

## **AVALIAÇÃO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS PARA ATIVIDADE INDUSTRIAL**

*João Carlos Mannarino\*<sup>1</sup>; Pedro Andretta Xavier<sup>2</sup>; Aída Maria Pereira Andreazza<sup>3</sup>*

**Resumo** – A água é um insumo essencial à maioria das atividades econômicas e a gestão deste recurso natural é de suma importância na manutenção de sua oferta em termos de quantidade e qualidade. O Brasil possui aparente abundância de recursos hídricos, porém sua distribuição natural é irregular entre as regiões do país.

Em função de sua localização, cada planta industrial possui uma demanda particular para gerenciamento de recursos hídricos: enquanto algumas, inseridas em cenário de abundância deste recurso, necessitam tomar ações de cunho cultural, pequenas modificações de processos e similares, outras, inseridas em cenário de escassez, de fato ou premente, devem envidar esforços para maximizar o nível de redução e reuso, culminando com a recirculação total do efluente final e/ou busca de fontes alternativas externas para suprimento de água.

Este trabalho tem o objetivo de mostrar como um estudo avaliação de disponibilidade hídrica de pode orientar as ações de mitigação de riscos ao meio ambiente e ao negócio, associados a esta variável ambiental.

**Palavras-Chave** – avaliação, disponibilidade, hídrica

**Abstract** - Water is an essential input to most economic activities and management of this natural resource is of great importance in maintaining its supply in terms of quantity and quality. Brazil has apparent abundance of water resources, but its natural distribution is not regular.

Due to its location, each industrial plant has a particular demand for water resources management: plants located in areas with adequate water availability need to take actions of a cultural or simple modifications of processes, for example. Otherwise, plants located in scarcity scenario must maximize the level of reduction and reuse, including the final effluent recirculation or external alternative sources for water supply. The aim of this work is to show how a study of water availability assessment can guide the mitigation of risks to the environment and the business.

**Keywords** – evaluation, availability, hydric

### **INTRODUÇÃO**

A água é um insumo essencial à maioria das atividades econômicas e a gestão deste recurso natural é de suma importância na manutenção de sua oferta em termos de quantidade e qualidade. Apesar da aparente abundância de recursos hídricos no Brasil (14% da água doce do planeta e 53% do continente sul americano), sua distribuição natural é irregular nas diferentes regiões do país.

A região Norte, com apenas 7% da população brasileira, reúne 68% da água doce do país, na Bacia Amazônica. O Nordeste, com 29% da população, tem apenas 3% da água doce. No Sudeste, a situação é ainda pior: 43% da população e menos de 6% da água doce de superfície.

\*<sup>1</sup> Engenheiro civil, especialista em Meio Ambiente, Engenheiro de Meio Ambiente da Área de Negócios do Abastecimento da PETROBRAS Consultor Técnico em Recursos Hídricos e Efluentes - E-mail: jcmannarino@petrobras.com.br

<sup>2</sup> Engenheiro Ambiental, Engenheiro de Meio Ambiente da Área de Negócios do Abastecimento da PETROBRAS - E-mail: pedroax@petrobras.com.br

<sup>3</sup> Engenheira Civil, especialista em Hidrologia, Coordenadora Técnica de Projetos e Estudos Ambientais da ENGECORPS ENGENHARIA S.A. - E-mail: aida.andreazza@terra.com.br

Além disso, a legislação brasileira sobre gestão de recursos hídricos dispõe de forma clara, nos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o uso prioritário, em situações de escassez, para o consumo humano e a dessedentação de animais em detrimento aos demais usos.

As doze unidades industriais integrantes do estudo realizado estão distribuídas por quase todas as regiões do país, com diferentes realidades de cenários locais de inserção em termos de disponibilidade hídrica para os quinze mananciais estudados.

Sendo assim, cada unidade terá uma demanda particular para gerenciamento de recursos hídricos: enquanto algumas, inseridas em cenário de abundância deste recurso, necessitam tomar ações de cunho cultural, pequenas modificações de processos e similares, outras, inseridas em cenário de escassez, de fato ou premente, devem envidar esforços para maximizar o nível de redução e reuso, culminando com a recirculação total do efluente final e/ou busca de fontes alternativas externas de suprimento de água.

