

A Disposição a Pagar pelo Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho

Autor:

Augusto Mussi Alvim (CPF: 564402430-04). Doutor em Economia, Professor Adjunto do Departamento de Ciências Econômicas, PUCRS. Av. Ipiranga, 6681 (prédio 50). Porto Alegre, RS. Fone: 51 3320 3500, ramal: 3547. E-mail: augusto.alvim@pucrs.br.

Forma de Apresentação: Apresentação em sessão sem debatedor.

A Disposição a Pagar pelo Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho

Resumo:

O presente trabalho é o primeiro de uma série de estudos que busca desenvolver um instrumental econômico que possibilite uma melhor gestão dos recursos hídricos na bacia do Rio Pardinho. A fim de determinar o valor de uso da água é necessário, primeiramente, estimar a demanda por água pela comunidade da Região do Vale do Rio Pardo. A demanda descreve o quanto as pessoas estão dispostas a pagar por várias quantidades de água, sinalizando via preços, as preferências dos consumidores em relação a água. Neste sentido, este artigo desenvolve a metodologia proposta por Carrera-Fernandez e Garrido (2003) para o cálculo da disponibilidade a pagar pelo uso da água. Como principais resultados observa-se que as demandas pelo consumo da água para consumo urbano e como diluentes sanitários e industriais apresentaram demandas inelásticas, enquanto que as elasticidades-preço para o uso da água na irrigação e para uso industrial possuem demandas elásticas. Estes resultados sugerem que o maior peso da cobrança pelo uso da água deverá recair sobre os usuários dos grupos "consumo urbano" e "diluentes sanitários e industriais", ou seja, aqueles cujas elasticidades-preço demanda são mais inelásticas.

Palavras-chaves:

Disponibilidade a pagar; multi-usuários; recursos hídricos.

1 Introdução

A água é um dos recursos mais importantes da Região do Vale do Rio Pardo. Ela é essencial para o consumo humano, uso agrícola e industrial, bem como para o transporte de produtos. Apesar de ser fundamental nas atividades básicas da população da região (preparo de comidas, bebidas, limpeza, entre outros), ainda não é usual a valoração deste recurso para a comunidade local.

Esta ausência de cobrança pelo uso da água é o principal aspecto que prejudica a gestão dos recursos hídricos, estimulando um uso exagerado dos recursos e uma degradação dos recursos hídricos disponíveis. Com relação a este aspecto, Carrera-Fernandez (2000) salienta que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, além de racionalizar o uso, tem sido usada em outros países como mecanismo que contribui para o gerenciamento da demanda, aumentando a produtividade e a eficiência na utilização dos recursos hídricos; que promove a redistribuição dos custos sociais de forma mais equilibrada; que disciplina a localização dos usuários, buscando a conservação dos recursos hídricos; que faz a promoção do desenvolvimento econômico; e que incentiva a melhoria dos níveis de quantidade dos efluentes lançados nas bacias hidrográficas.

Basicamente, para se alcançar estes resultados a partir da cobrança pelo uso da água é necessário, primeiramente, estimar a demanda e a oferta de água pela comunidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho. A demanda descreve o quanto as pessoas estão dispostas a pagar por várias quantidades de água, sinalizando via preços, as preferências dos consumidores em relação a água. Por outro lado, a oferta descreve a relação entre as diversas possibilidades de produção e venda de água, com os preços recebidos para a manutenção destes serviços.

Como uma primeira etapa para atingir estes resultados, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a disponibilidade a pagar pelos diversos usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho. Para alcançar tal objetivo é necessário identificar os principais usuários da água, calculando o valor que os usuários estão dispostos a pagar pelo uso da água. Em outras palavras, o valor da água a ser cobrado da população deve ser equivalente ao preço que a

comunidade está disposta a pagar por todos os bens e serviços que necessitam de água no seu processo.

Entretanto, este trabalho não permite esgotar a discussão a respeito da valoração dos recursos hídricos na bacia Hidrográfica do Rio Pardo, mas permitir desenvolver uma avaliação da disponibilidade a pagar dos usuários da água, contribuindo para o estudo de valoração dos recursos hídricos.

Nas próximas seções são apresentadas e discutidas as principais demandas por uso da água nesta bacia, caracterizando os diversos perfis de usuários da região, apresentando a metodologia de cálculo da disposição a pagar dos usuários e ao final os resultados e as principais conclusões.

2 Caracterização das Demandas, Disponibilidade e Balanço Hídrico na Bacia do Rio Pardo

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo possui os seguintes municípios na sua área de abrangência: Barros Cassal, Sinimbu, Boqueirão do Leão, Gramado Xavier, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul, Venâncio Aires e Vera Cruz. Nesta seção são apresentadas as principais formas de captação de água, redes de esgotos, tratamentos de efluentes e as demandas por água pelos principais usuários identificados na bacia.

Na tabela 1 são apresentadas as principais formas de abastecimento de água nos municípios que estão incluídos na bacia¹. Com relação aos diferentes perfis de abastecimento existentes nos municípios da bacia, pode-se verificar a existência de três diferentes grupos.

O primeiro deles inclui cidades com maior infra-estrutura e uma rede de abastecimento melhor desenvolvida na qual estão incluídos os municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz. Nestes municípios verifica-se que a forma predominante de abastecimento de água se dá através da rede de água pública (Corsan e prefeituras) que representam 84,43% e 83,10%, respectivamente, do total de formas de abastecimento.

