

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE 20150002/CEL 04/SRH/CE  
SOLICITAÇÃO DE PROPOSTAS (SDP) Nº 01  
PROCESSO – VIPROC Nº 0777305/2016

CONTRATO Nº 02/PFORR/SRH/CE/2016



**EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS  
INSTRUMENTOS DE GESTÃO COM FOCO NA OUTORGA,  
COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS NO CEARÁ**

**RELATÓRIO 07 – EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA**



MAIO/2017



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**CONTRATO 02/PFORR/SRH/CE/2016**

**EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS  
INSTRUMENTOS DE GESTÃO COM FOCO NA OUTORGA, COBRANÇA E  
FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS NO CEARÁ**

**FASE II - CONCEPÇÃO DA ESTRATÉGIA DE INTEGRAÇÃO DOS  
INSTRUMENTOS DE GESTÃO: OUTORGA, COBRANÇA E  
FISCALIZAÇÃO**

**ETAPA 1 – REVISÃO DA FÓRMULA DE CÁLCULO DA COBRANÇA**

**RELATÓRIO 07 – EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA**

**MAIO/2017**



## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste no **Relatório 07 – Eficiência do Uso da Água**, relativo aos Estudos de Análise e Integração dos Instrumentos de Gestão com Foco na Outorga, Cobrança e Fiscalização, consoante a Solicitação de Propostas (SDP) Nº 01 que resultou no Contrato 02/PFORR/SRH/CE/2016 firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará e a IBI Engenharia Consultiva S/S.

Os produtos a serem apresentados em forma de relatórios técnicos das atividades desenvolvidas são os seguintes:

- Plano de Trabalho
- Fase I - Atualização da matriz tarifária
  - Relatório 01 - Revisão dos custos fixos e variáveis dos sistemas de recursos hídricos
  - Relatório 02 - Revisão da capacidade de pagamento
  - Relatório 03 - Revisão do subsídio cruzado
  - Relatório 04 - Consolidação da Fase I – Atualização da matriz tarifária 3,35%
- Fase II - Concepção da estratégia de integração dos instrumentos de gestão: Outorga, Cobrança e Fiscalização

### **Etapa 1 - Revisão da fórmula de cálculo da cobrança**

- Relatório 05 - Adoção de bandeiras tarifárias
- Relatório 06 - Qualidade da água
- Relatório 07 - Eficiência do uso da água
- Relatório 08 - Disponibilidade efetiva
- Relatório 09 - Volume outorgado
- Relatório 10 - Consolidação da Etapa 1 - Revisão da fórmula de cálculo da cobrança

### **Etapa 2 - Estudos de viabilidade: cobrança**

- Relatório 11 - Sistema de cobrança em função da garantia de uso
- Relatório 12 - Seguro para atividades agrícolas
- Relatório 13 - Mecanismos de compensação financeira
- Relatório 14 - Fundo de reserva para eventos extremos
- Relatório 15 - Proposição de novas categorias tarifárias
- Relatório 16 - Consolidação da Etapa 2 - Estudos de viabilidade: cobrança

### **Etapa 3 – Estudos de viabilidade: outorga**

- Relatório 17 - Experiências internacionais com outorga e alocação de água
- Relatório 18 - Análise do fluxo processual de outorga de água
- Relatório 19 - Análise do fluxo da alocação negociada da água
- Relatório 20 - Outorga coletiva de uso da água



- Relatório 21 - Revisão do manual de outorga
- Relatório 22 - Consolidação da Etapa 3 - Estudos de viabilidade: outorga
- Relatório 23 - Etapa 4 - Estudos de viabilidade: fiscalização
- Fase III - Descrição da articulação necessária para adaptação das alterações propostas
  - Relatório 24 - Consolidação da descrição da articulação necessária para adaptação das alterações propostas



## ÍNDICE



## ÍNDICE

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 - EFICIENCIA DOS USOS DA ÁGUA.....</b>	<b>11</b>
2.1 - ABASTECIMENTO URBANO .....	11
2.2 - IRRIGAÇÃO .....	14
2.3 - INDÚSTRIA .....	20
2.4 - AQUICULTURA.....	21
<b>3 - PROPOSTA METODOLÓGICA.....</b>	<b>25</b>
<b>4 - AÇÕES PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA.....</b>	<b>34</b>
<b>5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>



## 1 - INTRODUÇÃO



## 1 - INTRODUÇÃO

O crescente aumento da demanda hídrica, impulsionado pelo aumento da população, vem disparando diversas discussões sobre a conservação de água. Além disso, a poluição dos recursos hídricos e os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a oferta de água tem dado notoriedade a este tema.

A conservação da água refere-se a todas as políticas e medidas de gestão ou práticas do usuário que visa conservar e combater a degradação dos recursos hídricos. Assim, ela envolve, de forma integrada, gestão, tecnologia, educação e economia.

Ela deve ser aplicada tanto sobre o aspecto quantitativo quanto para o qualitativo. O primeiro caso considera ações de economia de água, como práticas respectivas ao uso racional, com o intuito de reduzir desperdícios nas edificações e nos sistemas de abastecimento, além de práticas específicas de utilização de fontes alternativas, como o reuso de água a nível residencial, industrial e da própria infraestrutura sanitária. A conservação qualitativa depende de ações de controle da poluição, como o tratamento de efluentes e do próprio reuso de água, uma vez que tal prática tende a reduzir o volume demandado (SANTOS; MALINOWSK, 2005).

Além disso, Maryland Department of the Environment (2013) sugere que esta ação seja realizada tanto do lado da oferta (como a detecção de vazamentos e reparos no caso do setor de abastecimento urbano) quanto da demanda hídrica. A oferta pode exigir recursos financeiros adicionais, no entanto, há algum potencial de redução de custos de operação e recuperação das receitas perdidas.

Vale lembrar que a conservação de água não deve ser implementada apenas em tempos de escassez, já que ela é importante para diminuir o estresse que a sociedade impõe sobre os recursos hídricos e ajudar o sistema de gestão a ser mais flexível, ou seja, ela é uma ação de uma gestão proativa. Além disso, ela deve abranger todos os usuários de água: residências, indústrias, irrigação, etc.

Este relatório propõe a aumentar a conservação do uso da água por meio a eficiência do uso. Sugere-se que este parâmetro interfira na composição do valor da cobrança, aumentando este valor para usuários avaliados como ineficientes.



Para isso, a estrutura da cobrança é modificada para um modelo binomial sendo o primeiro componente correspondendo à cobrança pela quantidade e o segundo à cobrança pela qualidade. Neste modelo, a eficiência de uso é o coeficiente que multiplica os dois componentes acima e altera o valor cobrado no intuito de promover a conservação da água.

O relatório está organizado em quatro seções em adição à esta. A segunda seção descreve sobre a eficiência do uso da água nos setores de abastecimento urbano, irrigação, indústria e aquicultura. Em sequência, tem-se a proposta metodológica em que é exposto o modelo de cobrança proposto e aponta como a eficiência de irrigação afetará no valor cobrado. Na quarta seção, discorre-se sobre ações que podem ser implementadas pelos setores de abastecimento urbano e irrigação para aumentar a eficiência do uso. Na última seção, tem-se as referências bibliográficas.



## 2 - EFICIENCIA DOS USOS DA ÁGUA

## 2 - EFICIÊNCIA DOS USOS DA ÁGUA

### 2.1 - ABASTECIMENTO URBANO

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2013), um dos principais desafios das operadoras de água em países em desenvolvimento é reduzir as perdas de água no abastecimento.