Portanto, torna-se fundamental, como ferramenta para gerenciamento de risco ambiental e ao próprio negócio, o conhecimento e acompanhamento sistemático do cenário de disponibilidade hídrica atual e futuro, em cenários de curto médio e longo prazo. Principalmente quando se trata de uma estrutura multisites, como é o presente caso, situação em que é necessária uma visão corporativa do quadro, de forma a otimizar recursos, humanos e financeiros.

Este trabalho tem a finalidade de apresentar a síntese do estudo desenvolvido ao longo do ano de 2012, contratado à ENGEORPS ENGENHARIA S.A., destacando a metodologia de trabalho, principais dados obtidos, restrições e resultados obtidos.

Com a conclusão do trabalho, será possível orientar a definição das metas de desempenho de cada refinaria em relação ao tema, bem como priorizar investimentos necessários em ações de redução de consumo de água.

## **METODOLOGIA DO ESTUDO**

Em síntese, os serviços realizados tiveram por foco principal a avaliação da disponibilidade hídrica quanti-qualitativa dos recursos hídricos dos 15 mananciais que são utilizados para abastecimento de 12 unidades industriais, a proposta de fontes alternativas de abastecimento de água, visando garantia de suprimento de água em horizontes de curto (5 anos), médio (10 anos) e longo prazo (20 anos), além de apresentar um Plano de Ação para controle das ameaças identificadas ao abastecimento de água dessas unidades.

Para aquelas unidades abastecidas por mais de um manancial, a avaliação se deu de forma individualizada.

Adicionalmente, também fez parte dos serviços a estruturação de um Banco de Dados Georreferenciado (BDG), dando suporte à montagem de um sistema de informações de gerenciamento de disponibilidade hídrica, facilitando futuras consultas e atualizações. A figura 1 apresenta resumo esquemático da sequência do trabalho.



**Figura 1 – Etapas do Estudo de Disponibilidade Hídrica realizado**

Neste trabalho, serão enfatizadas as etapas 2 e 3.

## LEVANTAMENTO DE DADOS

Os estudos foram desenvolvidos com utilização de dados secundários, obtidos em inúmeras fontes de pesquisa, páginas eletrônicas oficiais de diversas entidades e instituições, estudos anteriores disponíveis, incluindo Planos de Bacia Hidrográfica e diversos trabalhos elaborados sob a condução da Agência Nacional de Águas – ANA, além de estudos e dados gerados pelas próprias unidades industriais e visitas em campo.

Especificamente em relação a dados hidrometeorológicos, observou-se de uma forma geral em todas as regiões estudadas, ausência de séries históricas consistentes, o que obrigou a adoção de outras técnicas para estabelecimento de padrões hidrológicos, como por exemplo, a regionalização de vazões.

Também foi utilizado recurso de contato telefônico ou por correio eletrônico com os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e também com a ANA, buscando dados adicionais, não disponíveis na Web, ou detalhamentos e esclarecimentos acerca de dados obtidos.

Os dados identificados como de interesse foram coletados, sistematizados, organizados e armazenados para utilização pela equipe técnica, constituindo um acervo extenso e variado, que foi aproveitado durante todo o desenvolvimento dos serviços, servindo, também, para a alimentação do Banco de Dados.

Os mapeamentos temáticos apresentados nos relatórios das Etapas II e III foram processados e espacializados em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica) com a utilização do software ArcGis10 da ESRI, além da utilização de imagens de satélite do TM/Landsat 5 e imagens atualizadas e de alta resolução espacial do Google Earth-Pro.

✓ Resumidamente, podem ser citadas as seguintes fontes de consulta utilizadas para obtenção das informações mais relevantes:

✓ Caracterização físico-biótica da bacia hidrográfica: bases cartográficas em diferentes escalas, imagens de satélite e estudos e mapeamentos anteriores referentes aos temas Clima, Hidrografia, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrogeologia, Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal;

✓ Caracterização socioeconômica da bacia hidrográfica: dados censitários diversos, com destaque às informações do IBGE e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS;

✓ Caracterização da disponibilidade hídrica quanti-qualitativa do manancial: utilização de Planos de Bacia, estudos de regionalização hidrológica, dados hidrometeorológicos e de

qualidade das águas disponíveis no site [www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br) e/ou em estudos anteriores consultados;