Tabela 1- Domicílios permanentes e formas de abastecimento de água nos municípios da Bacia do Rio Pardo

Municípios	Domicílios Permanentes	Formas de abastecimento de água		
		Rede de água (%)	Poço ou nascente (%)	Outras formas (%)
Barros Cassal	3.131	28,97	69,31	1,72
Sinimbu	2.744	22,34	62,03	15,63
Boqueirão do Leão	2.120	24,81	61,70	13,49
Gramado Xavier	978	16,46	82,92	0,61
Rio Pardo	11.576	66,87	29,29	3,84
Santa Cruz do Sul	32.851	84,43	10,16	5,41
Venâncio Aires	18.813	59,89	30,60	9,51
Vera Cruz	6.371	83,10	15,70	1,21

Fonte: IBGE, 2000.

Um grupo intermediário de municípios é representado por Rio Pardo e Venâncio Aires que possuem uma menor distribuição de água através das redes públicas. Neste grupo, o abastecimento através de redes públicas de água representa apenas 66,87% e 59,89%,

¹ Embora os municípios de Rio Pardo e Venâncio Aires não captem água para consumo urbano junto a bacia do Rio Pardo, são apresentadas na tabela 1 as informações referentes as formas de abastecimento para todos os municípios.

respectivamente. Por último, os municípios de Barros Cassal, Sinimbu, Boqueirão do Leão e Gramado Xavier apresentam a menor rede pública de água disponível. Nestes municípios, a principal forma de abastecimento se dá através de poços ou nascentes que correspondem, em média, 69% das formas de abastecimento.

Estas são as principais formas de abastecimento de água para o consumo humano, industrial e uso como diluentes de efluentes sanitários e industriais. Contudo, o principal uso de água é para a irrigação de arroz. O uso de água para a lavoura de arroz possui algumas características distintas dos usuários anteriores. A primeira delas é o uso sazonal dos recursos hídricos, cuja demanda concentra-se, principalmente, entre os meses de novembro a fevereiro. Para calcular a demanda de água pela lavoura de arroz foram utilizadas as estimativas de volume médio requerido estimadas ECOPLAN (1997), de 15.536 m³/ha, e as áreas plantadas de arroz por município segundo informações do IRGA (2000).

As informações referentes à demanda de água para abastecimento urbano e industrial, bem como as quantidades dos efluentes industriais foram obtidas a partir das estimativas da ECOPLAN (1997). Por último os esgotamentos sanitários urbanos foram calculados a partir das estimativas de quantidades médias produzidas por habitante/dia no Brasil, que segundo Feachem (1983) é ao redor de 50g/habitante/dia. Com base nesta estimativa, a demanda de água para a diluição de esgotamentos sanitários depende fundamentalmente da população de cada município pertencente à bacia. As informações referentes à população municipal foram obtidas a partir do Censo Demográfico do IBGE (2000).

A partir disto, é apresentado na tabela 2 as principais demandas por água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. As maiores demandas por água na bacia ocorrem na lavoura de arroz com 6,82 m³/s, apresentando quantidades muito superiores aos valores demandados pelo abastecimento urbano e industrial. Com relação às quantidades de diluentes de efluentes observa-se que os valores demandados para uso sanitário são significativamente superiores aos valores demandados pelas indústrias da região (ver tabela 2).

Tabela 2- Demandas por Água na Bacia do Rio Pardo

Usos dos Recursos	Demanda	
	kg DBO/dia	m ³ /s
Abastecimento urbano		0,38
Abastecimento industrial		0,05
Irrigação		6,82
Diluição de efluentes industriais	4.093,82	
Diluição de esgotamentos sanitários	11.160,70	

Fonte: ECOPLAN, 1997; IBGE, 2000, IRGA, 2000.

Em anexo (quadro 1) são apresentadas as demandas por município da bacia. De uma maneira geral, observa-se que as maiores demandas através do abastecimento urbano e industrial e da diluição de efluentes sanitários e industriais ocorre no município de Santa Cruz do Sul que apresenta a maior população e a maior concentração industrial da região. A única exceção se dá na demanda por água para irrigação onde o município de Rio Pardo apresenta a maior demanda em função da maior área plantada de arroz na região da bacia.

Além de identificar os principais usuários de água na bacia, esta seção apresenta uma série de informações referentes às quantidades demandadas que contribuem para a estimação da disponibilidade a pagar. Na próxima seção é apresentado o método para calcular a disposição a pagar pelo uso da água por cada usuário.

3 Metodologia

Esta seção é dividida em duas partes: na primeira delas é apresentado o conceito de demanda “tudo ou nada”, a relação com a demanda ordinária (Marshalliana) e como esta pode

ser utilizada como um método alternativo para calcular a disposição a pagar pelo uso da água. Na segunda seção são apresentadas as metodologias de cálculo dos preços reservas para os usuários identificados.

3.1 Estimação da Disponibilidade a pagar para multi-usuários da Bacia do Rio Pardinho

A metodologia utilizada neste estudo é baseada no trabalho de Carrera-Fernandez e Garrido (2003), onde os autores estimam a disposição a pagar pelo uso da água através da demanda por água “tudo ou nada”. Segundo os autores a demanda “tudo ou nada” é um método alternativo de estimar as funções de demanda por água através de dois pares de preços calculados a partir do preço reserva. O preço reserva corresponde ao um custo de oportunidade que revela o valor máximo que os usuários estão dispostos a pagar pelo uso da água e ficarem indiferentes entre consumir água da forma tradicional de abastecimento ou de uma forma alternativa de abastecimento.

