissionais que atuam no mercado dificilmente desenvolvem o doutorado e, quando o fazem, desenvolvem com dedicação parcial.

Os programas de pós-graduação recebem bolsas e auxílio à pesquisa de agências de fomento como o CNPq e a CAPES, além das agências estaduais de fomento. Os recursos destinados ao setor de recursos hídricos, nos últimos anos, têm sido insuficiente para atender à demanda dos cur-

tos no país. Com relação à formação no exterior, a área de engenharia ambiental é uma das áreas prioritárias no CNPq para formação de doutores no exterior. Dentro das bolsas CAPES e CNPq, existe a oportunidade da bolsa doutorado - sanduíche, em que o aluno passa parte do seu tempo de pesquisa no exterior em outro programa de pós-graduação.

Com relação a cursos informais, como os de especialização e extensão, são poucas as iniciativas existentes. São normalmente cursos esporádicos, para o atendimento de pequenos grupos de alunos e que não se inserem em esforços maiores e mais coordenados de formação de pessoal capacitado para o setor.

Outra necessidade ainda não atendida é a capacitação do pessoal que participa nos comitês de bacia hidrográfica, ou outras instâncias afins do setor de recursos hídricos. Estima-se que hoje no Brasil um contingente de aproximadamente 10.000 pessoas estejam envolvidas nesse processo decisório descentralizado, sem que, na sua grande maioria, tenham sido especialmente capacitadas para suas funções. O Estado do Ceará possui um programa pioneiro de capacitação de pessoal para atuação nos comitês e, mais recentemente, a SRH-MMA vem também promovendo cursos com esse objetivo.

O mercado de trabalho para profissionais de recursos hídricos é amplo e disperso em diferentes atividades. Especificamente, observam-se as seguintes possibilidades:

a) Entidades de pesquisa e desenvolvimento: Centros de Pesquisa e Universidades;

b) Entidades de monitoramento: CPRM, Empresas privadas e entidades estaduais como SUDERHSA (PR), DAEE (SP) etc.;

c) Setor de saneamento: empresas e serviços municipais e estaduais de saneamento;

d) Setor de energia: ELETROBRAS, ONS, Empresas regionais e estaduais;

e) Gerenciamento dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente: SRH/MMA, ANA, IBAMA, Entidades regionais como SUDENE E DNOCS e estaduais do setor;

f) Agricultura: CODEVASF, INEMET, e entidades estaduais;

g) Transportes: Ministério dos Transportes, empresas estatais de portos e rios;

h) Empresas consultoras que atuam em diferentes áreas de engenharia, geologia, agricultura etc.;

i) Centros de pesquisas como INPE, INPA, EMBRAPA a nível federal;

j) Comitês, consórcios, associações e agências de bacias;

l) Indústrias de equipamentos, materiais e softwares para captação, adução, distribuição, coleta e tratamento de águas e esgotos e para avaliação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos.

O desenvolvimento e a preservação dos recursos hídricos dependem de profissionais qualificados tanto para a execução de vários tipos de atividades, como para a tomada de decisões. A maioria dos profissionais que trabalha na área adquiriu seu conhecimento no próprio trabalho, sendo que apenas um grupo reduzido capacitou-se por meio de Mestrado e Doutorado.

Atualmente, existe falta de pessoal qualificado no setor, principalmente na medida em que prossegue a implementação da regulamentação, com a criação de comitês e agências para as bacias. Muitos dos engenheiros, geólogos, biólogos, geógrafos, entre outros, que não possuem pós-graduação, não dispõem de tempo para ingressar em um programa formal de pós-graduação, que exige de 1 a 2 anos para o Mestrado e de 3 a 4 anos para um doutorado (geralmente a média brasileira é maior). Torna-se necessário, assim, conceberem-se programas que, com apenas poucos meses de duração, capacite profissionais de diferentes áreas em recursos hídricos, nos seus aspectos interdisciplinares.

Um dos muitos exemplos desse contexto de atuação do profissional de recursos hídricos é associado aos problemas e conflitos nas áreas urbanas relacionados a recursos hídricos. Tipicamente deveriam ser treinados profissionais municipais, que hoje não possuem conhecimentos adequados para o gerenciamento de tantos diferentes tópicos que o setor necessita. Torna-se, nesse caso, necessária a formação de gerentes municipais com conhecimento amplo sobre os temas urbanos, sem necessidade de conhecimento detalhado de todos os aspectos relacionados a recursos hídricos.