✓ Determinação das demandas de recursos hídricos atuais e futuras: utilização de dados censitários, de registros de outorgas para captação de águas superficiais e subterrâneas, de Planos de Bacia, do estudo conduzido pela ANA “Atlas de Abastecimento Urbano de Água”, concluído em 2010, do “Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos”, também conduzido pela ANA, do estudo “Estimativa das Vazões para Atividade de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional”, de autoria do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, entre outros;

✓ Indicação de fontes alternativas de abastecimento de água: estudos anteriores, dados hidrometeorológicos e de qualidade das águas obtidos nas mesmas fontes já citadas, além do Atlas de Abastecimento Urbano de Água.

Uma análise da legislação sobre gerenciamento de recursos hídricos aplicável às unidades industriais e aos seus mananciais de abastecimento também foi realizada.

O recorte espacial adotado na Etapa II foi a menor bacia hidrográfica para a qual existisse um comitê de bacia instalado, considerando a localização dos mananciais utilizados pelas unidades industriais.

Já para a 3ª Etapa, visando o balanço hídrico entre oferta e demanda de recursos hídricos no ponto de captação de água pelas unidades, foi adotada a área de drenagem da bacia hidrográfica até o referido ponto de captação.

## BALANÇO HÍDRICO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS

O balanço hídrico entre oferta e demandas de recursos hídricos foi realizado considerando a disponibilidade hídrica dos mananciais hoje utilizados e a quantificação de demandas e consumos hídricos para atendimento a usos múltiplos na área de drenagem da bacia hidrográfica até o ponto de captação das refinarias, no cenário atual (2010), e em horizontes de curto (5 anos), médio (10 anos) e longo prazo (20 anos).

No caso de unidade industrial abastecida exclusivamente por águas subterrâneas, o balanço hídrico foi realizado para o aquífero no qual se localizam os 12 poços utilizados.

Esquemáticamente, o processo para avaliar a disponibilidade hídrica do manancial para atendimento às demandas atuais e futuras das unidades está representado na Figura 2.



**Figura 2 – Representação da equação de verificação de disponibilidade hídrica**

Para o balanço hídrico, foram mapeados e quantificados os seguintes usos consuntivos dos recursos hídricos na área de drenagem da bacia hidrográfica até o ponto de captação das unidades, no cenário atual (2010), e em horizontes de curto (5 anos), médio (10 anos) e longo prazo (20 anos):

- ✓ Abastecimento humano – população urbana e rural;
- ✓ Abastecimento industrial;
- ✓ Irrigação; e
- ✓ Dessedentação animal.

Para estabelecimento da oferta de água superficial, foram consideradas as vazões de referência para outorga adotadas pelo órgão gestor de recursos hídricos competente (ANA, para rios federais e órgãos gestores dos Estados, para corpos d'água de domínio estadual), retorno das vazões demandadas na área da captação, vazão total consumida, vazões exportadas, bem como vazão ecológica obrigatória a ser mantida para jusante do ponto de captação.

A expressão (1), a seguir, mostra o equacionamento adotado para a avaliação da disponibilidade hídrica nos pontos de captação das unidades por meio do cálculo do saldo disponível para outorga.

$$S = \{[(Q_{ref}) + Q_{RI} - (Q_C + Q_{DE})] - (k_1 \times Q_{ref})\} \quad (1)$$

Onde:

- ✓  $S$  = saldo disponível para outorga, em L/s;
- ✓  $k_1$  = coeficiente definido pelo órgão gestor para cálculo da vazão ecológica ou sanitária;
- ✓  $Q_{ref}$  = vazão de referência para orientar a outorga de direito de uso de recursos hídricos, definida pelo órgão gestor, em L/s;
- ✓  $Q_{RI}$  = retorno das vazões importadas para a área de drenagem da captação superficial, em L/s;
- ✓  $Q_C$  = vazão total consumida na área de drenagem em que a captação superficial está inserida, em L/s;
- ✓  $Q_{DE}$  = demanda exportada da área de drenagem, em L/s.
- ✓

De posse dos saldos hídricos para outorga nos pontos de captação e das demandas atuais e futuras de cada unidade, verificou-se se o manancial utilizado por cada uma delas possui disponibilidade suficiente para atendimento a essas demandas até o horizonte de planejamento do estudo, ou seja, o ano de 2030.