Neste trabalho os autores demonstram que as demandas ordinárias por água podem ser derivadas da função de demanda tudo ou nada. Para isto, parte da relação entre a demanda ordinária e a demanda “tudo ou nada”, conforme apresentado a seguir:

$$p_j^r(x_j)x_j = \int_0^{x_j} p_j(x_j)dx_j$$

onde p_j^r é o preço reserva, P_j é preço que o usuário está disposto a pagar por uma certa quantidade (x_j).

Diferenciando esta função de demanda “tudo ou nada” se obtém a função de demanda ordinária:

$$d[p_j^r(x_j)x_j] / dx_j = p_j(x_j)$$

Carrera-Fernandez e Garrido (2003) salientam que a partir desta expressão é possível estimar a função de demanda ordinária a partir da função de demanda “tudo ou nada”, pois a função de demanda ordinária é a curva marginal da função de demanda “tudo ou nada”. Isto revela que ao estimar função de demanda “tudo ou nada” pode-se determinar a função de demanda ordinária. Já a função de demanda “tudo ou nada” pode ser calculada a partir de dois pares de pontos referentes ao preço reserva ou custo de oportunidade. Por sua vez, o preço reserva é possível de ser estimado a partir de uma solução alternativa de menor custo.

Na próxima seção são apresentados os métodos de estimação dos preços reservas para os principais usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho

3.2 Estimativa do preço reserva para os principais usuários da bacia Hidrográfica do Rio Pardinho

Nesta seção são apresentadas como são estimadas as funções de demanda “tudo ou nada” para as modalidades de uso: abastecimento urbano e industrial, irrigação e diluição de efluentes industriais e sanitários segundo o trabalho desenvolvido por Carrera-Fernandez e Garrido (2003).

Para cada usuário que demandam por água são escolhidas duas alternativas à forma tradicional de abastecimento de água. Para todos os usuários busca-se determinar a função de “tudo ou nada” a partir dos dois pares de pontos.

3.2.1 Abastecimento Urbano

Para o caso do abastecimento urbano foram escolhidas duas alternativas ao abastecimento pela rede pública, a perfuração de poços e o abastecimento através de carro pipa. Para cada alternativa obtém-se o preço reserva a partir da seguinte expressão:

$$P_j^r = (1 + \gamma_p)c_p - (1 + \gamma_m)c_m$$

O preço reserva para abastecimento urbano depende da perda de água no abastecimento do usuário no uso alternativo (γ_p) e no uso tradicional (Corsan ou prefeituras) (γ_m); do custo de cada metro cúbico de água captada em uso alternativo (c_p) e do custo de cada metro cúbico no uso tradicional (c_m).

3.2.2 Abastecimento Industrial

Para o caso do abastecimento industrial foram escolhidas duas alternativas. A primeira delas seria o abastecimento da indústria a partir de carros pipa e a segunda alternativa seria a reciclagem de água combinada ao abastecimento por meio de captações próprias. Para cada alternativa o preço reserva pode ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$P_j^r = (1 + \gamma_p)c_p - (1 + \gamma_m)c_m$$

Neste caso, c_m é o custo por m^3 de água captada nos poços artesianos para uso industrial e c_p é o custo de cada uso alternativo. Associado a cada processo (alternativa) existem perdas de água no abastecimento, que neste caso é representado pela variável (γ_p). No uso tradicional através da captação de água de poços a perda é representada pela variável (γ_m).

3.2.3 Irrigação

No caso da irrigação do arroz foram escolhidas duas alternativas, a produção de arroz sem o uso da irrigação e com o uso da irrigação somente pelos agricultores que receberam outorga de direito de uso. A expressão que permite calcular o preço reserva para este caso é apresentada a seguir:

$$p_j^r = (t_i - t_s)S_i/x_i$$

onde x_i é o volume anual de água captada da bacia para a irrigação e S_i é a área total irrigada com a água da bacia. Já $(t_i - t_s)$ é a diferença de preço de arrendamento da terra que utiliza irrigação através da forma tradicional de captação e do preço de arrendamento da terra nos usos alternativos (produção em sequeiro e área com licença de outorga). Segundo os autores, o diferencial de preços $(t_i - t_s)$ representa a renda ou quase-renda da terra irrigada em relação a terra não irrigada. Esta renda ou quase-renda que é tomada como medida do custo de oportunidade nas duas alternativas apresentadas.

3.2.4 Diluição de efluentes industriais

O preço reserva dos recursos hídricos para o caso onde a água é utilizada como diluente de efluentes industriais pode ser calculado a partir de duas alternativas. Uma solução alternativa seria o tratamento a partir dos serviços da CORSAN, considerando as tarifas definidas para o estado. A segunda alternativa seria a construção de um centro de tratamento de resíduos industriais no município de Santa Cruz do Sul (rede coletora, estação de tratamento, estação elevatória e linha de recalque). Para cada sistema alternativo delimitado existe uma redução na carga de kg de DBO/dia e um custo adicional ao sistema tradicional de emissão de efluentes industriais. Para calcular o preço reserva utiliza-se da seguinte expressão:

$$P_j^r = \Delta c_t / x_{dbo}$$

A partir desta expressão observa-se que o preço reserva depende diretamente do acréscimo em termos de custo por adotar uma tecnologia que reduza a quantidade de DBO/dia e é inversamente proporcional a quantidade de carga orgânica lançada na bacia hidrográfica.

