

**XXII CONGRESSO PANAMERICANO DE AVALIAÇÕES
IBAPE – XIII COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS
FORTALEZA/CE**

**UM ESTUDO DE DIAGNOSTICO SOBRE DEMANDA HABITACIONAL E
MERCADO IMOBILIÁRIO: O CASO DE TERESINA**

Autores

Antônio Pelli Neto
Engenheiro - GIDUR/BH

Paulo César Rogério Cosentino
Gerente de Serviço - GIDUR/TE

Edmundo Melo de Moura
Engenheiro – GIDUR/RE

Rubens Alves Dantas
Engenheiro – GIDUR/RE

Emmanuel Carlos de Araújo Braz
Gerente GEPAD/MZ

Sergio Amadeo
Arquiteto – REDUR/BU

Fábio Glauco Wermersch
Engenheiro – REDUR/LI

Sérgio Luiz Grande
Engenheiro – GIDUR/TE

Guilherme Lembi Martins
Engenheiro – GEPAD/MZ

Silmar Soares Veiga
Analista – GEPAD/MZ

Helenita Marzall
Técnica Social – GIDUR/CT

Sílvio Carlos Heitor Jorge
Engenheiro – GIDUR/SP

José Maurício de Andrade
Especialista – GEPAD/MZ

Thereza Raquel Ribeiro Gonçalves
Técnica Social – GIDUR/TE

Yuri Assis Freitas
Arquiteto - GIDUR/VT

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo principal a elaboração de um estudo de diagnóstico sobre demanda habitacional e mercado imobiliário, com vistas a estabelecer estratégias para implantação de soluções para viabilizar a implantação de empreendimentos habitacionais. A elaboração partiu do estudo de caso realizado para a cidade de Teresina/PI, tomando-se como base a metodologia desenvolvida na Tese de Doutorado intitulada “Modelos Espaciais Aplicados ao Mercado Habitacional – Um Estudo de Caso para a cidade do Recife”, elaborada por Dantas (2003) e ampliada por outros estudos.

Palavras-chave: avaliação, preços hedônicos, mercado imobiliário, demanda por habitação.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal a elaboração de um estudo de diagnóstico sobre demanda habitacional e mercado imobiliário, com vistas a estabelecer estratégias para implantação de soluções para viabilizar a implantação de empreendimentos habitacionais. A elaboração partiu do estudo de caso realizado para a cidade de Teresina/PI, tomando-se como base a metodologia desenvolvida na Tese de Doutorado intitulada “Modelos Espaciais Aplicados ao Mercado Habitacional – Um Estudo de Caso para a cidade do Recife”, elaborada por Dantas (2003), com uma ampliação da metodologia proposta por Dipasquale e Wheaton (1994) e modificações na quantificação do déficit habitacional calculado pela Fundação João Pinheiro (2005).

O estudo parte de um Modelo de Avaliações em Massa, utilizado como instrumento para a identificação e descrição analítica do mercado imobiliário, por meio dos preços hedônicos inferidos. De posse da base cartográfica da cidade e pela utilização técnicas de geoprocessamento, este sistema permitiu a visualização de diversos mapas temáticos, de onde se pode observar o comportamento de vários índices, por tipologia habitacional e por região homogênea, zonas com tendências de valorização, desvalorização ou estagnadas.

Para o tratamento dos dados, dois métodos técnicos de otimização são utilizados, com validação dos resultados através da estatística inferencial e suporte do SIG – Sistemas de Informações Geográficas. Nos estudos de demanda, são identificadas questões relacionadas à renda, perfil sócio-econômico, capacidade de pagamento e verificação do nível de satisfação dos clientes em adquirir os imóveis financiados pela CAIXA. Desta forma, este trabalho propõe a sistematização de uma metodologia para caracterizar a Demanda Potencial por Habitação para os municípios brasileiros por meio da exploração dos Bancos de Dados disponíveis da CAIXA, do IBGE e de outras Instituições públicas ou privadas, que serão tratados seguindo os conceitos da Econometria Espacial e das Redes Neurais.

1. INTRODUÇÃO

Sob o ponto de vista de geração de empregos e renda para o sistema econômico, como também da importância social do produto habitação, o mercado imobiliário constitui-se num setor chave de qualquer economia. A compreensão do seu funcionamento é fundamental para elaboração e implementação de políticas habitacionais e urbanas, como também para minimização dos riscos inerentes ao setor da construção civil. Dentro do modelo capitalista de economia de mercado, o bem “habitação” possui características particulares que distinguem a dinâmica do funcionamento do mercado habitacional da maioria dos demais mercados de outros bens duráveis, o que torna o seu tratamento teórico diferenciado. Esta singularidade pode ser explicada em função da sua heterogeneidade, existência em estoque, fixação espacial, alto custo de aquisição, longa vida útil e longo período de produção. Diante da sua imobilidade, o déficit numa determinada localização (bairro, regiões homogêneas ou cidade) não pode ser relocado de modo a compensar um déficit em outra área, fora de sua abrangência; o equilíbrio em diferentes bairros ou cidades dar-se-á unicamente via preços no curto prazo.

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma metodologia para diagnosticar o funcionamento do mercado imobiliário, com enfoque na demanda habitacional, para ser utilizada como ferramenta de análise de viabilidade de empreendimentos habitacionais. É composto por 4(quatro) seções, inclusive esta introdução. A segunda seção, apresenta a metodologia; a terceira é composta pelo estudo de caso para a cidade de Teresina/PI e a última seção apresenta as conclusões do trabalho.

2. METODOLOGIA

2.1. CONCEITOS GERAIS

Os modelos teóricos voltados à compreensão do funcionamento do mercado habitacional podem ser divididos em: macroeconômicos, que procuram verificar o comportamento da demanda de habitações de forma agregada; e microeconômicas que estão direcionadas para o estudo do comportamento individual do consumidor, isto é, modelos que explicam como o indivíduo toma a sua decisão no processo de escolha da habitação. Embora ambos os grupos forneçam contribuições importantes para a compreensão dos diferentes aspectos relacionados ao mercado habitacional, este estudo tem caráter microeconômico, posto que se pretenda elaborar um modelo espacial de demanda por habitação observando o comportamento individual do consumidor. Um enfoque possível para lidar com essa dificuldade consiste em tratar o “bem habitação” como um bem composto por um conjunto de outros bens (que seriam as características individuais de cada habitação, tais como sua localização, número de cômodos, amenidades na vizinhança, etc.), cujos preços implicitamente contribuem para a formação do preço de mercado de cada habitação.

Desta forma, a metodologia utilizada neste estudo segue os seguintes passos:

- 1º) Estimacão da equaco de preços hedônicos da habitaco para o mercado em análise;
- 2º) Construco do Índice de Preço da Habitaco (*IPH*) para uma “habitaco padrão” definida para uma série particular de características modais ao longo da cidade.
- 3º) Cálculo da medida de consumo de habitaco, encontrada dividindo-se o valor de compra da habitaco pelo *IPH* correspondente, em funo da região em que se encontra o imóvel e do período em que o mesmo foi demandado;
- 4o) Estimacão da demanda individual de habitaco, em funo do *IPH*, renda familiar e outras características sócio-demográficas que podem afetar a demanda, tais como: sexo, idade, nível de riqueza, tamanho da família, nível de ocupao e instruo do chefe da família e do cônjuge, bem como outras riquezas humanas e não humanas.
- 5o) Estimacão da demanda potencial por habitaco para cada bairro da cidade, considerando-se como variável explicada a demanda estimada para cada bairro em estudo o déficit publicado pelo censo do IBGE (2000), corrigido pelos dados pa PNAD (2005) e em modificaes na metodologia proposta pela Fundaco João Pinheiro (2005) e como variáveis explicativas o número total de habitantes e a renda média, o Índice de Preço da Habitaco, a despesa média com habitaco no bairro e outras variáveis sócio-econmicas que refletem diretamente na demanda por habitaco no bairro, tais como infra-estrutura urbana, existência de plos de influência, equipamentos comunitários, etc.

Após a aplicao da metodologia, os resultados a serem obtidos são: Mapa de valores contendo o Consumo de Habitaco por tipologia e perfil do usuário, por região ou bairro de abrangência, Mapa de valores indicando a Demanda Potencial por bairro, considerando a faixa de renda média do bairro ou região e área de abrangência espacial.

2.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados serão tratados através de métodos de “otimizacão” utilizando-se Regressão Espacial e Redes Neurais Artificiais – RNA, cuja descrio sucinta será realizada a seguir.

2.2.1 MODELAGEM POR REGRESSÃO ESPACIAL¹

A formulao mais simples para explicar o comportamento dos preços no mercado imobiliário é representada pela equaco:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i, \quad i=1, \dots, m \quad (2.1)$$

Onde: Y_1, \dots, Y_m - chama-se variável dependente representada pelo preço do imóvel; X_{i1}, \dots, X_{ik} - são chamadas de variáveis independentes, correspondentes às suas características estruturais (rea construída, padrão construtivo, número de vagas na garagem, etc.) e de localizao (bairro onde se situa o imóvel, distância a pólos de influência, amenidades do entorno, etc.), bem como aspectos econmicos (poca da compra, condies de pagamento do imóvel, natureza do evento: em oferta ou efetivamente vendidos, etc.); β_0, \dots, β_k - são denominados de parâmetros do modelo e $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_m$ - são os erros aleatórios que não podem ser explicados explicitamente, causados principalmente pelas variaes do próprio

¹ Texto extraído de Dantas (2003).

comportamento humano (uns com mais habilidades na negociação, desejos, necessidades, caprichos, ansiedades, poder aquisitivo etc.), medidas inexatas ou pela inclusão de variáveis independentes que contribuem muito pouco para a formação dos preços de mercado. Em forma matricial a equação (2..1) pode ser representada por

$$Y = X\beta + \varepsilon, \quad (2.2)$$

Sendo Y , β e ε os vetores de preços observados, de parâmetros e de erros aleatórios do modelo de regressão, respectivamente, e X a matriz das observações das variáveis independentes.

A estimação² dos parâmetros é feita tomando com base uma amostra representativa do segmento de mercado em análise e tem sido realizada pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que consiste em minimizar a soma dos quadrados das distâncias, medidas na vertical, entre os preços observados no mercado e os ajustados pelo modelo adotado. A estimação destes parâmetros também pode ser realizada pelo método da máxima verossimilhança, quando será eleita uma função que melhor se assemelhe aos dados, normalmente a distribuição normal, coletados no mercado imobiliário. O vetor de coeficientes do modelo, também chamados de vetor de preços implícitos ou hedônicos, é obtido por:

$$b = (X'X)^{-1}(X'Y). \quad (2.3)$$

Neste caso, um coeficiente b_j de uma determinada variável explicativa X_j , corresponde ao preço hedônico de uma unidade desta característica, ou seja, o seu preço marginal de equilíbrio entre produtores e consumidores.