As perdas nos sistemas de abastecimento de água incluem duas categorias (ABES, 2013):

- A “perda de água física” ou “real”, quando o volume de água disponibilizado no sistema de distribuição pelas operadoras de água não é utilizado pelos clientes, sendo desperdiçado antes de chegar às unidades de consumo;
- A “perda de água comercial” ou “aparente”, quando o volume utilizado não é devidamente computado nas unidades de consumo, sendo cobrado de forma inadequada.

As perdas reais representam o volume efetivamente perdido no sistema. Elas são decorrentes de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras e nas redes de distribuição, nos ramais das ligações prediais, nas ETAs e nos extravasamentos de reservatórios. São inerentes a todos os sistemas de abastecimento de água. Não é possível zerar esse tipo de perda, porém o volume de perdas reais, na maioria dos sistemas do Brasil, é significativamente mais elevado do que o justificável.

As perdas aparentes representam a parcela de perda total que não é causada por vazamentos e extravasamentos nos reservatórios. Em comparação com as perdas reais, estas têm um efeito negativo muito maior sobre o orçamento das companhias, pois, além do gasto com a produção, perde-se o valor agregado à água entregue. São causadas principalmente por erros de medição e leitura, erros cadastrais ou na contabilidade do consumo de água e pelo consumo não autorizado.

O erro de medição (submedição) é uma das principais causas das perdas aparentes nas companhias de saneamento e ocorrem por diversos motivos. A ocorrência de uma ampla gama de medidores, que variam de tamanho, tipo e classe, juntamente com uma

vasta variação de padrões de consumo existentes nos sistemas urbanos, dificulta a correta especificação dos medidores pelos profissionais.

Já a perda pelo consumo não autorizado está relacionada com ligações clandestinas e o uso fraudulento de água de descargas e hidrantes.

No Brasil, por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS no ano de 2000, do Ministério das Cidades, e de várias companhias estaduais e municipais de saneamento, adotou o entendimento da International Water Association (IWA) para contabilizar as perdas de água. A metodologia da IWA propõe duas abordagens para essa conta: Balanço Hídrico e Vazão Mínima Noturna.

O Balanço Hídrico (**Tabela 2.1**) é feito por meio de uma planilha quantitativa, onde se detalha os diversos tipos de consumo e de perdas que ocorrem no sistema de abastecimento de água. Todos os seus componentes devem ser expressos em termos volumétricos, para efeitos de comparação, e quantificados sobre o mesmo período, de 12 meses, para dispensar o efeito de sazonalidades e diferenças de apuração nos volumes macro e micromedidos.

**Tabela 2.1 - Matriz do Balanço Hídrico - IWA**

Volume Produzido	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados	Águas Faturadas	
			Consumos não-medidos faturados (estimados)		
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não-faturados (usos próprios, caminhão-pipa etc)		
			Consumos não-medidos, não-faturados (corpo de bombeiros, favelas etc)		
	Perdas de Água	Perdas Aparentes		Consumos não-autorizados (fraudes e falhas de cadastro)	Águas Não-Faturadas
				Imprecisão dos medidores (hidrômetros)	
		Perdas Reais		Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
				Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro	
		Vazamentos e extravasamentos nos aquedutos e reservatórios de distribuição			

Fonte: Alegre (2006)

Segundo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2015), o consumo médio de água no Brasil é de 154,0 litros por habitante ao dia, com variações regionais de 116,1 l/hab.dia no Nordeste a 176,0 l/hab.dia no Sudeste. Entretanto, ao distribuir água para garantir esse consumo, os sistemas sofrem perdas de 36,7% na média nacional (indicador IN<sub>049</sub><sup>1</sup>). No Ceará, o índice de perdas representa 41,2%. Observando os prestadores de serviços de abrangência regional, a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará possui perda de 43,8%.

Na **Tabela 2.2** apresenta-se o indicador IN<sub>049</sub> dos prestadores de serviços de água no Brasil, por região geográfica.

**Tabela 2.2 - Índice de perdas na distribuição (indicador IN<sub>049</sub>) das regiões geográficas do Brasil para o ano de 2015.**

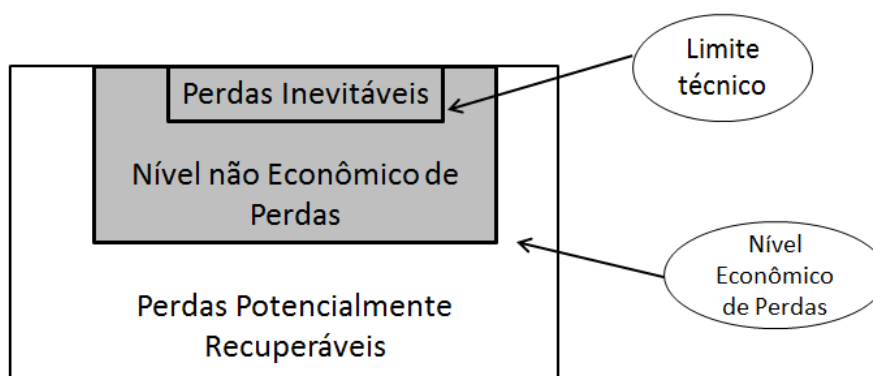
REGIÃO	TOTAL (%)
NORTE	46,3
NORDESTE	45,7
SUDESTE	32,9
SUL	33,7
CENTRO-OESTE	35,5
<b>BRASIL</b>	<b>36,7</b>

Fonte: SNIS (2015)

A IWA também definiu limites para marcar as metas de longo prazo das companhias de saneamento no combate as perdas: limites econômicos e limites técnicos (**Figura 2.1**).

---

<sup>1</sup> Este indicador é calculado pela diferença entre o volume da água produzido e o volume da água consumido, dividido pelo volume de água produzido, descontado o volume usado para atividades operacionais e especiais e somado ao volume tratado importado.



Fonte: IWA Water Loss Task Force and AWWA Water Loss Control Committee (2000).

**Figura 2.1 - Níveis de Perdas no sistema de abastecimento.**

O limite econômico configura quando os custos para a execução das ações de combate às perdas se igualam aos custos de exploração e distribuição da água (ou ao custo marginal para a exploração de um novo sistema produtor de água) e depende das características de cada sistema: a disponibilidade hídrica, os seus custos de exploração, os custos de distribuição e os custos das ações operacionais para combater as perdas. O limite técnico é definido a partir do qual não se consegue reduzir mais as perdas, com as metodologias e tecnologias atualmente disponíveis (ABES, 2015).

Desta forma, faz-se necessário reduzir as perdas das companhias de abastecimento para alcançar o uso eficiente da água.

## 2.2 - IRRIGAÇÃO

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos, 69% da água no Brasil têm utilização na agricultura irrigada, com eficiência média de 64%, ou seja, 36% da água derivada para a irrigação no País constituem-se em perdas.

O volume de água captado de uma fonte hídrica para a irrigação, em geral, é superior às necessidades hídricas da cultura. Isso se deve às perdas que ocorrem durante a condução e a aplicação da água na irrigação, bem como às perdas de água que ocorrem no campo após a irrigação.