3.2.5 Diluição de efluentes sanitários

Por último, o preço reserva dos recursos hídricos utilizados para diluir efluentes sanitários pode ser calculado a partir de duas alternativas. A primeira alternativa seria o tratamento de esgotos a partir dos serviços da própria CORSAN, enquanto a segunda alternativa seria a utilização de um sistema de tratamento terciário, principalmente nos municípios de maior população urbana como, por exemplo, Santa Cruz do Sul. A expressão

de cálculo do preço reserva é a mesma do caso de diluição de efluentes industriais que considera o incremento no custo por adotar a tecnologia que reduz a carga orgânica e a quantidade de DBO/dia.

$$P_j^r = \Delta c_t / x_{dbo}$$

Desta forma, esta seção apresenta como são calculados os preços reservas, que juntamente com a quantidade de recursos hídricos utilizada, permitem calcular a demanda “tudo ou nada”.

4 Resultados para a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

Nesta seção são apresentados os resultados quanto ao preço reserva, demanda “tudo ou nada” e demanda ordinária para os seguintes usuários: abastecimento urbano e industrial, irrigação e diluentes de efluentes industriais e sanitários. Inicialmente é apresentado o procedimento de cálculo para o abastecimento urbano.

4.1 Preços reservas e quantidades demandadas para os diversos usuários

4.1.1 Abastecimento Urbano

Conforme comentado anteriormente, para calcular o preço reserva relativo ao abastecimento urbano utilizou-se de duas situações alternativas. A primeira delas seria o abastecimento através de poços artesianos (opção mais barata) e a segunda delas através de carros pipa.

Segundo as tarifas da Corsan, domicílios com menos de 60 m² (que representam a maior parte dos domicílios) e um consumo de até 10 m³ devem pagar 1,12 reais/m³, enquanto que para um consumo excedente (acima de 10 m³) é cobrado 2,23 reais/m³ para os domicílios particulares (CORSAN, 2004).

Outra variável importante no cálculo do preço reserva é a quantificação das perdas (captação, tratamento e distribuição) no abastecimento tradicional (CORSAN). Para isto, foram estimadas as perdas a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2000) que correspondem, em média, para o Rio Grande do Sul em 53,76% de perdas. Já como perdas para o abastecimento através do carro pipa foi considerado um índice de 0,0% e para o abastecimento através de poços artesianos uma perda de 5,0%.

Por último, o custo médio domiciliar de água foi calculado a partir das seguintes informações: número de domicílios (SNIS, 2000) e consumo de água estimado a partir das informações disponibilizadas pela ECOPLAN (1997). Considerando um consumo médio domiciliar de 11,5m³, o custo médio domiciliar calculado foi de 1,26 reais/m³.

Para primeira alternativa, os poços artesianos², o custo calculado ficou em 3,5 reais/m³ em cada domicílio. Para este caso, considerando as variáveis a seguir:

$$\gamma_m = 53,76\%$$

$$(1 + \gamma_m) \cdot c_m = 1,26 \text{ reais/m}^3$$

$$c_p = 3,5 \text{ reais/m}^3$$

$$\gamma_p = 5\%$$

calcula-se o preço reserva:

$$P_{ah}^r = (1,05 \times 3,5 \text{ reais/m}^3) - 1,26 \text{ reais/m}^3 = 2,4 \text{ reais/m}^3$$

Como esta é a alternativa mais barata, a quantidade demandada é:

$$x_{ah} = 0,38 \text{ m}^3/\text{s}$$

Portanto, esta alternativa de abastecimento urbano possui a seguinte coordenada para este primeiro ponto da função demanda “tudo ou nada”: (2,4; 0,38).

Para o próximo caso admite-se uma solução alternativa mais cara, o abastecimento através de carros pipa. Neste caso foi considerado um custo de 11,29 reais/m³ para o

²Poço artesiano com uma bomba de vazão de 2m³/hora a um custo total de 5.800 reais (poço com 80 metros a um custo de 50 reais/metro linear e para um valor de bomba de 1800 reais) e uma vida útil de 12 anos.

abastecimento através do carro pipa segundo informações da CAMUSA (Novo Hamburgo). A partir disto tem-se que:

$$\gamma_m = 53,76\%$$

$$(1 + \gamma_m) \cdot c_m = 1,26 \text{ reais/m}^3$$

$$c_p = 11,29 \text{ reais/m}^3$$

$$\gamma_p = 0\%$$

Portanto, o preço reserva será:

$$p_{ah}^r = 11,29 \text{ reais/m}^3 - 1,26 \text{ reais/m}^3 = 10,02 \text{ reais/m}^3$$

Por sua vez, a quantidade demandada será equivalente ao valor demandado na bacia, descontada as perdas. Então:

$$x_{ah} = 0,38 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,4624 = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Assim sendo, a quantidade demandada junto à bacia do Rio Pardinho será reduzida, pois será descontado o equivalente às perdas no processo de abastecimento tradicional, na medida em que se considera não haver perdas no abastecimento através de carros pipa. Esta situação alternativa permitiu obter o segundo ponto da demanda “tudo ou nada”, cuja coordenada é (10,02; 0,18).