Este modelo é denominado de Modelo Clássico de Regressão (MCR). Contudo, como os dados imobiliários são distribuídos espacialmente, existe grande probabilidade da existência de efeitos de interação espacial entre eles, que pode afetar o termo de erro, a variável dependente ou ambos. Neste caso, somente os modelos espaciais, ajustados com base na Regressão Espacial, podem ser capazes de realizar estimações seguras dos parâmetros do modelo.

Os efeitos de autocorrelação espacial no termo erro devem ser tratados pelos *Modelos de Erros Espaciais*, através da inclusão de um fator de defasagem espacial nos erros aleatórios do modelo, enquanto que os efeitos de dependência entre os preços de cada imóvel e os preços dos imóveis vizinhos devem ser tratados pelos *Modelos de Defasagem Espacial*, onde se inclui uma variável dependente espacialmente defasada, como variável explicativa no modelo.

Para diagnosticar a presença de efeitos de dependência espacial, bem como introduzir estes efeitos no modelo, pela metodologia desenvolvida por Anselin, é necessário definir, previamente, uma matriz de pesos espaciais, conhecida como W .

² A estimação dos parâmetros também pode ser realizada pelo método da máxima verossimilhança, quando será eleita uma função que melhor se assemelhe aos dados, normalmente a distribuição normal, coletados no mercado imobiliário.

No nosso caso, \mathbf{W} é uma matriz simétrica em que cada elemento w_{ij} , é igual à distância euclidiana entre os centróides dos bairros onde os dados foram coletados. Por convenção, os elementos diagonais são iguais à zero, ou seja, $w_{ii} = 0$. Em outras palavras, a importância dos vizinhos se realiza através de uma ponderação correspondente ao inverso da distância ou ao inverso do quadrado da distância entre eles. Esta matriz \mathbf{W} pode ser padronizada por linha. Este procedimento, além de facilitar a interpretação dos pesos, como uma média ponderada dos valores dos vizinhos, assegura a compatibilidade entre os modelos. O argumento principal a favor do uso de uma matriz de peso espacial é que esta associa uma variável em certo ponto do espaço às observações da mesma variável em outros lugares do espaço. Neste trabalho será utilizada, por simplicidade, a notação \mathbf{W} para a matriz de pesos espaciais ponderada por linha.

Os principais testes utilizados para detectar a autocorrelação espacial são Moran I, LM Robusto (erro) e LM Robusto (defasagem). O teste de Moran I é o mais usado nos estudos de dados de corte transversal de unidades geográficas. O problema deste teste é que ele não identifica o tipo de efeito (erro ou defasagem espacial). Por isso, são utilizados testes mais específicos: o LM (erro) Robusto, para detectar efeitos de autocorrelação espacial no termo de erro; e o LM (defasagem) Robusto, para verificar a presença de efeitos de defasagem espacial na variável dependente. A seguir, estes testes serão apresentados de forma resumida. Maiores detalhes podem ser encontrados Anselin (1988a). É importante frisar que a validade destes testes exige a aceitação das hipóteses de normalidade e homocedasticidade dos resíduos de MQO, obtidos pelo modelo (2.1).

Teste LM Robusto (erro)

O teste LM (erro) Robusto é assintótico realizado a partir da estatística (2.4), que tem distribuição Qui-quadrado com um grau de liberdade, sob a hipótese nula de não existência de autocorrelação espacial no termo erro. A estatística de teste é dada por:

$$LM(\text{erro}) = \frac{[e'We / (s^2 / n)]^2}{[tr(W^2 + W'W)]} \approx \chi_{(1)}^2, \quad (2.4)$$

Onde e é o vetor de resíduos de mínimos quadrados; \mathbf{W} a matriz de pesos espaciais; $s^2 = e'e/n$ a estimativa de máxima verossimilhança da variância do modelo (2.2); n o número de dados da amostra e tr o operador denominado traço da matriz.

Assim, se a estatística de teste for superior ao ponto crítico da distribuição Qui-quadrado, com um grau de liberdade, rejeita-se a hipótese de não autocorrelação espacial nos resíduos do modelo clássico de regressão.

Teste LM Robusto (Defasagem)

O teste LM (defasagem) Robusto é também assintótico, realizado a partir da estatística (2.5), que tem distribuição Qui-quadrado com um grau de liberdade, sob a hipótese nula de não existência de defasagem espacial na variável dependente. A estatística de teste é dada por

$$LM(\text{defasagem}) = \{[e'Wy/(s^2)]^2\} / \{(WXb)'MWB/s^2 + \text{tr}[W'W+W^2]\} \stackrel{a}{\approx} \chi^2_{(1)}, \quad (2.5).$$

Onde e é o vetor de resíduos de mínimos quadrados; W a matriz de pesos espaciais; y o vetor de observações na variável dependente; $s^2 = e'e/n$ a estimativa de máxima verossimilhança da variância do modelo (2.2); X a matriz das variáveis independentes, b o vetor de parâmetros estimados via mínimos quadrados ordinários; n o número de dados da amostra $M=I-X(X'X)^{-1}X'$ e tr o operador denominado traço da matriz.

A hipótese de não autocorrelação espacial na variável dependente do modelo clássico de regressão será rejeitada se a estatística de teste for superior ao ponto crítico da distribuição Qui-quadrado com um grau de liberdade.

Uma vez detectada a presença de autocorrelação espacial nos dados, faz-se necessário introduzir extensões convenientes no modelo tradicional, representado na equação (2.2), considerando-se os efeitos autocorrelação espacial nos erros, através do Modelo de Erro Espacial, e os efeitos ocasionados pelas interações entre os preços, pelo Modelo de Defasagem Espacial, como se mostra a seguir.

O Modelo de Erro Espacial

A autocorrelação espacial no termo de erro está relacionada a erros de medida ocasionados pelas divisões artificiais das unidades geográficas, como os limites estabelecidos para os bairros de uma cidade, que não necessariamente coincidem com a verdadeira dimensão do fenômeno observado. Isto é, na prática, o consumidor não tem o conhecimento exato dos limites que dividem os bairros. No mercado imobiliário há uma tendência de efeito de transbordamento de um bairro de maior importância sobre os seus vizinhos. Outro fator que pode gerar a autocorrelação espacial nos erros é a omissão de variáveis locais relevantes.

Para tratar adequadamente este tipo de efeito espacial nos dados, a primeira modificação com relação à equação (2.2) será considerar o processo espacial auto-regressivo no termo de erro, da seguinte forma:

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u \quad \text{Ou} \quad \varepsilon = (I - \lambda W)^{-1}u, \quad (2.6)$$

Onde λ representa o coeficiente de autocorrelação espacial do termo erro; u é normalmente distribuído com média zero e variância constante; I é a matriz identidade e W a matriz de pesos espaciais ponderada. Substituindo (2.6) em (2.2) resulta no seguinte modelo de erro espacial:

$$Y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1}u \quad (2.7)$$

Para estimacões eficientes dos parâmetros do modelo (2.7) é necessário usar o estimador de verossimilhança, que consiste em maximizar a função de log-verossimilhança dada por (2.8), utilizando-se técnicas de otimização não linear.

$$L = \frac{n}{2} \ln(\pi) - \frac{n}{2} \ln(\sigma^2) + \ln |\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W}| - \frac{1}{2\sigma^2} \boldsymbol{\varepsilon}' (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W})' (\mathbf{I} - \lambda \mathbf{W}) \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.8)$$

Onde n representa o número de dados da amostra, \ln o símbolo do logaritmo natural, σ^2 a variância do modelo e as demais variáveis têm a mesma definição da equação (2.6).

Como comentado anteriormente, quando os erros são autocorrelacionados espacialmente, os parâmetros estimados pelo Modelo Tradicional não são eficientes, isto é, os desvios padrões que se encontram associados a eles são tendenciosos. Assim, as testes t e F , como também os intervalos de confiança construídos não são mais válidos e os resultados obtidos a partir deles são enganosos.

O Modelo de Defasagem Espacial

O efeito de defasagem espacial é ocasionado pela dependência espacial criada através de uma interação espacial entre os preços dos imóveis, uma espécie de “efeito de vizinhança” na determinação dos preços. Isto é, quando um comprador e um vendedor realizam a transação de um imóvel, eles não somente levam em consideração as suas características estruturais e locacionais, mas também são influenciados pelos preços dos imóveis vizinhos. Neste caso, esta influência é medida pela inclusão de uma variável adicional no modelo, dada por WY , que é a variável dependente espacialmente defasada. Cada elemento w_{yi} , do vetor WY é formado por uma ponderação dos preços dos imóveis vizinhos. Esta variável serve também para captar os efeitos de dependência espacial não considerado explicitamente nas variáveis locacionais comumente utilizadas, como questões ligadas à segurança, saúde, educação, etc. A introdução do termo de defasagem espacial, como variável independente, serve como “Proxy” para as variáveis independentes omitidas que estão correlacionadas com as características locacionais (Pace, Barry e Sirmams, 1998). Com a incorporação desta variável, o modelo passa a ser:

$$Y = X\beta + \rho WY + \varepsilon \quad (2.9)$$

onde ρ é o coeficiente de autocorrelação espacial da variável WY , ε é idêntica e independentemente distribuído (i.i.d).

Tendo em vista que a variável WY é aleatória, a estimacão por mínimos quadrados ordinários não é adequada, porque viola um dos pressupostos básicos do Modelo Clássico de Regressão³. Observe-se também que, ao comparar os modelos (2.2) com (2.9), constata-se no primeiro a falta da variável WY , o que gera um grave erro de especificacão⁴. Neste caso, as avaliaões realizadas por (2.2) são tendenciosas e inconsistentes. Da mesma forma que no

³ As variáveis explicativas não devem conter nenhuma perturbação aleatória.

⁴ No modelo devem estar presentes todas as variáveis explicativas relevantes.

modelo (2.9), a estimação deve ser realizada pelo método da máxima verossimilhança, que consiste na maximização da função, 5 utilizando técnicas de otimização não linear.

$$L = \frac{n}{2} \ln(\pi) - \frac{n}{2} \ln(\sigma^2) + \ln |\mathbf{I} - \rho \mathbf{W}| - \frac{1}{2\sigma^2} \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.10)$$

2.3 MODELAGEM PELAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS⁶

As RNA's são modelos estruturados em redes de multicamadas, as quais se aproximam das teorias conexionistas que procuram descrever o funcionamento do cérebro humano. O tipo de aprendizado desta rede é conhecido como aprendizado supervisionado, baseado no sistema "retro propagação do erro". Esta tipologia de rede utiliza uma camada de entrada, por onde são introduzidos os dados e as variáveis do mercado imobiliário, uma camada intermediária para processamento das informações e uma camada de saída, que corresponde aos preços dos imóveis.