Segundo Howell (2001), a água captada para irrigação dentro de uma bacia está sujeita basicamente a três tipos de perdas:

- perdas de água por evaporação em canais, na trajetória das gotas entre o emissor e o solo e no próprio solo durante e após as irrigações;
- perdas por infiltração durante a condução da água em canais e por percolação abaixo da zona radicular da cultura durante e após a irrigação. Em alguns casos, essas perdas podem ser recuperadas por canais de drenagem e a água reutilizada à jusante na bacia;
- perdas relacionadas à água de drenagem, quando essa se torna tão poluída ou salinizada que não pode mais ser reutilizada para irrigação ou consumo humano e industrial.

Segundo Miranda (2006), em virtude dos diferentes tipos de perdas que ocorrem desde a captação da água na fonte hídrica até sua utilização pela cultura após a irrigação, várias definições de eficiências e uniformidades podem ser utilizadas para avaliar a irrigação. A escolha de qual eficiência será avaliada vai depender dos objetivos da avaliação e de qual sistema se deseja avaliar.

Podem-se ter as seguintes eficiências na irrigação:

#### **i. Eficiência de Condução**

A água utilizada na irrigação pode ser captada de um rio, de um reservatório de superfície ou do subsolo e ser transportada para a área irrigada através de canais ou tubulações. Durante a condução da água desde a fonte até o campo, geralmente, ocorrem perdas que podem afetar significativamente o custo da irrigação e o meio-ambiente.

Nos canais, essas perdas ocorrem principalmente devido à evaporação, transbordamentos, infiltração (canais não revestidos) e rachaduras (canais revestidos). Perdas por infiltração em canais não revestidos têm sido relacionadas à elevação do lençol freático e à salinização do solo em várias regiões do mundo. Quando a água é



transportada em tubulações, as perdas na condução normalmente são menores que nos canais e ocorrem, principalmente, em virtude de vazamentos.

A eficiência de condução representa a razão entre o volume de água que efetivamente chega à área irrigada e o volume de água retirado da fonte hídrica, de acordo com a expressão:

$$Ec = 100 \times \frac{Vi}{Vc}$$

Em que:

$E_c$  = eficiência de condução (%);

$V_i$  = volume de água que chega ao campo para ser utilizado na irrigação ( $m^3$ );

$V_c$  = volume de água captada na fonte hídrica ( $m^3$ ).

## ii. Eficiência de Aplicação

A aplicação de água no campo pode ser feita através de diversos sistemas de irrigação, os quais são classificados basicamente em três métodos de irrigação:

- Aspersão: a água é aplicada sobre a folhagem da cultura e sobre o solo;
- Superfície: somente a superfície do solo é umedecida de forma parcial ou total;
- Localizada: aplica-se a água em uma área limitada sobre a superfície do solo, referencialmente dentro da área sombreada pela copa das plantas.

O objetivo da irrigação é de aplicar a água e armazená-la no solo para que seja utilizada pela cultura. Para que o crescimento da cultura seja uniforme, a água deve ser uniformemente aplicada em todo o campo.

A eficiência de aplicação relaciona a quantidade de água armazenada na zona radicular, em benefício da cultura após a irrigação, com a quantidade de água aplicada. Entre as perdas que afetam a eficiência de aplicação podem ser citadas perdas por percolação abaixo da zona radicular, perdas por vazamentos de água na tubulação de irrigação (linhas laterais, de derivação, principal) e nos emissores, perdas por evaporação e arrastamento de gotas entre a saída do emissor (aspersor, microaspersor) e o solo e escoamento superficial na superfície do solo.

A eficiência de aplicação é determinada por:

$$Ea = 100 \times \frac{Vn}{Vi}$$

Em que:

Ea = eficiência de aplicação (%);

Vn = volume de água requerido pela cultura (m<sup>3</sup>) ou o volume de água aplicado na irrigação que é efetivamente armazenado na zona radicular.

Vi = volume de água aplicado na irrigação (m<sup>3</sup>);

O volume de água requerido pela cultura pode ser igual ao volume necessário para elevar a umidade do solo à capacidade de campo na zona radicular no momento da irrigação ou ser menor, caso se deseje deixar alguma reserva para armazenar a água de possíveis chuvas que venham a ocorrer.

A eficiência de aplicação pode ser alta e chegar a 100% quando o escoamento superficial é controlado e as lâminas de irrigação aplicadas são pequenas e insuficientes para elevar a umidade do solo na zona radicular à capacidade de campo, minimizando as perdas por percolação. No entanto, a quantidade de água aplicada pode não ser suficiente para atender às necessidades hídricas da cultura, resultando em redução da produtividade. Portanto, uma eficiência de aplicação alta pode ser resultante de uma irrigação inadequada.

### iii. Eficiência de armazenamento de água

A quantidade máxima de água que deve ser aplicada em uma irrigação para se maximizar sua eficiência é determinada pela diferença entre a capacidade de campo e a umidade do solo na zona radicular no momento da irrigação. Em alguns casos, é necessário aplicar um pequeno excesso de água a fim de lixiviar os sais acumulados no solo. A eficiência de armazenamento é definida por:

$$Es = 100 \times \frac{Vn}{(Vr - Va)}$$

Em que:

$E_s$  = eficiência de armazenamento, %;

$V_n$  = volume de água armazenado no solo na zona radicular da cultura,  $m^3$ ;

$V_r$  = volume de água que o solo é capaz de armazenar entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente na profundidade do sistema radicular,  $m^3$ ;

$V_a$  = volume de água disponível no solo na profundidade do sistema radicular antes da irrigação,  $m^3$ ;

A eficiência de armazenamento é de difícil determinação em virtude da dificuldade em se determinar com precisão a profundidade da zona radicular, que pode variar de um local para outro, inclusive dentro da mesma área irrigada e ao longo do ciclo da cultura.

#### iv. Eficiência de irrigação

O conceito clássico de eficiência de irrigação ( $E_f$ ) é definido como a relação entre o volume de água utilizado pelas plantas (evapotranspiração líquida) e o volume de água aplicado conforme a equação abaixo.

$$E_i = 100 \times \frac{V_b}{V_i}$$

Em que:

$E_i$  = eficiência de irrigação, %;

$V_b$  = volume de água utilizado em benefício da cultura,  $m^3$ ;

$V_i$  = volume de água aplicado na irrigação,  $m^3$ .

Quando grandes volumes de água são percolados ou sofrem escoamento superficial, a eficiência de irrigação ( $E_f$ ) será baixa, mesmo que uma parte da água seja utilizada por outros irrigantes. Desta forma, o conceito clássico falha ao ignorar o potencial de reuso de volumes de retornos da irrigação (KELLER *et al.*, 1996).

O volume de água utilizado em benefício da cultura inclui os volumes de água necessários para repor a evapotranspiração da cultura, para a aplicação de fertilizantes e pesticidas e para o controle da salinidade do solo através da lixiviação de sais. As

perdas de água por percolação profunda, escoamento superficial, evaporação e arrastamento de gotas pelo vento tendem a reduzir a eficiência de irrigação.

O termo “eficiência da irrigação” tem sido largamente utilizado para caracterizar o desempenho e para avaliar o uso da água na irrigação objetivando otimizar o uso dos recursos hídricos na agricultura.

A eficiência da irrigação pode ser utilizada para medir o desempenho da irrigação de um campo, de uma fazenda, de um distrito de irrigação ou de uma bacia. A eficiência de irrigação é geralmente definida em termos de: 1) *performance* do sistema de irrigação; 2) uniformidade de aplicação de água; e 3) resposta da cultura à irrigação. Essas avaliações do desempenho da irrigação estão relacionadas entre si e podem variar em escala desde o desempenho de um único emissor ou linha lateral, até uma fazenda, um distrito de irrigação ou uma bacia hidrográfica. Podem também variar em termos do tempo, desde uma única irrigação até todo o ciclo da cultura, uma estação ou um ano.