4.1.2 Abastecimento industrial

Ao analisar a questão do abastecimento industrial na bacia do Rio Pardinho, partiu-se das informações da IBGE (2001)³ que estimam um total de 778 indústrias de transformação estão concentradas, principalmente, nos municípios de Santa Cruz do Sul, Vera Cruz e Rio Pardo e das informações disponibilizadas em anexo (quadro 1). Para calcular o consumo médio, consideraram-se as quantidades demandadas por água pelas indústrias junto à bacia, descontando uma perda aproximada de 5%⁴. Desta forma, a demanda média por indústria nos municípios da bacia é de 164m³/mês. Considerou-se que para as indústrias o custo da água é de 3,01 reais/m³ e que o custo através de abastecimento próprio é de 1,16 reais/m³.

Como o modelo tradicional de abastecimento de água na indústria segue uma combinação de captação própria⁵ e abastecimento público, o custo no modelo tradicional é de 1,72 reais/m³⁶, admitindo-se uma perda de 20% no abastecimento industrial.

Neste caso, como primeira alternativa considera-se que o custo de abastecimento através de carros pipa é de 11,20 reais/m³, supondo não haver perdas no processo de abastecimento. Desta forma o preço reserva é obtido a partir das seguintes variáveis:

$$\gamma_m = 20\%$$

$$c_m = 1,72 \text{ reais/m}^3$$

$$c_p = 11,29 \text{ reais/m}^3$$

$$\gamma_p = 0\%$$

então:

$$p_{ai}^r = 11,29 \text{ reais/m}^3 - 1,2 \times 1,72 \text{ reais/m}^3 = 9,2 \text{ reais/m}^3.$$

Já a quantidade demandada para a solução mais barata é 0,05 m³/s (x_{ai}), conforme apresentado na tabela 2. Desta forma, a primeira coordenada é equivalente a (9,2; 0,05).

A segunda alternativa considera uma combinação de reciclagem de água e captação própria a partir de poços artesianos. Para o cálculo do preço reserva a partir desta alternativa, consideraram-se os seguintes indicadores: o custo médio de reciclagem de água na indústria e o índice médio de reciclagem da água obtidos a partir do estudo de Carrera-Fernandez e

³Informações Estatísticas e Estruturas empresariais.

⁴Considerou-se que 70% da demanda por água das indústrias seja através de captação própria (poços artesianos) e 30% seja obtida através do abastecimento público (conforme sugerido por Carrera-Fernandez e Garrido, 2003).

⁵A captação própria considera o uso de poço artesiano com uma bomba com vazão de 7000 litros/hora e 90 metros de profundidade (custo total: R\$ 27.370,10), considerando um período de vida útil de 12 anos (Cai Perfurações, 2004).

⁶O custo médio de abastecimento tradicional é obtido através da seguinte expressão: $c_m = (0,70 \times 1,16 \text{ reais/m}^3 + 0,30 \times 3,01 \text{ reais/m}^3) = 1,72 \text{ reais/m}^3$.

Garrido (2003). Atualizando estas informações para valores correntes de novembro de 2004, tem-se o custo de 27,47 reais/m³ para a água reciclada e um índice de reciclagem de 75% do uso total de água. Considerando o custo de 1,16 reais/m³, como um custo médio de abastecimento próprio, tem-se o custo médio desta alternativa (combinação de reciclagem e captação própria):

$$c_m = (0,75 \times 27,47 \text{ reais/m}^3 + 0,25 \times 1,16 \text{ reais/m}^3) = 20,89 \text{ reais/m}^3.$$

Desta forma, o preço reserva para esta alternativa é:

$$\gamma_m = 20\%$$

$$c_m = 1,72 \text{ reais/m}^3$$

$$c_p = 20,89 \text{ reais/m}^3$$

$$\gamma_p = 0\%$$

$$p_{ai}^r = 20,89 \text{ reais/m}^3 - 1,2 \times 1,72 \text{ reais/m}^3 = 18,83 \text{ reais/m}^3$$

Conforme as considerações anteriores, existe a necessidade de captar apenas 25% da demanda total prevista para as indústrias, de tal forma que:

$$x_{ai} = 0,25 \times 0,05 = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Desta maneira, a segunda coordenada da função de demanda “tudo ou nada” é (18,83; 0,012).

4.1.3 Irrigação

Na Bacia do Rio Pardinho o uso de água para irrigação é quase exclusivo para a lavoura de arroz. Os municípios onde existem as maiores demandas por água para irrigação são: Rio Pardo, Santa Cruz do Sul, Vera Cruz e Venâncio Aires, totalizando uma área plantada de 14.059 hectares (IRGA, 2000). Para calcular o preço reserva para este uso procura-se estimar qual seria o ganho adicional por área ao utilizar água para irrigação. Com base neste processo considera-se o preço de arrendamento para áreas com e sem o uso de água para irrigação. A fim de atingir este objetivo, considerou-se como preço de arrendamento para a cultura de sequeiro (arroz), uma cobrança de 20% do total produzido e uma produtividade média de arroz por hectare de 1800 kg. Como resultado destes valores o custo de arrendamento para a cultura de sequeiro é de 175,9 reais/ha. Por outro lado, no caso do arroz irrigado, considerou-se como custo de arrendamento, a cobrança de 25% do total produzido e uma produtividade média de 5500 kg/ha, desta maneira, o custo por hectare seria de aproximadamente 660 reais/ha.

