



Universidade Federal do Ceará

09



SÉRIE
ESTUDOS ECONÔMICOS CAEN

Estimação de Curvas de Indiferença de Acessibilidade Urbana via Modelos Ordenados e *Krigagem*

Abel Brasil
José Raimundo Carvalho

FORTALEZA • MAIO • 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - CAEN

SÉRIE ESTUDOS ECONÔMICOS – CAEN
Nº 09

Estimação de Curvas de Indiferença de Acessibilidade Urbana
via Modelos Ordenados e *Krigagem*

FORTALEZA – CE
MAIO – 2014

Estimação de Curvas de Indiferença de Acessibilidade Urbana via Modelos Ordenados e Krigagem

Abel Brasil

Laboratório de Econometria e Otimização/CAEN/UFC - abelbrasil88@gmail.com

José Raimundo Carvalho

CAEN/Universidade Federal do Ceará

Laboratório de Econometria e Otimização/CAEN/UFC - josecarv@ufc.br

Resumo

O processo de urbanização, crescimento das cidades e estruturação urbana ocorrido nas últimas décadas nas grandes cidades brasileiras vem colocando a questão da acessibilidade como fator relevante na qualidade de vida da população. Neste contexto, analisar rigorosamente o nível de acessibilidade e o bem-estar dos indivíduos a partir do momento que deixam suas residências até o ponto de execução de atividades ou satisfação de consumo torna-se uma questão de grande importância científica ainda pouco explorada de maneira rigorosa. Nesta dissertação buscamos analisar e modelar acessibilidade considerando uma perspectiva teórica baseada na metodologia da maximização da utilidade e na estimação de modelos econométricos. Para tanto, este estudo está dividido em dois eixos de pesquisa: o primeiro, analisa a acessibilidade com o uso de modelos ordenados generalizados através de uma base inédita de micro dados geo-referenciados coletada na cidade de Fortaleza, Brasil. Os resultados mostram que variáveis como renda, posse de automóveis, distância, entre outras, são importantes para explicar a acessibilidade dos indivíduos. O segundo eixo de análise propõe e desenvolve, de maneira pioneira, uma superfície de utilidade espacial através de técnicas de krigagem. Os resultados mostram que a distância entre o domicílio e o ponto de destino possui uma relação bastante heterogênea com a acessibilidade, revelando um padrão espacial influenciado pela desigualdade econômica da cidade. Esse resultado coloca em dúvida suposições simplistas tradicionais que assumem uma relação linear ou polinomial entre distância e acessibilidade.

Palavras-chave: Acessibilidade - Modelo Generalizado Ordenado - Krigagem.

Abstract

The process of urbanization, growth of cities and urban structuring in recent decades among large Brazilian cities revealed the issue of accessibility as a relevant factor in quality of life. In this sense, analyzing the level of accessibility and welfare of individuals from where they leave their homes up to the point of execution of activities or consumer satisfaction becomes a matter of great scientific importance, yet to be explored in rigorously way. Thus, in this dissertation we analyze and model urban accessibility considering a theoretical perspective based on the methodology of utility maximization and estimation of econometric models. Therefore, this study is divided into two lines of research. The first one analyzes the accessibility using generalized ordered models through a new geo-referenced micro data set collected in the city of Fortaleza, Brazil. Our results show that variables such as income, car ownership, distance, and others are important for explaining accessibility of individuals. The second line of inquiry proposes and develops, in a pioneering way, a surface of spatial utility by means of Kriging techniques. The results point to the fact that the distance between home and destination has a very heterogeneous relationship with accessibility, revealing a spatial pattern greatly influenced by the prevailing economic inequalities all over the city. This result puts into question simplistic traditional assumptions that assume a linear or polynomial relation between distance and accessibility.

Keywords: Accessibility - Generalized Ordered Model - Kriging.

JEL Classification: C21, O18, I31.

1 Introdução

O processo de estruturação urbana ocorrido nas últimas décadas vem influenciando no cotidiano dos indivíduos à medida que estes necessitam locomover-se constantemente para realizarem as mais diversas funções e atividades, afim de adquirir bens e serviços que se encontram distribuídos por toda a cidade e são fundamentais no seu dia-a-dia. Dessa forma, a distribuição espacial de cada serviço pode facilitar ou dificultar esses deslocamentos intra-urbanos.

Nos últimos anos, em nosso país, estamos passando por um processo de crescimento econômico em todos os setores o que favorece, por exemplo, a qualidade de vida de milhares de habitantes. O aparecimento do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) na economia contribuiu para o aumento da infraestrutura no Brasil nas áreas de saneamento, de habitação, transporte, energia e recursos hídricos, entre outros. É notável em nosso cotidiano a crescente quantidade de novas habitações sendo construídas, bem como a modernização do transporte público de uma forma em geral. No entanto, esse crescimento quase sempre se processa de maneira desordenada.

O crescimento descontrolado das grandes cidades ocasionou a segregação socioeconômica da população no espaço urbano, sendo as camadas mais pobres deslocadas para as áreas periféricas, onde existem menos oportunidades e maiores custos relacionados ao deslocamento Vieira and Haddad (2012). Daí, a urbanização da população e o crescimento das cidades coloca a questão da acessibilidade como fator relevante na qualidade de vida da população.

É interessante analisar o cenário atual com foco no conforto e facilidade no deslocamento dos habitantes da sua origem ao seu destino. De uma maneira mais abrangente, analisar o bem-estar dos indivíduos a partir do momento que deixam suas residências ao ponto da execução da atividade torna-se interessante e necessário.

O conceito acessibilidade é muito flexível, por exemplo, podemos empregá-lo no planejamento do transporte urbano, cujo interesse seria a distribuição espacial do número de viagens de ônibus ofertadas pelo serviço público Henrique (2004); outro exemplo seria na área da saúde com ênfase na distribuição geográfica Luo and Wang (2003), o trabalho desenvolvido por Talen and Anselin (1998) faz uso de "medidas tradicionais" como o número de serviços dentro do setor censitário, modelo potencial (baseado no modelo gravitacional) ponderado pela distância, uma medida de custo de viagem e, por último, distância mínima entre origem e o destino considerado. Em seguida, o autor faz uso da metodologia da estatística espacial com o auxílio da correlação de Moran. Guagliardo (2004) criou duas superfícies baseadas na metodologia da densidade de Kernel via ArcGis, uma fornecendo a superfície dos serviços de saúde ofertados, e a outra, a distribuição populacional. A proposta do autor para a acessibilidade de cuidados básicos de saúde é criar uma nova superfície pela razão serviços/população. Podemos, também, utilizar acessibilidade na otimização do caminho de um ponto de origem ao ponto de destino Ferreira and Martins (2011). Dessa forma, a aplicabilidade do conceito é bastante vasta.

No presente estudo, buscamos definir acessibilidade numa perspectiva bastante geral, considerando-se o tempo de percurso, tipo de transporte, conforto da jornada, condições das ruas, estradas etc que são incorporadas pelo indivíduo quando o mesmo está diante de uma estrutura de escolha. Ou seja, utilizaremos a metodologia da maximização da utilidade Ben-Akiva and Lerman (1978) para explicar o bem estar do indivíduo no processo de deslocamento ao sair de

sua residência até a chegada ao destino.

Para este fim, este trabalho possuirá duas linhas de pesquisas que seguem como motivações. A primeira é explicar "acessibilidade" na perspectiva do comportamento do indivíduo com relação a uma estrutura de escolha ordenada, ou seja, através das características individuais (renda, educação, sexo e etc) e características do destino (distância). Buscamos entender como o indivíduo classifica a sua acessibilidade para cinco destinos de Fortaleza/CE, através de modelos logit ordenado. Foi utilizada uma base inédita coletada na cidade de Fortaleza/CE no período de 2012, com um total de 4030 entrevistados em todos os bairros, envolvendo questões sobre análises socioeconômicas, criminológicas e de segurança pública Carvalho (2012). Os resultados alcançados mostram que, em geral, a população se sente desfavorecida/prejudicada com o processo de deslocamento de sua residência aos locais estratégicos (Hospital IJF, Rodoviária Central, Estádio Castelão, Aeroporto e Mercado Central) em Fortaleza. Para medir o nível de bem-estar do indivíduo, foi utilizada como *proxy* de utilidade a resposta sobre a satisfação desse processo de deslocamento.