• Ciência & Tecnologia: o desenvolvimento tecnológico e científico tem sido realizado por meio dos mecanismos tradicionais de financiamento no País:

- a) CNPq, por meio dos projetos individuais ou integrados de pesquisa, bolsa pesquisador etc.;
- b) FINEP, por meio das redes de pesquisa PROSAB e REHIDRO;
- c) CAPES, no financiamento de auxílio a viagens, apoio a fortalecimento de programas de pós-graduação, professor visitante etc.;
- d) PRONEX, para núcleos de excelência que atuam em recursos hídricos, que está sendo gerenciado atualmente pelo CNPq;
- e) PADCT/CIAMB, que atua na área de recursos hídricos e meio ambiente, mas que apresentou forte descontinuidade;
- f) Programa de Meteorologia e Recursos Hídricos, do MCT, voltado para Centros de Pesquisas dos Estados com apoio de bolsas, equipamentos, entre outros;
- g) RHAÉ, do MCT, que apóia com bolsas de pesquisas entidades de algumas regiões brasileiras que necessitam de pessoal especializado para fortalecimento institucional;
- h) Entidades estaduais de fomento de pesquisa;

i) Parcela de investimento de pesquisa de Bancos como Banco do Brasil e Caixa Econômica Federal. Geralmente, não existem programas sistemáticos e essas entidades nem sempre conseguem investir todos os recursos previstos em seus orçamentos.

A maioria desses programas existentes atende, também, a diferentes áreas e possuem limitados recursos para investimentos de forma consistente e permanente na área de recursos hídricos.

Observa-se desse sistema de financiamento o seguinte:

a) Os programas geralmente não possuem continuidade, criando uma reação muito desfavorável na comunidade de pesquisa;

b) A disponibilização dos recursos é irregular, aleatória e dificulta qualquer planejamento, principalmente em áreas relacionadas com recursos hídricos. Por exemplo, uma vazão de enchente que não foi medida é perdida para sempre;

c) Os entraves gerenciais da pesquisa que dificultam a sua execução. Por exemplo, no programa PRONEX não é possível utilizar os recursos para bolsistas, que é o pessoal disponível em Universidades;

d) Não há coordenação para definir linhas prioritárias de pesquisa e desenvolvimento; a ação dos órgãos de fomento é desarticulada;

e) Nem sempre ocorre avaliação dos resultados das pesquisas para a sociedade e da qualidade do produto com relação aos pesquisadores. Para estes, a falta de avaliação e de cobrança pode gerar acomodamento;

f) Há falta de mecanismos de divulgação adequado dos resultados das pesquisas dentro do país. A cobrança do sistema de avaliação existente é para a produção em revistas estrangeiras indexadas (as revistas brasileiras geralmente não são indexadas, por razão de idioma). Em áreas aplicadas, este tipo de divulgação limita a transferência ao sistema de produtivo nacional que não está no circuito das revistas internacionais;

g) As entidades federais que atuam na área de financiamento em ciência e tecnologia possuem estruturas desatualizadas quanto à Recursos Hídricos. Recursos Hídricos é visto ainda como uma sub-área da Engenharia Sanitária. Na operacionalização do Fundo, essas entidades deverão promover uma redefinição de suas áreas de conhecimento, levando-se em conta uma nova configuração e uma melhor representatividade das diferentes sub-áreas do conhecimento;

h) É muito incipiente a participação do setor privado nesse processo, entretanto devido as grandes transformações que estão ocorrendo nas áreas de energia e água e saneamento existem perspectivas de maior investimento.

Ao longo do tempo, formaram-se grupos de pesquisa qualificados na área e aglutinados, geralmente, em torno de temas citados no item anterior. No entanto, não existe um programa induzido de desenvolvimento de pesquisa na área. As pesquisas são espontâneas e limitadas pelo

interesse dos pesquisadores. Existem algumas exceções como o PROSAB/REHIDRO, pesquisas no âmbito de projetos internacionais como na Amazônia (LBA), ou outras áreas do país a partir de financiamentos externos, como os projetos do programa do GEF/OEA para o Alto Paraguai e São Francisco.

Existem grupos qualificados no país, mas, em sua maioria, com visão setorializada dos recursos hídricos. Devido às características continentais do País e à grande variabilidade dos ambientes, é necessário um maior enfoque no conhecimento interdisciplinar para regiões do País como a Amazônia, o Cerrado, o Pantanal e o Semi-Árido, entre outros, onde as características e os problemas são diversos. É necessária a consolidação efetiva dos grupos de pesquisa que apoiem o desenvolvimento e a conservação ambiental dessas regiões.

## VISÃO CONCEITUAL

Os principais componentes que caracterizam o desenvolvimento tecnológico-científico voltado para o aproveitamento sustentável em recursos hídrico dependem de uma visão integrada dos seguintes componentes:

- ambientes brasileiros;
- condicionantes sócio-econômicos;
- sistemas hídricos;
- disciplinas do conhecimento.

Estes componentes são reunidos na gestão dos recursos hídricos (figura 2.1).

Os principais ambientes brasileiros apresentam características hídricas distintas quanto ao comportamento são: Amazônia, Pantanal, Semi-Árido, Cerrado, Costeiro e Sul/Sudeste.

