

Demanda por Saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo logit multinomial

Abstract: Basic sanitary services, including waste disposal, treated water supply and sewage services, do have a strong effect on human health and on the environment. Brazil stands as having a large deficit in these services, which results in labour productivity's decrease and loss of GDP. This study aims at estimating a demand model for sewage services in Brazil. In this sense, a model of random utility based on the logit multinomial was used for waste disposal and sewage. This model is based on the assumption that the choice for sanitary services is done in a context where this is one domiciliary attribute among others. A hedonic price approach is used in this context to value those services, where other domiciliary attributes stand as being either competing or complementary with them. Results show that certain domiciliary characteristics do compete with sanitary services. In particular, number of rooms and electricity access do compete with sewage services, as well as is the same case between number of rooms and waste disposal. An interesting conclusion is that there is a certain trade-off between sanitary services and domiciliary comfort. Results also show that demand for sanitary services in Brazil is also sensitive to the following factors: income, education level, size of the family.

Key words: Sanitary services, environment, random utility, multinomial logit model.

Resumo: Os serviços de saneamento que englobam coleta de lixo, água tratada e esgotamento sanitário exercem forte impacto sobre a saúde da população e o meio ambiente. No Brasil, verifica-se um elevado déficit desses serviços causando diminuição da produtividade do trabalho e perda de produto da economia. Este trabalho tem como objetivo estimar um modelo de demanda por saneamento no Brasil. Neste sentido foi utilizado um modelo de escolha aleatória com base na análise multinomial logit para lixo e esgotamento sanitário. O modelo toma como base o fato do saneamento fazer parte do conjunto de atributos de uma residência e desse modo, a decisão do agente pode ser interpretada como uma escolha por residir num domicílio que possui certa alternativa de saneamento, dentre outros atributos relacionados ao domicílio em si. Neste caso, incorpora-se a abordagem de preços hedônicos, onde outros atributos do domicílio são tomados como bens concorrentes ou complementares ao saneamento. Os resultados mostram que certas características do domicílio são concorrentes com o saneamento. Aqui se destacam a iluminação elétrica e o número de cômodos para esgotamento sanitário, assim com cômodos para o lixo. Interessante foi notar que existe um certo trade-off entre “conforto” e saneamento. Também outros fatores como renda, escolaridade e o tamanho da família são variáveis importantes para explicar a demanda por saneamento no Brasil.

Palavras chaves: Saneamento, Meio ambiente, Utilidade aleatória, Modelo multinomial logit.

JEL: H4, I0, I1, Q2,

Demanda por Saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo logit multinomial

1. Introdução.

Os serviços de saneamento básico são essenciais à vida, com fortes impactos sobre a saúde da população e o meio ambiente. Se entendermos a demanda por saneamento básico como uma demanda por insumos que melhoram a qualidade de vida do indivíduo, teremos uma ampla literatura que trabalha com esse tema [Leibowitz e Friedman (1979, Nocera e Zweifel (1998), Dow (1999), *inter alia*]. Mais recentemente, Persson (2002) analisou as implicações sobre o bem estar geradas por mudanças nos preços de insumos dos serviços de saneamento. Para o Brasil, Carrera-Fernandez e Menezes (2002) fizeram uso do método de avaliação contingente para estimar uma função demanda por esgotamento sanitário.

Boa parte da população brasileira reside em locais onde as condições de saneamento são precárias. Devido à falta de saneamento e condições mínimas de higiene, a população fica sujeita a diversos tipos de enfermidades. No Brasil são verificados altos índices de internações hospitalares pela carência de saneamento básico, em particular nas regiões Norte e Nordeste. Esses fatores nocivos repercutem sobre a saúde da população, causando diminuição da produtividade do trabalho, o que por sua vez gera perda no produto da economia. Além disso, observa-se que a parcela da população sujeita à falta de saneamento reside em locais impróprios para habitação, como nas encostas dos morros e nas margens dos rios. Isso traz como consequência, em princípio, a deterioração das áreas de floresta urbana e a poluição dos rios, que também se traduzem em perdas econômicas, com um valor mínimo dado pelo custo de reposição das condições anteriores à referida degradação.

Define-se, nessa pesquisa, saneamento básico como sendo o conjunto de três elementos distintos que deveriam estar presentes num mesmo domicílio: abastecimento de água, esgotamento sanitário e serviço de coleta de lixo. De modo a assegurar uma gerência eficiente de recursos, é importante investigar que fatores determinam a demanda por saneamento, pois não é suficiente ampliar a oferta de serviços a menos que os agentes apreciem os reais benefícios relacionados a esta expansão. Uma atuação governamental eficiente e eficaz requer o conhecimento dos determinantes da demanda por saneamento básico, para que se ganhe a perspectiva da melhor forma de alcançar estes fins.

Por exemplo, caso o nível de escolaridade seja uma variável importante na determinação da demanda por saneamento, e o governo decida pela ampliação da oferta em regiões onde o nível de escolaridade seja baixo, é possível que os agentes não respondam de modo pleno ao hábito de manter práticas precárias, devido à baixa utilidade derivada por esse bem. Esta resposta insatisfatória por parte dos agentes seria também se dar por fatores ligados à herança familiar. Neste caso, políticas de saneamento adequadas deveriam envolver a educação ambiental num primeiro estágio. Diferentemente, no caso da renda ser a variável fundamental, políticas como redistribuição de renda, ou ainda o simples aumento dos serviços poderiam alcançar os objetivos desejados. Assim, conhecendo os determinantes da demanda, é possível minimizar o custo de expansão dos serviços de saneamento, assegurando ao mesmo tempo sua eficácia..