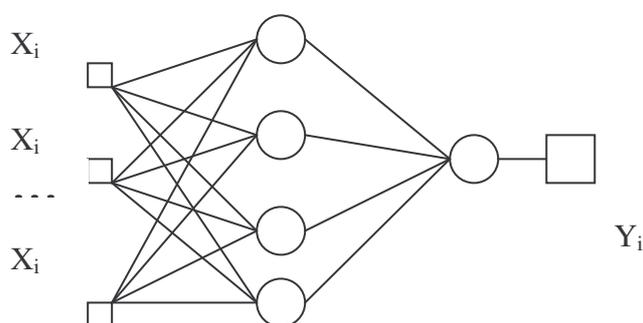
A camada de entrada, recebendo as informações externas provenientes do mercado imobiliário, permitirá que, através de um processo de aprendizado, a camada de saída seja responsável pela geração da resposta da rede. Esta resposta representa os preços estimados para os imóveis do mercado imobiliário. De forma geral, o modelo assume a seguinte configuração:

$$Y_i = f(X_{i1}, \beta_2 X_{i2}, \dots, \beta_k X_{ik}) + \varepsilon_i, \quad i=1, \dots, m \quad (2.11)$$

Onde: Y_1, \dots, Y_m - chama-se variável de saída representada pelo preço do imóvel; X_{i1}, \dots, X_{ik} - são chamadas de variáveis de entrada, correspondentes novamente às suas características estruturais, de localização e aquelas referentes aos aspectos econômicos.

A forma geral apresentada em (2.11) pode ser graficamente representada por:

Figura 1 – Modelo de Rede neural aplicado



⁵ Uma derivação de estimador de verossimilhança pode ser encontrada em Anselin (1988).

⁶ Texto extraído de Pelli ()

A escolha da complexidade da rede, referente ao número de neurônios na camada intermediária, que tem como base a relação de $2N$ neurônios, onde N é o número de entradas da rede (número de variáveis explicativas).

As funções não lineares (ex: sigmóide e tangente hiperbólica) são normalmente as escolhidas nos trabalhos, como funções de transferência das informações entre as camadas da rede, pela capacidade de mapearem dados que se relacionem de forma não linear e que melhores repostas têm apresentado para os dados de entrada.

Uma RNA do tipo descrita acima é treinada por meio de um aprendizado supervisionado. O processo utiliza-se do padrão de dados coletados no mercado imobiliário local e os pesos⁷ da rede são ajustados para minimizar a diferença entre as saídas da rede e as desejadas, ou entre os preços observados no mercado imobiliário e os valores estimados para os imóveis. O erro pode ser minimizado utilizando a técnica do gradiente descendente, com um fator de convergência chamado "taxa de aprendizagem", que teve valores alterados dinamicamente durante este processo. Existem diversos processos que podem ser utilizados para a convergência da rede.

Os seguintes procedimentos podem ser adotados para normalizar os dados das entradas associados às suas respectivas saídas, antes de usá-los no treinamento da rede neural:

P1) Como os valores de 0 e 1 são valores infinitos para as funções de transferência, é recomendável diminuir este intervalo para valores de 0,2 e 0,8 respectivamente, com o objetivo de facilitar a convergência durante o treinamento da rede.

P2) Os dados foram normalizados e desnormalizados através das seguintes expressões:

$$f^a(Lo) = Ln = (Lo - Lmín) / (Lmax - Lmin) \quad (2.12)$$

$$f^b(Ln) = Lo = Ln * Lmax + (1 - Ln) * Lmín \quad (2.13)$$

Onde: Ln é o valor normalizado; Lo o valor a normalizar; $Lmín$ e $Lmáx$ são valores mínimos e máximos dentre os valores das variáveis.

P3) Por último, foi feita a mudança de escala para valores dentro dos limites de 0,2 e 0,8.

As redes neurais artificiais podem incluir as variáveis espacialmente defasadas, descritas a seguir, para a modelagem pela regressão espacial.

3. MODELO DE DEMANDA HABITACIONAL – O CASO DE TERESINA

3.1 A CIDADE DE TERESINA

A origem da cidade está ligada ao rio Poty, que deu nome à Vila Nova do Poty, depois denominado Teresina, em homenagem à Imperatriz Teresa Cristina, mulher de Dom Pedro II.

⁷ Os pesos são os valores que conectam os neurônios na estrutura apresentada.

Conhecida por Cidade Verde, cognome dado pelo escritor Coelho Neto, em virtude de Teresina ser cercada por praças e parques arborizados, com grande variedade de espécies. Teresina é um bem-sucedido projeto de cidade desenvolvido a partir do século XIX. Erguida junto às barrancas da margem direita do rio Parnaíba, em um século já estava chegando e ocupando as margens de outro rio, o Poty, que agora corta o centro da cidade, cujo perímetro urbano opera com uma grandeza de cerca de 200 km². Destaca-se por seu traçado urbano cuidadosamente planejado por Antônio Conselheiro Saraiva, governador da Província do Piauí. Seu traçado antigo lembra um tabuleiro de xadrez, com ruas paralelas e esquinas perpendiculares. Está geograficamente localizado em vasta área da ribeira do Parnaíba, no seu médio curso. Do ponto de vista topo-climático, sofrendo a influência da umidade do ar gerada pelos rios Poty e Parnaíba e possuidora de uma topografia que lembra uma mesa ondulada suavemente entre 70 m e 100 m acima do nível do mar e cerca de 350 m deste, é fácil sentir quando as correntes de vento, capazes de refrigerar nosso sufocante calor, pouco ajudam, embora haja uma estação chuvosa bem definida entre dezembro a abril. Possui clima tropical e chuvoso (megatérmico) de Savana. Teresina possui 1.673 km² de área, sendo 228 deles na zona urbana e 1.445 na zona rural. A área urbanizada é de 140 km², o que corresponde a 51% da área urbana do município e está dividida, em 114 bairros, distribuídos para fins administrativos e 05 Administrações Regionais.

Teresina possui uma população urbana de 677.480 habitantes, distribuídos em 162.408 domicílios, com uma taxa de ocupação de 4,17 habitantes por domicílio, superior à média nacional que é de 3,06. A cidade de Teresina constitui 37,88 % da população urbana do Estado do Piauí e 0,49 % da população urbana brasileira e 37,84 % de domicílios em relação ao Estado do Piauí, o que mostra a continuidade da tendência histórica de concentração populacional em torno da capital piauiense.

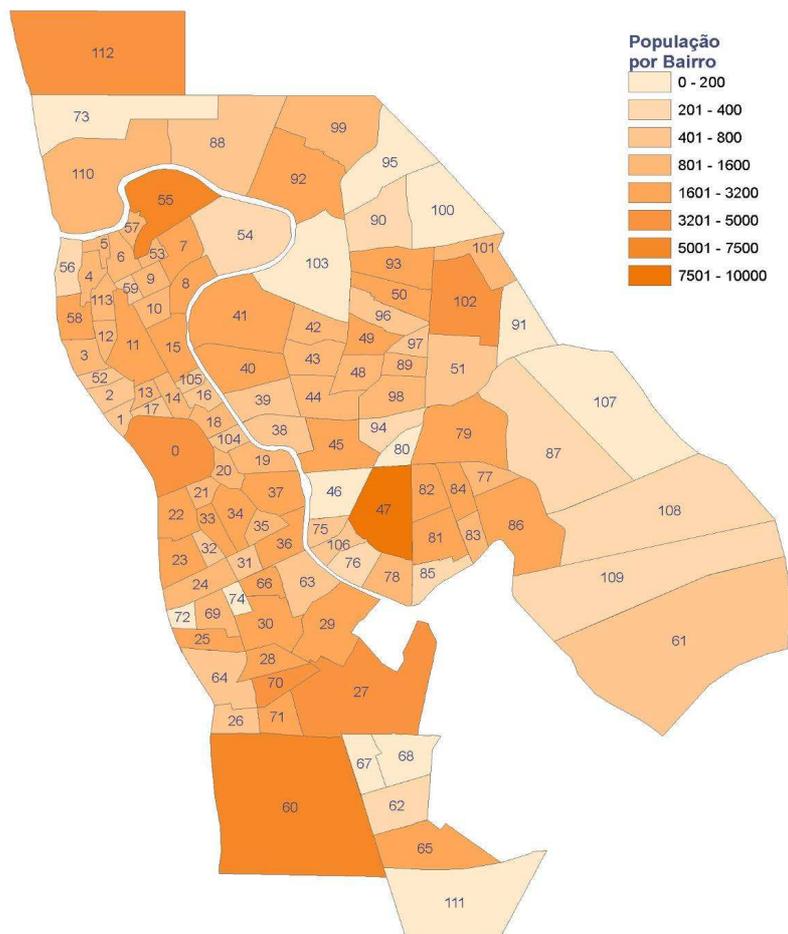
O processo de urbanização de Teresina ocorreu de forma horizontal até meados da década de 80, quando foram construídos os grandes conjuntos habitacionais pela COHAB-PI, localizados nas zonas norte, sul e leste da cidade. A verticalização tomou impulso e, a partir do início dos anos 90, acelerou o ritmo de construção civil, concentrando-se mais nas zonas leste e sul da cidade, em especial à margem do rio Poty, onde predominam os edifícios residenciais construídos por empresas ou grupos imobiliários que comercializam sob o sistema de financiamento de médio e longo prazo. Esse processo, no futuro, deverá resultar em uma redução relativa nos gastos públicos com infra-estrutura de serviços e saneamento, segurança, transporte, energia e outros, em face da concentração populacional nessas áreas da cidade.

O IDH de Teresina é de 0,77. O IDH Educação cresceu passando de 0,664 em 1991 para 0,87 em 2000. Mais de 98% das crianças de 07 a 14 anos estão na escola O IDH de renda - de 0,288 (1970) passou para 0,674 (1980) e 0,731 (1991). Registrando um crescimento total de 154%. (SEMEC, 2000).

A economia da cidade esta baseada no comércio. O acelerado crescimento urbano de Teresina e as características do Estado do Piauí fizeram com que o comércio fosse o setor de atividade que mais se desenvolveu nos últimos anos sendo o setor terciário o de maior expressividade

89,75% em relação aos setores: secundário (8,5%) e primário (1,8%). Teresina dispõe de 15 faculdades particulares e 02 universidades públicas⁸.