De forma geral, pode-se citar alguns problemas relacionados com a eficiência do uso da água na irrigação:

- a estimativa do consumo de água para irrigação apresenta muitas incertezas, especialmente as decorrentes das condições climáticas e variabilidade espacial e temporal;
- disponibilidade de dados climáticos diários em tempo real ou médias mensais para utilização por parte dos usuários de água para agricultura;
- foco dado ao equipamento de irrigação e pouca atenção ao gerenciamento do uso da água, em nível parcelar;
- falta de adoção de tecnologia e práticas de manejo para racionalização do uso da água na agricultura;
- falta de conhecimento por parte dos irrigantes, de parâmetros de necessidade hídrica dos cultivos irrigados, gerados e disponibilizados pela pesquisa;
- capacitação deficiente dos usuários de água na agricultura, voltada para um manejo dos sistemas de irrigação e para quando e quanto irrigar.

## 2.3 - INDÚSTRIA

Outro setor em que a água precisa ser usada de forma eficiente é o industrial. Neste, ela pode ser tanto matéria-prima incorporada ao produto final, como um composto auxiliar na preparação de matérias-primas, fluido de transporte, de aquecimento e/ou refrigeração, etc.

O uso eficiente pode ser alcançado nas indústrias por meio da adoção de algumas ações como a recirculação, o reuso e a redução do consumo. Essas ações estão descritas a seguir:

- Recirculação: é uma técnica que permite a reinserção da água no processo em que ela já tinha sido utilizada. Frequentemente, quando a água é utilizada pela primeira vez, desencadeia mudanças em suas características físicas e química, e, dessa forma, pode demandar alguma modalidade de tratamento. A recirculação pode ser utilizada em esfriamento de equipagens que geram calor, em processos de lavagem com o intuito de retirar resíduos ou elementos contaminantes dos produtos ou equipes fabricantes, nos processos de transporte de materiais e na fabricação de papel (ARREGUÍN-CORTÉS, 1994).
- Reuso: é uma técnica em que as águas residuárias são utilizadas em algum processo em que não exija alto padrão de qualidade de água. Nessas águas, ficam acrescidas substâncias que lhes confere características físicas, químicas e biológicas correspondentes a sua utilização e geração. A reutilização dessas águas tem se destacado como uma forma apropriada nos programas de uso eficiente de água em muitas indústrias brasileiras. Para Brega Filho e Mancuso (2003, p. 23), o reuso pode ser indireto, direto e reciclagem interna. O primeiro ocorre quando a água, já usada uma ou mais vezes, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída. O reuso direto trata-se do uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades. Enquanto que a reciclagem interna corresponde ao uso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

- Redução do consumo: esta ação pode ser realizada via instrumentos econômicos e financeiros ou via restrição de uso. A tarifa de água, neste caso, é um instrumento poderoso e versátil, e capaz de atingir uma série de objetivos.

Segundo CNI (2013), a indústria brasileira do aço conta com índices elevados de recirculação de água, superiores a 96%, de acordo com o Instituto Aço Brasil. Esse aumento de eficiência resultou em expressiva redução da captação nos corpos d'água e do lançamento de efluentes.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM, a reciclagem ou recirculação da água nas plantas de mineradoras de diversos segmentos é superior a 50%, podendo chegar a 90% na mineração de ferro, ouro e carvão mineral, por exemplo. No caso da areia quartzosa industrial e do calcário calcítico e dolomítico, esse percentual atinge 95%.

Na indústria química, segundo a Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM, houve redução de 34% na captação de água entre 2001 e 2010. As principais origens dessa economia de recursos hídricos no setor se encontram na reciclagem de efluentes líquidos por parte de algumas unidades produtoras hidrintensivas na redução de desperdícios e na economia de vapor.

Esses dados revelam que o uso eficiente da água com conhecimento adequado e a utilização de alternativas que otimizem o seu uso podem contribuir para aumentar a sua disponibilidade e a sua conservação.

## 2.4 - AQUICULTURA

A intensidade do uso da água na aquicultura depende do sistema de cultivo adotado. Contudo, a busca pela utilização sustentável e eficiente desse recurso em todos os sistemas de cultivos é uma das prioridades da aquicultura moderna.

Do ponto de vista quantitativo, a água requerida pela aquicultura é o somatório da água necessária para abastecer as unidades de cultivo (viveiros, tanques, etc.) no início do processo de produção, repor as perdas por evaporação e infiltração que ocorrem no

decorrer do ciclo e para renovação das águas, visando diluir e/ou eliminar resíduos gerados pelo cultivo e, por conseguinte, manter a qualidade da água.

Dentre as ações mais utilizadas para alcançar a eficiência no uso da água nesta atividade tem-se a recirculação e a utilização de águas residuárias.

Comparativamente aos sistemas tradicionais de cultivo de peixes em viveiros, os sistemas de recirculação proporcionam menor consumo de água por quilo de peixe produzido além de terem a vantagem da praticamente nula emissão de efluentes, com a consequente redução do impacto ambiental.

O sucesso deste tipo de cultivo depende da implantação de complexos sistemas de filtragem que proporcionem adequada qualidade de água aos organismos aquáticos, oferta de ração com elevado teor de nutrientes, que possa satisfazer as exigências nutricionais dos organismos mantidos em altas densidades de estocagem e de pessoal devidamente capacitado para operar os equipamentos do sistema. Deste modo, os elevados custos de implantação e operação tornam os sistemas de recirculação mais adequados às espécies com bom valor de mercado e que suportam elevadas densidades de cultivo (AZEVEDO, *et al.*, 2014).

O reuso de águas residuárias tem sido objeto de muitos estudos como o de Gradwohl (2006), que analisou a viabilidade ambiental do aproveitamento de esgotos domésticos tratados na piscicultura, a partir de uma avaliação de risco, evidenciando os aspectos sanitários, epidemiológicos e ecotoxicológicos inerentes ao mesmo, utilizando como organismo teste a tilápia-do-Nilo e o estudo de Andrade (2008), que estudou formas de viabilizar a criação e a produção de tilápia-do-Nilo numa estação de tratamento de esgoto em Brasília (DF), visando o reuso de água na piscicultura e, simultaneamente, verificando se havia melhoria da qualidade do efluente tratado pelo processo de reuso de água com o cultivo dessa espécie de peixe.

Para a aquicultura, os nutrientes contidos nas águas residuárias podem ser utilizados para promover o crescimento de organismos aquáticos, aumentando a produtividade nos cultivos. Assim, a utilização dessas águas pode ser uma forma de reduzir o uso da água nesta atividade.



A integração da aquicultura com a hidroponia (aquaponia) também pode se apresentar como uma solução para proporcionar o uso da água mais eficiente, incrementando a produção de peixes e vegetais sem aumentar o consumo de água, evitando o despejo do efluente da aquicultura em corpos d'água à jusante e fornecendo um fertilizante natural para a planta de cultivo (MARISCAL-LAGARDA et al., 2012). Na última década, a maioria dos sistemas de aquaponia tem utilizado o sistema de recirculação, o que permite a diminuição do consumo de água com uso de tanques coletores para o lixiviado. O efluente coletado nos tanques é, então, reaplicado nas plantas juntamente com uma solução de nutrientes (SAVIDOV, 2005).