Na segunda parte, utilizaremos o recurso da geoestatística para entender como se distribui a utilidade estimada na primeira parte, através de isoquantas de curva de utilidade. Dados, dois domicílios equidistantes do local de destino analisado, eles podem diferir quanto ao bem-estar. Ou seja, seja dois residentes A e B, o residente A utiliza transporte público e usufruindo de melhores condições das ruas e trânsito poderá estar em uma curva de bem-estar maior, do que o residente B, que possui carro, porém, enfrenta trânsito com maior fluxo de carros em seu trajeto. O interessante desta análise é evidenciar que alguns fatores não mensuráveis dos indivíduos podem suprir a questão da distância. Em linhas gerais, esses fatores não mensuráveis são incorporados pelo indivíduo quando este está diante de uma estrutura de escolha, isto é, quando o entrevistador pergunta ao entrevistado como ele classifica o acesso ao destino tal, o entrevistado não responde instantaneamente, ele visualiza/analisa por poucos segundos: onde o destino se localiza, qual o meio de transporte que irá utilizar, o nível de trânsito, faz-se avaliação da condição das vias e vários outros fatores. Para alcançar este objetivo, a interpolação por *krigagem* é fundamental na criação de uma superfície de utilidade.

Com o auxílio da *krigagem*, veremos que em algumas regiões de Fortaleza existem locais mais afastados do destino que possuem um nível de utilidade igual aqueles mais próximos. Por exemplo, veremos que indivíduos residindo a uma distância de 8km do destino estarão na mesma curva de utilidade daqueles que residem em áreas mais próximas (no raio de 3 km) do destino. Aqueles indivíduos que se encontram equidistantes do destino podem diferir de sua utilidade (bem-estar), pois um dos residentes se encontra em uma área mais estratégica do que o outro.

2 Conceitos e Medidas de Acessibilidade

O conceito de acessibilidade pode ser empregado em vários ramos do conhecimento: na área de planejamento urbano, cujo interesse seria a distribuição espacial do número de viagens de ônibus ofertadas pelo serviço público Henrique (2004); Na área da saúde, com ênfase em aspectos geográficos, acessibilidade poderia ser estudada como o grau de impedância (ou dificuldade) dos usuários em atingir os serviços médicos em uma dada localidade Rosero-Bixby

(2004). Porém, muitas vezes acessibilidade é mal definida e medida erroneamente Geurs and van Wee (2004).

Geralmente, acessibilidade é estudada como a facilidade em atingir um dado destino. Tal facilidade é medida por função da distância, tempo de viagem, nível de impedância, entre outros, ou seja, características físicas mensuráveis no processo de deslocamento. No presente estudo buscamos definir acessibilidade numa perspectiva bastante geral, levando em consideração o tempo de percurso, tipo de transporte, conforto da jornada, condições das ruas, estradas etc, que o indivíduo incorpora na sua utilidade. Ou seja, utilizaremos uma metodologia baseada no paradigma econômico da maximização da utilidade para explicar o bem-estar do indivíduo no processo de deslocamento ao sair de sua residência até a chegada ao destino.

Medidas de acessibilidade são baseadas em critérios teóricos, operacionais e interpretativos Geurs and van Wee (2004). Ainda segundo o autor, na prática, nem sempre uma medida de acessibilidade contera todas estas informações, pois isso tornaria uma medida complexa. Assim, as vantagens e desvantagens de utilizar uma medida de acessibilidade devem obedecer esses critérios. Seguindo de perto o desenvolvimento lógico de Geurs and van Eck (2001) e Geurs and van Wee (2004), encontramos quatro perspectivas diferentes para medidas de acessibilidade: **Medidas baseadas na Infraestrutura, Medidas baseadas na localização, Medidas baseadas no Indivíduo e Medidas baseadas na Utilidade**. No presente trabalho utilizou-se a medida baseada na utilidade.

Cada uma das medidas de acessibilidade é constituída de quatro componentes de acessibilidade: transporte (*transportation*), uso do solo (*land-use*), tempo (*temporal*), indivíduo (*individual*).

1. Componente transporte reflete a distância, o tempo de viagem, custo e esforço para viajar entre uma origem e local de destino.
2. Componente uso do solo consiste em: (a) na magnitude, qualidade e na característica da distribuição (oferta) espacial das atividades de cada destino (por exemplo, trabalho, escolas, shopping, hospitais) (b) e a demanda por estas oportunidades (por exemplo, trabalhadores, onde habitantes moram), (c) a confrontação entre oferta e demanda em que resulta em atividades competitivas gerando restrições tais como vagas de emprego e escolas e leitos nos hospitais.
3. Componente tempo reflete: (a) a disponibilidade da atividade em diferentes tempos do dia ou semana (exemplo horas abertas no shopping), e (b) o tempo disponível para indivíduos participar de certas atividades (exemplo trabalho, lazer).
4. Componente individual reflete a necessidade (dependendo da idade, riqueza, nível educacional, situação da habitação, etc), habilidades (dependendo das condições físicas das pessoas, disponibilidade de modos de viagens e etc) e oportunidades (depende da riqueza da pessoa, restrições orçamentária, nível educacional, etc) dos indivíduos. Estas características influenciam o acesso ao modo de transporte (por exemplo, ser capaz de dirigir e usar um carro) e oportunidades distribuídas espacialmente (por exemplo, ter alguma habilidade ou educação para se qualificar em empregos perto de sua residência) e pode influenciar fortemente a acessibilidade agregada total.

Medidas baseadas na utilidade são usadas para analisar os benefícios econômicos que as pessoas derivam do acesso às atividades distribuídas espacialmente, por exemplo, o acesso a um *shopping* ou supermercado etc. Esta classe de indicadores de acessibilidade é uma outra alternativa para incluir características individuais (por exemplo: renda, sexo e idade) em modelos de acessibilidade. Esses indicadores tiveram suas origens na modelagem da demanda por viagem Ben-Akiva and Lerman (1978).

As primeiras hipóteses desta abordagem são encontradas em Koenig (1980):

- a) Pessoas associam uma utilidade cardinal para cada alternativa que eles têm à disposição e escolhem a alternativa associada com a máxima utilidade adquirida.
- b) Como não é possível avaliar todos fatores, esta utilidade pode ser representada como a soma de uma componente não aleatória (determinística) e uma componente aleatória (estocástica).

O que se observa desta metodologia são as decisões que o indivíduo toma e que envolvem: escolhas do destino, escolha do modo de viagem, escolha do tempo de partida e escolha da rota Ben-Akiva and Bierlaire (1999). Ainda segundo os autores, a abordagem de utilidade aleatória pode ser vista como um tópico de modelos de escolha discreta.

Modelos de utilidade aleatória assumem, em analogia a teoria do consumidor, que o tomador de decisão tem uma capacidade de discriminação perfeita Ben-Akiva and Bierlaire (1999). Em termos gerais, a utilidade que o indivíduo n associa à alternativa i no conjunto de escolhas C_n é dado por:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} , \quad (1)$$

em que V_{in} é a parte determinística da utilidade, e ε_{in} é o termo aleatório, capturando a incerteza. A alternativa com a maior utilidade é então escolhida.

O termo determinístico V_{in} de cada alternativa é a função do atributo da própria alternativa e a característica do indivíduo. Isto é,

$$V_{in} = V(z_{in}, S_n)$$

z_{in} é o vetor de atributos percebido pelo indivíduo n para a alternativa i , e S_n é o vetor de características do indivíduo n . Isto pode ser simplificado usando uma nova função h dos atributos de z_{in} e S_n ,

$$x_{in} = h(z_{in}, S_n) \Rightarrow V_{in} = V(x_{in})$$

A escolha de $h(\cdot)$ é geral, tomando uma função linear nos parâmetros, isto é,

$$V_{in} = \sum_k \beta_k x_{ink} \quad (2)$$

O termo determinístico da utilidade é portanto totalmente especificado pelo vetor de parâmetros β Ben-Akiva and Bierlaire (1999).

Podemos encontrar na literatura a equação 1 tomando outra perspectiva encontrada no trabalho de Koenig (1980). Neste caso, a utilidade U_{ij}^t associada por um indivíduo t , morando na região i , com destino na região j , pode ser representada por:

$$U_{ij}^t = V^t - C_{ij}^t \quad (3)$$

em que V^t é a utilidade bruta de atingir o destino j pelo indivíduo t (variável aleatória) e C_{ij}^t é custo gerado pela viagem ou tempo de percurso da região i a região j pelo indivíduo t (considerado pelo autor como preditivo e não-aleatório)

Como ressalta o autor, o problema é determinar uma função de probabilidade para a variável aleatória V^t , a fim de calcular o valor esperado da maximização da utilidade entre a utilidade U_{ij}^t associada a cada um dos destinos. Este valor esperado representa o benefício médio derivado a partir de uma viagem pelo indivíduo t e leva em conta ambas a desejabilidade dos destinos e o custo de viagem ou tempo requerido para atingi-los.