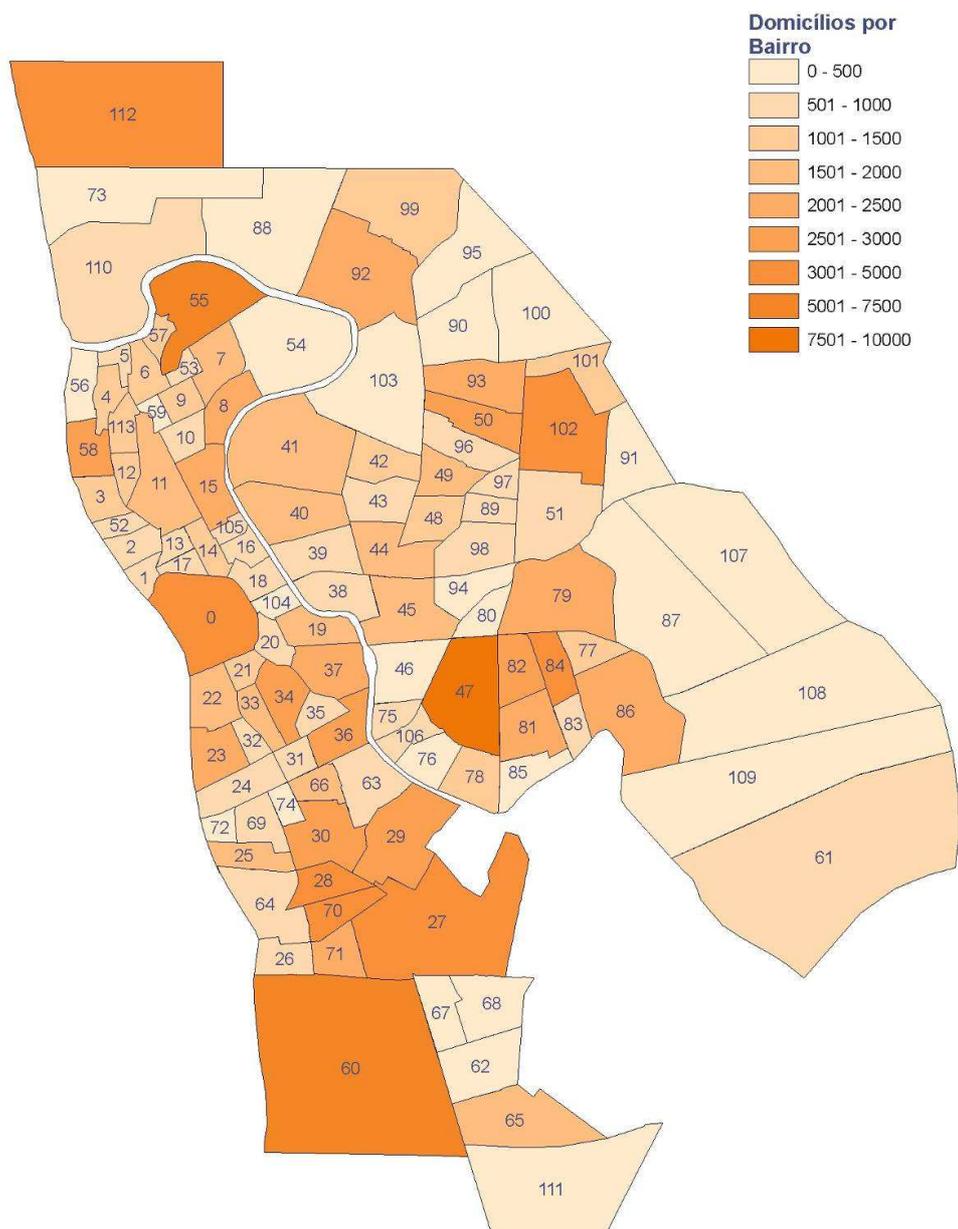
Figura 2 - Mapa Temático da População por bairro



Observa-se que os bairros mais populosos são Itararé e Mocaminho, contudo o maior adensamento de empreendimentos do PAR na cidade de Teresina foi nos bairros de Real Copagre (apartamentos) e Santo Antônio (casas). Quanto aos bairros menos populosos, temos São Raimundo, Parque Jacinta, Parque Juliana, Santa Luzia, Cidade Industrial, Triunfo, Livramento, Novo Uruguai, Socopo, Vale do Gavião, Zoobotânico, Cuidos e Polo Residencial Empresarial Sul, todos constituem a periferia da cidade. Constatam-se quatro bairros inseridos dentro da malha urbana com pouca quantidade de habitantes, circundados por bairros mais populosos, são eles: São Raimundo, Santa Luzia, Triunfo e Livramento.

⁸ Fonte: Instituição de Ensino 91/2000 - Elaboração: SEMEC.

Figura 3 - Mapa Temático do número de Domicílios por bairro



Verifica-se que a distribuição dos domicílios existentes na cidade de Teresina possui uma maior concentração no bairro Itararé, seguidas dos bairros Angelim, Mocaminho, Santo Antônio, Parque Piauí, Promorar, Vale Quem Tem, Renascença e o Centro. Quanto a implantação de empreendimentos do PAR, constata-se as maiores concentrações três empreendimentos no bairro Itararé e cinco no Santo Antônio.

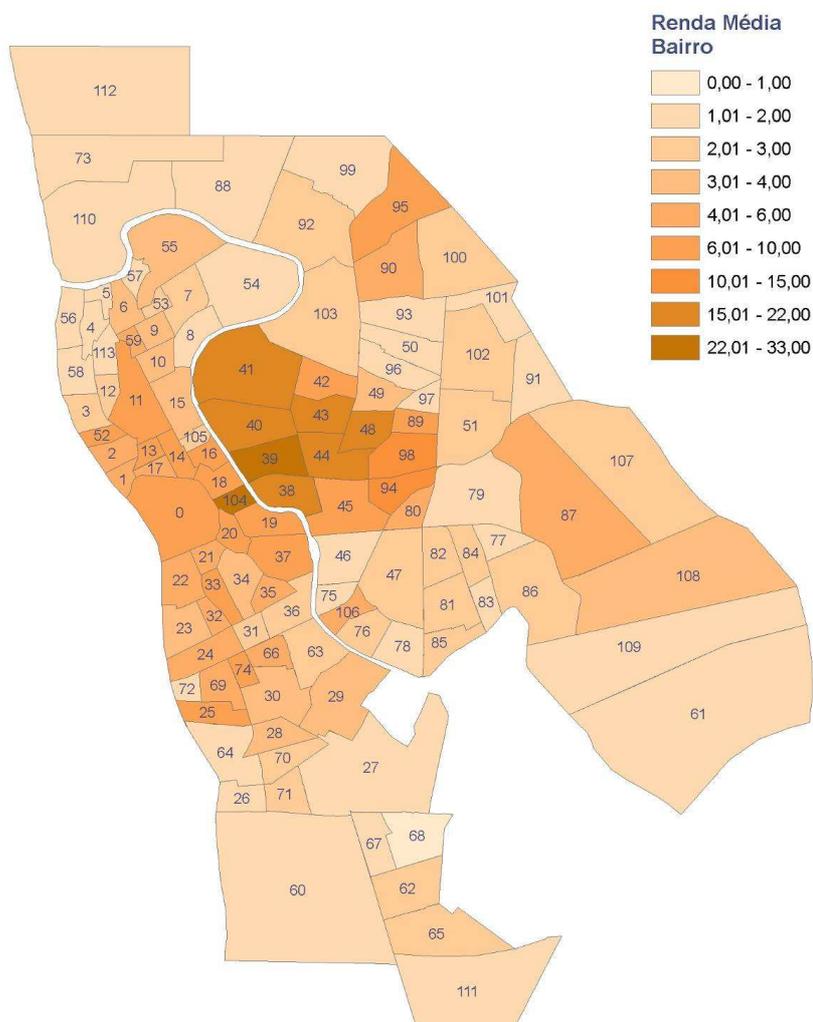
A cidade de Teresina possui dentre os domicílios existentes 80,05 % dos imóveis próprios ou com financiamento em curso, 10,32 % de imóveis alugados e 9,63 % cedidos ou em outras condições, sinalizando, portanto, um déficit de aproximadamente 20 % da quantidade necessária para a cidade.

Apesar da crescente verticalização que vem se processando na cidade de Teresina, a tipologia de habitação predominante, é a casa, representando 94,15 %. Apenas 5,41 % mora em apartamentos e 0,44 em cômodos. Este fato pode ser explicado pelo baixo poder aquisitivo da maior parte da população e dos custos adicionais que incidem nas moradias em apartamentos.

DISTRIBUIÇÃO DE RENDA

De acordo com o mapa abaixo, verifica-se que a maioria da população teresinense 51,46 % reside em bairros com renda média de até 3,0 salários mínimos. As famílias de maior poder aquisitivo, compreendendo 15,53% com renda média de 5 a 10 salários mínimos e acima de 10 salários mínimos 25,24%, moram em bairros que oferecem melhor qualidade de serviços e amenidades urbanas. Além disso, constata-se que o bairro das Ilhotas possui equipamentos de saúde, hoje referência nacional neste tipo de serviço e Jóquei onde se concentra equipamento comercial, tais como shopping center, cinemas, universidades, clubes, salão de artes, dentre outros. Observa-se ainda, que o bairro Itararé é o mais populoso com 41.855 habitantes e com a maior concentração de domicílios, totalizando 9.752.

Figura 4 - Mapa Temático da Renda Média por Bairro



Como visto anteriormente a cidade de Teresina é uma cidade marcada pelas desigualdades sociais, com reflexos diretos no cotidiano. O censo do IBGE (2000) revela uma concentração de renda variando entre 22,01 a 33,00 salários mínimos nos bairros de Jóquei Clube e Frei Serafim, entre 15,01 e 22,00 salários mínimos os bairros Noivos, Nossa Senhora de Fátima, Ininga, Horto, São Cristóvão e Morada do Sol.