Considerando que a demanda por água para irrigação é de 6,82 m³/s (215.075.520 m³/ano) então o p_i^r para a alternativa mais barata é:

$$p_i^r = (660 \text{ reais/ha} - 175,9 \text{ reais/ha}) \times \{(14.059 \text{ ha/ano}) / (215.075.520 \text{ m}^3/\text{ano})\} =$$

$p_i^r = 0,03 \text{ reais/m}^3$ para uma quantidade demandada de 6,82 m³/s. Desta forma, a primeira coordenada para esta primeira opção mais barata é (0,03; 6,82).

A segunda alternativa considera que o valor da outorga possa restringir em 80% a demanda por água para irrigação. Supõe que exista também um custo adicional para o arrendamento quando existe a possibilidade de uso de água para irrigação com a concessão de um termo de outorga. Neste caso, considera-se que o custo de arrendamento seria de 30%, passando a ser o custo por hectare a 792 reais/ha. Desta forma, o preço reserva pode ser calculado conforme a expressão abaixo:

$$p_i^r = (792 \text{ reais/ha} - 175,9 \text{ reais/ha}) \times \{(11.247,2 \text{ ha/ano}) / (172.060.416 \text{ m}^3/\text{ano})\} =$$

$$p_i^r = 0,04 \text{ reais/m}^3.$$

Como somente seria possível irrigar aqueles agricultores que possuem o direito de outorga, então a quantidade demandada neste cenário seria equivalente a 5,46 m³/s. Conseqüentemente, a segunda coordenada da curva de demanda “tudo ou nada” é (0,04; 5,46).

4.1.4 Diluição de efluentes industriais

A primeira solução alternativa consiste no tratamento dos efluentes industriais a partir da CORSAN. Seguindo os preços cobrados pela empresa, este valor equivale a 70,0% do preço do m³ consumido de água. Neste caso:

$$\text{Tarifa cobrada} = 3,01 \text{ reais/m}^3 \times 0,7 = 2,1 \text{ reais/m}^3.$$

Portanto, a tarifa a ser cobrada é calculada a partir do preço da água utilizada pelas indústrias, conforme tabela da CORSAN. Admitindo-se que cada m³ de esgoto contenha 17kg de DBO, então o preço reserva para alternativa mais barata é:

$$P_{ei}^r = (2,1 \text{ reais/m}^3)/(17 \text{ kg DBO/m}^3) = 0,12 \text{ reais/kg DBO}$$

Como esta é a alternativa mais barata, a quantidade de efluentes é 4093,2 kg DBO/dia e a primeira coordenada da demanda “tudo ou nada” é (0,12; 4093,2).

A segunda alternativa considera a hipótese de construção de um sistema de depuração centralizado de efluentes industriais. Considerou-se que esta estação de tratamento teria um custo equivalente a 50% do valor já investido na estação de tratamento de efluentes urbanos em Santa Cruz do Sul. O valor total dos investimentos seria na ordem de 5,847 milhões de reais, equivalente a $7,85 \times 10^5$ reais/ano (atualizado a valores de novembro de 2004). Neste caso supõe-se uma redução de 75% dos resíduos dos efluentes direcionados ao manancial, então a quantidade anual será de 373.561 kg DBO/ano (1023,3 kg DBO/dia). Desta forma, o preço reserva e a quantidade é, respectivamente:

$$P_{ei}^r = (7,85 \times 10^5 \text{ reais/ano})/(373.561 \text{ kg DBO/ano}) = 2,10 \text{ reais/kg DBO}$$
$$x_{ei} = 1023,3 \text{ kg DBO/dia.}$$

Conseqüentemente a segunda coordenada da demanda “tudo ou nada” será (2,10; 1023,3).

De maneira semelhante, na próxima seção são calculados os preços reservas e quantidades para o uso da água como diluente de efluentes sanitários.

4.1.5 Diluição de esgotamentos sanitários

De maneira similar à seção anterior, nesta seção são calculados os preços reservas e as quantidades para duas alternativas. A primeira delas considera que o tratamento sanitário será realizado pela CORSAN, conforme os serviços e tarifas padrão para o estado do Rio Grande do Sul. A segunda alternativa pressupõe a cobrança pelo tratamento da água considerando a utilização do sistema terciário já construído em Santa Cruz do Sul.

A primeira alternativa, considerada a mais barata, possui um custo de 0,882 reais/m³, considerando que a tarifa de esgoto da CORSAN equivale a 70% do valor do m³ consumido (1,26 reais/m³). Considera-se, como no caso anterior, que cada m³ de esgoto contenha 17 kg de DBO. Desta forma, o preço reserva será:

$$P_{es}^r = (0,882 \text{ reais/m}^3)/(17 \text{ kg de DBO}) = 0,052 \text{ reais/kg DBO}$$

Como esta é a alternativa mais barata, então a quantidade demandada será 11.160,70 kg DBO/dia e o primeiro ponto na função de demanda “tudo ou nada” para este uso é (0,052; 11.160,70).