A fim de motivar a discussão, descreveremos a idéia da aplicação e escolha de modelos de escolha ordenado neste trabalho. A nossa principal evidência empírica que dará suporte a nossa análise é o nível de satisfação do entrevistado com relação a acessibilidade para alguns destinos (Estádio Castelão, Hospital Instituto José Frota, Aeroporto Pinto Martins, Rodoviária Central de Fortaleza e Mercado Central de Fortaleza) na cidade de Fortaleza/CE. Com efeito, o entrevistado é questionado sobre como o mesmo avalia seu acesso ao destino. Em seguida, escolhe uma entre as alternativas: Péssimo, Ruim, Razoável, Bom e Excelente. Nota-se que existe um *raking* nesta variável (ou seja, é de caráter ordinal), portanto, neste trabalho buscaremos, através de modelo logit ordenado, medir o efeito da acessibilidade baseado na metodologia proposto nesta seção. Descreveremos com mais detalhes sobre modelos de escolha ordenado a frente, bem como a existência de uma variável latente (não mensurável) que o indivíduo maximiza para escolher uma alternativa. A seleção das variáveis que podem influenciar as respostas do entrevistado foi baseada nas componentes descritas no trabalho de Geurs and van Wee (2004) e Geurs and van Eck (2001).

Com esse intuito, este trabalho emprega como *proxy* para a acessibilidade o nível de satisfação do entrevistado com relação a acessibilidade numa perspectiva de bem-estar do consumidor. Para este fim, o seguinte questionamento foi feito:

"Gostaria agora que o(a) Sr(a) pensasse sobre o que acontece quando é preciso ir a locais para resolver problemas ou aproveitar o tempo. Considerando que acessibilidade envolve tudo aquilo que é importante para ir e voltar (tempo de percurso, custo de transporte, conforto da jornada, horário de funcionamento, condições das ruas, estradas, entre outros)".

Em linhas gerais, como aspectos individuais (renda, sexo, idade, educação, uso de carro próprio ou não) e aspectos de custos urbanos, como por exemplo, a distância, podem influenciar a probabilidade da escolha de resposta. Ou seja, interpretaremos essa resposta como o valor máximo de utilidade obtido pelo indivíduo após escolher de maneira ótimo os atributos do deslocamento. Em outras palavras, a teoria da utilidade aleatória propõe que os indivíduos escolham alternativas que produzem a maior utilidade e, assim, a probabilidade de selecionar uma

alternativa aumenta com o aumento da utilidade associada. Ver exemplos dessa metodologia em Niemeier (1977), Junior (2010), Burton, Rigby, Young, and James (2001).

3 Modelos de Escolha Ordenada Generalizados

Existem algumas aplicações onde o modelo de escolha binária é inapropriado. Por exemplo, na área da saúde poderíamos analisar se o indivíduo está satisfeito ou não com o serviço de saúde pública. No entanto, em outros casos o objetivo a ser estudado seria o nível de satisfação, cujas categorias poderiam ser classificadas como: (1) Excelente, (2) Bom, (3) Regular, (4) Ruim e (5) Péssimo. Claramente observamos que a variável dependente, Y , possui mais de duas respostas possíveis e essas respostas apresentam um ordenamento. A aplicação de modelos ordenados probit e logit para este problema permite que a variável dependente possua um ordenamento natural (*ranking*). Logo, o objetivo é modelar estas respostas ordenadas como função de outras variáveis explicativas.

Formalmente, seja a variável dependente, Y , com J possibilidades com ordenamento natural (ou seja, a escolha $j + 1$ é melhor que j). Assim Y toma os valores $1, 2, \dots, J$. O modelo de escolha ordenado para Y pode ser derivado a partir de um modelo de variável latente (ou economicamente, a utilidade y^*). Assume-se que a variável latente y^* é determinada por:

$$y^* = \mathbf{x}\beta + \epsilon$$

seja \mathbf{x} o conjunto de covariáveis (nessa abordagem \mathbf{x} não conterá uma constante) cuja dimensão seja $1 \times k$ e considere β como vetor de parâmetros desconhecidos $k \times 1$. As J escolhas se relacionam com a variável latente da seguinte forma:

$$\begin{aligned} y = 1 & \text{ se } \mu_0 \leq y^* \leq \mu_1 \\ y = 2 & \text{ se } \mu_1 < y^* \leq \mu_2 \\ & \vdots \\ y = J & \text{ se } y^* > \mu_{J-1} \end{aligned}$$

ou simplesmente,

$$y = j \text{ se } \mu_{j-1} \leq y^* \leq \mu_j \text{ para } j = 1, 2, \dots, J$$

onde $\mu_0 < \mu_1 < \dots < \mu_J$ são os pontos de cortes desconhecidos (ou *threshold*), com $\mu_0 = -\infty$ e $\mu_J = \infty$.

Existe outra vertente de pensamento sobre modelos ordenados. Podemos encontrar, principalmente na literatura sobre análise de dados categorizados, modelos ordenados pertencentes a uma poderosa classe de Modelo de link Cumulativo. O nome modelos de link cumulativos (*cumulative link models*) é adotado por Agresti (2002). Através de notação recentes na literatura, temos:

$$\mathbb{P}(y \leq j) = \Lambda(\mu_j - \mathbf{x}\beta) = \frac{\exp(\mu_j - \mathbf{x}\beta)}{1 + \exp(\mu_j - \mathbf{x}\beta)} \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (4)$$

Para cada j , existe um logit binário que divide o resultado em categorias inferiores e superiores (por exemplo, categoria 1 *versus* categorias superiores; categorias 1 e 2 *versus* categorias superiores e assim por diante). Testes são necessários para verificar a hipótese dos parâmetros fixos, isto é,

$$\begin{cases} H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_J \\ H_1 : \exists j, l; \beta_j \neq \beta_l \quad (j \neq l; j, l = 1, \dots, J-1) \end{cases}$$

Tomando como base o trabalho desenvolvido por Williams (2006), temos como modelo a seguinte estrutura:

$$\mathbb{P}(y > j) = F(\mu_j + \mathbf{x}\beta_j) = \frac{\exp(\mu_j + \mathbf{x}\beta_j)}{1 + \exp(\mu_j + \mathbf{x}\beta_j)}, \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (5)$$

podemos notar que não existe a hipótese de regressão paralela, pois agora temos β 's variando para cada categoria j .

4 Base de Dados

Os dados utilizados referem-se ao projeto de pesquisa "Montagem de uma Base de Dados Longitudinal de Vitimização do Ceará: Aspectos Sócio-Econômicos e Espaciais", realizada em 2012. O projeto teve como participantes a Universidade Federal do Ceará, através do CAEN/Pós-graduação em Economia, e a Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social do Estado do Ceará (SSPDS/CE). O projeto surgiu em um contexto paralelo a outro projeto¹ (também financiado pela FUNCAP) que consistia em desenvolver um laboratório de análise estatística e criminal no âmbito da SSPDS/CE sob a coordenação do Prof. Dr. José Raimundo A. Carvalho (CAEN/UFC). Este levantamento contemplou 118 bairros de Fortaleza/CE. Tal pesquisa foi realizada com indivíduos de ambos os sexos com idade mínima de 16 anos, totalizando uma amostra de 4030 pessoas que responderam a um questionário com 123 perguntas com temas de análises socioeconômicas, criminológicas e de segurança pública.