Boa parte dos estudos que tratam da questão do saneamento no Brasil está alicerçada apenas na mera ilustração de informações que ressaltam o déficit de saneamento

em relação aos domicílios brasileiros. Como exceção a essa regra destaca-se o trabalho de Carrera-Fernandez e Menezes (2002), que fazem uso do modelo logit para estimar a demanda por esgotamento sanitário. Deve-se ter em mente que os dados refletem substancialmente o resultado da interação das funções oferta e demanda por tal, sendo que a mera descrição deles pode encobrir fatores de extrema relevância teórica. A constatação de uma alta correlação negativa entre déficit de saneamento e renda pode fazer com que se considere a renda como o único fator comportamental importante para análise do fenômeno, portanto políticas eficientes de saneamento poderiam requerer que os esforços governamentais se concentrassem prioritariamente em políticas de rendas, deixando ao setor privado, por exemplo, a provisão de tais serviços.

Este trabalho tem como objetivo estimar um modelo de demanda por saneamento no Brasil. Além desta introdução, a seção 2 apresenta os fatos estilizados sobre saneamento básico no Brasil. A seção 3 explicita a questão do saneamento dentro do contexto de escolha randômica pelo agente. Aqui, o grau de saneamento é visto como um atributo ou característica do domicílio e, neste sentido, a análise pode ser enquadrada dentro de um contexto de demanda por habitação na qual o agente escolhe residir num domicílio que possui uma certa estrutura de saneamento. Dentro deste contexto, a estimação econométrica da demanda de saneamento no Brasil utiliza o modelo logit multinomial. por sua adequação ao caso presente.. Na seção 4, aplica-se o modelo multinomial com objetivo de analisar cada um dos componentes do saneamento separadamente. Neste sentido o modelo foi aplicado para estudar os casos de esgotamento sanitário e do lixo. Por fim, na seção 5, são apresentadas as conclusões dessa pesquisa.

2. Fatos Estilizados do Saneamento Básico no Brasil.

Os serviços de abastecimento básico que incluem os serviços de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo estão ainda muito longe de atender, no Brasil, a totalidade da população. Apesar do aumento significativo verificado na oferta dos serviços nas últimas décadas, persiste uma demanda possivelmente não atendida, especialmente nos extratos sociais de renda mais baixa, localizados nas periferias de grandes cidades, nos menores municípios, nas pequenas localidades e na área rural. Na Tabela 1 são apresentados os números concernentes ao déficit de saneamento básico no Brasil.

Com relação ao abastecimento de água, o índice nacional desse serviço, por meio de ligações domiciliares às redes, alcançou em 2000, 77,8%. No que se refere à esgotamento sanitário, somente 47,2% dos domicílios estão ligados às redes coletoras, sejam elas exclusivas ou de drenagem de águas pluviais. Caso sejam consideradas as fossas sépticas, que em alguns casos podem se constituir em uma solução adequada, a cobertura em esgotamento sanitário alcança 62,2%. Assim, o déficit dos serviços de abastecimento de água por redes públicas atinge cerca de 9,9 milhões de domicílios brasileiros, e 23,6 milhões não estão conectados às redes coletoras de esgotos. Se consideradas as fossas sépticas, o déficit em esgotamento sanitário atinge 16,9 milhões de domicílios.

No que diz respeito às áreas rurais, o déficit é proporcionalmente muito superior àquele verificados em áreas urbanas. Tomando por base o ano de censo mais recente de 2000, o atendimento por redes de distribuição de água atinge somente cerca de 18,1% dos

domicílios rurais. Em esgotamento sanitário, apenas 3,3% dos domicílios rurais estão conectados às redes coletoras e somente 9,6% dispõem de fossas sépticas. Assim, de 7,46 milhões de domicílios localizados em áreas rurais, 1,35 milhões estão ligados às redes de abastecimento de água e 960 mil estão ligados ou às redes coletoras de esgotos ou dispõem de fossas sépticas.

Deve ser observado que o atendimento às populações dispersas em áreas de baixa densidade populacional pode ser considerado satisfatório, com o uso de soluções individuais, inclusive para abastecimento de água para consumo humano. Por exemplo, nas áreas rurais, cerca de 4,3 milhões de domicílios se abastecem por nascentes ou poços localizados na própria propriedade. Não há, todavia, dados que possam assegurar que estas fontes de água sejam seguras¹. Por outro lado, ações de saúde pública em áreas rurais, como simples desinfecção da água, poderiam assegurar sua qualidade mínima, tornando-a própria ao consumo humano.

No que se refere aos serviços de coleta de lixo, de acordo com a Tabela 1, ao longo da década de 1990 se observa uma substancial melhora nos indicadores, principalmente no que se refere aos domicílios situados nas áreas rurais. Entretanto, a grande parcela desses domicílios continua sem serem atendidos pelos serviços de coleta de lixo.

De modo a aprofundarmos a questão do saneamento no Brasil sob o prisma mais teórico, iremos adotar uma metodologia própria, para a partir dela obter alguns fatos estilizados sobre o saneamento. Nesse sentido, a proposta aqui é inicialmente definir uma variável que possa quantificar o nível de saneamento para cada domicílio, para então gerar o conceito de deficit apropriado. Essa variável pode ser construída a partir da combinação de três subconjuntos distintos de variável, cada qual relacionado a um dos elementos que definem o saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. No entanto, é necessário definir os critérios que o domicílio deve preencher para possuir cada um desses elementos.

¹ Para a OMS (Organização Mundial da Saúde), é atendido por serviço de abastecimento de água um domicílio urbano que se localize a, no máximo, 15 minutos de caminhada, ou 200 metros de distância de uma fonte de água segura como os chafarizes, e em esgotamento sanitário, aquele cujos dejetos humanos estejam afastados do contato direto com pessoas, animais e fontes de água, aceitando soluções do tipo latrina seca ou fossa rudimentar.