Em geral, pode-se dizer que, com a utilização de técnicas e tecnologias adequadas, é possível utilizar a água eficientemente na aquicultura.





### 3 - PROPOSTA METODOLÓGICA

### 3 - PROPOSTA METODOLÓGICA

Uma política de recursos hídricos é capaz de influenciar no comportamento dos usuários em relação ao uso eficiente da água utilizando diferentes instrumentos como a cobrança, o racionamento e incentivos econômicos.

O modelo atual de cobrança no estado do Ceará é do tipo monomial e cobra-se apenas pela quantidade de água conforme exposto na equação a seguir:

$$T(u) = T \times V_{ef} \quad (5)$$

Onde,

$T(u)$  = tarifa do usuário U;

T = tarifa-padrão sobre volume consumido;

$V_{ef}$  = volume mensal consumido pelo usuário.

Assim, esta proposta expõe uma modificação na estrutura desse modelo no intuito de incorporar a eficiência do uso e promover a conservação da água. Nesta proposta, a cobrança passa ser um binômio formado pelos componentes de qualidade e quantidade, como pode ser visto na Equação 6:

$$Cobrança = (T(u) + T_L(u)) \times K_u \quad (6)$$

Em que,

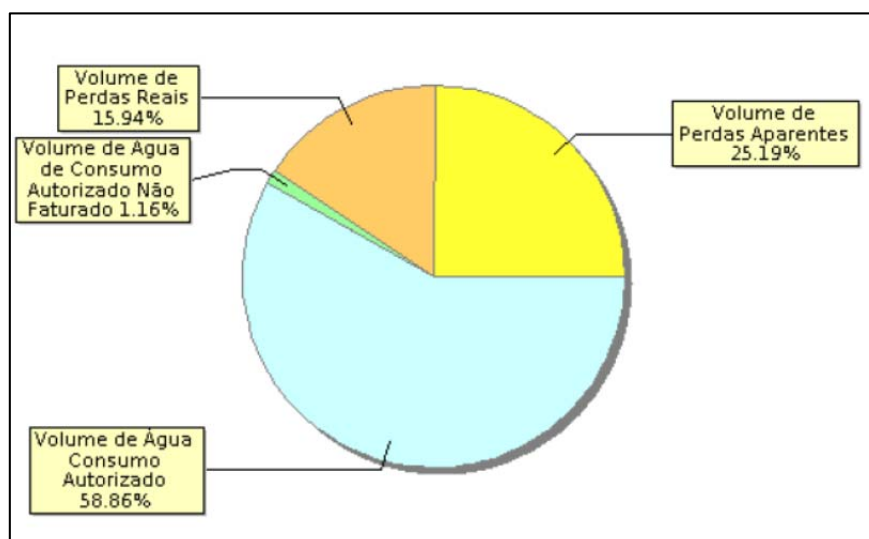
$T_L(u)$  - corresponde a tarifa de água imposta sobre a qualidade de água. Esta possui duas parcelas. A primeira referente ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos e a segunda cobrança associada à qualidade da água recebida pelos diferentes setores usuários;

$K_u$  é o coeficiente que adapta o mecanismo de cobrança à eficiência de uso.

O coeficiente de eficiência no setor de abastecimento urbano está relacionado com a redução das perdas. Essas perdas podem ser reais e aparentes, conforme explicitado na seção anterior. As perdas aparentes estão relacionadas com o uso

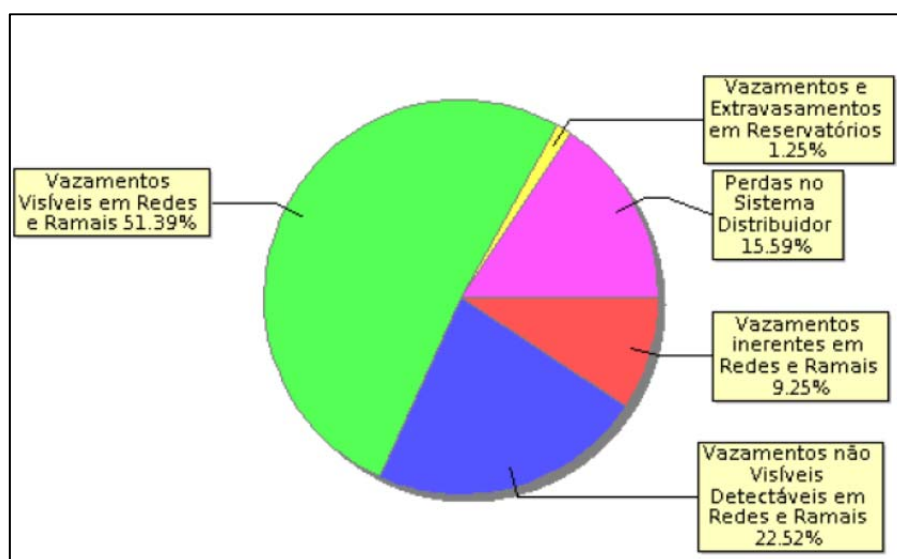
social. Desta forma, o aumento da eficiência estará associado apenas a redução da perda real.

Conforme o balanço hídrico realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE para o período de janeiro de 2005 a janeiro de 2016, tem-se que as perdas reais do município de Fortaleza equivalem, em média, a 15,94% do valor total (**Figura 3.1**). Deste percentual, as principais perdas correspondem a vazamentos não-visíveis detectáveis nas redes e ramais (**Figura 3.2**). Na **Tabela 3.1** observa-se que, no período de 2009 a 2012, o Índice de Perdas de Fortaleza aumentou de 35,23% para 35,90%. Nota-se, também, que a média prevista não foi alcançada em nenhum dos anos.



Fonte: CAGECE (2016).

**Figura 3.1 - Percentual de perdas reais e aparentes do município de Fortaleza para o período de janeiro de 2005 a janeiro de 2016.**



Fonte: CAGECE (2016).

**Figura 3.2 - Tipos de perdas reais registradas no município de Fortaleza no período de janeiro de 2005 a janeiro de 2016.**

Com base nos dados de Fortaleza, é possível inserir a eficiência do uso do setor de abastecimento por meio de um ônus e um bônus. O primeiro será um acréscimo no valor da cobrança quando a concessionária de abastecimento não alcançar a meta de perda real. O segundo será incorporado no modelo como uma redução no valor da cobrança sempre que a concessionária superar a meta.