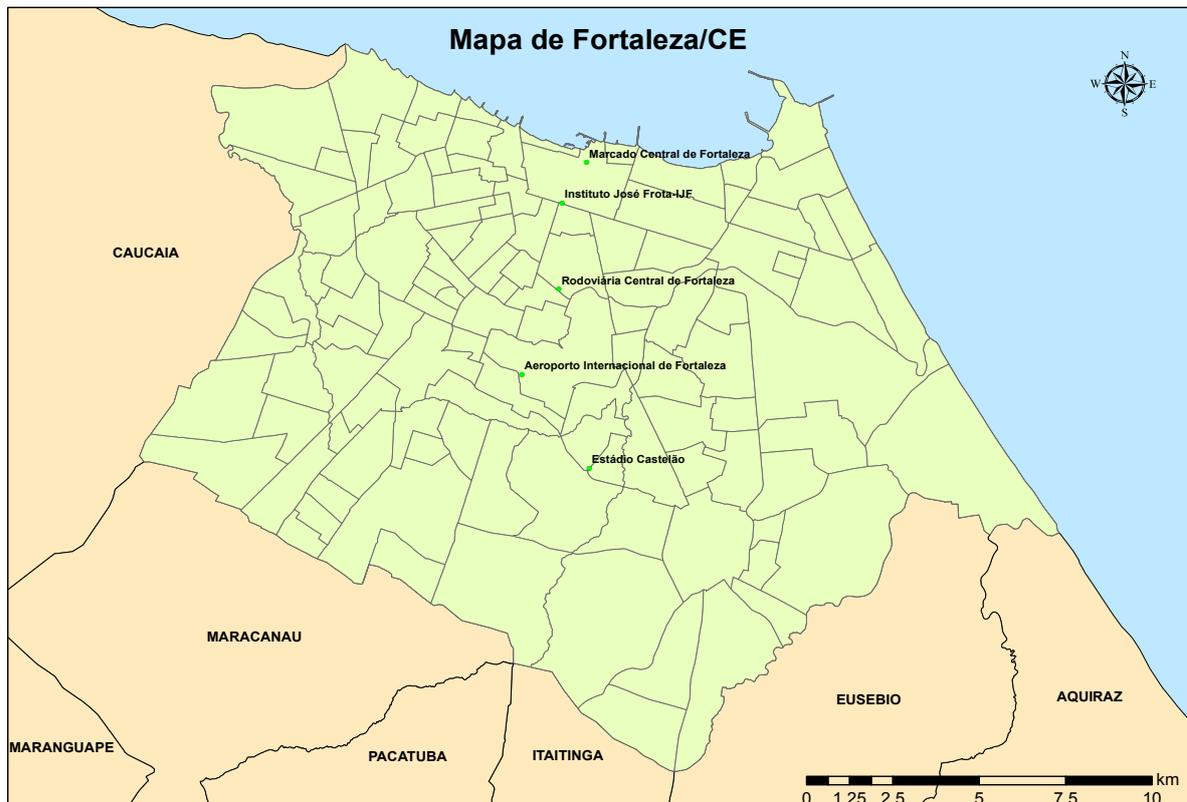
Os locais considerado neste estudo são: Hospital IJF-Instituto José Frota, Rodoviária Central de Fortaleza, Estádio Castelão, Aeroporto Internacional Pinto Martins e Mercado Central de Fortaleza. Para melhor entendimento da distribuição espacial desses destinos, a figura 1 facilitará a visualização:

Com o intuito de facilitar a interpretação do modelo proposto, optamos por agregar às categorias 1 e 2 (respectivamente "péssimo" e "ruim") em "Péssimo" e também às categorias 4 e 5 (respectivamente "bom" e "excelente") em "Excelente" e mantivemos a categoria 3 como "Razoável". As variáveis explicativas/independentes utilizadas são:

[SEXO] Sexo do Entrevistado: 0-Feminino e 1-Masculino

¹Desenvolvimento de Infraestrutura de Análise Estatística e Criminal na SSPDS/CE.

Figura 1: Mapa de Fortaleza



Fonte: Dados gerados pelo autor

[IDADE] Idade do Entrevistado

[EDUCACAO] Qual é o curso mais elevado que o(a) Sr(a) já concluiu: 1-Sem instrução, 2-Ensino Fundamental incompleto (1º Grau incompleto), 3-Ensino Fundamental completo (1º Grau completo), 4-Ensino médio incompleto (2º Grau incompleto), 5-Ensino médio completo (2º Grau completo), 6-Superior incompleto (Universidade / Faculdade incompleto), 7-Superior completo (Universidade / Faculdade completo) e 8-Pós-Graduação;

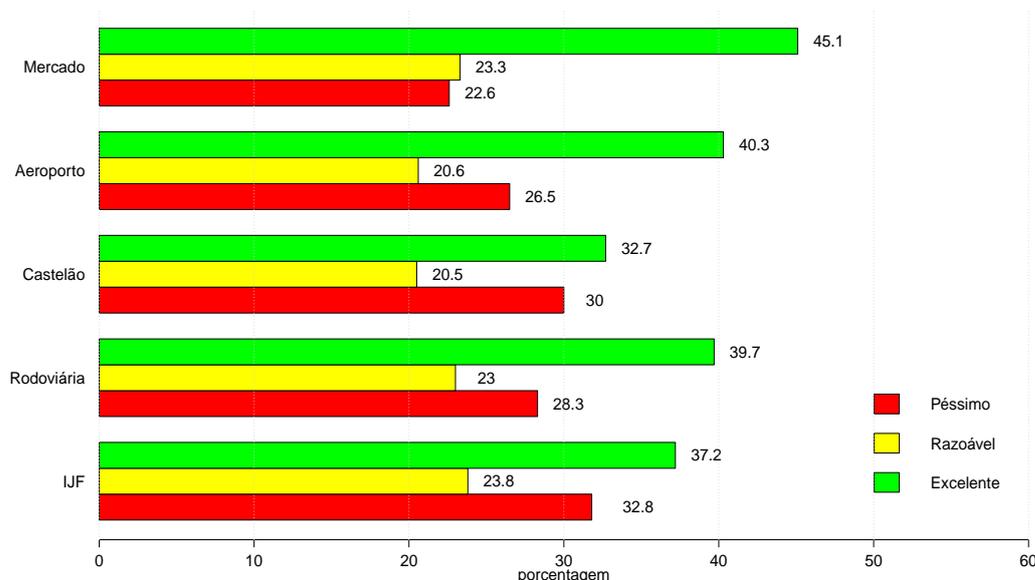
[TRANSPORTE] Qual o principal meio de transporte que o(a) Sr(a) costuma utilizar em seu dia-a-dia: 1-A pé, 2-Bicicleta, 3-Moto, 4-Carro (particular ou carona) e 5-Transporte Público;

[RENDA.IND] Contempla a faixa de renda do entrevistado em termos de salários mínimos com os seguintes resultados: 1-Não possui renda, 2-Até 1 salário mínimo (R\$ 545), 3-Mais de 1 até 2 salários mínimos (R\$ 545 a R\$ 1.090), 4-Mais de 2 até 3 salários mínimos (R\$ 1.090 a R\$ 1.635), 5-Mais de 3 até 5 salários mínimos (R\$ 1.635 a R\$ 2.725), 6-Mais de 5 até 10 salários mínimos (R\$ 2.725 a R\$ 5.450), 7-Mais de 10 até 15 salários mínimos (R\$ 5.450 a R\$ 8.175), 8-Mais de 15 até 20 salários mínimos (R\$ 8.175 a R\$ 10.900), 9-Mais de 20 salários mínimos (Maior que R\$ 10.900);

[DIST.DESTINO] Distância (em quilômetros) da residência do entrevistado ao local de destino: onde DESTINO é substituído por: IJF (Hospital IJF-Instituto José Frota),

RODOVIÁRIA (Rodoviária Central de Fortaleza), ESTADIO (Estádio Castelão), AE-ROPORTO (Aeroporto Internacional Pinto Martins), MERCADO (Mercado Central de Fortaleza).

Figura 2: Opinião dos entrevistados por destino



Fonte: Dados gerados pelo autor

No estudo, a componente transporte é representada pela distância entre a residência e o destino e a componente individual é representada pelas características socioeconômicas do indivíduo, não utilizaremos componentes de uso do solo e tempo. Vale salientar que não utilizou-se nenhum critério de seleção das variáveis, porém, analisou-se as principais variáveis socioeconômicas do entrevistado.

As análises estatísticas foram feitas utilizando o *software* estatístico R² e SPSS para manipulações da base de dados. Como no presente estudo utilizou-se a distância entre a residência e o destino, os dados coletados foram geocodificados, restando 3324 entrevistados (dos 4030) adequados para seguir no processo de modelagem dos dados.

Foram estimados cinco modelos, independentes, baseados nos destinos citados anteriormente. Em cada modelo houve perda de informação (*missing*), havendo variação da quantidade de dados analisados para cada modelo.

5 Um Modelo Econométrico de Acessibilidade Urbana

Por meio do modelo logit ordenado, estimamos os parâmetros para os cinco destinos³ considerado nesta análise. A estratégia econométrica por trás de um modelo de utilidade busca avaliar que fatores influenciam a escolha do entrevistado com relação ao seu acesso. Com esse intuito descreveremos a seguir os principais achados para este trabalho.