Tabela 1: Evolução da Cobertura dos Serviços de Água e Esgotos no Brasil - em %

<i>Indicadores</i>	1970	1980	1990	2000
Abastecimento de Água				
. domicílios urbanos – rede de distribuição	60,5	79,2	86,3	89,8
. domicílios rurais - rede de distribuição	2,6	5,0	9,3	18,1
Esgotamento Sanitário				
.domicílios urbanos – rede de coleta	22,2	37,0	47,9	56,0
.domicílios urbanos – fossas sépticas	25,3	22,9	20,9	16,0
.domicílios rurais - rede de coleta	0,45	1,4	3,7	3,3
.domicílios rurais – fossas sépticas	3,2	7,2	14,4	9,6
Coleta de Lixo*				
.domicílios urbanos – coleta direta	N.D.	N.D.	0,78	84,9
.domicílios urbanos – coleta indireta	N.D.	N.D.	0,06	0,08
.domicílios rurais – coleta direta	N.D.	N.D.	0,07	0,15
.domicílios rurais – coleta indireta	N.D.	N.D.	0,01	0,04

Fonte: IBGE, Censos Demográficos 1970, 1980, 1990 e 2000.

* N.D. = Dados não disponíveis.

Em relação ao abastecimento de água, o critério para que um domicílio possua esse serviço, num sentido pleno, é que tenha água encanada em pelo menos um cômodo e que ela seja proveniente de rede geral de distribuição. Para que um domicílio preencha o critério para esgotamento sanitário, é necessário que nele exista banheiro, sendo que seu uso deve ser privativo do domicílio e que o escoadouro seja feito por rede coletora de esgoto ou fluvial, ou ainda, fossa séptica. No caso do domicílio ter acesso à coleta de lixo, considerou-se que esse serviço é pleno no caso do lixo desse domicílio ser coletado direta ou indiretamente² por serviço de empresa de limpeza.

Nessa altura, a tarefa consiste em criar variáveis que expressem em valores o nível de saneamento de um domicílio para então tentar relacionar-lo a possíveis fatores que fazem com que uma pessoa decida habitar um domicílio com determinada estrutura de saneamento. Assim é razoável supor que a escolaridade e a renda influenciam a decisão do agente na sua decisão de ter ou não disponível certo serviço na medida que esses são os principais fatores sócio-econômicos que podem determinar a escolha por certo nível de saneamento básico.

A análise descritiva que se segue toma por base os dados da PNAD de 1998. A Tabela 2 ilustra a dispersão dos domicílios no Brasil quanto ao nível de saneamento para a tal amostra. Ela associa o nível de saneamento, classificando essa variável com valores que vão de 0 a 3. Aqui 0 (zero) representa o domicílio que não possui nenhum dos três itens assinalados de saneamento, 1 (um) o domicílio que possui um dos dois itens, 2 (dois) o que possui 2 dos itens de saneamento e 3 (três) representa o domicílio que possui todos as 3

² Quando o lixo é depositado em caçamba, tanque ou depósito de serviço.

características de saneamento. Conforme pode ser observado, aproximadamente 45% do total dos domicílios não atingem o saneamento pleno (nível 3).

No que diz respeito ao efeito da educação sobre o saneamento, o exercício seguinte ressalta quanto o nível de escolaridade é importante. Nesse caso, a amostra foi repartida entre domicílios cuja pessoa de referência possui pelo menos o primeiro grau completo e os domicílios onde isso não ocorre. Para a amostra da PNAD de 1998, a Tabela 3 mostra que cerca de 60% dos domicílios possuem saneamento pleno, onde a pessoa de referência tem pelo menos o elementar. Já para o outro grupo, observa-se que o saneamento pleno não alcança 40%.

Tabela 2: Nível de Saneamento Básico dos Domicílios no Brasil em 1998

Nível de Saneamento Básico	Percentual	Percentual Acumulado
0	7,14%	7,14%
1	7,32%	14,46%
2	30,57%	45,03%
3	54,97%	100,00%

Fonte: PNAD 1998

Ocorre, contudo, que não apenas fatores de natureza sócio-econômica são responsáveis pela grande disparidade existente no volume de saneamento básico entre os domicílios brasileiros. Como assinala Carrera-Fernandez e Menezes (2002), essa disparidade também é percebida caso seja feita uma comparação entre as regiões do Brasil. Nesse caso, tomando-se por base os dados da PNAD-1996, de acordo com a Tabela 4, observa-se que os estados do sudeste e do sul do país detêm uma quantidade de domicílios plenamente saneados superiores aos estados das regiões nordeste e centro-oeste do país, para não mencionarmos a região norte que não aparece na tabela. Enquanto no sudeste 77% dos domicílios possuem saneamento pleno, esse número na região nordeste é de apenas 34%, sendo que na região centro-oeste esse valor é de 41%.

Tabela 3: Nível de Saneamento X Escolaridade

Nível de Saneamento Básico	Pelo Menos 4 anos de Estudo		Menos de 4 anos de Estudo	
	Percentual	Acumulado	Percentual	Acumulado
0	5,89%	5,89%	11,30%	11,30%
1	5,05%	10,93%	14,87%	26,16%
2	28,58%	39,52%	37,16%	63,32%
3	60,48%	100%	36,68%	100%

Fonte: PNAD 1998

Isso parece ser consequência do fato de que as regiões sudeste e sul são as mais ricas do país e que, portanto, possuem melhor infraestrutura para a população, facilitando o acesso aos serviços de saneamento. Também é sabido que as áreas urbanas detêm os domicílios com maior nível de saneamento, possivelmente devido ao menor custo marginal de se obter tal serviço nas áreas urbanas.

Tabela 4: Saneamento Básico por Região

Nível de Saneamento	Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste	
	%	Acum.	%	Acum.	%	Acum.	%	Acum.
0	9,38	9,38	2,94	2,94	4,40	4,40	15,17	15,17
1	13,99	23,38	4,53	7,48	3,16	7,56	4,98	20,14
2	42,10	65,47	14,76	22,23	36,74	44,30	38,64	58,78
3	34,53	100	77,77	100	55,70	100	41,22	100

Fonte: PNAD 1998

Como pode ser visto na Tabela 5, de acordo com os dados da PNAD-1996, 57% dos domicílios urbanos são dotados de saneamento pleno. Por outro lado, esse valor cai para 17%, tomando por base os domicílios que se localizam em áreas rurais.

