

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

BEATRIZ SANTANA MARQUES DE OLIVEIRA

**BRASÍLIA – RESTRIÇÃO À CONSTRUÇÃO E BEM-ESTAR**

Brasília/DF

2016

BEATRIZ SANTANA MARQUES DE OLIVEIRA

**BRASÍLIA – RESTRIÇÃO À CONSTRUÇÃO E BEM-ESTAR**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à  
Universidade de Brasília, como exigência à obtenção  
do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Marcelo de Oliveira Torres

Brasília/DF

2016

BEATRIZ SANTANA MARQUES DE OLIVEIRA

**BRASÍLIA – RESTRIÇÃO À CONSTRUÇÃO E BEM-ESTAR**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à  
Universidade de Brasília, como exigência à obtenção  
do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Marcelo de Oliveira Torres

Aprovado em: 08/12/2016

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Marcelo de Oliveira Torres

Orientador

---

Prof. Denise Imbroisi

Avaliador

## AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que esse momento chegasse.

Aos meus pais e irmã, que sempre seguraram minha mão nos momentos difíceis e me deram o empurrão necessário quando faltou coragem.

Ao professor Ricardo de Araújo Lima, que me ensinou as primeiras noções de Economia Urbana e fez a minha mente inquieta para as possibilidades desse campo.

Ao meu orientador, professor Marcelo de Oliveira Torres, por toda a paciência e ajuda ao me guiar no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus familiares, que estiveram presentes nos mais diversos momentos dessa trajetória.

Às minhas amigas Ana Luísa e Clarissa pelos mais de 13 anos de terapia e diversão.

Aos meus amigos de graduação, que dividiram noites de trabalho na Econsult e de estudos para provas, mas também os momentos de desestressar.

*“The strength that comes from human collaboration is the central truth behind civilization’s success and the primary reason why cities exist. [...] Above all, we must free ourselves from our tendency to see cities as their buildings, and remember that the real city is made of flesh, not concrete.” (Edward L. Glaeser)*

## RESUMO

Brasília é uma cidade brasileira atípica. Com inspiração modernista, a cidade teve seu centro completamente planejado, incluindo uma restrição da altura dos prédios para que se mantivesse a visibilidade do céu do cerrado. Análises teóricas mostram que esse tipo de restrição leva a cidade a se expandir espacialmente como consequência das menores densidades próximas ao centro. Desse modo, tal restrição à construção acarreta impactos para a população, gerando custos ao bem-estar. Esse trabalho visa analisar essas perdas, para tal usando o modelo de razão piso-área (FAR), que estabelece que tais custos podem ser mensurados pelo aumento dos gastos com deslocamento casa-trabalho de um morador que vive no limite da cidade.

Palavras-chave: Brasília; Restrição à construção; Razão piso-área; Bem-estar.

## ABSTRACT

Brasilia is an atypical Brazilian city. With modernist inspiration, the city had its center completely planned, including a building-height restriction that guarantees the sky remains visible. The theoretical analysis shows that this type of restriction causes a city to expand spatially, a consequence of lower densities near the center. Therefore, the restriction implies in impacts to the population, generating welfare costs. This paper focuses on analyzing these costs, based on the floor area ratio (FAR) model, which establishes that the welfare costs generated by the building-height restriction can be measured by the increase in commuting cost for the habitant living at the edge of the city.

Keywords: Brasilia; Building-height restriction; Floor area ratio; Welfare.

## LISTA DE FIGURAS

Mapa 1.1 – Distrito Federal: Regiões Administrativas.....	15
Mapa 1.2 – Distrito Federal: Mapa Ambiental.....	18
Figura 2.1 – Equilíbrio do consumo de habitação em uma dada localização.....	21
Figura 2.2 – O preço de habitação varia espacialmente para alcançar o equilíbrio locacional.....	22
Figura 2.3 – Um maior nível de utilidade decresce o <i>bid rent</i> para habitação.....	23
Figura 2.4 – Uma família de curvas <i>bid-rent</i> para habitação.....	23
Figura 2.5 – Equilíbrio do mercado de habitação.....	25
Figura 2.6 – Densidade estrutural diminui com a distância do CBD.....	26
Figura 2.7 – Paridade das <i>bid rents</i> no limite.....	28
Mapa 4.1 – Distrito Federal: Concentração de Empregos.....	35
Gráfico 4.1 – Distribuição espacial da população do Distrito Federal (2000).....	36
Gráfico 4.2 – Estrutura espacial da densidade populacional do Distrito Federal (2000).....	36
Mapa 4.2 – Distrito Federal: Principais Localidades.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Parâmetros.....	39
Tabela 4.2 – Resultados para cidade irrestrita.....	40
Tabela 4.3 – Resultados para cidade restrita.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