²R Development Core Team (2012). Tivemos auxílio do pacote VGAM, ver Yee (2010)

³Vale salientar que o trabalho completo contém as estimações dos destinos restantes. Para não ficar repetitivo consideraremos o destino Hospital de Emergência - Instituto José Frota

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis

Variável no modelo	[Amostra] n=3324
SEXO:	
0: Feminino	1843 (55.4%)
1: Masculino	1481 (44.6%)
EDUCACAO:	
Sem instrução	183 (5.51%)
1º Grau Incompleto	1096 (33.0%)
1º Grau Completo	380 (11.4%)
2º Grau Incompleto	417 (12.5%)
2º Grau Completo	947 (28.5%)
Superior Incompleto	140 (4.21%)
Superior Completo	123 (3.70%)
Pós-Graduação	38 (1.14%)
TRANSPORTE:	
1: A pé	658 (19.7%)
2: Bicicleta	293 (8.81%)
3: Moto	252 (7.59%)
4: Carro	494 (14.9%)
5: Transporte Público	1625 (48.9%)
<i>Missing</i>	2 (0.06%)
RENDA.IND:	
Não possui renda	922 (27.7%)
Até 1 salário mínimo (R\$ 545)	1432 (43.1%)
Mais de 1 até 2 salários mínimos	576 (17.3%)
Mais de 2 até 3 salários mínimos	192 (5.7%)
Mais de 3 até 5 salários mínimos	82 (2.4%)
Mais de 5 até 10 salários mínimos	54 (1.6%)
Mais de 10 até 15 salários mínimos	12 (0.36%)
Mais de 15 até 20 salários mínimos	6 (0.18%)
Mais de 20 salários mínimos	6 (0.18%)
<i>Missing</i>	42 (1.26%)
Var. Contínuas	Média(dp)
IDADE	39.4 (16.9)

Fonte: Dados gerados pelo autor

5.1 Destino: Hospital de Emergência - Instituto José Frota (IJF)

Considerando o destino Hospital de Emergência - Instituto José Frota (IJF), temos a seguinte equação:

$$U_i^* = \mu_j + \beta_1 \text{Sexo}_i + \beta_2 \text{Idade}_i + \beta_3 \text{Educação}_i + \beta_4 \text{Transporte}_i + \beta_5 \text{RendaInd}_i + \beta_6 \text{DistIJF}_i + \epsilon_i \quad (6)$$

Vale salientar que a variável independente transporte contém como categoria de re-

ferência a resposta "a pé" e as demais serão vistas como: Transporte:Bicicleta, Transporte:Moto, Transporte:Carro, Transporte:Trans.Público.

Tabela 2: Modelo logit de escolha ordenada estimado via regressão paralela (destino: IJF)

Parâmetro	Coefficiente	Erro padrão	z	Valor-P	Odds-Ratio	
threshold:1	1.190	0.174	6.837	< 0.001	-	***
threshold:2	0.096	0.173	0.557	0.578	-	
Sexo(masculino)	0.058	0.075	0.775	0.438	1.060	
Idade	0.013	0.002	5.583	< 0.001	1.013	***
Educação	0.016	0.024	0.659	0.510	1.015	
Transporte:Bicicleta	-0.144	0.142	-1.021	0.307	0.865	
Transporte:Moto	-0.237	0.150	-1.578	0.114	0.789	
Transporte:Carro	-0.288	0.126	-2.284	0.022	0.749	*
Transporte:Público	-0.199	0.093	-2.142	0.032	0.819	*
Renda Indiv.	-0.074	0.035	-2.122	0.034	0.928	*
Distância-IJF	-0.120	0.011	-11.427	< 0.001	0.886	***

*** indica significância de 0.1%; ** de 1%; * de 5%; · de 10%

N=3010

Log-likelihood: -3164.02

Fonte: Dados gerados pelo autor

Nota-se que pessoas mais velhas são mais favoráveis ao nível de acessibilidade positivos. Porém, a variável binária para carro e transporte público (a resposta "a pé" foi considerada como categoria de referência), nível de renda e a distância tendem a influenciar resultados menos favoráveis para o nível de acessibilidade. No entanto, podemos supor que o aumento do nível da renda dos indivíduos permitirá que os mesmos não frequentem o IJF, dado que eles possuem plano mais satisfatório, então, o uso fica restrito a pessoas com baixo nível de renda. Para o meio de transporte, observamos que o uso de bicicletas e uso de moto, com relação ao deslocamento a pé, não produziu diferença no nível de acesso, já o uso de carro e transporte público afetam o bem-estar do entrevistado negativamente. Com relação ao *Odds Ratios*, algumas vezes é conveniente falar sobre mudanças percentuais que é computada como $ORP_k = 100(OR_k - 1)$, daí, podemos notar que o acréscimo de dez anos de idade aumenta a chance em 14% de escolher alternativas superiores *versus* alternativas inferiores, mantendo as outras variáveis constantes.

Todavia, os valores dos parâmetros estimados não fornecem informações precisas dos efeitos ou elasticidades. Além disso, os valores dos coeficientes não podem ser interpretados como uma influência quantitativa sobre a probabilidade, uma vez que sua relação é não linear. Antes de calcularmos e discutirmos as elasticidades do modelo, procedemos à análise da especificação do mesmo, principalmente no que diz respeito à hipótese de "regressão paralela"

Logo, emprega-se o modelo logit ordenado generalizado permitindo que os β 's sejam flexíveis para cada categoria, menos para as variáveis sexo, transporte, renda e distância (seremos criteriosos nesta análise utilizando nível de significância de 1%). A seguir é apresentado o resultado da estimação para o modelo ordenado generalizado, nota-se que a variável idade e educação possuirão 2 (duas) estimativas, a primeira estimativa vem da regressão "Péssimo" *versus* as categorias superiores e a segunda estimativa uni-se as categorias "Péssimo" e "Razoável"

Tabela 3: Teste da hipótese de regressão paralela (destino: IJF)

	χ^2	gl	$p > \chi^2$
Global	29.070	9	<0.001
Sexo	4.000	1	0.046
Idade	9.800	1	0.002
Educação	13.860	1	<0.001
Transporte	9.530	4	0.049
Renda	1.760	1	0.184
Distância	1.120	1	0.289

Fonte: Dados gerados pelo autor

versus a resposta "Excelente".

Tabela 4: Modelo logit de escolha ordenada estimado via regressão generalizada (destino: IJF)

Parâmetro	Coefficiente	Erro padrão	z	Valor-P
threshold:1	1.167	0.189	6.190	< 0.001 ***
threshold:2	0.125	0.183	0.680	0.496
Sexo(masculino)	0.061	0.075	0.806	0.420
Idade:1	0.010	0.003	3.839	< 0.001 ***
Idade:2	0.015	0.003	5.959	< 0.001 ***
Educação:1	0.053	0.027	1.976	0.048 *
Educação:2	-0.015	0.026	-0.568	0.570
Transporte:Bicicleta	-0.137	0.142	-0.967	0.333
Transporte:Moto	-0.236	0.150	-1.571	0.116
Transporte:Carro	-0.288	0.126	-2.282	0.022 *
Transporte:Público	-0.198	0.093	-2.126	0.033 *
Renda Indiv.	-0.074	0.035	-2.127	0.033 *
Distância-IJF	-0.121	0.011	-11.488	< 0.001 ***

*** indica significância de 0.1%; ** de 1%; * de 5%; . de 10%

N=3010

Log-likelihood: -3154.48

Fonte: Dados gerados pelo autor

O modelo generalizado é mais difícil de interpretar que o modelo de regressão paralela anterior, porém fornece percepções que foram omitidas anteriormente. Basicamente, a metodologia por trás disso é a estimação de várias regressões logísticas binárias Williams (2006), i.e, a primeira regressão confronta a categoria 1 (péssimo) com as categorias 2 (razoável) e 3 (excelente), na segunda regressão confronta categorias 1 e 2 com a categoria 3. Assim, coeficientes positivos indicam que valores altos na variável independente possuem efeito maior e tornam mais provável que o entrevistado estará em uma categoria maior de U que a categoria atual, enquanto coeficientes negativos indicam que maiores valores na variável explanatória aumentam a chance de estar na categoria atual ou menor. A questão de interpretação a partir daqui será apenas uma questão de grau.

Na Tabela 4 detectamos, por exemplo, que pessoas mais velhas tendem a ser mais

favoráveis ao acesso para o IJF. Mas o maior efeito da idade foi na segunda regressão. Existe um coeficiente de inclinação maior na segunda regressão do que na primeira, ou seja, na segunda regressão a idade tem mais peso. Dessa forma é mais provável (ou existe uma chance maior) que idosos escolham a categoria excelente do que as demais. Com relação a educação, o efeito é observado somente na primeira regressão, assim, quanto maior o nível educacional maior será a chance do entrevistado optar pelas categorias Razoável ou Excelente. Já as variáveis como renda, tipo de transporte, sexo e distância não apresentam nenhuma mudança em relação aos resultados obtidos na tabela 2, mantendo-se sua interpretação.