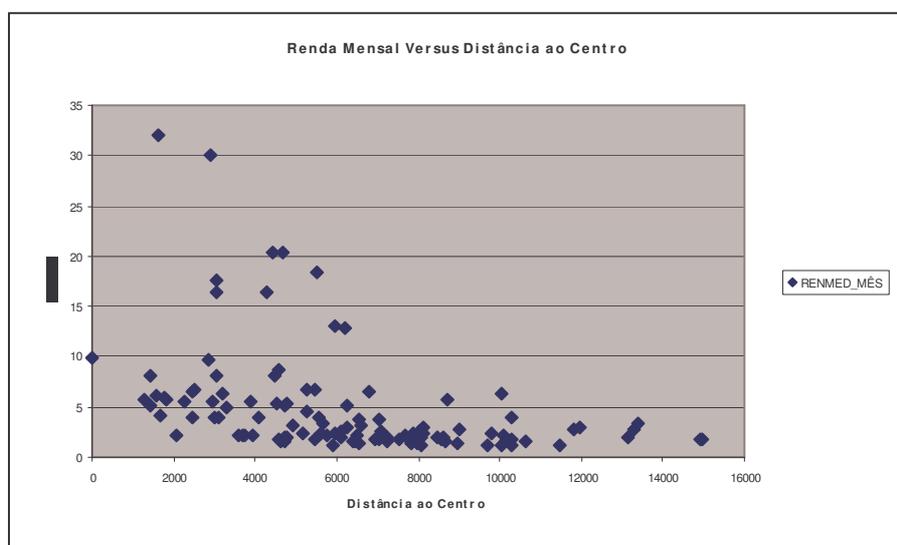
Com relação à distribuição da renda das pessoas responsáveis pelo domicílio, constata-se que 54,91 % dos chefes de família recebem até 03 salários mínimos, 20,55 %, entre 03 e 05 salários mínimos, 15,03 % entre 05 e 10 salários mínimos e 9,51 % acima de 10 salários mínimos. Constata-se uma concentração de 75,46 % dos chefes de famílias com renda de até 05 salários mínimos.

Observa-se ainda, uma concentração de recursos para uma população superior a 10 salários mínimos, vez que representam 68,34 %, a faixa de 05 a 10 salários mínimos com 21,41 %, a faixa de 03 a 05 salários mínimos 9,54 % e até 03 salários mínimos com 0,72 % do rendimento nominal por faixa de renda.

Observa-se que 52,63% dos bairros da cidade, concentra um renda igual ou inferior a 3 salários mínimos e, em 65,79 % dos bairros esta média é de até 5 salários mínimos. Em apenas 25,44 % dos bairros os chefes de família têm renda média entre 5 e 10 salários mínimos, e em 8,77 % esta renda é superior a 10 salários mínimos.

Analisando graficamente, observa-se que as famílias com menor poder aquisitivo moram mais distante dos centros de maiores valorizações, caracterizando a exclusão social no espaço urbano (veja figura 13).

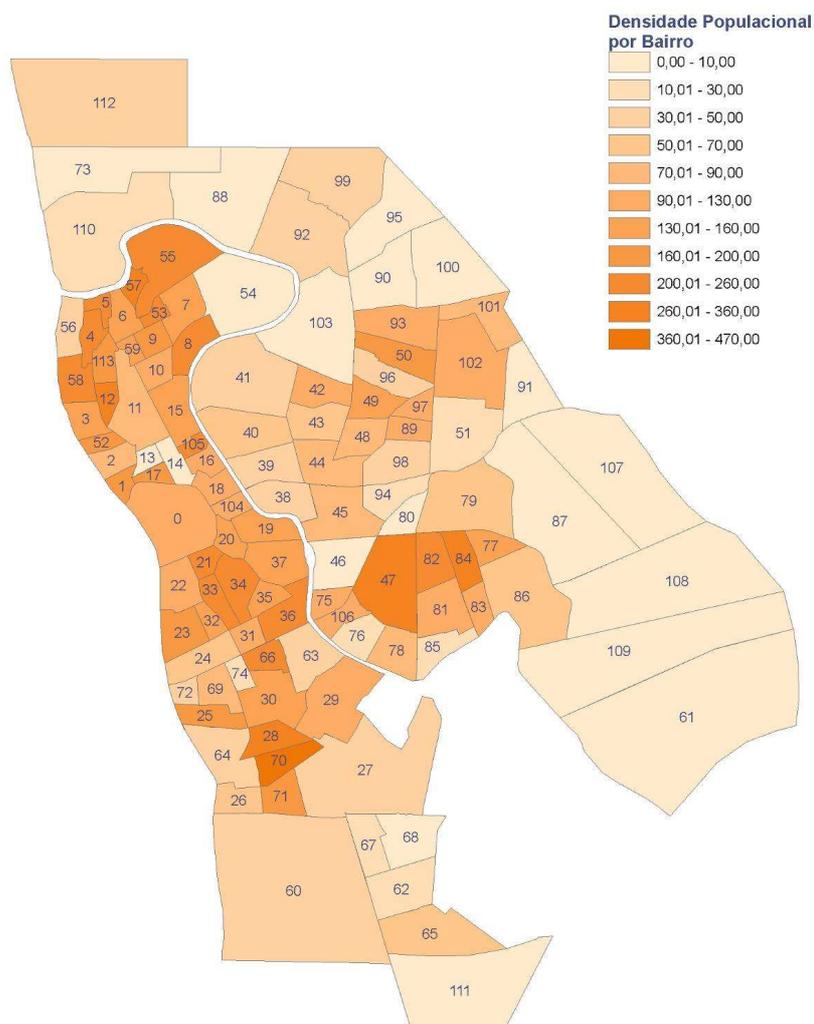
Figura 5 – Relação entre a renda do chefe da família e a distância ao centro da cidade de Teresina - Ano 2000



DENSIDADE POPULACIONAL

A densidade populacional representa um outro importante indicador para a demanda habitacional, em km^2 . A densidade de cada bairro é medida pela razão entre a população residente e a área correspondente. Ao analisar o comportamento da densidade populacional da cidade de Teresina, constata-se a existência de um nível mais elevado de adensamento no entorno do centro urbano e à medida que distancia do centro urbano, torna-se menos adensado. A exceção dos bairros Vila Operária, Marquês, Livramento e Triunfo que estão localizados na periferia do centro, contudo com pouco adensamento. O bairro com maior adensamento é o Promorar.

Figura 6 - Mapa Temático da Densidade Populacional por Bairro



DÉFICIT HABITACIONAL DE TERESINA – 03 A 06 SM

De acordo com a metodologia utilizada pelo Grupo a base IBGE para a cidade de Teresina oferece o território urbano municipal segregado em 654 setores, passíveis de compatibilização com os 113 bairros.

Os déficits foram calculados com base nos dados do IBGE ano 2000, devendo ser considerados as iniciativas habitacionais promovidas pela CAIXA e pela iniciativa do mercado imobiliário. Embora não territorializada a produção do período de 2000 a 2005,

financiadas pela CAIXA, foram abatidas do déficit absoluto total do município corrigido pelo crescimento populacional total calculado pelo PNAD até 2005.

Após abatimento da produção obtida dos financiamentos da CAIXA, obtemos o déficit estimado para 2005, na cidade de Teresina de 1.908 (um mil novecentos e oito) unidades para a faixa de renda de 03 a 06 salários mínimos.

Tabela 3 – Déficit Habitacional Teresina 2000 a 2005

DÉFICIT HABITACIONAL 2000 A 2005						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DÉFICIT ATÉ DE 3 SM A 6 SM	7048	6.444	5.136	4.539	4.167	3.068
PRODUÇÃO	731	1409	687	454	1159	1160
TOTAL	6317	5.035	4.449	4.085	3.008	1.908
ÍNDICE DE CORREÇÃO	1,02011	1,02011	1,02011	1,02011	1,02011	

3.2 QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA POTENCIAL POR HABITAÇÃO

Para a aplicação da metodologia apresentada na seção 2, foram identificadas as regiões homogêneas de valores para o município de Teresina / PI. A base cartográfica da cidade, obtida junto à Prefeitura Municipal de Teresina, está georreferenciada com divisas de bairros, não sendo possível localizar dentro de cada bairro, os dados analisados para os diversos modelos por regiões homogêneas de valor. Como consequência, os modelos espaciais construídos para inferir valores tiveram como base a distribuição espacial por bairro, e a matriz W de distância foi construída com base nestas informações. Esta matriz W possui então 113 linhas por 113 colunas, que corresponde ao número de bairros da cidade e a distância euclidiana computada entre o centróide de cada bairro. Em seguida a matriz foi normalizada por linha.

MODELOS DE INFERÊNCIA PARA AS TIPOLOGIAS EM ESTUDO

Conforme a metodologia definida no item anterior, o cálculo da Demanda Potencial Habitacional requer a estimativa de valores médios nos diversos bairros da cidade. Foram então criados modelos econométricos, referentes aos seguintes tipos de negócios para as tipologias definidas a seguir:

- Venda – Casas, Apartamentos e Terrenos;
- Locação – Casas e Apartamentos;
- Inadimplência – PAR.

Os modelos de casas (venda e locação) e o modelo de inadimplência serão listados a seguir. Os modelos de CH – Consumo Habitacional e o do cálculo do déficit serão discutidos na próxima seção.

Tendo em vista os dados levantados, os atributos mais significativos estão a seguir relacionados:

Modelo de Casa – Locação

Do ponto de vista técnico de engenharia e face aos elementos expostos no presente trabalho, observados as características do imóvel objeto da presente avaliação e considerando a atual realidade econômica da cidade, entendemos que o valor locativo mensal de mercado que se mostra como mais representativo para o imóvel em questão seja o valor mínimo, ou seja, R\$ 220,00 em virtude da grande maioria dos dados se referirem as ofertas de imóveis.

Modelo de Casa – Venda

Do ponto de vista técnico de engenharia e face aos elementos expostos no presente trabalho, observados as características do imóvel objeto da presente avaliação, considerando-se a atual realidade econômica do Município de Teresina / PI, entendemos que o valor venal de mercado que se mostra como mais representativo para o imóvel em questão seja o valor médio, ou seja, **R\$ 22.500,00 (vinte e dois mil e quinhentos reais)**.

3.2 MODELO DE CONSUMO E DE DEMANDA HABITACIONAL

O ajustamento do modelo tradicional de perfil de Demanda Habitacional para o caso em estudo assume a forma da equação 3.1:

$$CH = f (IPH, RE, S, ID, \beta) + \varepsilon, \quad (3.1)$$

Onde CH é o vetor de Consumo de Habitação; IPH é o vetor de preço relativo da habitação ou Índice de Preço da Habitação estimado para cada região, em cada período; RE o vetor correspondente à renda familiar; S o vetor de outras características sócio-demográficas que podem afetar a demanda, tais como: sexo, idade, nível de riqueza, tamanho da família, nível de ocupação e instrução do chefe da família e do cônjuge, bem como outras riquezas humanas e não humanas; e β e ε são os vetores de parâmetros e dos erros aleatórios do modelo, respectivamente. Para o caso em pauta, como se trata de imóveis financiados deveria incluir-se também no modelo o prazo de financiamento. Contudo, esta informação não esteve disponível para este trabalho. Considera-se ε como os erros aleatórios que são idêntica e independentemente distribuídos (normais homocedásticos e não autocorrelacionados).

