



# Programa de conservação de água no meio urbano: Uma aplicação enfocando o reúso da água

Daniel C. dos Santos<sup>1</sup> & Adriana Malinowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia dos Recursos Hídricos e Ambiental. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Centro Politécnico, Bairro Jardim das Américas, Curitiba, PR. Fone: (41) 3361-3434. E-mail: [dcsantos.dhs@ufpr.br](mailto:dcsantos.dhs@ufpr.br); [adriana.malinowski@ig.com.br](mailto:adriana.malinowski@ig.com.br)

Protocolo 132

**Resumo:** Este trabalho apresenta a estrutura básica do Programa de Conservação da Água no Meio Urbano, além de uma aplicação prática do mesmo, enfocando ações de reúso de água em bacias hidrográficas. Tal aplicação se restringe ao entorno de duas estações de tratamento de esgoto, onde são avaliadas ações de reúso de água, especificamente esgoto tratado, voltadas ao atendimento dos setores industrial, agrícola e urbano. Assim, observou-se que as ações relacionadas ao reúso indireto planejado se mostraram mais atraentes quando comparadas àquelas relacionadas ao reúso direto. Isso pode ser atribuído ao fato das ações de reúso direto apresentarem custos elevados de implantação associados aos benefícios relativamente reduzidos como, por exemplo, volumes de água economizados.

**Palavras-chave:** sistema de apoio à decisão, método AHP, gestão de recursos hídricos

## Water conservation program in the urban area: an application focusing on water reuse

**Abstract:** This work presents the basic structure of the Water Conservation in Urban Areas Program, as well as its practical application focusing on actions of water reuse in hydrographic basins. This application is around two wastewater treatment plants, where actions of water reuse are evaluated, specifically treated wastewater to attend the industrial, agricultural and urban sectors. It was observed that the actions related to the planned indirect water reuse were more attractive, compared to those related to the direct water reuse. This can be attributed to the high costs of the infrastructure of the actions of direct water reuse, associated to the reduced benefits such as for example, amounts of saved water.

**Key words:** decision support system, AHP method, water resources management

## INTRODUÇÃO

Inegavelmente, a sociedade tem, hoje, uma relação dualista com o Recurso Água, pois é necessário universalizar o acesso à água e ao mesmo tempo promover a sustentabilidade dos recursos hídricos. É notório que uma parcela significativa da população brasileira não tem acesso a água potável e, por outro lado, reconhece-se a realidade da exaustão dos recursos hídricos naturais, seja pelo crescente consumo de água ou pela crescente deterioração de sua qualidade. Logo, cabe ressaltar o grande desafio que se estabelece: Como atender à crescente demanda da universalização do acesso, quando o próprio insumo em questão tende à escassez? Dada esta realidade, surgem o planejamento e a gestão dos recursos hídricos como premissas fundamentais a serem consideradas,

os quais contemplam questões relacionadas à adequação entre disponibilidade e demanda quali-quantitativa. A disponibilidade é função das condições naturais, enquanto a demanda é relativa aos usos na infra-estrutura sanitária, agricultura, indústria, geração de energia elétrica, navegação fluvial e recreação, entre outros. Observa-se que tais usos múltiplos dos recursos hídricos requerem uma integração harmoniosa, de maneira a evitar possíveis conflitos, maximizar vantagens e minimizar desvantagens.

Portanto, admitindo-se como conceito de Conservação de Água um conjunto de ações de economia e proteção dos recursos hídricos, objetiva-se com este trabalho, apresentar, em linhas gerais, o Programa de Conservação da Água no Meio Urbano (PCA), cujo foco é basicamente a conservação da água durante seus múltiplos usos, compreendendo a sua economia e

a proteção dos recursos hídricos naturais. Não obstante, enquanto objetivo específico, este trabalho apresenta uma aplicação do PCA especificamente voltada para ações de reúso de água em uma bacia hidrográfica.

Isto posto, destaca-se que o PCA prevê o planejamento e a gestão integrada de ações, no intuito de possibilitar a conservação da água em seus aspectos qualitativos e quantitativos. A conservação quantitativa 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 de água, além de práticas específicas de utilização de fontes alternativas, como o reúso de água a nível residencial, industrial e da própria infra-estrutura sanitária. Quanto à conservação qualitativa, importante para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, depende de ações de controle da poluição, como o tratamento de efluentes e do próprio reúso de água, uma vez que tal prática tende a reduzir o volume de efluentes normalmente lançados nos corpos receptores.