O componente sócio-econômico envolve: Desenvolvimento urbano e rural, com energia, transporte, produção agrícola, conservação e impacto ambiental, efeitos dos eventos extremos de secas e estiagem.

Os sistemas hídricos são: águas atmosféricas, bacia hidrográfica, rios, lagos, reservatórios, aquíferos que podem ser vistos isoladamente ou integrados. O último componente é constituído pelas disciplinas do conhecimento científico como: Hidrologia, Hidráulica, Qualidade da Água, Economia, Sedimentologia, Meteorologia, entre outras.

O componente gestão de recursos hídricos envolve o disciplinamento do uso da água e a, a implantação da decisão descentralizada e participativa dentro da visão sustentável.

De forma simplista, na figura 2.2, são apresentadas as interações básicas entre os três primeiros componentes, que caracterizam os principais problemas relacionados com o desenvolvimento sustentável.

A implantação plena dos sistemas de gestão de recursos hídricos no país é um esforço que demandará muito desenvolvimento científico e tecnológico, quer pelo próprio conhecimento dos sistemas hídricos, quer pelo desenvolvimento dos instrumentos de gestão. O apoio ao decisor virá com o estabelecimento de sistemas de informação em recursos hídricos, com o funcionamento dos sistemas de outorga, com a elaboração dos planos de bacia, tudo isso de forma integrada entre os diversos setores, principalmente com o setor de meio ambiente.

**Figura 2.1 Componentes da Visão de Recursos Hídricos**



#### SISTEMA SÓCIO-ECONÔMICO

O sistema sócio-econômico é representado pelos diversos usos da água e seus respectivos impactos, quais sejam:

- **Desenvolvimento urbano:** envolve a proteção de mananciais, abastecimento e saneamento, drenagem urbana e inundação ribeirinha, resíduo sólido e erosão urbana. A ocupação do solo e a disposição dos esgotos sanitários e da drenagem pluvial geram um ciclo de contaminação e poluição, já que a água retirada dos mananciais retorna aos mesmos como água poluída, prejudicando o próprio abastecimento e a sustentabilidade da população e do ambiente. Esse conjunto de interferências no sistema natural gera impactos sobre a própria sociedade, que sofre com doenças de veiculação hídrica, inundações, prejuízos materiais, entre outros;

- Desenvolvimento rural: para o desenvolvimento rural são necessários o abastecimento humano e animal, a irrigação e a drenagem. Ocorre alteração da cobertura vegetal e do solo em função da agricultura, modificando a bacia hidrográfica e o ciclo hidrológico. Esse desenvolvimento produz impactos nos rios por meio da poluição difusa, erosão e sedimentação dos rios;

- Energia: uma das alternativas energéticas é a geração hidrelétrica renovável. Essa é a principal alternativa utilizada no Brasil (91%), mas apresenta vantagens tecnológicas e desvantagens ambientais que devem ser balanceadas em cada região. Além disso, a forte concentração da matriz energética em produção hidrelétrica deixa o sistema fortemente dependente das variabilidades climáticas de curto e médio prazo, com probabilidade de produzir importantes impactos em toda a sociedade;

- Navegação: o uso do sistema hídrico para transporte apresenta boa economia de escala. No entanto, pode apresentar impactos ambientais na medida em que altera o sistema fluvial, ou devido a acidentes de transporte de material poluente. Necessita-se ainda de tecnologia que permita tornar as vias navegáveis mais seguras e eficientes ao longo de todo o ano, como a previsão de níveis em tempo real;

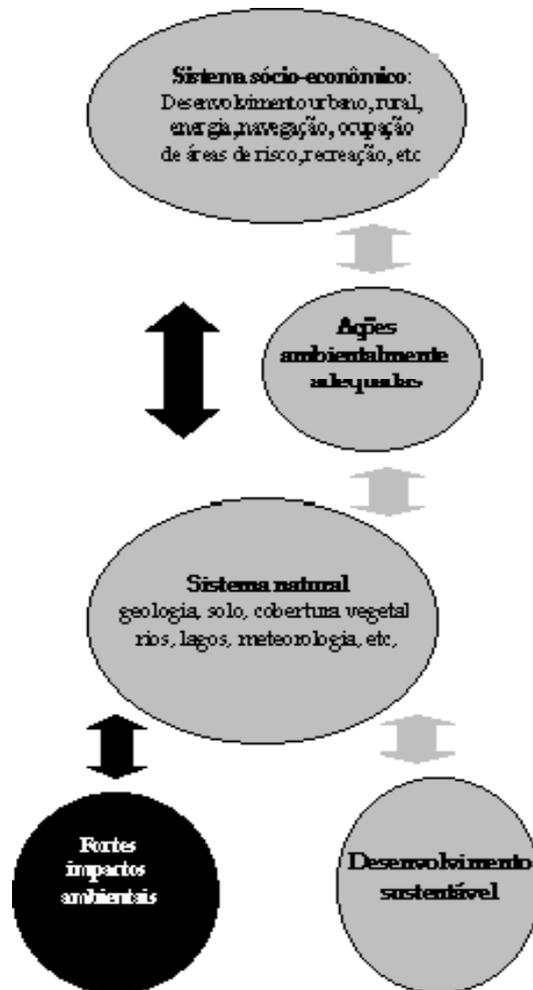
- Recreação: o uso dos sistemas naturais para divertimento e entretenimento da população é um dos usos dos recursos naturais que apresenta o menor impacto ambiental e cria condições econômicas e ambientais sustentáveis;