Uma questão importante a ressaltar é que neste estudo não se dispõe de informações relativas ao nível de ocupação e de instrução do chefe da família ou do cônjuge, nem sobre o tamanho da família. Estes dados estão em outro sistema da CAIXA, o SIRIC – Sistema de Risco de Crédito, não disponibilizado para consulta. Desta forma não foi possível estimar a renda permanente, o que pode gerar subestimação da elasticidade renda. No parágrafo anterior, dispõe-se apenas das seguintes variáveis adicionais, que podem afetar a demanda por habitação: sexo e idade do contratado e poupança utilizada na compra do imóvel (casa ou apartamento). Assim, com a inclusão da variável idade será possível à análise do padrão de consumo do indivíduo durante o ciclo de vida e a poupança utilizada na compra funciona como uma *Proxy* para o nível de riqueza da família.

Para estimação empírica do modelo tradicional de demanda por habitação na cidade de Teresina, definido na equação (3.1), foi utilizado o modelo clássico de regressão, tomando-se por base as estimações via Mínimos Quadrados Ordinários, cujos resultados encontram-se na tabela 5.1. Isto é, foi feita uma regressão do consumo de habitação (CH) sobre as seguintes variáveis independentes: índice de preços da habitação (IPH), renda familiar (RE), sexo (SX), idade (ID), e poupança (PO). O ajustamento foi realizado na forma tradicional loglinear, ou de elasticidade constante, que tem sido a forma mais utilizada na literatura, flexibilizando apenas as variáveis Sexo, Idade, IPH e Poupança, que foram tratadas na escala original. Para captar as variações de consumo durante o ciclo de vida do indivíduo, buscou-se introduzir a variável idade elevada ao quadrado (ID²), uma vez que é comum a existência de um ponto de máximo consumo durante este período. Contudo, esta variável provocou a eliminação da variável idade.

Uma sumarização da amostra utilizada na estimação empírica com indicação das variáveis utilizadas e suas siglas adotadas, valores mínimo, médio, mediano e máximo, bem como a amplitude, encontra-se na tabela 3.1.

Tabela 3.1

Descrição da Amostra Utilizada para Estimação da Função de Demanda por Habitação na Cidade de Teresina/PI.

Variável	Sigla	Mínimo	Média	Máximo	Amplitude
Sexo	SX	1,00	1,37	2,00	1,00
Idade	ID	26,00	42,21	69,00	43,00
Renda	RE	328,40	1.999,61	8.798,34	8.469,94
Poupança	PO	145,15	31.503,66	150.285,60	150.140,41
Índice de Preço	IPH	31917,90	37.787,49	45.312,40	13.394,50
Consumo Habitação	CH	0,42	1,19	3,56	3,1362

Nota: Adotou-se valor 1 para o sexo masculino e 2 para o feminino.

Pelos resultados da tabela 3.1 pode-se observar a grande heterogeneidade dos dados: as idades variam de 26 a 69 anos, atingindo uma idade média de 42 anos; a renda familiar mínima é de R\$328,40 enquanto que a máxima é de R\$8.798,34, que corresponde a 27 vezes a menor renda, sendo a renda familiar mediana de R\$1.999,61; o prazo de amortização, importante indicativo, não pode ser medido por falta desta informação no banco de dados; a parte de recursos próprios utilizados ou recursos do FGTS varia de R\$145,15 a R\$150.285,60, com valor médio de R\$31.503,66. Verifica-se que um apartamento com as mesmas características estruturais varia de R\$31.917,90 até R\$45.312,40, dependendo da sua localização na cidade, indicando que a localização pode representar quase 70% do valor do imóvel. A amplitude do consumo referente ao prazo de amortização não pode ser medida.

O Consumo de Habitação também é bastante grande: varia de 0,42 a 3,56. Isto é, o maior consumo de habitação é quase 12 vezes superior que o menor consumo. Apenas em relação ao sexo existe equilíbrio entre mutuários, apresentando uma pequena prevalência pelo sexo feminino. Com base nesta amostra, será ajustado o modelo tradicional de demanda habitacional e os seus resíduos serão utilizados no diagnóstico da presença de efeitos de

dependência espacial. Sendo o resultado positivo, o modelo espacial de demanda habitacional será estimado pela metodologia de Econometria Espacial, como segue.

Para captar as variações de consumo durante o ciclo de vida do indivíduo, introduziu-se também a variável idade elevada ao quadrado (ID2), uma vez que é comum a existência de um ponto de máximo consumo durante este período. Contudo, esta variável não apresentou bons resultados, tendo sido descartada do modelo.

Tabela 3.2 Ajustamento do Modelo Tradicional de Demanda Habitacional para a cidade de Teresina

Variável	Coefficiente	Estatística t	Probabilidade
Constante	-1,37164		
<i>lnRE</i>	0,255963	4,95	<0,01%
IPH	-1,88908E-5	-1,92	5,74%
SX	0,102732	1,78	7,70%
ID	-0,00681266	-2,12	3,65%
PO	1,24E-005	10,58	<0,01%

$$R^2 = 0,7066$$

$$R^2 - \text{Ajustado} = 0,6905$$

$$F - \text{teste (probabilidade)} 43,83 (<0,01)$$

Pode-se observar que os sinais dos parâmetros estimados para as variáveis estão coerentes com o comportamento do mercado habitacional, pois há expectativas de que o perfil de consumo de habitação cresça com o aumento da renda, sugerindo que a habitação é um bem normal, e decresça quando o preço cresce. Também é razoável admitir que o indivíduo consuma mais habitação se o prazo de financiamento é maior, pois ele pode fazer uma melhor programação das suas despesas no longo prazo. Em relação à poupança, que é uma variável representante do nível de riqueza da família, é natural que sendo maior, o consumo também crescerá. Em relação ao sexo, não há nenhuma indicação na literatura sobre o sinal esperado. Ou seja, as mulheres consomem mais habitação que os homens. A idade, contudo, apresenta sinal contrário do esperado: a teoria mostra que há uma tendência do indivíduo aumentar o seu padrão de consumo com a idade, até certo ponto, e depois haver um declínio. Uma possível explicação para este paradoxo pode estar associada às deficiências da amostra, que não traz informações suficientes para inferir este comportamento, ou a adoção do modelo linear. As demais variáveis se mostraram estatisticamente significantes abaixo de 8%.

O modelo apresenta um razoável poder explicativo com coeficiente de determinação de 0,71. Pelos coeficientes estimados, pode-se concluir que: as elasticidades renda e preço da habitação são 0,55 e -0,23, respectivamente; os mutuários do sexo feminino consomem em média 10% mais habitação que os do sexo masculino.

Apesar dos razoáveis resultados obtidos, deve-se esperar que, da mesma forma que a autocorrelação espacial está presente em diversas variáveis econômicas relacionadas com a demanda por habitação, conforme visto anteriormente o consumo de habitação também esteja autocorrelacionados espacialmente, uma vez que está associado à posição que ocupa no espaço. Caso isto ocorra, a equação de demanda tradicionalmente estimada pelo modelo 3.1

pode apresentar resultados tendenciosos, inconsistentes ou ineficientes, e somente o modelo espacial de demanda pode fornecer estimativa confiável do comportamento do mercado habitacional. Desta forma, torna-se necessário realizar o diagnóstico da dependência espacial, conforme segue.

DIAGNÓSTICO DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL

O diagnóstico da dependência espacial na amostra foi realizado utilizando-se os testes LM Robusto (erro) e LM Robusto (defasagem) sobre os resíduos do modelo estimado na tabela 3.2. Trabalhou-se com uma matriz de vizinhança W , com 113 linhas e 113 colunas. A tabela 3.3 apresenta os resultados para o diagnóstico realizado. O teste LM Robusto (defasagem) indica um forte efeito de defasagem espacial no consumo de habitação, uma vez que se mostrou significativa a menos de 1%, enquanto que pelo teste LM Robusto (erro) a hipótese de autocorrelação nos resíduos é rejeitada. Ou seja, o efeito vizinhança parece estar afetando o consumo de habitação na cidade de Teresina.

Tabela 3.3

Diagnóstico da Dependência Espacial da Demanda por Habitação em Teresina

Teste MI/GL	Valor	Probabilidade
LM Robusto (erro)	0,03297	0,85592
LM Robusto (defasagem)	5,11723	0,02369

Diante dessa possibilidade de autocorrelação espacial entre os consumos de habitação ou efeito vizinhança, a seguir, estima-se o Modelo de Defasagem Espacial de Demanda Habitacional.

3.2.1 MODELO ESPACIAL DE DEMANDA INDIVIDUAL POR HABITAÇÃO

O modelo de defasagem espacial de demanda por habitação, na forma funcional loglinear, é definido pela equação 5.2.

$$\ln CH = f(W \ln CH, \ln IPH, \ln RE, S, \rho, \beta) + \varepsilon, \quad (3.2)$$

Onde $W \ln CH$ é a variável explicativa espacialmente defasada do consumo de habitação, ρ o seu coeficiente e as demais variáveis têm a mesma descrição do modelo 5.1. Os resultados da estimação empírica do modelo 5.2, que estão explicitados na tabela 5.4, indicam que o coeficiente ρ , da variável espacialmente defasada, $W \ln CH$, com valor 0,16, é significativo o que é indicativo de uma grande probabilidade da existência do efeito de defasagem espacial na amostra. Ou seja, o consumo de habitação em determinado lugar da cidade é influenciado positivamente pelo consumo de habitação da vizinhança.

Tabela 3.4

Resultados do Modelo Espacial de Demanda Habitacional para a cidade de Teresina, com Intercepto.

Variável	Coefficiente	Estatística z	Probabilidade
W_ <i>ln</i> CH	0,16	1,653	9,8%
<i>ln</i> RE		5,21	0,00%
<i>ln</i> IPH		-2,40	1,63
SX		1,92	0,0769
ID2		0,3940	0,6935
<i>ln</i> PZ		5,8178	0,0000

- $R^2 = 0,7215$
- $R^2 - \text{Ajustado} = 0,7094$

Atenção: Completar esta tabela

Assim, pode-se concluir que o perfil de demanda habitacional não depende somente das variáveis explicativas normalmente consideradas na literatura, tais como preço, renda e demais variáveis sócio-demográficas da família, mas também é fortemente influenciada, de maneira positiva, pelo nível de demanda que ocorre na vizinhança.

Observa-se que houve modificações significativas nos resultados do modelo espacial de demanda habitacional (tabela 3.4), quando comparados com os obtidos pelo modelo tradicional (tabela 3.2).