Portanto, com base nesta referência conceitual, o PCA é estruturado para atender a duas linhas de atuação: a conservação da água nas edificações e a conservação da água na infra-estrutura sanitária. A linha de atuação respectiva às edificações é um sub-programa denominado Programa de Conservação da Água nas Edificações (PCAE), enquanto aquela referente à infra-estrutura é outro denominado Programa de Conservação da Água na Infra-estrutura Sanitária (PCAI). O PCAE objetiva o planejamento e gestão das ações de conservação da água nas habitações, por meio de hierarquização sob aspectos da viabilidade econômica, do benefício gerado e do risco sanitário associado.

O PCAI, objeto de destaque neste trabalho, por prever ações de reúso de água nas bacias hidrográficas, apresenta estrutura similar ao PCAE, tendo como diferença básica o enfoque sobre a infra-estrutura sanitária. São previstas cinco etapas que objetivam a gestão do uso da água na infra-estrutura sanitária urbana, especificamente nos Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotamento Sanitário.

A 1ª etapa objetiva caracterizar o cenário de interesse sob vários aspectos, tais como a identificação e descrição dos usuários, avaliação do perfil e da aceitabilidade do usuário, estimativa quali-quantitativa da demanda de água e a prospecção de relações entre o consumo de água e variáveis diversas, enquanto a 2ª etapa objetiva a caracterização das ações de conservação de água. O respectivo processo de caracterização ocorre em duas fases, primeiro através da concepção e pré-seleção das ações de conservação de água e, posteriormente, através da caracterização das ações pré-selecionadas; já a 3ª etapa trata da avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água. Torna-se necessária a criação de um sistema que avalie a aplicabilidade das ações, em função tanto de requisitos quali-quantitativos impostos pelos usos previstos quanto de uma análise da relação custo-benefício-risco pertinente.

Não obstante, a 4ª etapa prevê o estabelecimento de uma hierarquização das ações de conservação de água. Considerando-se os riscos aceitáveis, a viabilidade econômica, os níveis de conservação de água possíveis, a aceitabilidade

pública, os graus de impacto ambiental, os benefícios previstos, entre outras variáveis, são possíveis de serem hierarquizados quanto à preferência em uma escala temporal. Para tanto, torna-se importante à utilização de ferramentas de Sistemas de Apoio à Decisão para o planejamento e posterior confecção do Plano de Conservação da Água no Meio Urbano. Neste sentido, o PCAI apresenta a Análise Multicritério como o Sistema de Apoio à Decisão referencial para a condução do processo de hierarquização. Tal escolha se fundamenta no fato deste tipo de análise trabalhar com critérios de ordem qualitativas e mensuráveis, quantitativamente.

Muitos são os métodos passíveis de utilização, cabendo destaque, aqui, o método AHP, o qual, segundo Bevilacqua & Braglia (2000), possibilita a apresentação de decisões de problemas complexos, considerando-se diversos fatores, sendo possível realizar julgamentos de fatores que não pertencem, necessariamente, ao gerente de manutenção, além de ser capaz de administrar um número elevado de alternativas, de modo eficiente. Sua estrutura prevê a construção de uma árvore hierárquica que permite estruturar a complexidade de um problema. Com base na estrutura estabelecida, são criadas matrizes de comparação entre os elementos critérios, sub-critérios e ações onde para comparação entre os critérios, Saaty (1980) estabeleceu uma escala variando de 1, referente a "importância igual" a 9, relativo a "importância absoluta".