- Eventos críticos: os eventos críticos de estiagem ou de inundações são situações geradas pela variação natural dos sistemas hídricos, com as quais a sociedade deve procurar conviver, visando a sua própria sustentabilidade de longo prazo.

O sistema natural é formado pelo conjunto de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a bacia hidrográfica e os rios, lagos e oceanos. A complexidade dos diferentes processos, que envolvem seu funcionamento em suas respectivas escalas, explica por que há ainda muito campo de pesquisa a ser aberto nessa área.

Na figura 2.2, estão caracterizados dois caminhos para a interação entre a área de gestão, o sistema sócio-econômico e o sistema natural. Pressiona-se o sistema natural para atingir os interesses de curto prazo da sociedade, sem preocupações ambientais. A gestão de recursos hídricos e o uso de medidas adequadas resultam em um desenvolvimento sustentável. O entendimento da sustentabilidade está no aprimoramento de ações que permitam utilizar a bacia e o sistema aquático sem que prejudiquem sobre a própria sociedade ou comprometam o ecossistema existente.

Figura 2.2 - Sistemas e interações



#### AMBIENTES BRASILEIROS

Algumas das principais características dos ambientes brasileiros quanto ao uso dos recursos hídricos, impactos destes usos e o meio ambiente são destacados na tabela 2.1. Nos usos da água são identificados os principais usos do ambiente regional, enquanto que os principais impactos ambientais devido aos usos citados e outros que mesmo não destacados apresentam impactos. Os impactos sobre a sociedade envolvem os aspectos relacionados com a água que de alguma forma impactam a sociedade como as inundações e as doenças de veiculação hídrica. No item impactos ambientais envolvem as ações antrópicas que atuam sobre o território e que impactam os recursos hídricos e o ambiente como um todo.

Desta avaliação sumário pode-se observar alguns aspectos fundamentais que ocorrem na maioria dos ambientes: impactos devido aos efluentes das cidades; inundações e saúde da população por doenças hídricas, erosão do solo e desmatamento.

Além dos elementos citados observa-se adicionalmente o seguinte:

a) que o uso recursos hídricos ainda tem uma visão fortemente setorial, necessitando uma visão integrada com aproveitamento ótimo dos recursos;

b) o impacto da variabilidade climática sobre todos os ambientes hídricos é desconhecida tanto do passado como a sua previsão futura não é utilizado no planejamento estratégico;

c) a necessidade de integração de ações que envolvam os diferentes setores como agricultura, água e saneamento, saúde, energia é necessário para o disciplinamento do uso da água e seu impacto;

d) O conhecimento sobre o comportamento hídrico de sistemas singulares como os dos ambientes brasileiros;

e) A falta de qualificação técnica para gestão dos sistemas hídricos de grande parte dos estados brasileiros que atuam nestes ambientes.

**Tabela 2.1 Características relacionadas com os ambientes brasileiros.**

<b>Ambientes</b>	<b>Principais aspectos</b>
<b>Amazônia</b> Usos Impactos dos usos Impactos sobre a sociedade Impactos ambientais	Navegação e energia Efluentes das cidades, controle da navegação e reservatórios de energia Inundação e saúde (doenças de veiculação hídrica) Desmatamento, queimadas e mineração.
<b>Pantanal</b> Usos Impactos dos usos Impactos sobre a sociedade Impactos ambientais	Agropecuária, abastecimento e navegação Navegação e efluentes das cidades Inundações e saúde Mineração, desmatamento, queimadas e erosão.
<b>Cerrado</b> Usos Impactos dos usos Impactos sobre a sociedade Impactos ambientais	Irrigação, abastecimento e energia Efluentes das cidades, reservatórios hidrelétricos, drenagem de áreas agrícolas Saúde Desmatamento, queimadas e efluentes industriais.
<b>Semi-árido</b> Usos Impactos dos usos Impactos sobre a sociedade Impactos ambientais	Abastecimento e irrigação Efluentes do abastecimento, efluentes de dessalinizadores, salinização de sistemas hídricos. Saúde Dessertificação e erosão do solo.
<b>Costeiro</b> Usos Impactos dos usos Impactos sobre a sociedade Impactos ambientais	Abastecimento, irrigação e recreação Efluentes de abastecimento (industrial e doméstico) e da irrigação. Inundações Desmatamento, mineração e ocupação dos mangues e sistemas ambientes costeiros

## DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Os grandes desafios que necessitam investimento de pesquisa em ciência e tecnologia em recursos hídricos no país envolvem os vários componentes citados nos itens anteriores e representam recortes dos mesmos. A seguir são destacados os principais desafios identificados:

- **Sustentabilidade hídrica de regiões semi-áridas:** as regiões semi-áridas geralmente possuem grande fragilidade quanto à sua sustentabilidade hídrica. Poucos anos com disponibilidade hídrica fazem com que a população se estabeleça para, logo em seguida, quando ocorrem os longos períodos secos, os prejuízos sejam inevitáveis, com forte empobrecimento da região e migração para outras áreas.

As conseqüências desses eventos extremos, sob o ponto de vista físico e climático, se dão sobre a de saúde da população, a falta de educação e moradia, comprometendo a sustentabilidade da região. Contribuem também para isso processos de degradação do solo e a desertificação

O desafio do desenvolvimento científico e tecnológico é o de dispor de elementos que criem condições para a permanência da população na região, melhorando suas condições econômicas, e também suas condições de saúde, habitação e educação. Para isso é preciso aumentar a disponibilidade hídrica através de técnicas inovadoras como novas formas de exploração de água subterrânea no cristalino, processos de dessalinização, processos integrados de gestão da demanda e de racionalização do uso da água, controle e melhoria da qualidade da água e melhoria da previsão climatológica.

- **Água e gerenciamento urbano integrado:** o crescimento das cidades tem causado impactos significativos sobre o meio ambiente e, com isso, a população sofre com o comprometimento do abastecimento público, a piora das condições de qualidade da água, as inundações, o lixo, entre outros.

A falta de integração na gestão desses problemas, principalmente devido à setorialização das ações públicas, tem sido uma das grandes causas do agravamento das condições hídricas em áreas urbanas. Os principais impactos verificados sobre os sistemas hídricos das cidades brasileiras são os seguintes:

- a) Contaminação dos mananciais urbanos, como conseqüência da poluição dos sistemas hídricos e da ocupação desordenada das áreas de proteção de mananciais, levando à redução da disponibilidade hídrica;

- b) Falta de tratamento e de disposição adequada de esgoto sanitário, industrial e de resíduos sólidos;

- c) Aumento das inundações e da poluição devido à drenagem urbana;

- d) Ocupação das áreas de risco de inundação, com graves conseqüências para a população.

O principal desafio é a busca de soluções integradas e economicamente sustentáveis (principalmente para a população de baixa renda, que usualmente se encontra nas condições mais desfavoráveis). A possibilidade de garantir usos industriais da água são também uma forma de melhorar as condições de vida da população graças à geração de empregos.

No entanto, todos esses desafios somente serão vencidos com o desenvolvimento tecnológico que busque, por exemplo, a racionalização do uso da água, com programas de redução de consumo, reuso da água, equipamentos de menor consumo, entre outros. Sistemas eficientes de tratamento de água, adequados à realidade local, bem como o desenvolvimento de sistemas de controle da poluição que melhorem a qualidade da água, são também desafios a serem vencidos. As cidades brasileiras precisarão melhorar seus sistemas de coleta e disposição final de resíduos sólidos e de controle das cargas difusas de poluição. As enchentes urbanas precisam de melhores formas de gestão técnica e institucional para que, num futuro próximo, perdas materiais e relativas a saúde humana sejam significativamente minimizadas.

- Gerenciamento dos Impactos da variabilidade climática sobre grandes sistemas hídricos e sua população: são significativos os efeitos da modificação do uso do solo e da variabilidade climática de curto e médio prazo sobre a bacia hidrográfica e sobre as atividades humanas. O conhecimento desses impactos sobre os sistemas hídricos é, ainda, limitado. Da mesma forma, o gerenciamento integrado dessa questão praticamente não existe.

Existem várias características desse problema que são essencialmente brasileiras como: a operação e a garantia do sistema energético (91% energia hidrelétrica), e o comportamento dos grandes ecossistemas como o Pantanal e a Amazônia. Além disso, para melhor gerenciar conflitos de uso da água como, por exemplo, entre irrigação, energia, controle de inundações e proteção ambiental, é essencial o conhecimento antecipado do comportamento hídrico desses sistemas.

Os desafios para a ciência são a avaliação integrada dos processos meteorológicos, hidrológicos e dos ecossistemas sujeitos a variabilidade climática; desenvolvimento de modelagem desses processos integrados e a avaliação dos cenários de desenvolvimento dos espaços brasileiros.

Neste caso, deve-se buscar a integração entre este fundo setorial e as demais fontes de financiamento de pesquisa nas áreas de meteorologia e clima para que se obtenha o máximo rendimento para a sociedade.