Verifica-se que alguns coeficientes tiveram grandes alterações, tanto nas suas magnitudes, como nos seus níveis de significância, comprovando-se a existência de tendenciosidades e ineficiências no modelo tradicional, o que pode levar o pesquisador a conclusões equivocadas sobre os parâmetros da função de demanda habitacional, estimados por este modelo.

Para testar o modelo, simulamos valores para a seguinte situação, que representa o perfil de um consumidor de um empreendimento do Programa PAR – Programa de Arrendamento Residencial da CAIXA deseja atender:

Sexo – feminino;
Renda – R\$ 1.000,00 (até mil reais);
IPH – R\$ 33.360,00;
Idade – 43;
Poupança – 150,00;

Nestas condições e utilizando o modelo espacial, estima-se para este perfil o valor máximo de R\$ 22.268,00 para aquisição. Ou seja, dentre o perfil apresentado, em média, o candidato ao empreendimento do PAR no bairro do Vale do Gavião (ou similar) está sujeito a um valor máximo de R\$ 22.300,00, não tendo perfil para a aquisição de imóveis com valores superiores. Este modelo apresenta uma deficiência em sua formulação, representada pela falta da variável “Capacidade de endividamento”. Esta variável é importante para o modelo, visto

que poderá limitar o perfil do candidato em adquirir o bem pelo valor estimado, caso não tenha como assumir o valor da prestação do empréstimo a ser contraído.

O modelo de CH – consumo de habitação foi construído com base nas informações coletadas no SISUFPOR e confrontadas com o SIACI, resultando em uma amostra de 106 transações efetivadas. Porém, acredita-se que o modelo pode ser tendencioso, visto que não foram adicionadas informações do SIRIC, não disponibilizadas para este trabalho, sobre as pretensões da população naquele município.

3.2.2 MODELO DE DEMANDA HABITACIONAL POR BAIRRO

O ajustamento do modelo de demanda habitacional agregado por bairro para o caso em estudo assume a forma da equação 3.3:

$$D = f(\text{PR}, \text{IPH}, \text{INF}, \text{RA}, \beta) + \varepsilon, \quad (3.3).$$

Onde D é o vetor de déficit habitacional; PR o vetor de Pessoas Residentes no Bairro, IPH é o vetor de preço relativo da habitação ou Índice de Preço da Habitação estimado para cada região, em cada período; Infra é o vetor correspondente á infra-estrutura existente, considerando escolas público-privadas, praças e creches; RA o vetor de preços de aluguel em relação ao IPH e β e ε são os vetores de parâmetros e dos erros aleatórios do modelo, respectivamente. Considera-se ε como os erros aleatórios que são idêntica e independentemente distribuídos (normais, homocedásticos e não autocorrelacionados).

Uma questão importante a ressaltar é que neste estudo não se dispõe de informações relativas ao nível de ocupação e de instrução do chefe da família ou do cônjuge, nem sobre o tamanho da família. Novamente, estes dados estão em outro sistema da CAIXA, o SIRIC – Sistema de Risco de Crédito, não disponibilizado para consulta. Desta forma não foi possível estimar a renda permanente, o que pode gerar subestimação da elasticidade da demanda.

Para estimação empírica do modelo de demanda por habitação por bairro na cidade de Teresina, definido na equação (3.3), foi utilizado o modelo clássico de regressão, tomando-se por base as estimações via Mínimos Quadrados Ordinários, cujos resultados encontram-se na tabela 5.5. Isto é, foi feita uma regressão do Déficit de Habitação (D) sobre as seguintes variáveis independentes: Pessoas Residentes (PR), Índice de Preço da Habitação Padrão na Região (IPH), a Infra-Estrutura existente (INF) e a Remuneração do Aluguel em relação ao IPH (RA). O ajustamento foi realizado na forma tradicional, buscando linearizar as variáveis através das transformações matemáticas.

Para estimação empírica do modelo tradicional de perfil de demanda por habitação na cidade de Teresina, definido na equação (3.3), foi utilizado o modelo clássico de regressão, tomando-se por base as estimações via M.Q.O., cujos resultados encontram-se na tabela 3.6. Isto é, foi feita uma regressão do Demanda Habitacional (D) sobre as demais variáveis independentes.

Tabela 3.6**Ajustamento do Modelo Tradicional de Demanda Habitacional para Teresina / PI**

Variável	Coefficiente	Estatística t	Probabilidade
Constante	-337,478		
PR	0,0305506	10,39	<0,01%
IPH	1,77E+7	2,72	0,76%
INF	2,54021	1,89	6,09%
RA	-1,039E6	-1,23	22,15%

$$R^2 = 0,6949$$

$$R^2 - \text{Ajustado} = 0,6832$$

$$F - \text{teste (probabilidade)} = 59,22 (<0,01)$$

Pode-se observar que os sinais dos parâmetros estimados para as variáveis estão coerentes com o comportamento do mercado habitacional, pois há expectativas de que a demanda de habitação cresça com o aumento de pessoas residentes no bairro, sugerindo que a habitação é um bem normal, e decresça quando o preço cresce. Também é razoável admitir que o indivíduo demanda mais habitação se a relação Aluguel/IPH for menor, pois ele pode fazer uma melhor programação das suas despesas no longo prazo. Em relação à infra-estrutura, a demanda será maior onde exista melhor infra-estrutura urbana. O modelo apresenta um razoável poder explicativo com coeficiente de determinação de 0,69.

Apesar dos razoáveis resultados obtidos, deve-se esperar que, da mesma forma que a autocorrelação espacial está presente em diversas variáveis econômicas relacionadas com a demanda por habitação, o consumo de habitação também esteja autocorrelacionado espacialmente, uma vez que está associado à posição que ocupa no espaço. Caso isto ocorra, a equação de demanda tradicionalmente estimada pelo modelo 5.5 pode apresentar resultados tendenciosos, inconsistentes ou ineficientes, e somente o modelo espacial de demanda pode fornecer estimativa confiável do comportamento do mercado habitacional. Desta forma, torna-se necessário realizar o diagnóstico da dependência espacial, conforme segue.

DIAGNÓSTICO DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL

O diagnóstico da dependência espacial na amostra foi realizado utilizando-se os testes LM Robusto (erro) e LM Robusto (defasagem) sobre os resíduos do modelo estimado na tabela 5.6. Trabalhou-se com uma matriz de vizinhança W, com 113 linhas e 113 colunas, seguindo os mesmos procedimentos utilizados anteriormente. A tabela 5.7 apresenta os resultados para o diagnóstico realizado. O teste LM Robusto (defasagem) indica um forte efeito de defasagem espacial no consumo de habitação, uma vez que se mostrou significativa a menos de 1%, enquanto que pelo teste LM Robusto (erro) a hipótese de autocorrelação nos resíduos é rejeitada. Ou seja, o efeito vizinhança parece estar afetando o consumo de habitação na cidade de Teresina.

Tabela 5.7**Diagnóstico da Dependência Espacial da Demanda por Habitação em Teresina**

Teste MI/GL	Valor	Probabilidade
LM Robusto (erro)	0,26678	0,60550
LM Robusto (defasagem)	30,30	0,00000

A construção do modelo de defasagem espacial levará em conta a matriz de vizinhança W com $[113 \times 1113]$, contendo as distâncias entre os bairros. Esta matriz será invertida e padronizada por linha. Ao construir a matriz W já transformada e normalizada, será realizada uma variação da distância máxima onde os efeitos espaciais possam existir. Esta distância, em substituição ao variograma, irá indicar o raio, abaixo do qual, existe a correlação ou a dependência espacial. No quadro abaixo estão indicados os resultados obtidos:

Teste MI/GL	Distância (m)	Valor	Probabilidade
LM Robusto (erro)	3.000	0,26678	0,60550
LM Robusto (defasagem)	3.000	30,30	0,00000
LM Robusto (erro)	3.500	0,05083	0,60550
LM Robusto (defasagem)	3.500	21,0021	0,00000
LM Robusto (erro)	2.500	0,08832	0,60550
LM Robusto (defasagem)	2.500	11,1498	0,00085

Os melhores resultados foram obtidos para a distancia de 3.000 m indicando que acima deste valor a dependência ou correlação espacial deixa de ser significativa.

Diante dessa possibilidade de autocorrelação espacial entre os consumos de habitação ou efeito vizinhança, a uma distância máxima de 3.000 metros (medida da distância euclidiana entre os centróides dos bairros), a seguir, estima-se o Modelo de Defasagem Espacial de Demanda Habitacional.

MODELO ESPACIAL DE DEMANDA POR HABITAÇÃO

O modelo de defasagem espacial de demanda por habitação, na forma funcional loglinear, é definido pela equação 5.7.

$$D = f(WxD, PR, 1/IPH, INF, RA^2, \rho, \beta) + \varepsilon, (3.4).$$

Onde WD é a variável explicativa espacialmente defasada do consumo de habitação, ρ o seu coeficiente e as demais variáveis têm a mesma descrição do modelo 3.3. Os resultados da estimação empírica do modelo 5.7, que estão explicitados na tabela 5.7, indicam que o coeficiente ρ , da variável espacialmente defasada, WD , com valor $-0,273$, são significante o que é indicativo de uma grande probabilidade da existência do efeito de defasagem espacial na amostra. Ou seja, o consumo de habitação em determinado lugar da cidade é influenciado negativamente pelo consumo de habitação da vizinhança. Em outras palavras, quanto maior a

demanda em uma região, menor será a demanda na região vizinha espacialmente correlacionada. A distância estimada pelo modelo para a correlação espacial é de 3000m, indicando que a procura por imóveis similares está dentro deste raio de 3 km.

Tabela 3.8

Resultados do Modelo Espacial de Demanda Habitacional para Teresina com Intercepto.

Variável	Coefficiente	Estatística z	Probabilidade
W_D	-0,273	-1,919	5,5%
PR		10,61	0,00%
1/IPH		3,29	0,09%
INF		2,10	3,50%
RA ²		-1,50	13,19%

- $R^2 = 0,7104$
- $R^2 - \text{Ajustado} = 0,7021$

Assim, pode-se concluir que a demanda habitacional não depende somente das variáveis explicativas normalmente consideradas na literatura, tais como preço, renda e demais variáveis sócio-demográficas da família, mas também é fortemente influenciada, de maneira positiva, pelo nível de demanda que ocorre na vizinhança.