Enfim, a 5ª etapa trabalha o planejamento e gestão da conservação da água. Depois de concluídas as 4 fases já descritas, torna-se possível propor um planejamento otimizado que promova a economia esperada e garanta a segurança sanitária; desta forma o PCA prevê a organização de um conjunto de procedimentos que permitam a análise da aplicabilidade integrada das ações, da economia obtida e do risco sanitário associado. O resultado desta análise embasará, portanto, a confecção do Plano de Conservação da Água, o qual apresentará diretrizes para o gerenciamento de conservação da água no meio urbano, a partir das ações definidas hierarquicamente. Destaca-se que, ao gestor, é possível aplicar o PCA enfocando apenas as edificações, aplicado o PCAE, ou focar apenas a infra-estrutura sanitária, através do PCAI, porém, para uma atuação mais abrangente, poderiam ser aplicados, simultaneamente, os dois sub-programas, obtendo-se resultados para a confecção do planejamento e gestão da conservação da água que considere a relação entre a habitação e o meio ambiente; por exemplo, é possível avaliar o impacto de medidas de conservação da água nas edificações sobre a conservação da água, nos mananciais hídricos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Apresenta-se neste item, uma aplicação do PCA, especificamente o PCAI, com ênfase nas ações de reúso da água. São estudadas as áreas entorno de duas estações de tratamento de esgoto, quais sejam, a ETE Santa Quitéria e a ETE Belém.

### Caracterização da área de estudo

A área de abrangência deste estudo é delimitada por raio de aproximadamente 10 km a partir das ETE's Santa Quitéria e

Belém. A ETE Santa Quitéria está localizada na sub-bacia do Rio Barigüi e atende, de forma total ou parcial, a 08 bairros de Curitiba. A mesma possui processo de tratamento anaeróbico com reatores tipo UASB, em que 06 estão em funcionamento entre os 08 previstos para final de plano. A disposição de seus efluentes é no rio Barigüi, aproximadamente 40 km de sua foz. Fazem parte da área de estudo da ETE Santa Quitéria os municípios Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Curitiba, nos quais se encontram 41 indústrias pertencentes a vários ramos, 38 áreas públicas que passam pelo processo de limpeza; trata-se de 30 ruas onde há feiras livres e 8 praças ou calçadas transitadas por pedestres, as quais são usadas indevidamente como sanitário.

A ETE Belém está localizada na bacia do Alto Iguaçu, no bairro Boqueirão, próximo ao Parque Iguaçu. Ela possui processo de tratamento aeróbico, por meio da aeração prolongada em valo de oxidação tipo carousel. Esta ETE atinge ótima qualidade no tratamento do efluente durante a maior parte do tempo, lançando seus efluentes no rio Iguaçu. Fazem parte da área de estudo da ETE Belém os municípios Curitiba, Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais, nos quais se acham estabelecidas 18 indústrias pertencentes a vários ramos, 13 ruas onde ocorrem feiras livres. Neste estudo considerou-se, separadamente, a área de intersecção, para verificação da melhor opção de atendimento das ETE's. A Figura 1 apresenta a localização das áreas de estudo.

**Caracterização das ações de conservação de água**

Foram listadas 52 possíveis ações para as áreas que circunscrevem as duas ETE's. Após uma pré-seleção, através da qual se levou em consideração a viabilidade técnica preliminar, as vazões de oferta e demanda, as distâncias entre



Figura 1. Localização das áreas de estudo

os pontos de oferta e os possíveis usuários, selecionaram-se 9 ações. A tabela abaixo apresenta as 9 ações selecionadas.

Quanto aos grupos referentes às indústrias, abrangendo setores como o alimentício, papelero, cerâmico etc., destaca-se que o G14 se compõe de 4 indústrias que distam, em média, aproximadamente 8,5 km da ETE Santa Quitéria e 8,0 km da ETE Belém, sendo a vazão de demanda desse grupo de 4,51 L s<sup>-1</sup>. O Grupo 22 é composto de 7 indústrias, distantes em média 10,0 km da ETE Santa Quitéria, e com vazão de demanda de 66,18 L s<sup>-1</sup>. O G26 conta com 3 indústrias distantes, em média, 7,5 km da ETE Santa Quitéria e 10,0 km da ETE Belém, cuja vazão de demanda é de 1,69 L s<sup>-1</sup>.