- Uso e conservação do solo e de sistemas hídricos: no desenvolvimento agrosilvopastoril e mineral, a partir da ocupação dos espaços naturais em diferentes partes do País observam-se vários impactos como:

- a) a erosão do solo e produção de sedimentos que se depositam nos rios, agregados a pesticidas; a própria degradação superfícies do solo com impacto local e a jusante da bacia;

b) a drenagem e o conflito pela água em áreas de banhado, que representam ecossistemas a serem conservados como o Pantanal, Taim, entre outros;

c) o desmatamento de extensas áreas com conseqüências importantes sobre o ciclo hidrológico;

d) a redução da proteção das áreas marginais de rios, reservatórios, lagos etc.

O conhecimento quantitativo dos efeitos da ação antrópica sobre ambientes brasileiros é ainda limitada. Necessita-se de monitoramento e metodologias robustas que permitam uma adequada avaliação dos processos nas diferentes escalas de comportamento dos sistemas hídricos, além de práticas adequadas de gestão.

Os desafios desta linha são o desenvolvimento de tecnologias de aumento da produtividade dos sistemas agrosilvopastoris que contribuam para a ordenação do espaço rural e que aumentem a eficiência do uso da água, mantendo a conservação do solo. Inclui-se aqui a avaliação e a mitigação do impacto do desmatamento, das queimadas e da diminuição dos impactos dessas atividades sobre as áreas de proteção de mananciais.

• Prevenção e controle de eventos extremos: tanto as enchentes como a estiagens produzem importantes impactos sócio-econômicos. Nesse processo, é importante desenvolver mecanismos que permitam minimizar esses impactos. A convivência com esses processos naturais geralmente não encontra na sociedade um planejamento adequado para enfrentar as situações de emergência e nem mesmo mecanismos de previsão da sua ocorrência.

São considerados eventos extremos a ocorrência de estiagem, das cheias, de incêndios florestais, entre outros.

O desafio associado a esse tipo de intervenção envolvem o desenvolvimento de sistemas de previsão de eventos extremos, das ações de planejamento preventivas necessárias para a mitigação dos impactos e do gerenciamento dos conflitos resultantes da sua ocorrência.

• Usos integrados dos sistemas hídricos e conservação ambiental: a Agenda 21 e a lei de Recursos Hídricos estabelecem como prioridade o uso múltiplo dos recursos hídricos. Entre o objetivo e a prática, existe uma grande distância em função de diferentes condicionantes regionais, econômicos, sociais e culturais. O próprio desenvolvimento tem sido essencialmente setorial e quando existe mais de um uso, geralmente é marginal.

O uso integrado não é somente a integração de usos, mas também a integração dos diferentes sistemas hídricos dentro da bacia hidrográfica. Cada sistema não pode ser visto isoladamente, mas dentro de uma mes-

mo conjunto que de alguma interferem entre si no funcionamento e no melhor uso. A prática, além de setorizada em termos de uso tem a visão essencialmente local.

O desafio é o de criar tecnologias que permitam viabilizar o conjunto do planejamento, projeto e operação de sistemas hídricos que compatibilizem de forma adequada diferentes usos no conjunto da bacia hidrográfica de forma sustentável.

- **Qualidade da água dos sistemas hídricos:** um dos maiores problemas que o setor de recursos hídricos hoje enfrenta é o da redução da disponibilidade hídrica devido à degradação da qualidade da água dos rios, lagos e aquíferos. Durante muito tempo o controle da qualidade da água foi visto apenas de forma setorial, onde a visibilidade maior eram o efluente da indústria e os efluentes domésticos geralmente sem tratamento. A indústria foi fiscalizada e obrigada a melhorar seu efluente o poder público tem buscado financiamento para o efluente domésticos, mas na gestão de bacias hidrográficas apenas essa ação não é suficiente. Junta-se a essa fonte de poluição, as cargas difusas de origem urbana e rural, e mineração.

Para a melhoria da qualidade da água dos rios é necessário identificar as cargas das bacias, identificar os locais críticos e investir na sua redução. O levantamento de informações, a fiscalização e o monitoramento dos rios são essenciais para entender e atuar sobre os impactos.

Os desafios deste componente é o desenvolver metodologias eficientes para levantamento das cargas das bacias, na fiscalização, monitoramento e simulação dos processos que permitam a sua adequada gestão. Neste desenvolvimento é essencial o desenvolvimento de infraestrutura de laboratórios e equipamentos que permitam a identificação das condições de qualidade da água.

- **Gerenciamento de bacias hidrográficas:** a implantação dos mecanismos e instrumentos técnicos e institucionais para o gerenciamento dos recursos hídricos, conforme a Lei 9.433/97, requer desenvolvimento de metodologia de caráter científico, tecnológico e institucional, que permita que o sistema alcance plenamente seus objetivos.