Tabela 5: Saneamento Básico: Área Urbana x Área Rural

Nível de Saneamento	Área Urbana		Área Rural	
	%	Acumulado	%	Acumulado
0	6,58	6,58	19,14	19,14
1	6,02	12,60	35,10	54,24
2	30,66	43,26	28,62	82,86
3	56,74	100	17,14	100

Fonte: PNAD 1998

3. Modelo de Utilidade Aleatória.

Na seção anterior apresentamos alguns fatos estilizados a respeito do saneamento básico no Brasil. O objetivo agora é verificar se é possível tratar a questão do saneamento dentro de um paradigma teórico. Neste sentido, a base do nosso argumento é que o saneamento deve ser visto como um entre os vários atributos de um domicílio que o agente demanda. Assim, pode-se interpretar a escolha por certa estrutura de saneamento pelo agente como a decisão de residir num domicílio que contemple tal estrutura juntamente com os outros atributos do domicílio. A partir disso, pode-se ver o saneamento como sendo um atributo que pode ser concorrente, complementar ou mesmo atrelado com outros atributos do domicílio.

Além disso, conforme foi dito anteriormente, fatores sócio-econômicos podem influenciar no processo na medida que atuam sobre a factibilidade e também sobre a estrutura de preferências do agente. A renda delimita o conjunto de escolha em relação à habitação de uma família, como também o nível de educação do grupo que pertence o indivíduo pode atuar no sentido de definir os seus gostos. Aqueles que enfatizam a saúde, certamente terão preferência por residir num domicílio onde o nível de saneamento seja pleno. No caso onde isso não seja possível devido à restrição na renda, a alternativa seria optar por uma solução parcial reduzindo-se o nível de saneamento para algo imediatamente abaixo na escala das alternativas. Por exemplo, na impossibilidade de se dispor de coleta direta ou indireta de lixo, a opção imediatamente abaixo seria queimar o lixo ou enterrá-lo. Também no que se refere ao esgotamento sanitário, quando não é possível dispor de rede geral, a alternativa imediatamente inferior seria abrir uma fossa séptica.

Conforme foi assinalado ao final da seção anterior, cada componente de saneamento, água, esgotamento sanitário e lixo, possuem categorias distintas de classificação que representam tipos diferentes de opção para o agente, sendo que a descrição completa dessas alternativas aparece no final do trabalho no Anexo1. Uma vez que foi visto que o aparato para tratar o problema do saneamento pode ser enquadrado na mesma categoria que aquele usado para tratar a escolha por habitação, isto nos leva ao emprego do modelo de escolha aleatória como forma de tratar o problema. A seguir faremos uma breve exposição acerca sobre este método.

No problema de escolha aleatória, a escolha da alternativa $j, j = 1, \dots, J$; para o indivíduo $i, i = 1, \dots, I$; visa maximizar o nível de utilidade U_{ij} . Aqui deve ficar claro que a escolha na verdade se refere a escolha de um domicílio para o qual a opção j existe. Tendo em vista que a informação acerca dos determinantes de cada escolha é incompleta, pode-se definir U_{ij} da seguinte forma

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad j = 1, \dots, J, i = 1, \dots, I \quad (1)$$

onde V_{ij} representa sua parte determinística e ε_{ij} , o componente aleatório.

A probabilidade P_{ij} que o indivíduo i escolha certa alternativa j é igual a probabilidade que U_{ij} seja a maior utilidade entre U_{i1}, \dots, U_{iJ} . Denotando $x_i \in \{1, \dots, J\}$ a escolha feita pelo indivíduo i , temos então que

$$P_{ij} = \Pr(x_i = j) = \Pr(U_{ij} > U_{ik}, \forall k = 1, \dots, J : k \neq j) = \Pr(\varepsilon_{ik} - \varepsilon_{ij} \leq V_{ij} - V_{ik}, \forall k = 1, \dots, J : k \neq j) \quad (2)$$

Dadas as componentes determinísticas das funções de utilidade, V_{i1}, \dots, V_{iJ} , essa probabilidade irá depender das suposições acerca das distribuições (ou das diferenças) dos termos estocásticos $\varepsilon_{i1}, \dots, \varepsilon_{iJ}$. A componente determinística V_{ij} é afetada por diferentes tipos de determinantes, podendo ser definida da seguinte forma

$$V_{ij} = \alpha_j + x'_{ij} \beta + z'_i \gamma_j \quad j = 1, \dots, J, i = 1, \dots, I \quad (3)$$

onde z_i representa o vetor de variáveis atributos, x_{ij} é o vetor de variáveis características, que podem variar para o indivíduo conforme o tipo de escolha; por fim, o termo constante α_j é dado em relação a cada alternativa. Na presente pesquisa, cujas informações são obtidas a partir da pesquisa da PNAD, não se encontra disponível nenhuma informação do tipo x_{ij} , assim todos os dados são do tipo atributo. Nesse caso, temos então que

$$V_{ij} = \alpha_j + z'_i \gamma_j \quad j = 1, \dots, J, i = 1, \dots, I. \quad (4)$$

Tendo em vista as características desse modelo, o modo mais apropriado de estimar os parâmetros se dá a partir da aplicação de um modelo multinomial logit, onde

$$\Pr(Y_i = j) = \frac{e^{\beta_j' z_i}}{\sum_{k=1}^J e^{\beta_k' z_i}} \quad (5)$$

Nesse modelo, as equações estimadas geram um conjunto de probabilidades para J+1 escolhas para o indivíduo i. Um modo de remover essa indeterminação é a partir da introdução de uma normalização para a alternativa de referência como, por exemplo, fazendo o vetor $\beta_1 = 0$. Assim temos que

$$\Pr(Y_i = j) = \frac{1}{\sum_{k=1}^J e^{\beta_k' z_i}}, \quad \text{para } j = 2, \dots, J-1 \quad (6)$$

$$\Pr(Y_i = j) = \frac{e^{\beta_j' z_i}}{\sum_{k=2}^J e^{\beta_k' z_i}} \quad (7)$$