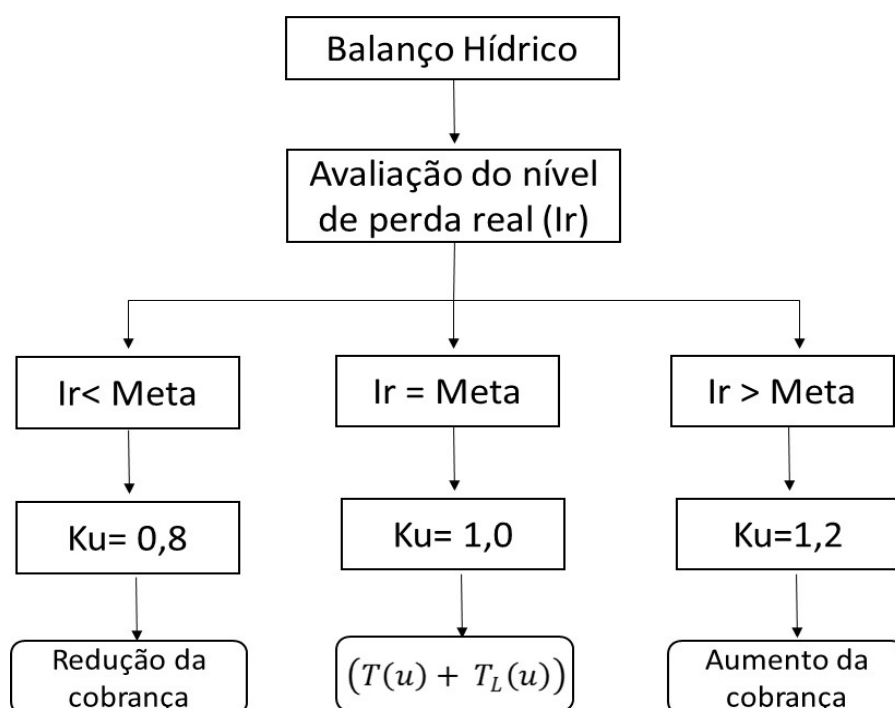
Deste modo, o setor de abastecimento urbano terá  $K_u = 1,0$  quando atingir a meta de redução de perda real e variará acima (aumentando o valor da cobrança) quando a concessionária não atingir a meta ou abaixo (reduzindo o valor da cobrança) quando a meta for superada (**Figura 3.3**).

Para avaliar as perdas reais sugere-se que as concessionárias de abastecimento executem o balanço hídrico proposto pela International Water Association (IWA). Um exemplo de balanço hídrico é o da Região Metropolitana de Fortaleza que pode ser visualizado na **Figura 3.4**. Neste balanço, observa-se que o volume de perdas reais em 2016 foi de 21,34%.

**Tabela 3.1 - Índice de perda de Fortaleza (meta anual prevista e índice real).**

Ano	Meta (%)	Medido (%)
2009	35,00	35,23
2010	34,42	35,70
2011	34,67	36,67
2012	33,57	35,90

Fonte: Prefeitura de Fortaleza, 2014.



**Figura 3.3 - Coeficientes associado a eficiência do setor de abastecimento urbano e seu impacto sobre a cobrança.**

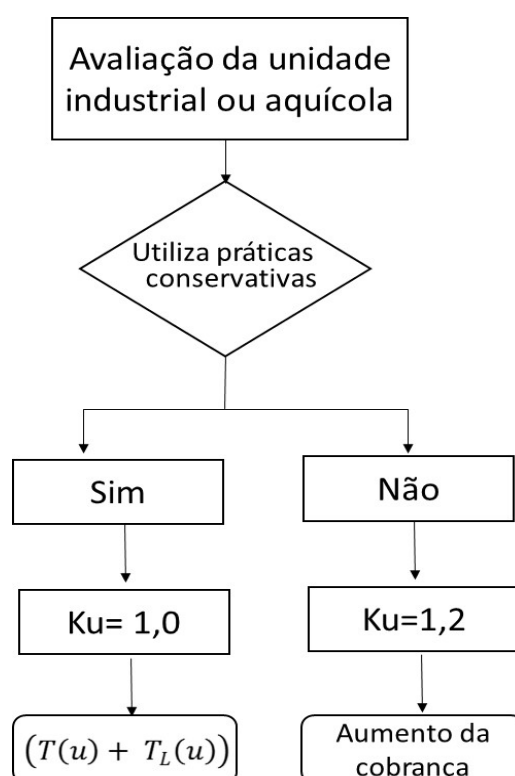
				Volume de Água Faturado Não Consumido R		34.864.006	14,95%	Volume de Água Faturada S 159.337.176 88,32%
		Volume de Água de Consumo Autorizado Faturado D 124.473.170 53,37%		Volume de Água Faturado Medido H 120.387.985 51,61%		Consumo de Ligações Hidrometradas 120.384.847 51,61%		
				Volume de Água Faturado Não Medido I 4.105.195 1,78%		Recup. Cons. Bevedo + Rec. Ero Leitura 1.195 0,0%		
						Venda de Água em Carro-Pipa 2.143 0,0%		
						Volume Recuperado de Fraude 4.104.700 1,78%		
		Volume de Água de Consumo Autorizado Não Faturado E 1.736.487 0,74%		Volume de Água Não Faturado Medido J 689.208 0,3%		Consumos Especiais 430.361 0,19%		Volume de Água Não Faturada T 73.995.460 31,88% (IANF)
				Volume de Água Não Faturado Não Medido L 1.047.279 0,45%		Volume Dispensado por Consumo Excessivo 19.631 0,01%		
						Consumo das Unidades Próprias da Cagece 230.216 0,1%		
						Retirada de Água dos Hidrantes Pelo Corpo de Bombeiros 21.055 0,01%		
						Consumo Operacional		
						Descargas de Limpeza de Redes de Água 23.323 0,01%		
						Esvaziamento de Redes para Serviços de Manutenção 466.465 0,2%		
						Limpeza de reservatórios no sistema distribuidor 536.435 0,23%		
						Fraudes em Ligações Fictícias / Potenciais 2.935.629 1,26%		
						Fraudes em Ligações Inativas 14.998.221 6,43%		
						Fraudes em Ligações Ativas nos Hidrômetros 9.363.662 4,01%		
						By-Pass em Ligações Ativas 8.376.769 4,02%		
						Ramal Clandestino em Ligações Ativas 11.218.561 4,81%		
						Submedição Fabricação dos Hidrômetros 893.189 0,38%		
						Desgaste da Útil dos Hidrômetros 7.642.889 3,28%		
						Superdimensionamento dos Hidrômetros 781.540 0,34%		
						Subestimação Ligações Não Hidrometradas 46.861 0,02%		
						Vazamentos Mísiveis em Adutoras e Redes 19.614.109 8,41%		
						Vazamentos Não Mísiveis em Adutoras		
						Vazamentos Detectáveis 5.191.952 2,23%		
						Vazamentos Não Detectáveis (Inerentes) 422.312 0,18%		
						Vazamentos Mísiveis em Ramais 12.850.146 5,51%		
						Vazamentos não Mísiveis em Ramais		
						Vazamentos Detectáveis 5.307.363 2,28%		
						Vazamentos Não Detectáveis (Inerentes) 3.266.074 1,4%		
						Extravasamentos em Reservatórios 233.233 0,1%		
						Vazamentos em Elementos da Estrutura 116.616 0,05%		
						Vazamentos em Acessórios dos Reservatórios 116.616 0,05%		
						Perdas no Sistema Distribuidor 2.647.247 1,14%		
VPC A 233.232.636 100,0%	VDis AA 230.585.389 98,86%	Volume de Água Consumo Autorizado B 126.209.857 54,11%	Volume de Água de Consumo Autorizado Faturado D 124.473.170 53,37%	Volume de Água Não Autorizado M 47.802.843 20,53%	Volume de Água Não Faturado Não Medido L 1.047.279 0,45%	Volume de Perdas Aparentes F 57.257.323 24,55%	Volume de Perdas Reais G 49.765.656 21,34%	Volume de Perdas de Água C 107.022.979 45,89% (IPD)

Fonte: CAGECE, 2017.