São desafios neste tema o desenvolvimento de sistemas de suporte a decisão, dos sistemas de outorga para uso da água, tanto para captações como para lançamentos, dos sistemas de cobrança pelo uso da água, com as respectivas avaliações econômicas necessárias, da metodologia de enquadramento dos corpos de água, com vistas à integração plena da gestão quantidade-qualidade da água e dos mecanismos de participação pública.

- **Estudo do comportamento dos sistemas hídricos:** o entendimento do comportamento hidrológico na bacia hidrográfica onde envolvem pro-

cessos químicos, físicos e biológicos são essenciais para o desenvolvimento dos demais componentes das linhas de pesquisa destas diretrizes.

A diversidade dos ambientes brasileiros sujeitos as diferentes ações antrópicas se caracterizam por singularidades que necessitam ser compreendidos para buscar sua sustentabilidade. A quantidade de informações existente sobre estes diferentes sistemas é limitada no país o que tem dificultado o seu gerenciamento com bases científicas adequadas.

Os desafios deste componente são de identificar as necessárias características relacionadas destes sistemas, monitorar na forma de projetos pilotos representativos as variáveis explicativas criando uma base concreta para as ações públicas e privadas no uso e conservação dos sistemas hídricos nos diferentes ambientes brasileiros.

• Desenvolvimento de Produtos: todas as linhas de pesquisa anteriormente descritas terão enorme potencial de geração de produtos que, não só contribuam para a sustentabilidade da implantação dos seus resultados, mas que permitam a expansão das suas aplicações para todo o país de forma bastante eficiente. Este item específico de desenvolvimento refere-se à criação de novas tecnologias que poderão resultar em produtos comercializáveis, quer sob a forma de software para computadores, quer sob a forma de equipamentos.

Uma das formas de aumento de produtividade e maior utilização das tecnologias é o de criação de softwares que permitam o gerenciamento hídrico e uma maior transferência de tecnologia ao meio produtivo. Além disso, o desenvolvimento desses programas tem um potencial importante de geração de uma linha de serviços dentro do país em função da sua diversidade de problemas. Como consequência natural desse processo, é possível criar produtos para exportação onde problemas e ambientes semelhantes necessitam de ferramentas como as que potencialmente podem ser desenvolvidas para a realidade brasileira. Modelos de operação de grandes sistemas, sistemas de previsão e alerta, modelos de operação para a área de saneamento e drenagem, entre outros, podem estar nessa linha de produção.

O mesmo ocorre com a área de desenvolvimento de equipamentos. A área de recursos hídricos se ressentem de uma falta de capacidade de aprimoramento tecnológico no desenvolvimento de equipamentos que atendam seus vários setores como monitoramento hidrológico e de qualidade da água; equipamentos para a produção de água, saneamento, equipamentos para tornar eficiente o uso e reduzir o consumo da água no meio urbano, rural e na indústria, e equipamentos de redução e controle da poluição.

Grande parte dos equipamentos hoje utilizados é importada e muitas vezes não atende à realidade e aos condicionantes naturais do país. O investimento atual no setor é pequeno e são grandes os desafios para se criar uma base permanente de tecnologia para alavancar esse tipo de indústria dentro do país.

• Capacitação de recursos humanos: o desenvolvimento e preservação dos recursos hídricos dependem de profissionais qualificados, tanto para a tomada de decisão, como para a execução das diversas atividades, sempre com o objetivo de serem atendidas as diferentes realidades do país.

Um amplo programa de capacitação faz-se necessário atualmente no Brasil. Esse programa deve ser baseado na criação de centros regionais de treinamento, que atendam às necessidades locais específicas dos setores e que fixem profissionais da área nas diversas regiões do país. Pelo menos nos primeiros anos de funcionamento desse programa de capacitação, a formação deve abranger todos os níveis desde o técnico até a pós-graduação, passando por programas de especialização e de extensão, atingindo profissionais e também os participantes do processo decisório, como os membros de comitês e conselhos de recursos hídricos.

É imprescindível que essa formação se dê de forma integrada e multidisciplinar. Conhecimentos das diversas disciplinas que compõem o setor devem ser ministrados em todos os cursos.

Torna-se importante a formação de diversos tipos de profissionais, como por exemplo:

a) para profissionais que atuem nos estados ou no governo federal, no gerenciamento dos recursos hídricos de forma mais ampla, denominado de curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

b) programas que sejam combinados entre treinamento teórico e atividades do tipo *trainee*, para profissionais que atuarão diretamente nas agências de bacia e nos demais órgãos públicos;

c) para profissionais que atuem nos municípios e necessitam de um enfoque específico, relacionado com o gerenciamento dos recursos hídricos municipais de curso de Gerenciamento Hídricos Municipal;

d) para os membros dos órgãos colegiados dos sistemas de recursos hídricos, para que conheçam as particularidades dos sistemas sobre os quais eles tomam decisões.