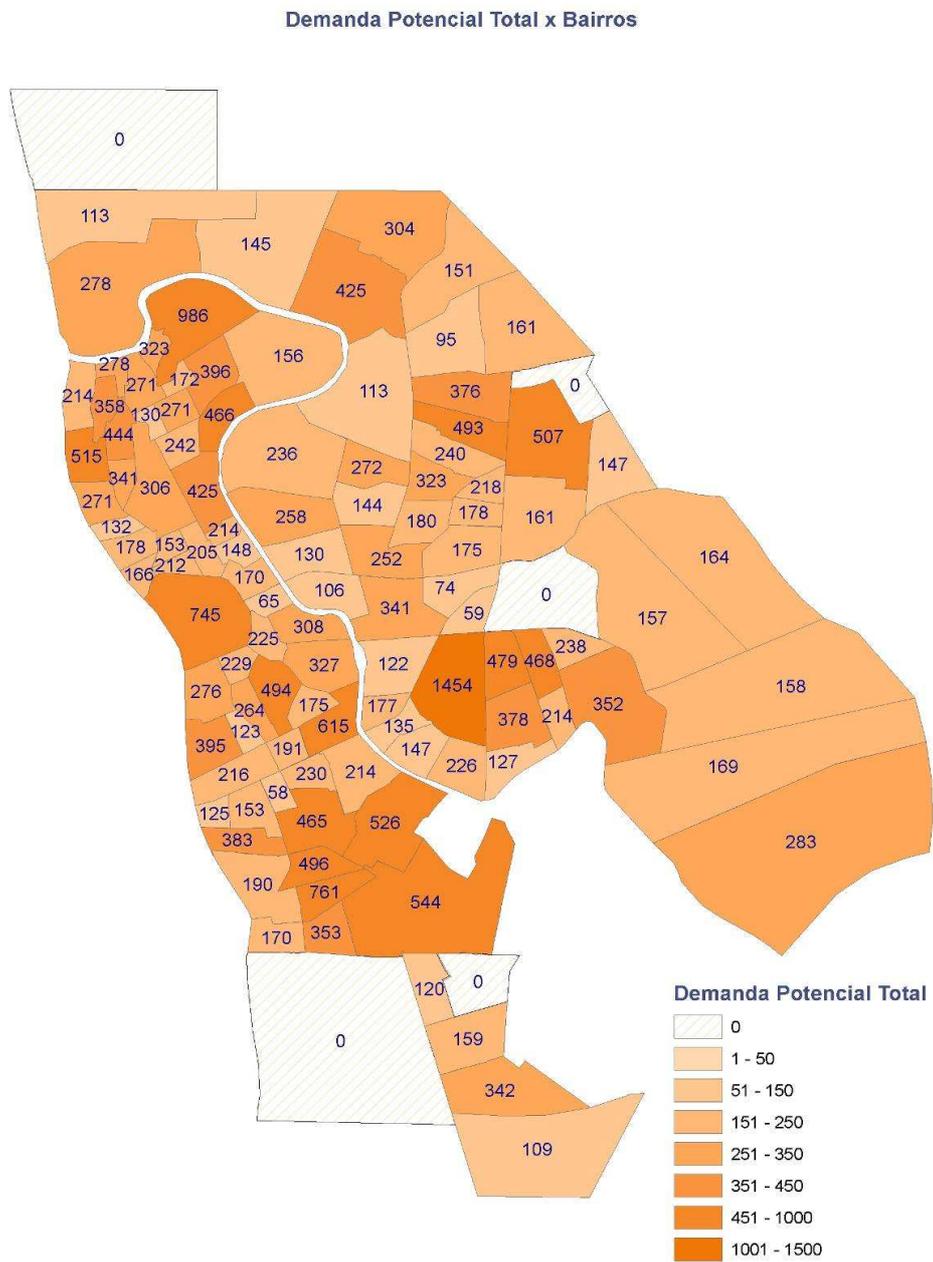
Observa-se que houve modificações significativas nos resultados do modelo espacial de demanda habitacional (tabela 3.8), quando comparados com os obtidos pelo modelo tradicional (tabela 3.7).

Verifica-se que alguns coeficientes tiveram grandes alterações, tanto nas suas magnitudes, como nos seus níveis de significância, comprovando-se a existência de tendenciosidades e ineficiências no modelo tradicional, o que pode levar o pesquisador a conclusões equivocadas sobre os parâmetros da função de demanda habitacional, estimados por este modelo.

O modelo espacial estimou, com relativa precisão, a Demanda Potencial para os bairros da cidade de Teresina / PI. Para o bairro em estudo, Vale do Gavião, o déficit informado é de 6, ao passo que a demanda potencial para este mesmo bairro é de 161 unidades. O bairro do gavião possui uma renda média de 2,17 SM e para o perfil estimado no modelo anterior, existe a indicativa de absorção de até 161 unidades para o perfil estimado. A diferença calculada indica, a grosso modo, o diferencial de pessoas interessadas em se locomoverem dentro de sua região de abrangência, ou seja, de 3 km.

Nos bairros equidistantes do Vale do Gavião em até 3 km, existe em média um deslocamento para fora destes bairros em 331 famílias. Considerando que o Vale do Gavião irá receber 155 famílias (demanda potencial – déficit existente), e que 331 habitantes, no raio de 3000 m estão dispostos a se locomoverem, então o Vale do Gavião irá receber aproximadamente 46,80% deste percentual. A seguir listamos as estimativas de demanda por bairro:

Figura 7 - Mapa Temático da Demanda Potencial/Bairros



4. CONCLUSÕES

O presente estudo apresenta uma metodologia consistente para o cálculo da demanda habitacional no mercado imobiliário, como forma de analisar a viabilidade de lançamento de empreendimentos habitacionais e, de forma a aplicar recursos com maior eficiência e eficácia, com o objetivo de minimizar os riscos inerentes ao setor da construção civil.

Após extensa pesquisa bibliográfica a respeito de demanda habitacional e mecanismos para sua estimação e qualificação, optou-se por aplicar a metodologia desenvolvida na tese de doutorado intitulada “Modelos Espaciais Aplicados ao Mercado Habitacional” do engenheiro do quadro da CAIXA, Rubens Alves Dantas, que foi apresentada na Universidade Federal de Pernambuco em 2003, tendo sido utilizada como embasamento teórico e metodológico para o presente estudo.

Ao analisar espacialmente a cidade de Teresina, constatou-se que:

- a distribuição de renda mostra claramente que as maiores rendas estão nos bairros mais valorizados e conseqüentemente mais próximas dos pólos de valorização;
- as menores rendas estão na periferia e conseqüentemente mais afastadas dos pólos de valorizações;
- as maiores densidades habitacionais por bairro estão nas menores faixas de renda, caracterizando um maior aglomerado urbano;
- Teresina é uma cidade horizontalizada, onde a grande maioria de seus habitantes mora em residências unifamiliares e a tendência da população de maior poder aquisitivo é buscar moradias verticalizadas.
- a maior concentração do déficit habitacional esta nas faixas de rendas mais baixas, que são de 1 a 3 salários mínimos.
- existem vazios urbanos que devem ser preenchidos com infra-estrutura e implantação de unidades habitacionais, antes da utilização dos vazios periféricos, otimizando os investimentos públicos e reduzindo a especulação imobiliária.

Ao estudar o comportamento da Demanda Potencial estratificada por bairros este estudo colabora para que a CAIXA e outras instituições públicas ou privadas possam otimizar a aplicação dos recursos em habitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anselin, L. (1988) “Spatial Econometrics: Methods and Models”. *Dordrecht: Kluwer Academic*.

Dantas, Rubens Alves (2003) “Modelos Espaciais Aplicados ao Mercado Habitacional”. Tese de doutorado – Universidade Federal DE Pernambuco. CCSA. Economia -Recife.PE.

Dipasquale, D., Wheaton, W. (1994) “Housing Market Dynamics And The Future Housing Prices”. *Journal of Urban Economics*, V. 35 – IBER – Institute of Business and Economic Research.

Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações -“Déficit Habitacional no Brasil”. 2º Edição - Belo Horizonte, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo 2000 – www.ibge.gov.br

Ministério das Cidades (2004) “Política Nacional da Habitação - 4”. Publicação - Ministério das Cidades. www.cidades.gov.br

Pace, R.K, Barry, R and Sirmans, C. F. (1998) “Spatial Statistic and Real State,” *Journal of Real State Finance and Economics*, vol. 17 nº1, pp. 5-13.

Vergolino, J. R. O. (1989) “Fundamentação Teórica para uma Interpretação da Demanda de Habitação e Crescimento Urbano” *Revista Econômica do Nordeste* v.20, n.2, p89-113.

CURRÍCULOS RESUMIDOS DOS AUTORES

RUBENS ALVES DANTAS

Engenheiro Civil pela UFPE, com mestrado em Engenharia de Produção e Doutorado em Economia, é Professor Adjunto da UFPE e da UPE, onde ministra a disciplina de Engenharia de Avaliações desde 1981. Engenheiro de Avaliações da Caixa Econômica Federal. Participou como membro da comissão de estudos da ABNT na elaboração da norma de Avaliação de Bens, NBR 14.653, partes 1, 2, 3 e 4. Presidiu o Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia e atualmente é Vice-Presidente Técnico da SOBREA – Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações.

EDMUNDO MELO DE MOURA

Engenheiro de Minas pela UFPE, Engenheiro Civil, pela Escola Politécnica (UPE), mestrando em Geociências pela UFPE. Engenheiro de Avaliações da Caixa Econômica Federal. Supervisor de Avaliações da GIDUR/RE desde 1995.

SILVIO CARLOS HEITOR JORGE

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), especialização em Gestão Estratégica da Qualidade, Engenheiro de Avaliações da Caixa Econômica Federal. Participante do grupo de trabalho SIG CAIXA – Projeto de Sistemas de Informações Geográficas.

FABIO GLAUCO WERMERSCH

DOUTORANDO EM ENGENHARIA, Área de Concentração: Planejamento de Transportes pela Universidade de São Paulo – USP; MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Concentração: Planejamento de Transportes e ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade de São Paulo – USP. Atuou em consultoria para o setor público e realizou trabalho acadêmico sobre demanda por transporte. Atualmente desenvolve pesquisa na área de planejamento de transportes.

PAULO CESAR ROGERIO COSENTINO

Engenheiro Civil pela Faculdade Técnica Sousa Marques (RJ), Assistente de Perícias em Avaliação de Imóveis, Supervisor Técnico de 1998 a 2002 e Gerente de Serviço da Caixa Econômica Federal desde 2002.

SÉRGIO LUIZ GRANDE

Engenheiro Civil pela UFPR. Engenheiro de Avaliações da Caixa Econômica Federal"

HELENITA MARZALL

Cientista Social pela UFPR, especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano pela PUCPR/Université de Technologie de Compiègne(França).