Após verificar a significância estatística dos parâmetros, deve-se levar em conta que os coeficientes estimados não refletem os efeitos marginais das variáveis, dessa forma, estas análises devem ser feitas em separado. Com efeito, calculou-se o efeito parcial médio (*Average Partial Effect*) para facilitar a interpretação, juntamente com auxílio do *software* STATA na geração dos erros padrões fundamentais para a significância.

Tabela 5: Efeito Marginal Médio para o Modelo Generalizado (destino: IJF)

Parâmetro	Péssimo	Razoável	Excelente
Sexo	-0.0132	-0.0005	0.0137
Idade	-0.0022***	-0.0012**	0.0034***
Educação	-0.0115*	0.0148**	-0.0033
Transporte:Bicicleta	0.0297	0.0012	-0.0310
Transporte:Moto	0.0511	0.0021	-0.0532
Transporte:Carro	0.0624*	0.0026	-0.0651**
Transporte:Público	0.0429*	0.0018	-0.0447*
Renda Ind.	0.0161*	0.0006	-0.0167*
Distância	0.0262***	0.0011**	-0.0273***

Fonte: Dados gerados pelo autor

Em números, por exemplo na variável idade, existe aumento de 0.3% na probabilidade de escolher Excelente com aumento de um ano de idade, que reforça o resultado visto na tabela 4 na qual existe um efeito maior na segunda regressão do que na primeira.

Outro exemplo na variável educação, quanto maior o nível educacional dos entrevistados haverá um aumento em 1% a probabilidade de responder a opção Razoável. Contudo, como mencionamos anterioremos, quanto maior o nível educacional o indivíduo tende a estar nas opções Razoável e Excelente. Analisando a tabela 5, observamos que existe efeito negativo na probabilidade de escolha das categorias Excelente e Péssimo, que seria uma contradição à afirmação prestada. No entanto isso não acontece pois a primeira regressão da regressão generalizada engloba as categorias Razoável e Excelente como uma categoria agregada, assim, o indivíduo prefere escolher a categoria conjunta Razoável ou Excelente do que a Péssimo. Mas, considerando as três categorias de forma distinta o entrevistado tenderia somente a escolha da opção Razoável ao invés da Péssimo ou Excelente.

O efeito marginal da variável renda individual mostra a dependência da categoria na interpretação da variável. Note que, com o aumento da renda existe aumento na probabilidade da categoria péssimo em 1.6%, ou seja, tal resultado leva a geração da desutilidade em pessoas

com maiores níveis de renda ao IJF, preferindo hospitais particulares.

Com relação a distância o efeito é notável, quanto maior a distância do IJF as probabilidades de escolher as categorias péssimo aumentam, ao contrário das categorias ótimo que diminuem.

As variáveis categóricas de transportes todas, exceto uso de bicicleta e modo, com relação ao deslocamento a pé, têm a mesma interpretação. Existe aumento na probabilidade da escolha da categoria péssimo. Com relação ao sexo, homens possuem probabilidade de 1.3% maior de escolher a categoria excelente do que as mulheres.

6 Criando uma Superfície de Utilidade

Como segunda análise deste trabalho, entenderemos o processo de criação de uma superfície de utilidade. Esta análise será fundamental a fim de explorar os resultados do modelo ordenado descritos na seção anterior. Com efeito, utilizaremos o valor estimado \hat{U}^* obtido das equações estimadas 6. No entanto, para representarmos uma superfície de utilidade dispo-ndo apenas de um número finito de \hat{U}_i^* devemos utilizar algum processo que extrapole esses valores para uma superfície no \mathbb{R}^2 . Escolhemos utilizar a técnica de *krigagem*.

O processo de construção deve-se ao auxílio do *software* ArcGis. A amostra consiste em 4030 entrevistados, que responderam a um questionário. Tivemos alguns erros com o endereços destes entrevistados, sendo estes retirados da amostra. Dos 4030 entrevistados restaram 3324 pessoas com seus endereços corretamente geocodificadas, sendo esses nosso público alvo para fazer as estimações via modelos ordenados.

Utilizamos o modelo estimado, baseado na hipótese da regressão paralela, para estimar a utilidade com o objetivo de facilitar a interpretação. Através desta regressão encontramos por meio de $\hat{U}_i = \mathbf{x}_i \hat{\beta}$ a utilidade estimada. Com essa utilidade empírica e as coordenadas dos endereços dispomos de alguns valores sob a superfície que desejamos estimá-la. Com base nas informações preliminares e através de técnicas da geoestatística (*krigagem*) podemos estimar valores desconhecidos na superfície. Esta abordagem conhecida como Análise Espacial de Superfícies que, através de alguns valores representativos do fenômeno estudado no mapa, produz uma superfície que aproxima o fenômeno estudado de forma realista. Assim, é necessário modelar a variabilidade espacial que objetivam fazer extrapolações desses valores para regiões não mensuráveis, por meio do fenômeno de autocorrelação espacial em que observações próximas no espaço possuem valores similares. Esse processo é conhecido como Primeira Lei da Geografia, onde valores mais próximos são mais parecidos do que valores mais distantes. Com efeito através desta lei e a correlação espacial construímos a superfície via a metodologia de *Krigagem*, através do modelo Esférico no qual é o mais comum utilizado na literatura. Os principais achados com relação ao uso da geoestatística para a estimação de uma superfície de utilidade em torno da cidade de Fortaleza/CE será descrita a seguir.

O intuito desta análise é verificar onde são os maiores níveis de utilidade dos entrevistado com relação ao cinco destinos considerado nesta pesquisa, bem como constatar que o indivíduo possui bons acessos aos destinos estudados, mesmo esses situando a uma distância maior do que aqueles que residem em áreas mais próximas. Ou seja, o interessante desta análise é perceber que a distância é um fator importante, isto é evidente, mas indivíduos que residem em

áreas mais afastas, por possuir características mais favoráveis (características podem ser socio-econômicas) e algumas medidas que não são medidas nesse estudo (como estrutura das ruas e nível de trânsito) possuirão o mesmo nível, ou maior, de bem-estar daqueles que estão próximo do destino considerado, pois essas medidas são incorporadas pelos indivíduos quando estão diante de uma estrutura de escolha ordenada.

Com efeito, vemos claramente, através das figuras a seguir, que quanto mais próximo⁴ do local de destino maior é a utilidade da pessoa com relação ao processo de deslocamento de sua residência a esse ponto. Obviamente, a distância é um dos principais motivos para levarmos em consideração quando estamos falando de acesso. Nota-se que pessoas morando nas zonas de fronteira da cidade possuem os piores acessos. Não obstante, o intuito deste trabalho não é somente mostrar que a distância é importante, mas que outros fatores (características dos indivíduos) podem explicar o quanto que o indivíduo classifica esse deslocamento. Ou seja, indivíduos que moram mais afastados do destino, mas que possuem uso de carro próprio, possuem alto nível de renda e residindo em áreas mais privilegiadas, estes possuem o mesmo nível de utilidade daqueles que moram próximos, como nota-se nas figuras a seguir.

Para melhor entendimento, veja a figura 3, observe os três pontos "A", "B" e "C". Esses três pontos estão equidistantes, aproximadamente 6.3km, com relação ao hospital IJF. Mas, observamos que os três pontos estão em curvas de utilidade distintas. O ponto "A" está na curva superior a "B", e "B" está na curva superior a "C". Dessa maneira, observamos que alguns fatores não mensuráveis (por exemplo, fluxo de carros e condição das vias) e alguns mensuráveis (por exemplo, o uso de carro próprio) são incorporados pelo indivíduo para que ele classifique o nível de sua utilidade com relação ao processo de deslocamento ao IJF.

Considere agora a superfície do bem-estar do acesso ao Estádio Castelão na figura 4, os dois pontos "A" marcado no mapa que se encontram a uma distância de, aproximadamente, 6.5km do Estádio Castelão e o outro ponto "B" situado a uma distância de, aproximadamente, 2.5km do mesmo. Esses três pontos marcados no mapa, estão diferindo na distância, mas possuindo o mesmo nível de utilidade. Reforçando a tese de que indivíduos localizados em distâncias distintas podem possuir os mesmos níveis de acessibilidade.