Não se deve esquecer do apoio ao sistema formal de formação de pesquisadores, para que seja possível ampliarem-se os quadros e também formar pesquisadores para as regiões onde hoje seu número é limitado, visando-se os distintos desafios regionais.

Outro aspecto é a necessidade de formação de técnicos especializados para a operação de laboratórios, de sistemas de banco de dados, de estações medidoras de quantidade e qualidade da água.

Como se pode ver, o desafio de aumentar os quadros profissionais do país é imenso. O adequado desenvolvimento do setor somente se dará com a formação de equipes integradas, multi-disciplinares e treinadas nas várias especificidades de sua região de ação.

• Infra-estrutura de apoio a pesquisa e desenvolvimento: por muitos anos a quantidade de recursos financeiros não permitiu o aumento da infra-estrutura de pesquisa em recursos hídricos.

Devido a falta de recursos e a sua intermitência ao longo do tempo, este setor tem ficado deteriorado e desatualizado, necessitando um apoio significativo para se tornar moderno e poder criar uma base concreta para o desenvolvimento dos projetos das diferentes linhas de pesquisa deste Fundo.

Os desafios são na modernização:

a) de laboratórios de qualidade da água, de hidráulica, sedimentos, solos, entre outros;

b) de laboratórios de aferição de equipamentos utilizados no monitoramento e no setor produtivo;

c) do monitoramento de áreas pilotos de processos e sistemas hídricos.

## CONCLUSÃO

Os desafios foram identificados como problemas de sociedade que qualquer pessoa pode claramente entender como estratégicos. Estes problemas necessitam de conhecimento tecnológico para a sua solução e a oportunidade decorre da utilização da capacidade científica e tecnológica existente e a ser desenvolvida, para a busca da solução destes desafios.

Deve-se destacar que devido à grande combinação de fatores que envolvem os recursos hídricos, não é possível comprar tecnologia, mas é necessário desenvolver a mesma dentro da realidade de cada ambiente relacionado com a sua sócio-economia.

Observa-se do capítulo anterior que nesta área de C&T existem alguns esforços com baixo investimento, com focos dispersos, que de um lado apresentou contribuições ao desenvolvimento da área, mas não tem garantido a permanência tecnológica dos centros de qualidade.

Para tanto é necessário mudar o enfoque dos investimentos para o atendimento das necessidades da sociedade. A pergunta básica é a seguinte: o que os grupos de pesquisa podem contribuir com conhecimento e desenvolvimento para solução dos desafios de sociedade?

A articulação entre a capacitação de ciência e tecnologia do país, as agências de desenvolvimento estaduais e federais e o setor produtivo de estado e privado devem produzir os resultados esperados com os investimentos.

Estes investimentos buscam dar estabilidade a capacidade tecnológica, garantia de investimento ao longo do tempo e ampliação do conhecimento científico e tecnológico no país.

## **Resumo**

Este artigo aborda as questões enfrentadas no início do novo século, marcado internacionalmente pelo movimento pela busca de uma maior eficiência no uso dos recursos hídricos dentro de princípios aprovados na Conferência Rio 92. A água é um dos tópicos que têm suscitado grande preocupação dos planejadores por ser a base elementar de sustentação da sociedade moderna. A institucionalização do tema está sendo conduzida no Brasil pela criação da Secretaria de Recursos Hídricos, e da Agência Nacional da Água. Por outro lado, a regulamentação da legislação consolida a adequada cobrança pelo uso da água e a ação dos agentes poluidores deverá ser contida por meio do comitê e das agências de bacias hidrográficas. Este cenário se mostra promissor uma vez que passam a existir regras e procedimentos que permitam a participação de todos os atores na definição do uso dos recursos hídricos e da sua preservação dentro do desenvolvimento econômico e social.

## **Abstract**

This article brings up some issues faced in the beginning of the new century, which has been internationally marked by the movement in favor of the search for a more efficient usage of water resources, according to principals approved on the Conference Rio 92. The water is one of the most concerning topics, for it is considered to be the primarily base to the maintenance of our society. The institutionalization of the theme is being conducted in Brazil, with the creation of the Secretary of Water Resources and the National Water Agency. On the other hand, the regulation of the legislation consolidates the appropriate charge on the usage of water and the action of the polluters agents must be stopped by the committee and water basin. This is a promising scene, as long as there are rules and procedures that allows all the actors to participate on the water resources' definition and on its protection in the social and economic development.

## **O autor**

CARLOS EDUARDO M. TUCCI. É doutor em Recursos Hídricos, Professor Titular do Departamento de Hidrologia e Hidromecânica, do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRS. Está gerenciando o Fundo de Recursos Hídricos do Ministério da Ciência e Tecnologia.