A segunda alternativa considera os investimentos já realizados em Santa Cruz do Sul para tratamento dos efluentes sanitários a partir da construção de um sistema terciário. Estes investimentos em valores deflacionados para novembro de 2004 são da ordem de 11,694 milhões de reais. Considerando um horizonte de 20 anos e uma taxa anual de desconto de 20%, tem-se uma amortização anual equivalente a $1,57 \times 10^6$ reais/ano (Schmidt, 2004). Supondo que este sistema de tratamento seja capaz de reduzir o nível de DBO nas águas da bacia do Rio Pardo em 85,0%, então o preço reserva será:

$$P_{es}^r = (1,5689 \times 10^6 \text{ reais/ano})/(611.010 \text{ kg DBO/ano}) = 2,57 \text{ reais/kg DBO.}$$

Como serão lançados apenas 15% dos resíduos sanitários em função do tratamento recebido, a quantidade será igual a 1674,11 kg DBO/dia, permitindo definir a segunda coordenada (2,57; 1674,11).

Com base nas coordenadas calculadas para demandas “tudo ou nada” para cada usuário de água definido na bacia do Rio Pardinho, na próxima seção são apresentadas as demandas “tudo ou nada”, as demandas ordinárias e as elasticidades-preço demanda para cada usuário de água.

4.2 Determinação das Demandas e das Elasticidades-Preço

Nesta seção são apresentados os resultados das estimativas dos preços reserva e das quantidades demandadas para cada uso de água. A partir destas informações são calculados os coeficientes da demanda “tudo ou nada”, e a partir desta, a função de demanda ordinária e a elasticidade-preço demanda para cada usuário.

Segundo as informações da tabela 3, pode-se observar os preços reservas e as quantidades demandadas para cada situação e usuário analisado.

Tabela 3- Preços reservas, quantidades demandadas de água para cada modalidade de uso e coeficientes da demanda “Tudo ou Nada”

USOS	Preço de reserva		Quantidade		Coeficiente	
	P ₁	P ₂	X ₁	X ₂	Linear	Angular
Abastecimento Urbano	2,40	10,02	0,38	0,18	0,44	-0,03
Abastecimento Industrial	9,20	18,83	0,05	0,01	0,09	-3,95x10 ⁻³
Irrigação	0,03	0,04	6,82	5,46	11,00	-136,00
Diluentes de efluentes industriais	0,12	2,10	4093,2	1023,3	4279,04	-1550,45
Diluentes de esgotamento sanitário	0,052	2,57	11160,7	1674,11	11378,5	-3767,52

Fonte: resultados de pesquisa

Com base nas estimativas dos preços reserva e das quantidades foram calculados os coeficientes lineares (α) e angulares (β) da função demanda “tudo ou nada”, e a partir desta, a função de demanda ordinária e a elasticidade-preço demanda para cada usuário, conforme apresentado na tabela 4.

Os coeficientes das funções de demanda “tudo ou nada” foram calculados a partir das seguintes expressões:

$$(1) \alpha = (X_1P_2 - X_2P_1)/(P_2 - P_1)$$

$$(2) \beta = (X_2 - X_1)/(P_2 - P_1)$$

A seguir na tabela 4 são apresentadas as funções de demanda estimadas e as elasticidades-preço demanda para cada usuário analisado. Conforme os resultados obtidos pode-se observar que os serviços de abastecimento urbano e os diluentes de efluentes sanitários e industriais apresentam demandas inelásticas, como valores de 0,32, 0,04 e 0,09, respectivamente. Isto ocorre principalmente em função das reduzidas alternativas dos consumidores de água para estes usos de água e do custo elevado das alternativas existentes.

Tabela 4- Funções de demanda e Elasticidades-preço da demanda por água para multi-usuários

USOS	Demandas tudo ou nada	Demanda ordinária	$ E_i $
Abastecimento Urbano	$X_{ah} = 0,44 - 0,03P_{ah}$	$X_{ah} = 0,44 - 0,06P_{ah}$	0,32
Abastecimento Industrial	$X_{ai} = 0,09 - 3,95 \times 10^{-3} P_{ai}$	$X_{ai} = 0,09 - 7,90 \times 10^{-3} P_{ai}$	1,44
Irrigação	$X_i = 11 - 136P_i$	$X_i = 11 - 272P_i$	1,20
Diluentes de efluentes industriais	$X_{ei} = 4279,04 - 1550,45P_{ei}$	$X_{ei} = 4279,04 - 3100,9P_{ei}$	0,09
Diluentes de esgotamento sanitário	$X_{es} = 11378,5 - 3767,52P_{es}$	$X_{es} = 11378,5 - 7535,02P_{es}$	0,04

Fonte: resultados de pesquisa.

Por outro lado, para os usos de abastecimento industrial e irrigação de lavouras de arroz, as demandas por água apresentam-se relativamente mais elásticas, com elasticidades-preço demanda de 1,44 e 1,20, respectivamente.

De uma forma geral, estes resultados sugerem que o maior peso da cobrança pelo uso da água deverá recair sobre aqueles usuários que apresentam uma demanda inelástica. Isto justifica-se pelo fato destes usuários (consumo urbano e diluentes de efluentes industriais e sanitários) terem um número menor de alternativas disponíveis, tornando-os relativamente mais dispostos a pagar pelo uso da água do que os demais usuários (abastecimento industrial e irrigação).

5 Considerações finais

A principal motivação para desenvolver este trabalho, utilizando a metodologia proposta por Carrera-Fernandez e Garrido (2003), foi estimar a disposição a pagar para multi-usuários, a qual possibilita incluir mesmo aqueles agentes que não participam de nenhum mercado de água. Neste sentido, a análise desenvolvida permitiu estimar a disposição a pagar pelo uso da água, apresentando resultados que poderão contribuir para uma cobrança mais equilibrada dos usuários da bacia.