A partir do emprego do método de máxima verossimilhança e com o uso de otimização não linear, é possível obter as estimativas para os coeficientes que aparecem em (9). Conforme assinala Greene (1993) a interpretação dos coeficientes das equações (9)-(10) se torna difícil, no entanto, é possível obter a partir delas os logs para J-1 razões das probabilidades,

$$\ln \left[\frac{P_{ij}}{P_{ik}} \right] = \beta_j' z_i, \quad \text{para } j = 2, \dots, J-1 \quad (8).$$

Assim temos sempre J-1 equações das quais se consegue obter alguma interpretação acerca dos coeficientes, que no caso acima daria a idéia do efeito sobre a probabilidade de escolha da alternativa J em relação à alternativa K decorrente de uma mudança marginal no valor de certa variável. Um instrumento interessante para análise do modelo multinomial deriva de um instrumento denominado como razão relativa de risco, RRR, que se define do seguinte modo

$$RRR = \frac{P(Y = j | z+1)/P(Y = k | z+1)}{P(Y = j | z)/P(Y = k | z)} \quad (9)$$

A interpretação da RRR se assemelha aquela imediatamente posta acima para as equações que aparecem em (8), exceto pelo fato que a razão relativa de risco lida com mudanças relativas nas probabilidades. Esse conceito é análogo ao conceito de elasticidade da microeconomia. Outro fato importante no contexto do modelo de escolha múltipla, é que do ponto de vista da estimação, é útil que as razões P_j/P_k sejam independentes das outras

escolhas, o que ocorre quando assume-se a hipótese dos distúrbios serem independentes, denotando-se isso como “axioma das alternativas irrelevantes”

4. Aplicação Empírica: Esgotamento Sanitário e Lixo.

Tendo apresentado o aparato teórico para tratar a questão da escolha randômica, onde aparecem diversas alternativas não ordenadas, a questão seguinte consiste em como aplicar o modelo multinomial no contexto de saneamento. A idéia aqui é saber como a decisão do agente por residir num domicílio que possui determinada categoria de saneamento é afetada por fatores exógenos como características sócio-econômicas, atributos intrínsecos da residência, localização, etc.

Nesse sentido, o que irá se propor é o estudo dos fatores que determinam a probabilidade de se efetuar uma das alternativas disponíveis, para o conjunto dos elementos que formam o saneamento básico. Aqui serão tratados os casos do esgotamento sanitário e lixo. De acordo com a metodologia usada pela PNAD, são diversas as alternativas que um domicílio pode apresentar para cada um desses elementos. Todas elas estão explicitadas com detalhes ao final do trabalho no Anexo 1.

A análise da demanda por saneamento não pode estar desvinculada da questão da demanda por habitação, conforme tem sido enfatizado neste trabalho. Assim, o ponto fundamental consiste em integrar a análise de forma a combinar os resultados do modelo de escolha aleatória com o de preços hedônicos que é característico dos trabalhos sobre habitação. Nesse caso é necessário incluir o maior número possível de variáveis de modo que as principais características dos domicílios estejam contempladas, além de incluir variáveis que devem estar presentes na estimação de qualquer função de demanda como renda, preço, etc, além das variáveis típicas de controle. Naturalmente, tais atributos podem ser interpretados como bens ou concorrentes ou complementares das escolhas de esgotamento sanitário e lixo. Neste sentido, uma conjectura possível seria imaginar uma família de baixa renda que opta em residir num domicílio com restrições quanto ao saneamento básico, mas que possui iluminação elétrica. Essa decisão se daria devido ao fato da utilidade gerada pela energia elétrica ser maior que aquela advinda do saneamento. Assim, o acesso fácil à eletricidade estaria fazendo aumentar o déficit de saneamento.

Assim no que se refere às variáveis explicativas, elas estão agrupadas em três grupos distintos. O primeiro inclui as variáveis relacionadas às características dos moradores, tais como renda média do domicílio, número de moradores, escolaridade da pessoa de referência, etc. O segundo grupo trata das características do domicílio, tais como dimensão do imóvel descrevendo o número de dormitórios, cômodos e banheiros; serviços públicos disponíveis onde se localiza o domicílio, iluminação elétrica, coleta direta de lixo, água e esgotamento sanitário proveniente de rede geral, etc. Por fim, no terceiro grupo constam informações referentes à localização do domicílio, se está localizado em área urbana, em região metropolitana e região do país. Naturalmente, as variáveis de localização podem ser tomadas como variáveis de controle do modelo. Uma descrição completa das variáveis usadas nesta pesquisa aparece no Anexo 1.

Neste estágio, a questão crucial recai em mostrar o modo como as variáveis dependentes serão tratadas no modelo. O Anexo 1 mostra como as alternativas para esgotamento sanitário e lixo estão discriminadas nesta pesquisa. Foram selecionadas quatro opções para cada um desses elementos. Embora o número de alternativas que aparecem na

PNAD seja maior, a decisão sobre a redução do número de escolhas se deve ao fato de que um número elevado de alternativas certamente se traduz num obstáculo para uma análise mais clara do modelo multinomial, tendo em vista as dificuldades inerentes em interpretar um modelo deste tipo. Além disso, a inclusão dessas outras opções não introduz informação relevante ao modelo. Assim as alternativas selecionadas para esgotamento sanitário foram: SAN_RG, - SAN_FSRG, SAN_FSSE e SAN_VRL; enquanto que para lixo ficamos com LIXO_CD, - LIXO_CI, LIXO_QE e LIXO_TMR.

A justificativa para este tipo de arranjo é que ele pode captar na média as preferências reveladas dos agentes econômicos num contexto de restrição de recursos. Por exemplo, em ambos os casos, os dois primeiros tipos de alternativas se assemelham quanto à utilidade gerada na medida em que geram os maiores níveis de bem-estar. Diferentemente, as demais escolhas para ambos os elementos se traduzem em perda de bem-estar não só para a sociedade como também do ponto de vista individual. Assim existe uma externalidade negativa quando o lixo é queimado devido à emissão de CO₂ e quando ele é jogado em terreno baldio ou atirado no rio. Todas esses modos de eliminação do lixo se traduzem em agressão ao meio ambiente e geram também impacto sobre a saúde. Da mesma forma, isso é observado nas alternativas SAN_FSSE e SAN_VRL para esgotamento sanitário.