Tabela 1. Ações pré-selecionadas para três cenários

Localização	Ação	Descrição	Grupos Atendidos	Vazão (demanda) (L s <sup>-1</sup> )	Vazão Atendida (demanda) (L s <sup>-1</sup> )*	Água Economizada no manancial (L s <sup>-1</sup> )
Santa Quitéria	01	TRE1 + A12 + CR4 + CM19	G22	66,18	66,18	66,18
	02	TRE1 + CM20	G23 + G7	248,32	248,32	248,32
	03	TRE1 + A3 + H2 + CM6	G9	1,54	1,54	1,54
	04	TRE1 + A10 + H8 + CM16 CM17	G9 + G12 G14	1,59 4,51	6,10	6,10
	05	AC	G18	-	359,34	359,34
Belém	06	TRE2 + CM29	G37 + G38	152,38	152,38	152,38
	07	TRE2 + A17 + H13	G33	100,00	100,00	100,00
	08	LD2 + MVQR + RI	MVQR + RI = Q <sub>ecológica</sub>	441,83	441,83	441,83
Intersecção	09	TRE1 + TRE2 + A20 + A21 + CR6 + CM30	G12 + G14 + G26	6,25	6,25	6,25

\* As vazões totais de demanda que podem ser plenamente atendidas pelas ETE's  
 TRE1 - Tratamento adicional e reservação na ETE Santa Quitéria;  
 TRE2 - Tratamento adicional e reservação na ETE Belém;  
 Ai - adutora de número i; CRi - centro de reservação de número i;  
 CMi - Caminhão de número i;  
 Hi - Hidrante de número i;  
 AC - Água Cinza;  
 RD: Reúso Direto;  
 RI - Reúso Indireto;  
 LD - Lançamento direto;  
 MVQR - Manutenção da vazão e qualidade do rio

Referente à limpeza pública de ruas, para a qual ocorrem feiras livres e praças ou calçadas usadas indevidamente como sanitário, o G9 compreende 8 ruas com feiras livres e 8 praças ou calçadas com distância à ETE variando de aproximadamente 2,5 a 11,0 km, cuja vazão de demanda prevista é de 1,54 L s<sup>-1</sup>; já o G22 agrupa 10 ruas distantes 5,0 a 12,0 km da ETE Santa Quitéria, perfazendo uma vazão de demanda de 0,05 L s<sup>-1</sup>.

Para a agricultura, os grupos foram estabelecidos conforme os maiores produtores da região, por município; de acordo com o IBGE (2004) produzem arroz, feijão, milho, soja e trigo; desta maneira, tem-se previsão de demanda de vazões de água de reúso de 86,25 L s<sup>-1</sup> para Curitiba (G7), 162,06 L s<sup>-1</sup> para Campo Magro (G23), 22,75 L s<sup>-1</sup> para Pinhais (G37) e 129,63 L s<sup>-1</sup> para Piraquara (G38).

Para a ação denominada G18, uso de água cinza, considerou-se apenas a água proveniente do chuveiro e se adotou um tempo médio para banho de 10 min e vazão do chuveiro de 15 L min<sup>-1</sup>, obtendo-se o consumo de 1.796,70 L s<sup>-1</sup> (Lobato, 2005). Estabeleceu-se usar apenas 20% desta vazão, pois se espera que, inicialmente, haja adesão aproximada nesta proporção da população, refletindo em economia de água retirada do

manancial. Para a ação G33, atendimento do Parque Náutico, foi estabelecida uma vazão de 100 L s<sup>-1</sup>, a qual pode atender a todo o parque e, quando em excesso, pode ser descartada no rio Iguaçu, favorecendo a sua autodepuração.

**Avaliação da aplicabilidade das ações de conservação de água**

A aplicabilidade foi avaliada considerando-se o volume ofertado pelas ETEs, o custo para implantação do sistema em função da distância e a vazão de demanda, o custo de transporte via caminhão, além da qualidade da água de reúso fornecida quando comparada com a qualidade exigida pelo uso. Neste último item, adotaram-se como referência, as diretrizes da EPA, USA, para uso urbano e industrial, e as diretrizes da OMS para uso agrícola.

**Hierarquização das ações de conservação de água**

A Figura 2 apresenta a árvore hierárquica com as ações escolhidas e os critérios e sub-critérios que farão parte da análise.