**Figura 3.4 - Balanço Hídrico da Região Metropolitana de Fortaleza para o ano de 2016.**

No caso dos setores de indústria e aquicultura serão considerados usuários eficientes aqueles que utilizarem práticas conservativas da água, já descritas na seção anterior. Nesse sentido, o usuário eficiente em relação ao uso da água pagará o valor padrão, isto é,  $K_u=1,0$  e o usuário não eficiente terá um acréscimo no valor da cobrança (**Figura 3.5**).

Ressalta-se a necessidade de avaliação cuidadosa dos processos e atividades desenvolvidas em cada unidade industrial e aquícola a fim de comprovar a utilização dessas práticas com determinada periodicidade.



**Figura 3.5 - Coeficientes associado a eficiência do setor industrial e aquícola e seu impacto sobre a cobrança.**

Para o setor de irrigação, será utilizada a eficiência de irrigação em relação a performance dos sistemas de irrigação.

Em geral, pode-se adotar os valores de eficiência de irrigação expostos na **Tabela 3.2**. Os métodos de irrigação por superfície proporcionam uma baixa eficiência do

uso da água, enquanto que a irrigação localizada tem os melhores desempenhos de eficiência.

Para as faixas de eficiência apresentadas na **Tabela 3.2** será considerado o  $K_u=1,00$ , isto é, aplica-se a cobrança padrão ao usuário. Para valores superiores a essas faixas, tem-se um acréscimo do  $K_u$  e o conseqüente aumento da cobrança.

**Tabela 3.2 - Eficiência dos métodos de irrigação por superfície, aspersão e localizada.**

Forma de Irrigação	Eficiência (%)
Inundação	30 – 50
Sulcos de infiltração	40 – 60
Aspersão	75 – 85
Localizada	80 – 95

Fonte: FEHIDRO (1999).

A variação dos valores de  $K_u$  para a irrigação por inundação, sulcos, aspersão e localizada estão expostos nas **Tabelas 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6**, respectivamente. Ressalta-se que, para a inserção desse parâmetro na cobrança, é necessária uma avaliação periódica da eficiência nos sistemas produtivos.

**Tabela 3.3 - Coeficientes associados à eficiência da irrigação por inundação.**

Eficiência do sistema de Inundação (%)	$K_u$	Impacto na Cobrança
$0 \leq E < 15$	1,40	Acréscimo
$15 \leq E < 30$	1,20	Acréscimo
$30 \leq E \leq 50$	1,00	-
$50 < E \leq 75$	0,80	Redução
$75 < E \leq 100$	0,60	Redução



**Tabela 3.4 - Coeficientes associados à eficiência da irrigação por sulcos.**

<b>Eficiência do sistema por sulcos (%)</b>	<b>Ku</b>	<b>Impacto na Cobrança</b>
$0 \leq E < 20$	1,40	Acréscimo
$20 \leq E < 40$	1,20	Acréscimo
$40 \leq E \leq 60$	1,00	-
$60 < E \leq 80$	0,80	Redução
$80 < E \leq 100$	0,60	Redução

**Tabela 3.5 - Coeficientes associados à eficiência da irrigação por aspersão.**

<b>Eficiência do sistema por aspersão (%)</b>	<b>Ku</b>	<b>Impacto na Cobrança</b>
$0 \leq E < 30$	1,60	Acréscimo
$30 \leq E < 50$	1,40	Acréscimo
$50 \leq E < 75$	1,20	Acréscimo
$75 \leq E \leq 85$	1,00	-
$85 < E \leq 95$	0,80	Redução
$95 < E \leq 100$	0,60	Redução

**Tabela 3.6 - Coeficientes associado à eficiência da irrigação localizada.**

<b>Eficiência do sistema de irrigação localizada (%)</b>	<b>Ku</b>	<b>Impacto na Cobrança</b>
$0 \leq E < 30$	1,60	Acréscimo
$30 \leq E < 50$	1,40	Acréscimo
$50 \leq E < 75$	1,20	Acréscimo
$80 \leq E \leq 95$	1,00	-
$95 < E \leq 100$	0,80	Redução



## 4 - AÇÕES PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

#### 4 - AÇÕES PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

Algumas ações podem ser implementadas conjuntamente com a política de tarifação no intuito de aumentar a eficiência do uso no abastecimento urbano e irrigação. Para a irrigação, sugerem-se as ações expostas na **Tabela 4.1**.

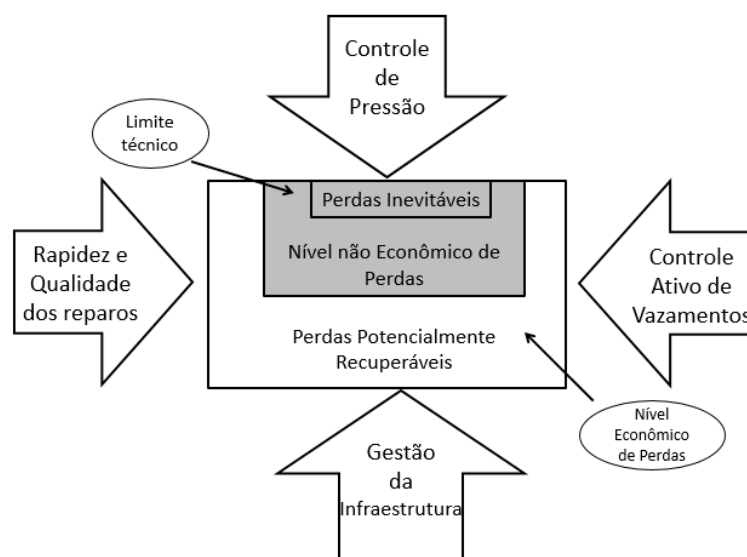
**Tabela 4.1 - Ações para aumentar a eficiência do uso da água na irrigação.**

De campo	Melhorar precisão de quanto e quando irrigar; Monitorar umidade disponível no solo (utilização de sensores de umidade); Conhecimento das necessidades hídricas das culturas irrigadas.
Técnico-Administrativas	Ampliação do monitoramento climático e disponibilização de dados (evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith/FAO); Conhecimento da capacidade de armazenamento dos solos e divulgação da umidade disponível.
De sistemas	Avaliar e manter boa uniformidade de aplicação da água pelos sistemas de irrigação; Reduzir perdas no sistema (vazamentos).

O volume de perdas reais nos sistemas de abastecimento pode ser significativamente reduzido através da implementação de quatro ações: controle de pressão, rapidez e qualidade dos reparos, controle ativo de vazamentos e gestão de infraestrutura. Essas ações podem ser visualizadas na cruz de perdas reais (**Figura 4.1** Figura 4.1 - ).

Nesta figura, o retângulo representa o volume de perdas físicas que permanece constante pela combinação das quatro atividades de controle. Se intensificadas as ações de controle de perdas, o volume perdido tende a atingir seu ponto de viabilidade econômica, ou seja, o retângulo maior se iguala ao retângulo “nível econômico de perdas” e, a partir desse ponto, não é mais interessante economicamente aumentar os recursos investidos. Salvo interesses econômicos, mantidas as ações intensivas, pode-se buscar atingir o limite das perdas inevitáveis. A partir desse ponto, não é mais possível reduzir perdas com as técnicas e tecnologias existentes atualmente. Por outro lado, se há um relaxamento de uma

das atividades de controle, as dimensões do retângulo (perdas reais) tendem a aumentar (Thornton, 2002).



Fonte: Adaptado de Thornton (2002).