A Tabela 6 apresenta os resultados do modelo multinomial para esgotamento e lixo. Antes de se efetuar a análise dos resultados, é necessário introduzir alguns comentários preliminares. Primeiro, nela aparecem duas colunas para um dos elementos tratados. A coluna (1) mostra os coeficientes e o p-valores, enquanto a coluna (2) apresenta a razão relativa de risco, RRR. Segundo, os resultados são mostrados mesmo com a permanência de algumas poucas variáveis não significativas no modelo. Aqui não houve necessidade de ilustrar o modelo restrito, pois a presença dessas variáveis não causa mudança significativa nos coeficientes das variáveis remanescentes. Para melhor focar os resultados relevantes, o modelo restrito não é apresentado, assim como também não o são apresentados os coeficientes das dummies de controle para regiões do Brasil e de região metropolitana pela mesma razão, muito embora o modelo tenha sido estimado com todas elas. Observou-se que todas elas são significativas e apresentam os sinais esperados³. Quarto, a renda média domiciliar foi tomada em relação ao log devido ao fato dela apresentar uma grande dispersão. A aplicação do log permitiu suavizar a série. Quinto, observa-se que a variável banheiro não é incorporada no modelo de saneamento. Isto se deve ao fato de haver colinearidade⁴ quase que absoluta entre ela e a variável dependente SAN_RG. Outras variáveis também não são incorporadas, pelos mesmos motivos. Por fim, deve-se ter em mente que a análise de cada regressão deve ser tomada sempre em relação a uma categoria de base ou referência.

Em relação aos resultados do modelo, alguns pontos merecem ser destacados. No que se refere ao modelo de esgotamento, observa-se que a renda é fator essencialmente importante no modelo. De acordo com o que aparece na coluna (2), um aumento de uma unidade sobre o log da renda média gera uma elevação de mais de duas vezes esse valor sobre a probabilidade relativa do indivíduo por optar em morar num domicílio que tem alternativa de rede geral em relação a outro cuja alternativa é tipo SAN_VRL.

³ Tais informações podem ser obtidas diretamente com os autores.

⁴ Não confundir colinearidade com multicolinearidade.

Embora o impacto da escolaridade não seja tão forte aquele gerado pela renda, esta variável também se mostra importante. Um aumento de um ano completo de escolaridade aumenta mais que proporcionalmente a probabilidade do agente se deslocar de um domicílio com alternativa SAN_VRL para outro com opção de rede geral. Para o conjunto total de moradores em uma localidade, verifica-se que a existência de um morador a mais tem um impacto menos que proporcional sobre a probabilidade da família que reside numa residência tipo SAN_VRL vir a morar numa localidade com rede geral.

Outros pontos podem ainda ser colocados. Vejamos o caso da iluminação elétrica. Sabe-se que este serviço gera grande utilidade para os agentes. Nesse caso, os resultados mostram que, *ceteris paribus*, se o indivíduo tivesse que escolher entre morar num domicílio com rede geral de esgoto e outro com alternativa SAN_VRL, na média ele opta em morar naquele que possui iluminação elétrica, o que é visto tanto pelo sinal negativo do coeficiente da dummy ILU_ELET assim como também pelo baixo valor RRR da mesma variável na equação para SAN_RG. Como a maioria dos domicílios não possui rede geral, a facilidade do acesso à energia faz crescer o déficit de saneamento, conclusão esta bastante importante em termos de planejamento global dos investimentos públicos de saneamento e eletrificação. O mesmo não acontece em relação à escolha SAN_FSSE, pois a opção fossa séptica sem conexão é acessível ao agente.. Observa-se ainda que os serviços de coleta de lixo direta e de rede geral de água são complementares para qualquer categoria de saneamento.

No que se refere aos resultados do lixo, alguns pontos merecem ser destacados. Embora a renda seja um fator importante, ela não alcança a mesma dimensão como no caso do esgotamento sanitário, já que um aumento marginal da renda gera uma mudança relativa de cerca de 0,5 na probabilidade de escolha da pessoa se deslocar de um domicílio com opção LIXO_TMR para um com opção LIXO_DIR. Trata-se da metade daquela advinda da probabilidade relativa de optar em morar num domicílio que tem alternativa de rede geral de esgoto em relação a outro cuja alternativa é tipo SAN_VRL, quando ocorre uma mudança marginal da renda.

Tabela 6.
Modelo Multinomial para Saneamento: Esgotamento Sanitário e Lixo.