⁴Quanto mais azul melhor será o nível de utilidade, quanto mais vermelho pior o nível de utilidade

Figura 3: Superfície interpolada da utilidade estimada para o IJF

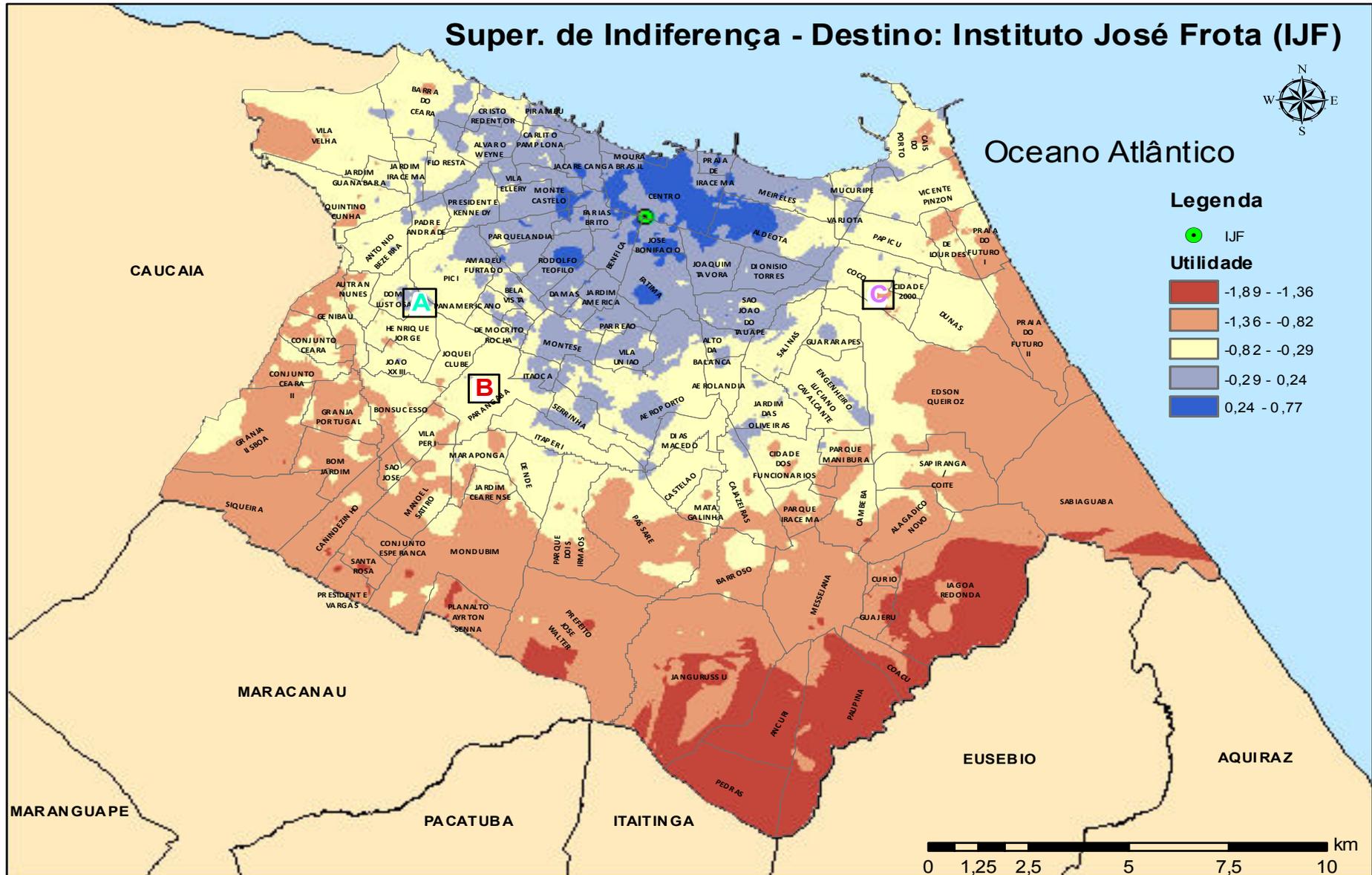
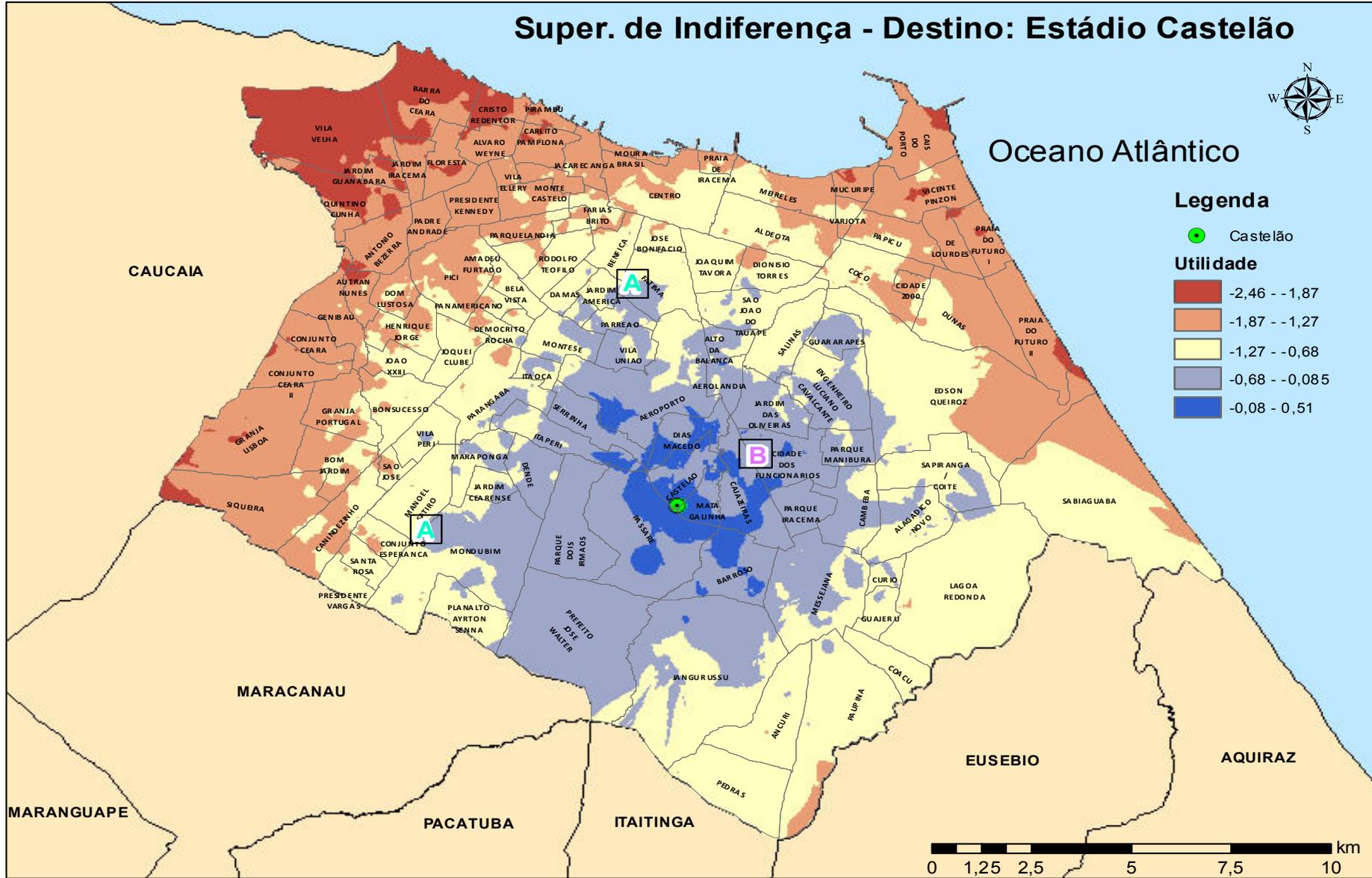


Figura 4: Superfície interpolada de utilidade estimada para o Castelão



7 Considerações Finais

O presente estudo analisou a opinião dos entrevistados com relação a acessibilidade na cidade de Fortaleza/CE observando aspectos microeconômicos que afetam o bem-estar do indivíduo ao se deparar com seu trajeto para alguns locais estratégicos. Buscamos oferecer contribuições acerca das características individuais e locais na probabilidade da pessoa ter um custo de acessibilidade por respostas ordenadas entre sua residência e o local de destino. Para este fim, utilizou-se como *proxy* de avaliação da acessibilidade a variável descrita no banco de dados da pesquisa realizada com apoio da FUNCAP junto ao centro CAEN/UFC no desenvolvimento do projeto intitulado: "Montagem de uma Base de Dados Longitudinal de Vitimização do Ceará: Aspectos Socioeconômicos e Espaciais" em 2012.

É de ser considerado a falta de pesquisas nacionais e internacionais para avaliar a acessibilidade no aspecto micro nas perspectivas de modelos de utilidade. Como já mencionado e ressaltado nos trabalhos de Ben-Akiva and Lerman (1978) e Koenig (1980) a maioria dos estudos sobre acessibilidade é voltada aos aspectos de infraestrutura e da distribuição espacial dos serviços ou aspectos de transporte público, não levando em consideração o comportamento do indivíduo. O uso de modelos que buscam medir como indivíduos se comportam diante de um conjunto de escolhas é fundamental nesses estudos. Nesse sentido a classe de modelos de escolha discreta é fundamental.