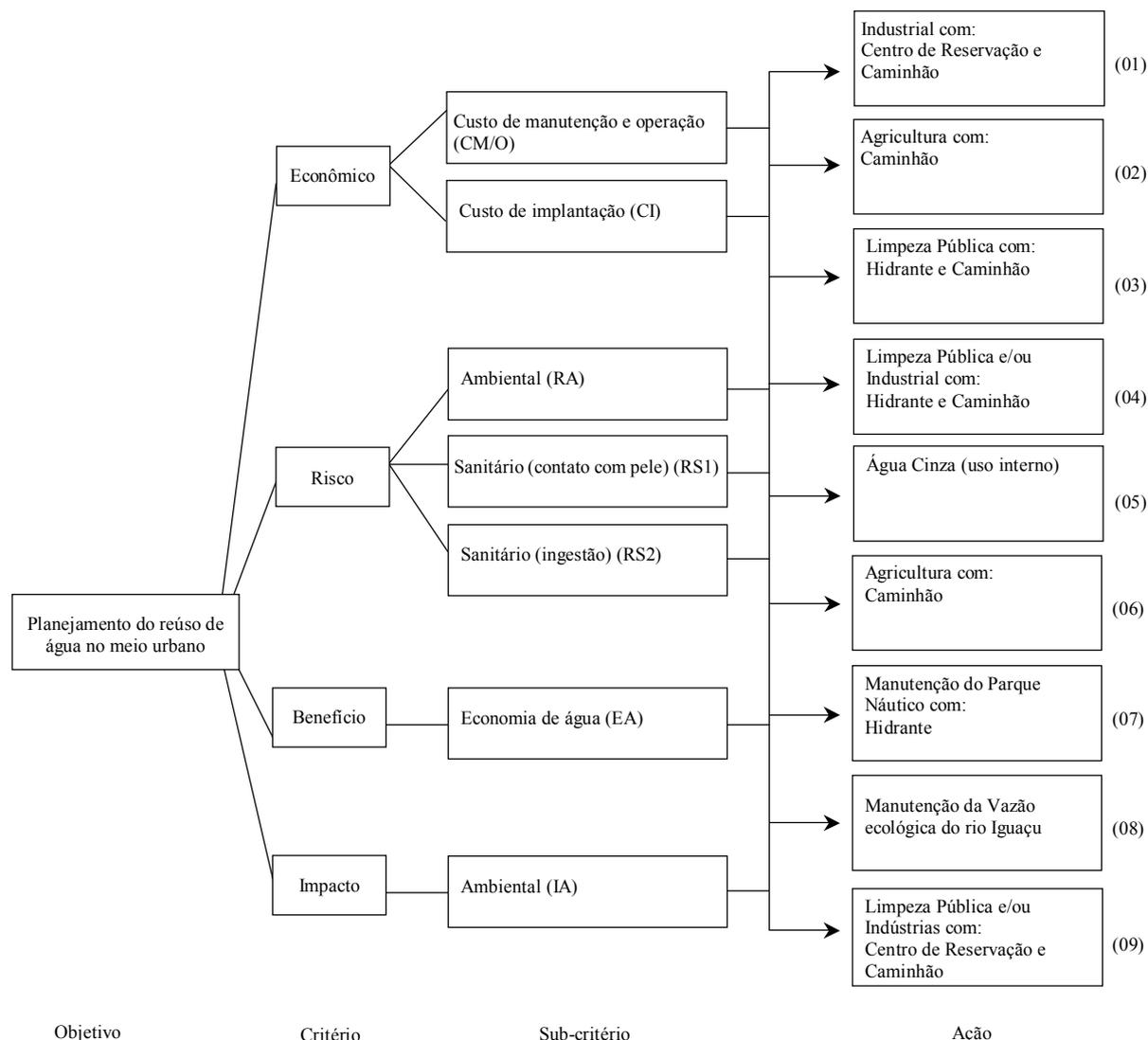


Figura 2. Árvore hierárquica das ações

Quanto aos sub-critérios, destaca-se que o CI é o custo total necessário para a implantação do sistema de reúso de água, enquanto o CO/M engloba custos de produção de água de reúso, dentre os quais se destacam as análises químicas da água, os custos com energia elétrica, a manutenção de operários, a manutenção da rede para evitar vazamentos, entre outros. Referente aos riscos, o RS1 refere-se ao contato direto da água de reúso com o corpo de pessoas, caso não sejam utilizados equipamentos de proteção como botas, luvas e óculos; o RS2 considera a possibilidade de ingestão acidental, além de gotículas que poderão ser inaladas devido à formação de aerossóis e, por fim, o RA avalia os riscos de contaminação que envolvem o solo, água e o ar. Específico quanto à EA, considera-se toda e qualquer economia que se possa fazer, substituindo-se a água potável pela água de reúso e, quanto ao IA, são consideradas as alterações ambientais que poderão ocorrer devido à disposição da água de reúso no meio ambiente, tais como a contaminação do solo, dos corpos hídricos, da fauna e flora, além da maior disponibilidade de água para fins mais nobres.