Variáveis Independentes	Esgotamento Sanitário		Lixo	
	Coef. (P Valor) (1)	RRR (2)	Coef. (P Valor) (1)	RRR (2)
Escolha =	= SAN_RG	= SAN_RG	LIXO_CD	LIXO_CD
LRENDMED	0,888 (0,000)	2,481	0,495 (0,000)	1,640
ESCOL	0,052 (0,000)	1,051	0,108 (0,000)	1,181
MORADS	-0,088 (0,002)	0,948	-0,021 (0,019)	0,948
APTO	1,7773 (0,050)	6,180	1,245 (0,000)	3,476
DORMITOR	0,106 (0,003)	1,101	0,175 (0,000)	1,119
COMODOS	-0,043 (0,000)	0,958	-0,030 (0,004)	0,970
BANHEIRO	-	-	1,457 (0,000)	4,270
ILU_ELET	-1,871 (0,000)	0,152	1,860 (0,000)	6,424
LIXO_DIR	1,555 (0,000)	4,310	-	-
SAN_RG	-	-	2,241 (0,000)	5,210
AG_RG	0,724 (0,000)	2,064	1,086 (0,000)	2,963
URBAN	0,846 (0,011)	1,187	1,967 (0,000)	6,117
CONSTANTE	3,639 (0,000)	-	-7,516 (0,000)	-
Escolha =	= SAN_FSRG	= SAN_FSRG	= - LIXO_CI	= - LIXO_CI
LRENDMED	0,646 (0,000)	1,991	0,425 (0,000)	1,530
ESCOL	0,039 (0,000)	1,007	0,121 (0,000)	1,129
MORADS	-0,052 (0,000)	0,969	0,011 (0,275)	1,011
APTO	1,522 (0,000)	2,060	0,895 (0,000)	0,406
DORMITOR	0,130 (0,000)	1,162	0,065 (0,038)	1,068
COMODOS	-0,001 (0,916)	0,102	-0,108 (0,000)	0,896
BANHEIRO	-	-	0,691 (0,000)	1,995
ILU_ELET	-0,658 (0,023)	2,880	0,365 (0,000)	1,441
LIXO_DIR	2,751 (0,000)	4,892	-	-
SAN_RG	-	-	0,093 (0,245)	1,098
AG_RG	0,811 (0,000)	2,249	-0,478 (0,000)	0,618
URBAN	0,458 (0,000)	1,075	2,315 (0,000)	4,321
CTE	-7,171 (0,000)	-	-2,657 (0,000)	-
Escolha =	= SAN_FSSE	= SAN_FSSE	= LIXO_QE	= LIXO_QE
LRENDMED	0,372 (0,000)	1,504	0,056 (0,000)	1,058
ESCOL	0,012 (0,000)	1,005	0,026 (0,000)	1,076
MORADS	-0,032 (0,394)	0,961	-0,008 (0,359)	0,991
APTO	0,741 (0,000)	5,031	-0,350 (0,000)	0,704
DORMITOR	0,140 (0,000)	1,151	0,021 (0,438)	1,021
COMODOS	0,075 (0,916)	0,100	0,047 (0,000)	1,048
BANHEIRO	-	-	-0,321 (0,000)	0,725
ILU_ELET	1,514 (0,023)	4,780	0,060 (0,548)	1,062
LIXO_DIR	1,513 (0,000)	3,101	-	-
SAN_RG	-	-	0,746 (0,001)	2,100
AG_RG	0,507 (0,000)	1,661	-0,217 (0,000)	0,800
URBAN	0,269 (0,000)	0,907	-0,175 (0,064)	0,834
CTE	-3,269 (0,000)	-	2,772	-
Grupo de Referência	SAN_VRL	SAN_VRL	LIXO_TMR	LIXO_TMR
Pseudo R²	0,323	0,323	0,494	0,494
OBS	80493	80493	93850	93850

Nota: Os valores entre parênteses representam o p-valor.

Mais que no caso do esgotamento sanitário, a escolaridade é um fator bastante importante. Devido à maior facilidade de acesso aos serviços de lixo, cuja oferta tem se expandido também pela tendência de universalização dos serviços iniciada durante a

década de 1990, inclusive com o aparecimento dos serviços privados de coleta, é possível verificar de modo mais acentuado o efeito do aumento da escolaridade quanto à demanda por tais serviços. Nos casos das coletas direta e indireta, um ano a mais de escolaridade aumenta em cerca de 20% a probabilidade relativa do indivíduo se deslocar de um domicílio onde o lixo é jogado nos rios ou nos mares para outro que dispõe de coleta direta.

Em relação aos outros aspectos, pode-se ressaltar o fato que o número de moradores atua em geral como obstáculo a melhoria das condições de vida de uma família. Exceto no caso do LIXO_IND onde ela não é significativa, o número de moradores faz com que uma família permaneça residindo em ambientes onde as condições de saneamento são precárias, talvez sendo o preço pago por serviços comunitários. Outro fato que chama atenção é que isso também se observa para a variável COMODOS⁵. Assim como para as opções SAN_RG,-SAN_FSRG de esgotamento e LIXO_IND. Uma possível explicação para isso decorre da preferência revelada pelo conforto e/ou aparência. Por fim, deve-se mencionar os serviços de água e esgotamento sanitário são bens complementares. Assim o custo da expansão pode ser minimizado pela universalização dos serviços de água na medida em que os agentes privados que, no caso de esgotamento sanitário não dispõem de rede geral, podem optar por alternativas que embora não alcancem o nível de satisfação como SAN_RG e SAN_FSRG, são preferíveis a SAN_VRM.

5. Comentários finais.

Este estudo teve como objetivo efetuar uma análise acerca dos determinantes do saneamento básico no Brasil. Embora exista a idéia de que o déficit de saneamento seja gerado preponderantemente por fatores ligados à oferta desses serviços e, portanto se considerar que o problema pode ser resolvido fundamentalmente pela expansão dos serviços ou pela redistribuição e/ou crescimento da renda, a pesquisa mostrou que é fundamental saber também como agem os fatores pelo lado da demanda por tais serviços. Por meio da aplicação do modelo multinomial de escolha aleatória, observou-se que os serviços de saneamento podem ser considerados como atributos de um domicílio, e, desse modo, podem ser complementares ou concorrentes com as demais características do domicílio. Desta forma, constatou-se que o déficit de saneamento para o caso de esgotamento sanitário⁶, pode até mesmo aumentar por força da expansão da rede de iluminação elétrica. Diferentemente, o custo de ampliação da rede de esgotamento pode se reduzir pela facilidade de acesso à água. Além disso, os resultados mostram que existe preferência revelada por conforto, expresso pelo número de cômodos do domicílio, mostrando que tal atributo concorre em geral com o saneamento. Em outras palavras, o agente tem tendência de permanecer num domicílio onde existe maior conforto em termos de espaço, mas com condições precárias de saneamento. Neste caso, políticas educacionais mostrando os benefícios de um sistema completo de saneamento sobre a saúde e sobre o meio ambiente podem ser importantes para alterar o mapa de preferências dos agentes, devendo ser complementares a qualquer programa eficiente de investimentos neste setor.