O resultado individual de cada unidade permitiu uma avaliação de sua condição de criticidade hídrica em relação ao seu cenário de inserção. Porém, conforme já mencionado, verificou-se a necessidade de elaboração de uma análise integrada.

Desta forma, para cada horizonte temporal estudado, foi elaborado um indicador denominado “DE” – Demanda Hídrica Efetiva (expressão 2), que representa a razão entre as vazões consumidas e exportadas (C) da área de drenagem da bacia hidrográfica até o ponto de captação da unidade ou área de ocorrência do aquífero e a soma do saldo hídrico disponível para outorga nos mananciais que abastecem as refinarias (S) com as vazões consumidas e exportadas na área de drenagem da bacia hidrográfica até o ponto de captação da unidade (C):

$$DE = \frac{C}{(C + S)} \quad (2)$$

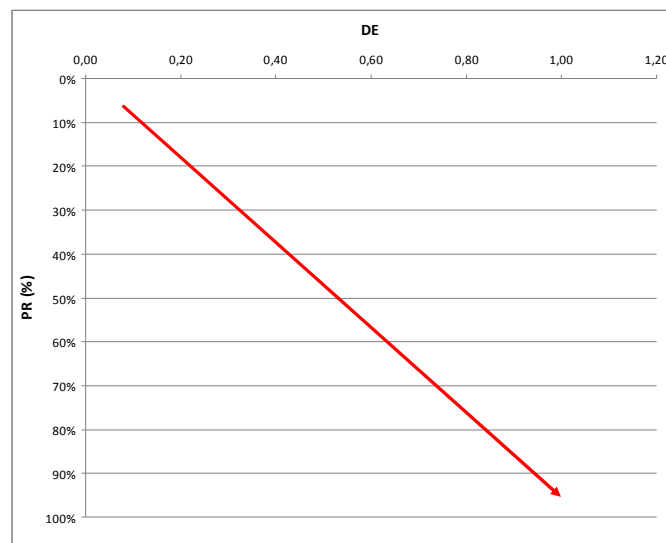
Portanto, esse indicador permite avaliar níveis de risco associados à utilização do manancial para suprir demandas antrópicas, uma vez que o saldo hídrico para outorga (S) já considera a parcela reservada para atendimento da demanda ambiental (vazão ecológica).

Observa-se que resultados maiores que a unidade configuram uma situação real de déficit hídrico.

Também foram calculados os percentuais que os usos prioritários dos recursos hídricos definidos por legislação (abastecimento humano urbano e rural e a dessedentação de animais) representam em relação aos demais usos da água na área de captação das unidades.

A avaliação de tal percentual, denominado “PR%”, permite observar quais unidades estariam sujeitas a uma eventual “ameaça”, caso o suprimento de água aos usos prioritários passasse a ser uma medida de gestão dos usos múltiplos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica ou aquífero que a abastece.

Com os valores de demandas hídricas efetivas (DE) e os percentuais dos usos prioritários (PR%), foram feitas análises integradas entre esses dois indicadores, por horizonte de estudo. Os resultados foram plotados em gráficos que mostram o posicionamento relativo das unidades em face da ameaça complementar avaliada, cuja intensidade é tanto maior quanto maiores forem os valores de DE e PR, ou seja, quanto maior for o comprometimento do manancial para atender às demandas antrópicas e quanto maior for o percentual das demandas prioritárias no total dessas demandas (no sentido da seta na Figura 3).