Desta forma, este trabalho não esgota os estudos referentes à determinação do preço da água, mas representa um passo inicial para a precificação da água na bacia do Rio Pardinho. Através deste estudo, verificou-se que o maior peso da cobrança pelo uso da água deverá recair sobre os usuários dos grupos "consumo urbano" e "diluentes sanitários e industriais", ou seja, aqueles cujas elasticidades-preço demanda são mais inelásticas. O estudo também sinaliza que os usuários que utilizam água para indústria ou irrigação não irão aceitar um preço relativo mais elevado pelo uso da água, caso isto ocorra, haverá o risco destes trocarem para atividades que exigem menores demandas por água.

Por fim, com relação a pergunta: quanto cada usuário deverá pagar? Esta dependerá não somente da disponibilidade a pagar dos usuários (consumidores), mas também dos custos ligados a oferta de água. Por sua vez, a questão da oferta de água da bacia dependerá da qualidade de água desejada e dos custos associados a este processo de melhoria. Desta forma, o preço da água será determinado, conjuntamente, pela disponibilidade a pagar dos usuários e pelas decisões tomadas junto ao Comitê com relação a qualidade de água desejada na Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho.

Referências Bibliográficas

CARRERA-FERNANDEZ, J. Cobrança pelo Uso da Água em Sistemas de Bacias Hidrográficas: o caso da bacia do Rio Pirapama em Pernambuco. **Economia Aplicada**, v.4, n.3, 2000.

CARRERA-FERNANDEZ, J. GARRIDO, J. R. **Economia dos Recursos Hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2003.

ECOPLAN Engenharia. **Avaliação Quali-quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo/Pardinho**. Porto Alegre, 1997.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico**. IBGE, 2000¹. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso: 21 de nov. de 2004.

----- **Atlas de Saneamento**. IBGE, 2000². Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso: 17 de out. de 2004.

----- IBGE Cidades@: base de dados. IBGE, 2001. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso: 15 de out. de 2004.

IRGA (Instituto Riograndense do Arroz). **A Cultura do Arroz**. IRGA, 2000. Disponível em <http://www.irga.rs.br>. Acesso: 15 de set. de 2004.

Caí Perfurações. (caiperfuracoes@caiweb.com.br) Orçamento de Poços Artesianos. 6 de dez. 2004. Mensagem para Clélia Mônica Schwantes. (clelia1@mx2.unisc.br).

COMUSA (Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo). **Preço da Água Potável Distribuída através de Carros Pipa**. (atendimento@comusa.com.br). 12 de nov. 2004. Mensagem para Clélia Mônica Schwantes. (clelia1@mx2.unisc.br).

CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento). **Sistema Tarifário da Corsan**. 2004. Disponível em <http://www.corsan.com.br> Acesso: 16 de set. de 2004.

FEACHEM, R. G., BRADLEY, D. J., GARELICK, H., MARA, D. D. - **Sanitation & Diseases**. John Wiley & Sons: Chichester, 1983.

SCHMIDT, Lucia M. (lucia.muller@corsan.com.br). **Estação de Tratamento de Esgotos Pindorama**. 21 de dez. 2004. Mensagem para: Augusto Mussi Alvim (alvim@unisc.br).

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Base de dados**. 2000. Disponível em <http://www.snis.gov.br>. Acesso: 16 de set. de 2004.

Quadro 1- Demanda por água na Bacia do Rio Pardo (kg DBO/dia e m³/hora)

Uso dos Recursos	Demanda (kg DBO/dia)	Demanda (m ³ /hora)
<i>ABASTECIMENTO URBANO</i>		
Barros Cassal		19,58
Sinimbu		44,44
Boqueirão do Leão		15,28
Gramado Xavier		0,90
Rio Pardo		* ponto de captação fora da bacia
Santa Cruz do Sul		1233,33
Venâncio Aires		* ponto de captação fora da bacia
Vera Cruz		51,2
Total		1664,73
<i>ABASTECIMENTO INDUSTRIAL</i>		
Barros Cassal		---
Sinimbu		---
Boqueirão do Leão		---
Gramado Xavier		---
Rio Pardo		10,35
Santa Cruz do Sul		154,17
Venâncio Aires		---
Vera Cruz		22,22
Total		186,74
<i>IRRIGAÇÃO</i>		
Barros Cassal		---
Sinimbu		---
Boqueirão do Leão		---
Gramado Xavier		---
Rio Pardo		17.604,00
Santa Cruz do Sul		2.988,00
Venâncio Aires		2.304,00
Vera Cruz		1.656,00
Total		24.552,00
<i>DILUENTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS</i>		
Barros Cassal	70,08	
Sinimbu	126,33	
Boqueirão do Leão	35,75	
Gramado Xavier	78,90	
Rio Pardo	1069,62	
Santa Cruz do Sul	1293,59	
Venâncio Aires	1028,16	
Vera Cruz	391,39	
Total	4.093,82	
<i>DILUENTES DE EFLUENTES SANITÁRIOS</i>		
Barros Cassal	567,35	
Sinimbu	510,50	
Boqueirão do Leão	391,25	
Gramado Xavier	183,30	
Rio Pardo		* ponto de captação fora da bacia
Santa Cruz do Sul	5.381,60	
Venâncio Aires	3.061,70	
Vera Cruz	1.065,00	
Total	11.160,70	

Fonte: ECOPLAN, 1997; IBGE, 2000, IRGA, 2000.