Buscamos entender como os indivíduos analisam, através de modelos de utilidades propostos por Ben-Akiva and Lerman (1978), o trajeto ao sair de suas casas até a chegada à porta do serviço. Com efeito, buscamos entender como o indivíduo analisa o processo de deslocamento, ou seja, ao sair de sua residência o indivíduo: desloca-se muito até a parada de ônibus, ao subir no ônibus o entrevistado usufruirá do sistema de transporte com relação a conforto e a lotação, o sistema de trânsito nesse trajeto é relativamente bom ou existe congestionamento, e, para aqueles que usam transporte próprio, será que o trajeto por onde o indivíduo passa é confortável com relação a estrada. Então todas essas características estão sendo contabilizadas quando o entrevistado responde a esta pergunta: "Gostaria agora que o(a) Sr(a) pensasse sobre o que acontece quando é preciso ir a locais para resolver problemas ou aproveitar o tempo. Considerando que acessibilidade envolve tudo aquilo que é importante para ir e voltar (tempo de percurso, custo de transporte, conforto da jornada, horário de funcionamento, condições das ruas, estradas, entre outros), como o(a) Sr(a) classificaria o acesso aos seguintes locais". Para este fim, analisou-se cinco destinos estratégicos de Fortaleza/CE: Hospital IJF-Instituto José Frota, Rodoviária Central de Fortaleza, Estádio Castelão, Aeroporto Internacional Pinto Martins e Mercado Central de Fortaleza.

Os resultados encontrados nesse estudo mostram que a distância é um fator crucial no nível de acessibilidade dos entrevistados. Para ver melhor esse resultado, utilizamos a metodologia da análise de interpolação via *krigagem* encontrada na geoestatística. Para encontrar esse resultado utilizamos o valor preditivo da estimação da utilidade que cada indivíduo possui. Dada a informação georeferenciada das residências do entrevistado e dos destinos, podemos criar uma superfície dessa utilidade em Fortaleza. Com efeito, podemos ver que os maiores níveis de utilidade são para aqueles pontos que estão próximos ao destino, enquanto que áreas mais afastadas do destino analisado tendem a ter menores níveis de utilidade. Mas, podemos

encontrar outros resultados importantes através desta análise. Podemos ver que em algumas regiões de Fortaleza existem locais mais afastados do destino que possuem um nível de utilidade igual aqueles mais próximos. Tal resultado pode ser explicado pela análise do trajeto e pelas características dos entrevistados, pois esses indivíduos possuem acesso mais simples (seja pelo uso de transporte próprio ou pela ótima via que trafegam), trânsito sem congestionamentos ou pela ótima localização onde mora.

Por exemplo, em relação ao acesso ao Castelão, vemos que os bairros vizinhos ao estádio estão em melhores condições de acesso, porém, vemos que bairros mais distantes (por exemplo, Guararapes, aproximadamente 7 km do destino) tem a mesma curva de utilidade daqueles que estão a aproximadamente 3 km.

Para pesquisas futuras pretendemos utilizar modelos bayesianos espaciais. Utilizando como evidência empírica essa base de dados juntamente com esta metodologia complexa, tentaremos comparar/melhorar o entendimento da acessibilidade. Outra possível extensão é através dos modelos *space-time* propostos por Miller (1991). A fim de analisar a acessibilidade em perspectivas tradicionais e modelos amplamente utilizados na literatura tentaremos entender melhor o processo de modelos gravitacionais propostos por Hansen (1959).

Referências

- AGRESTI, A. 2002 **Categorical Data Analysis**, vol. 359. John Wiley & Sons.
- BEN-AKIVA, M.; BIERLAIRE, M. Discrete choice methods and their applications to short-term travel decisions. *In: Handbook of Transportation Science*, Kluwer, 1999. Operations Research and Management Science, p. 5-34. Disponível em: <<http://infoscience.epfl.ch/record/88153/files/handbook-final.pdf>>. Acesso em: 30 Dez. 2012.
- BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. 1978 **Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility**. Behavioural Travel Modelling.
- BURTON, M.; RIGBY, D.; YOUNG, T.; JAMES, S. Consumer attitudes to genetically modified organisms in food in the UK. **Eur Rev Agric Econ**, v. 28 (4), p. 479-498 doi:10.1093/erae/28.4.479. 2001.
- CARVALHO, J. R. A. Montagem de uma Base de Dados Longitudinal de Vitimização do Ceará: Aspectos Sócio-Econômicos e Espaciais. 2012. .
- FERREIRA, D. I. R.; MARTINS, N. Indicadores de Acessibilidade. Contributos para a Síntese de Conhecimento. 2011. Disponível em: <http://www.dpp.pt/Lists/Pesquisa%20Avanada/Attachments/3219/Indicadores_Acessibilidade.pdf>. Acesso em: 12 Nov. 2012.
- GEURS, K. T.; VAN ECK, J. R. 2001 **Accessibility measures: review and applications Evaluation of accessibility impacts of land-use transport scenarios, and related social and economic impacts**. Urban Research Centre, Utrecht University.
- GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, p. 127-140. 2004.
- GUAGLIARDO, M. F. Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. **International Journal of Health Geographics**, v. 3 2004.
- HANSEN, W. How accessibility shapes land use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 2, p. 73-76. 1959.
- HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza**. 2004. Dissertação, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes - Universidade Federal do Ceará, 2004.
- JUNIOR, A. A. B. Custo de acessibilidade entre residência e trabalho: um enfoque das características individuais, familiares e locais. 2010. Texto para discussão Nº 407.
- KOENIG, J. G. Indicators of Urban Accessibility: Theory and Application. **Transportation** 9, v. , p. 145-172. 1980.
- LUO, W.; WANG, F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 30, p. 865-884. 2003.

- MILLER, H. J. Modelling Accessibility Using Space-time Prism Concepts within Geographical Informations Systems. **International Journal of Geographical Systems**, v. 5 (3), p. 287-301. 1991.
- NIEMEIER, D. A. Aecessibility: an evaluation using consumer welfare. **Transportation**, v. 24, p. 377-396. 1977.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2012 **R: A Language and Environment for Statistical Computing**R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0.
- ROSETO-BIXBY, L. Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: a GIS-based study. **Social Science & Medicine**, v. 58, p. 1271-1284. 2004.
- TALLEN, E.; ANSELIN, L. Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. **Environment and Planning A**, v. 30, p. 585-613. 1998.
- VIEIRA, R. S.; HADDAD, E. A. Índice de Acessibilidade para São Paulo. 2012. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro/2012/inscricao/files_l/i9-3a9177bde138e0856209565459aa85a7.pdf>. Acesso em: 06 Jan. 2013.
- WILLIAMS, R. Generalized ordered logit/partial proportional odds models for ordinal dependent variables. **The Stata Journal**, v. 6, p. 58-82. 2006.
- YEE, T. W. The VGAM Package for Categorical Data Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 32-10, Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v32/i10/paper>>. Acesso em 30 Jan. 2010.

O processo de urbanização, crescimento das cidades e estruturação urbana ocorrido nas últimas décadas nas grandes cidades brasileiras vem colocando a questão da acessibilidade como fator relevante na qualidade de vida da população. Neste contexto, analisar rigorosamente o nível de acessibilidade e o bem-estar dos indivíduos a partir do momento que deixam suas residências até o ponto de execução de atividades ou satisfação de consumo torna-se uma questão de grande importância científica ainda pouco explorada de maneira rigorosa. Nesta dissertação buscamos analisar e modelar acessibilidade considerando uma perspectiva teórica baseada na metodologia da maximização da utilidade e na estimação de modelos econométricos. Para tanto, este estudo está dividindo em dois eixos de pesquisa: o primeiro, analisa a acessibilidade com o uso de modelos ordenados generalizados através de uma base inédita de micro dados geo-referenciados coletada na cidade de Fortaleza, Brasil. Os resultados mostram que variáveis como renda, posse de automóveis, distância, entre outras, são importantes para explicar a acessibilidade dos indivíduos. O segundo eixo de análise propõe e desenvolve, de maneira pioneira, uma superfície de utilidade espacial através de técnicas de *krigagem*. Os resultados mostram que a distância entre o domicílio e o ponto de destino possui uma relação bastante heterogênea com a acessibilidade, revelando um padrão espacial influenciado pela desigualdade econômica da cidade. Esse resultado coloca em dúvida suposições simplistas tradicionais que assumem uma relação linear ou polinomial entre distância e acessibilidade.