**Figura 3 – Representação do sentido de aumento de criticidade**



## PRINCIPAIS RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados obtidos para os cenários de 2010, 2015 e 2030.

Cenário 2010:

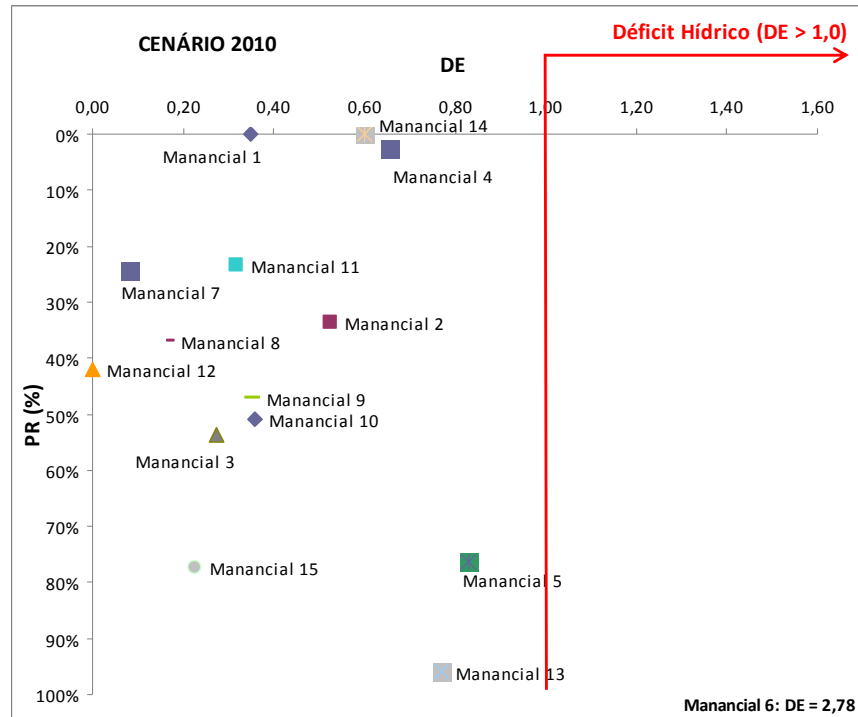


Figura 4 – Gráfico DE x PR(%): Situação dos mananciais no cenário 2010

Cenário 2015:

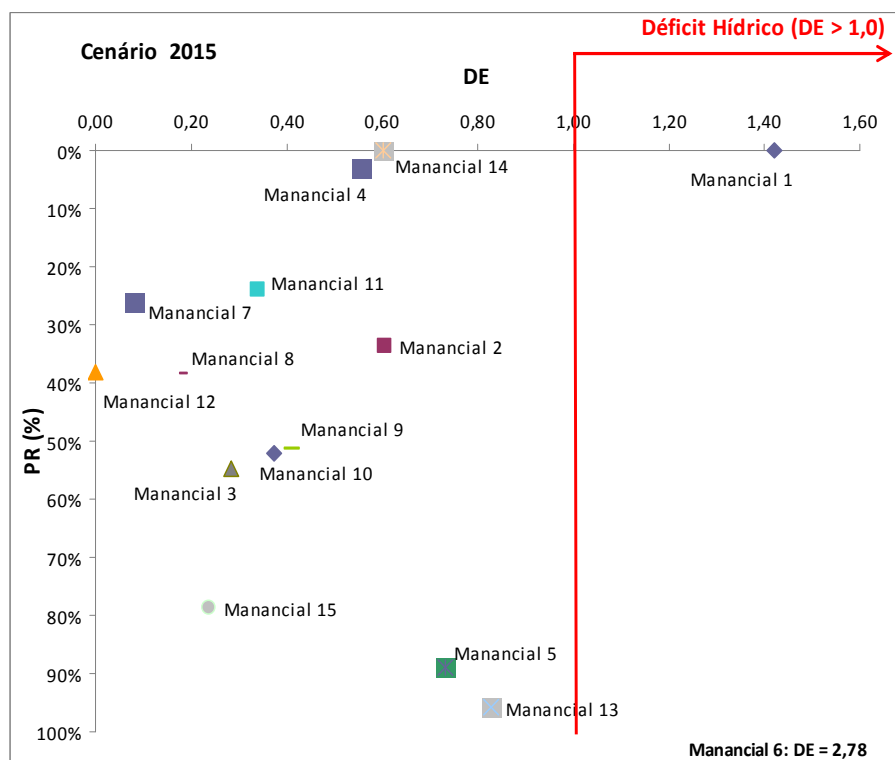
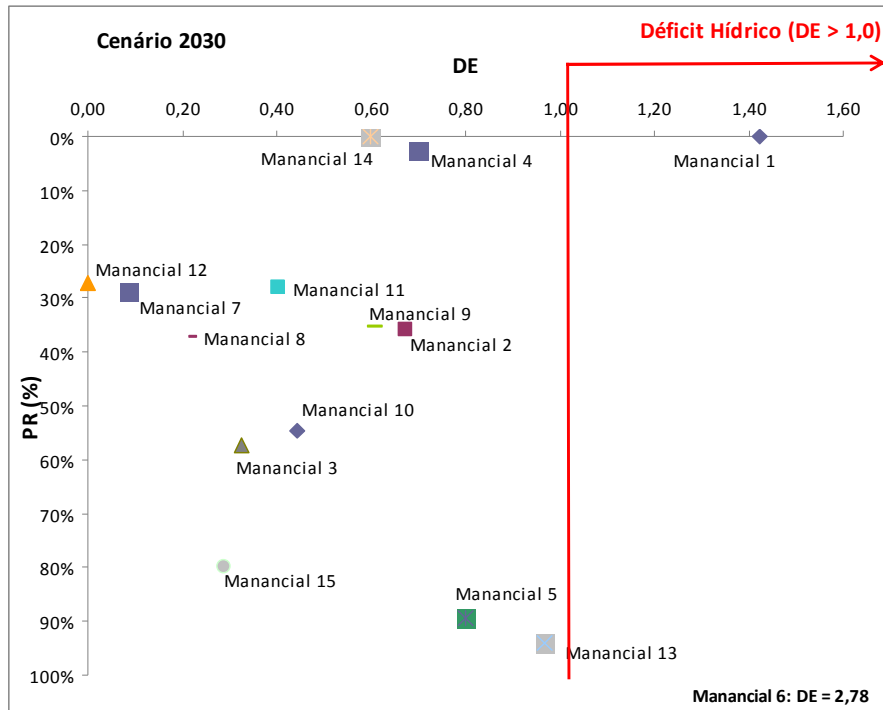