Por fim, pôde-se constatar ainda que algumas variáveis sócio-econômicas desempenham papel importante na demanda por saneamento. Mostrou-se que fatores como

⁵ Ver a definição no Anexo 1.

⁶ Ver definição de déficit na Seção 2 deste trabalho.

a renda e a escolaridade são importantes. No caso da renda, observa-se que o seu impacto sobre a demanda por esgotamento é bastante importante. No caso do lixo, embora a renda seja o fator preponderante, o nível de escolaridade é também relevante. Também o tamanho da família e da comunidade contribui para sua permanência em locais onde o saneamento é restrito.

Resultados obtidos neste trabalho parecem indicar um certo trade-off entre conforto domiciliar e preferência por acesso a saneamento, o que se traduz empiricamente em graus elevados de concorrência entre os componentes destes dois vetores na escolha domiciliar. Políticas de saneamento deveriam incluir este resultado básico para que sejam eficazes e eficientes. Assim, as políticas para saneamento deveriam ser complementadas por políticas educacionais que mostrem os reais benefícios sobre a saúde e o meio ambiente, sendo esta afirmação especialmente relevante junto às camadas de menor renda no Brasil.

6. Bibliografia.

- Andrade, T. A., Brandão, A. S. P., Lobão, Waldir J. A. e Silva, S. L. Q. Saneamento Urbano: a demanda residencial por água. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 25(3): 427-448, 1995.
- Boskin, M. J. A Conditional Model of Occupational Choice. *Journal of Political Economy*, 82(2): 389-398, 1974.
- Fernandez, J. C. e Menezes, W. F. A Avaliação Contingente e a Demanda por Serviço Público de Esgotamento Sanitário: uma análise a partir da região do Alto Subaé. Mimeo.
- Garcia, F. e A. M. Rebelo. Deficit Habitacional e Desigualdade de Renda no Brasil. *Economia Aplicada*, 6(2): 239-264, 2002.
- Greene, W. *Econometric Analysis*. Prentice Hall, 1993.
- Goldberg, A. *A Course in Econometrics*. Harvard University Press, 1991
- Hensher, D. A. and Greene, W. H. Specification and Estimation of Nested Logit Model: Alternative Normalizations. Mimeo, New York University, 2000
- Judge, G., C. Hill, W. Griffiths, T. Lee e H. Lütkepohl. *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*. New York: Wiley, 1982.
- Maddala, G. S. *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press, 1998.
- McFadden, D. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In: *Frontiers in Econometrics*, ed. P. Zarembka, 105-142. Academic Press, 1974.
- Person, T. H. Welfare Calculations in Models of the Demand for Sanitation. *Applied Economics*, 34(12): 1509-1518, 2002.
- _____. Demand for Water and Sanitation in Bangladesch. Working Paper 2001-03, Dept. of Economics, Lund University, Sweden.
- _____. Household Choice of Drinking Water Source in Phillipines. Working Paper 2000-13, Dept. of Economics, Lund University, Sweden.
- Schmidt, P. and Strauss, R. The Prediction of Occupation Using Multiple Logit Models. *International Economic Review*, 16(2): 471-486, 1975.
- STATA. "Stata User's Guide, Release 6", College Station, Texas: Stata Press.

Anexo 1. Descrição das variáveis.

Descrição das variáveis da PNAD (1998) utilizadas nesta pesquisa.

Variáveis referentes às características dos moradores do domicílio

- RENDA = renda do domicílio;
- ESCOL = anos completos de estudo da pessoa de referência;
- ALUGUEL = aluguel do domicílio;
- MORADORES = número de moradores do domicílio;
- RENDAREF = renda da pessoa de referência do domicílio;

Variáveis ligadas às características do domicílio

- APTO = variável dummy que assume valor 1 se o tipo do se classifica como apartamento, 0 c. c.;
- DORMITOR = números de dormitórios (quartos e outras dependências) de caráter permanente;
- COMODOS = total de cômodos menos dormitórios e banheiros;
- BANHEIRO = variável dummy que assume valor 1 se o domicílio possui banheiro, 0 caso contrário;
- ILUM_ELET = variável dummy que assume valor 1 se existe na área local do domicílio energia elétrica, 0 c. c.;
- LIXO_DIR = variável dummy que assume valor 1 se existe na área local do domicílio coleta direta de lixo, 0 c. c.;
- AGUA_RG = variável dummy que assume valor 1 se existe abastecimento de água proveniente de rede geral, 0 c. c.;
- SAN_RG = variável dummy que assume valor 1 se existe serviço sanitário proveniente de rede geral, 0 c. c.;

Variáveis de Localização

- RE_MET = variável dummy que assume valor 1 se o domicílio pertence à Região Metropolitana, 0 c. c.;
- URBAN = variável dummy que assume o valor 1 se o domicílio está localizado em área urbana; 0 para área rural
- SUD = variável dummy que assume o valor 1 se o domicílio está localizado na região sudeste, 0 c. c.;
- SUL = variável dummy que assume o valor 1 se o domicílio está localizado na região sul, 0 c. c.;
- CENTRO = variável dummy que assume o valor 1 se o domicílio está localizado no centro-oeste, 0 c. c.;
- NORDESTE = variável dummy que assume o valor 1 se o domicílio está localizado na região nordeste e, 0 c. c.;

Classificação do esgotamento sanitário

- SAN_RG = Rede coletora de esgoto ligada à rede geral;
- SAN_FSRG = Fossa séptica ligada à rede geral;
- SAN_FSSE = Fossa séptica não ligada à rede; e
- SAN_VRL = Jogado diretamente na vala, mar ou rio.

Classificação quanto à coleta do lixo

- LIXO_CD = Lixo coletado diretamente;
 - LIXO_CI = Lixo coletado Indiretamente;
 - LIXO_QE = Queimado ou enterrado na propriedade;
 - LIXO_TMR = Jogado em terreno baldio, mar ou rio;
-