**Figura 4.1 - Cruz de perdas reais.**

A influência da pressão nas perdas reais é conhecida há muito tempo pelos pesquisadores e técnicos das companhias de saneamento. É facilmente perceptível que a taxa do fluxo de água em um vazamento é maior quanto maior for a pressão. Assim, a gestão de pressão é quase sempre recomendada para o combate das perdas reais.

De modo geral, uma diminuição de 10% na pressão em grandes sistemas implica em uma redução aproximada de 12% no volume perdido por vazamentos. Porém, deve-se levar em conta que cada sistema de distribuição de água tem suas próprias características e deve ser analisado individualmente, de maneira que a solução ótima considere aspectos técnicos, financeiros, ambientais e sociais.

A velocidade de reparo de vazamentos contribui diretamente para o volume total da perda real. Assim, devem-se adotar medidas para assegurar que o tempo médio de reparação seja menor possível, de maneira que os vazamentos visíveis tenham uma participação pequena no total das perdas reais.

Tão ou mais importante que o reparo rápido dos vazamentos visíveis é o controle ativo de vazamentos "invisíveis". Em muitos sistemas, os vazamentos invisíveis representam a maior parcela das perdas reais. O controle ativo não visa a reparação de rompimentos reportados pela população (vazamentos visíveis), e sim uma estratégia de controle de perdas, de natureza periódica, que procede ao monitoramento da rede, permitindo a detecção e a reparação de vazamentos não comunicados pela população.

Ao longo da vida útil de um sistema de abastecimento de água, mesmo que o projeto tenha sido bem projetado, surgem situações que não foram consideradas inicialmente, tais como ampliações da rede, surgimento de demandas em áreas não previstas, mudança do tipo de edificação, deterioração física dos componentes das instalações hidráulicas, ineficiência na operação relacionada com vazamentos, rompimentos de tubulações, falta de otimização operacional eletromecânica dos conjuntos motobomba, dentre outros. Dentre esses fatores, o envelhecimento das tubulações é o mais impactante no aumento do volume de água perdido por vazamento.

A grande maioria dos sistemas de distribuição de água em operação necessita de ações de reabilitação para corrigir as situações antes apontadas. Pode-se definir reabilitação como qualquer intervenção no sistema que prolongue sua vida útil, melhorando seu desempenho hidráulico, estrutural e de qualidade da água.

Existe um grande número de técnicas que podem ser utilizadas para a reabilitação de redes hidráulicas, que podem ser classificadas em destrutivas e não destrutivas. As destrutivas utilizam procedimentos convencionais de abertura de valas que provocam acentuados transtornos nas vias urbanas. O processo não destrutivo é caracterizado pela abertura de pequenas valas ou poços de inspeção, o que diminui consideravelmente o impacto social das intervenções.

Nesse sentido, o Banco Mundial definiu indicadores de perdas físicas (*Infrastructure Leakages Index* – ILI) associados a bandas em que as empresas deverão se balizar na busca da redução das perdas (em litros/ligação.dia), considerando aspectos operacionais do sistema (pressões) e estágio econômico do país, conforme **Figura**

**4.2.** Países em desenvolvimento, com uso muito ineficiente de recursos e pressão muito elevada podem economizar mais de 1000 litros por ligação·dia.

Por fim, sugere-se que as companhias de abastecimento tenham um programa de redução de perdas reais composto de uma série de ações corretivas e metas a cumprir no transcorrer do desenvolvimento do programa.

Categoria de performance técnica	ILI	litros/ligação/dia (quando o sistema está pressurizado) numa pressão média de:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	
País em Desenvolvimento	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4 - 8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
País em Desenvolvimento	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

<b>A</b>	Redução adicional de perda pode não ser econômica, ao menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo de melhoria efetiva
<b>B</b>	Potencial para melhorias significativas; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos, e uma melhor manutenção da rede
<b>C</b>	Registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos
<b>D</b>	Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário

Fonte: Banco Mundial apud ABES (2013).

**Figura 4.2 - Bandas de referência para a redução de perdas.**



## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Controle e Redução de Perdas nos Sistemas de Públicos de Abastecimento de Água. 2015.

ALEGRE, H. et al. Performance Indicators for Water Supply Services, IWA Publishing, Second Edition, 2006.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1. Brasília: MMA, 2006. 281p.

Confederação Nacional da Indústria - CNI. Uso da água no setor industrial Brasileiro: matriz de coeficientes técnicos. Brasília: CNI, 2013. 31 p.

GALLEGO-AYALA, J. Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi-methodological approach. Mathematical and Computer Modelling, v.55, p. 861-883, 2012.

HOWELL, T.A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agronomy Journal, v. 94, p. 281-289, 2001.

KELLER, A.; KELLER, J.; SECKLER, D. Integrated water resources systems: theory and policy implications. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 1996. 15 p.

MAMITIMIN, Y.; FEIKE, T.; SEIFERT, I.; DOLUSCHITZ, R. Irrigation in the Tarim Basin, China: farmers' response to changes in water pricing practices. Environmental Earth Science, v. 73, p. 559-569, 2015.

MARINHO, E, C. A. Uso Racional da água em edificações públicas. 72f. 2007. Monografia (Especialização), Curso de especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.





MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L.; GUERRERO-MONROY, I.; DEL VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

MARYLAND DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT. Guidance for developing & implementing a Water Conservation Plan. Baltimore: Maryland, 14p. 2013.

MEDELIÍN-AZUARA, J.; HOWITT, R. E. HAROU, J. J. Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. *Agricultural Water Management*, v. 108, p. 73-82, 2012.

MIRANDA, F. R. de. Eficiência de uso da água na irrigação localizada In *Gestão Sustentável no Jaguaribe, Ceará*. ROSA, M. de .F; FEIGUEIREDO, M. C. B. de, GONDIM, R. S.(Eds.). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 404 p., 2006.

MOTTA, R. G. DA. Importancia da setorização adequada para combater às perdas reais de água de abastecimento público. 2010. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica de Engenharia, Universidade de São Paulo, 2010.

OHAB-YAZDI, S. A.; AHMADI, A. Design and evaluation of irrigation water pricing policies for enhanced water use efficiency. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 142, n. 3, p. 1101-1110, 2016.

PREFEITURA DE FORTALEZA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza. Fortaleza: Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente, Convênio de Cooperação Técnica entre Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece e Agência Reguladora de Fortaleza – ACFOR, Relatório de Andamento, 2014b.

SAVIDOV, N. Evaluation and development of aquaponics production and product market capabilities in Alberta: phase II. Alberta (Canadá): Agricultural Food and Rural Development, Department of Fisheries and Oceans, 2005. 57 p



SCHERER, F. A. Uso racional de água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação. 2003. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica de Engenharia, Universidade de São Paulo, 2003.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto-2015. Ministério das Cidades. Brasília, 2015.

THORNTON, J. Water loss control manual. 1st ed. Hightstown: McGraw-Hill Professional, 2002.

USP/SABESP (2006). Relatório Mensal 3 - Projeto de Pesquisa. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=145>. Acesso em abril de 2017.

VIEIRA, A. S. Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina. 190f. 2012. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2012.



Rua Silva Jatahy, Nº 15, Ed. Atlantic Center, 7º Andar  
Meireles - Fortaleza/CE  
CEP.: 60.165-070  
Fone / Fax: (85) 3198.5000  
[ibi@ibiengenharia.com.br](mailto:ibi@ibiengenharia.com.br)