Figura 5 - Gráfico DE x PR(%): Situação dos mananciais no cenário 2015

Cenário 2030:



**Figura 6 - Gráfico DE x PR(%): Situação dos mananciais no cenário 2030**

Analisando os gráficos, é possível posicionar relativamente os mananciais que fornecem água para as atividades produtivas das unidades industriais integrantes do estudo.

Observa-se que entre os cenários de 2010 e 2015, o manancial 1 apresentou a maior variação de posição nos gráficos correspondentes, aumentando significativamente sua criticidade. Este fato é decorrente de alteração do balanço hídrico causada pela redução de vazão de água importada na bacia de drenagem do ponto de captação prevista para ocorrer no período. O estudo apontou ainda alternativas para mitigação deste risco, que estão sendo avaliadas para implementação.

Os mananciais 5 e 13, apesar de se manterem em uma mesma região nos gráficos ao longo dos cenários, representam os mananciais de maior criticidade no conjunto daqueles estudados.

O manancial 6, mesmo configurado em cenário de déficit hídrico, não representa a fonte principal de água da unidade que abastece.

Cabe ressaltar que as projeções obtidas encontram níveis de incerteza adicionais (além daquelas inerentes ao processo de projeções) decorrentes da ausência de séries históricas de dados hidrológicos e, em muitos casos, de planos de bacias, planos estratégicos de desenvolvimento, etc.

## CONCLUSÃO

A avaliação sistemática de disponibilidade hídrica constitui importante ferramenta de gestão para o setor industrial, visto que este setor é o usuário de menor prioridade, em situações de escassez, conforme fundamentos do arcabouço legal brasileiro sobre o tema.

No presente caso, por se tratar da gestão integrada de várias unidades industriais distribuídas pelo país, a importância é ainda maior, pois o resultado do estudo permitirá o aperfeiçoamento da gestão integrada de recursos hídricos, com foco em mitigação de riscos, através de orientação para estabelecimento de metas de desempenho, priorização de investimentos e prazos específicos por unidade para reavaliação dos cenários.



## REFERÊNCIAS

BRASIL (1997). Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 13 mai 2013.

BRASIL (2010). ATLAS Brasil. Abastecimento Urbano de Água – Agência Nacional de Águas (ANA) Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 13 mai 2013

BRASIL (2012). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Agência Nacional de Águas (ANA) Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>. Acesso em: 14 mai 2013