Para a proposição dos pesos, os mesmos foram estabelecidos de acordo com a escala proposta por Saaty (1980), variando de 0 a 9. Na proposição dos sub-critérios CO/M, CI e EA, trabalhou-se com dados quantitativos obtendo-se alto grau de confiança nos pesos estabelecidos. Para os demais sub-critérios, os pesos foram estabelecidos de conformidade com a percepção dos autores. Também se estabeleceram coeficientes para valorar os sub-critérios, de acordo com seu grau de importância, sendo o valor 1 para os sub-critérios CO/M e IA, 2 para RA, RS1 e RS2 e 3 para CI e EA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando-se o método AHP, obteve-se a classificação das ações em ordem decrescente de importância. A Tabela 2 apresenta a hierarquização das ações.

Tabela 2. Classificação hierárquica de acordo com o AHP

Ordem	Ação	Valores Encontrados no AHP
1	7	0,389
2	8	0,342
3	5	0,332
4	6	0,221
5	3	0,189
6	2	0,179
7	4	0,155
8	9	0,155
9	1	0,127

Segundo o AHP, o planejamento para implantação das ações de reúso poderia contemplar, primeiro, aquelas próprias do reúso indireto planejado como manutenção do Parque

Náutico (ação 07) seguida pela ação respectiva à alteração da vazão do rio Iguazu, que visa melhorar sua qualidade ao longo de seu percurso (ação 08). A manutenção do volume de água no Parque Náutico de fato aparece como muito atraente, pois economizaria um volume de água considerável de outro recurso hídrico que poderia ser utilizado para tal manutenção, a um custo relativamente reduzido. Sobre o mesmo pode-se dizer que se refere à melhoria da qualidade da água no Rio Iguazu, tanto no aspecto ambiental quanto no aspecto de potencializar usos à jusante do ponto de disposição do esgoto tratado. Na terceira posição encontra-se a ação respectiva ao incentivo do uso de água cinza nas edificações, ação esta, de reúso direto, porém voltada para a reciclagem (ação 05). Tal posição se deve, em muito, à magnitude do volume de água economizado no manancial hídrico. Da quarta à nona posição se classificaram as ações de reúso direto, dependentes, portanto, da implantação de infra-estruturas próprias. O custo dessas infra-estruturas, associado ao relativamente reduzido volume de água economizado, ratifica tais posições na hierarquização.

## CONCLUSÕES

1. Aplicando-se o PCA no Meio Urbano e se adotando o Método AHP como sistema de apoio à decisão, chegou-se a um resultado que possibilita conceber ações de reúso de água, caracterizá-las, avaliar suas aplicabilidades e hierarquizá-las fornecendo, como resposta, uma proposta para implementação dessas ações no meio urbano.

2. Ações relacionadas ao reúso indireto planejado mostraram-se mais atraentes, como a manutenção do volume de água no Parque Náutico e a melhoria da qualidade da água no rio Iguazu, enquanto aquelas relacionadas ao reúso direto se encontram em segundo plano.

## LITERATURA CITADA

- Bevilacqua, N.; Braglia, M. The analytic hierarchy applied to maintenance strategy selection. *reliability engineering & system safety*. v.70, p.71-83, 2000.
- IBGE. Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, segundo as mesoregiões, microrregiões e os municípios – 2004. Disponível em [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_Cereais\\_Leguminosas\\_Oleaginosas/2004/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_Cereais_Leguminosas_Oleaginosas/2004/). Acesso em 01 out. 2005.
- Lobato, M.B. Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método Electre III. Curitiba: UFPR, 2005. 263p. Dissertação Mestrado.
- Saaty, T.L. *Analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.