DF	Distrito Federal
Codeplan	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
Novacap	Companhia Urbanizadora da Nova Capital
RA	Região Administrativa
UC	Unidade de Conservação
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
CBD	<i>central business district</i>
FAR	<i>floor area ratio</i>
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	11
<b>Capítulo 1 Distrito Federal e Brasília</b> .....	13
1.1 – Ocupação Territorial .....	13
1.2 – Transferência da Capital .....	13
1.3 – Brasília e o Plano Piloto.....	16
1.4 – Unidades de Conservação .....	17
<b>Capítulo 2 O Modelo de Cidade Monocêntrica</b> .....	20
<b>Capítulo 3 O Modelo FAR</b> .....	30
3.1 – Cidades sem restrição FAR.....	30
3.2 – Cidades com restrição FAR .....	31
3.3 – O custo de bem-estar da restrição FAR .....	32
3.4 – Cálculo do impacto da FAR ao bem-estar .....	34
<b>Capítulo 4 Análise para Brasília</b> .....	35
4.1 – Cálculo dos parâmetros para Brasília .....	37
4.2 – Simulações para Brasília.....	39
<b>Considerações Finais</b> .....	43
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	44
Apêndice A – Sistema de Equações do Modelo FAR .....	46

## Introdução

A capital federal do Brasil, Brasília, é uma cidade idiossincrática. Considerada por alguns como a epítome do fracasso do modernismo, para outros é apenas um exemplo de cidade sobre regulamentada incapaz de lidar com a rápida urbanização e o crescimento populacional (DOWALL; MOKKONEN, 2007). A cidade, projetada no formato de um avião por Lucio Costa e Oscar Niemeyer, foi inaugurada em 1960 e, logo em seguida, teve aprovada legislação para preservar o *layout* original, o Plano Piloto. Em dezembro de 1987, teve seu plano diretor registrado como Patrimônio Mundial da UNESCO.

Apesar da significância arquitetônica do plano diretor da cidade, as rígidas restrições no desenvolvimento urbano – limitando o crescimento do mercado imobiliário próximo ao centro – geram efeitos perversos na distribuição espacial dos habitantes da área metropolitana e nos padrões de desenvolvimento urbano (DOWALL; MOKKONEN, 2007). Em 1991, 90% dos proprietários de casa própria que auferiam menos que o salário mínimo viviam fora de Brasília, em uma das tantas “cidades-satélite”, enquanto que 57% dos proprietários que tinham rendimentos maiores do que 10 salários mínimos residiam dentro do Plano Piloto. De acordo com Serra *et al.* (2005), como apenas um quarto dos residentes da área metropolitana vivem dentro do Plano Piloto e 70% dos trabalhos formais estão localizados nessa região, habitantes de baixa e média renda são obrigados a viver entre 12 e 76 quilômetros distantes de seus lugares de trabalho e sofrem um dos mais altos custos de transporte em todo o Brasil.

Para Dowall e Mokkonen (2007), Brasília não é um caso típico de urbanização. A cidade apresenta uma estrutura metropolitana completamente distinta da de outras regiões comparáveis no Brasil e tem um mercado imobiliário de padrões diferentes. Os autores argumentam que a origem excepcional da região e as políticas restritivas de desenvolvimento urbano levaram à forma *sprawling* atual e concluem que esta forma é prejudicial à qualidade de vida dos residentes, já que gera altos preços de imóveis e elevados custos de transporte.

O presente trabalho tem por objetivo investigar o montante da perda de qualidade de vida do habitante de Brasília provocado pelas restrições do plano diretor. Para tanto, vale-se do conceito de restrição FAR de Bertaud e Brueckner (2005) que é utilizado na análise de impactos e custos de bem-estar de restrições de altura de edifícios, como é o caso do Plano Piloto. Em seu modelo, os autores mostram que a variação de bem-estar *per capita* resultante

pode ser simplesmente medida pelo aumento dos custos de deslocamento de um indivíduo morando no limite da cidade que, devido à restrição, se encontra mais distante do centro. Dessa forma, este trabalho se propõe responder: Tal gasto com deslocamento casa-trabalho poderia ser evitado caso não houvesse o limite de altura? Qual a perda de bem-estar efetivamente causada por essa restrição?

O primeiro capítulo descreve o desenvolvimento urbano da região e detalha as peculiaridades do plano diretor de Brasília. No capítulo seguinte, se faz uma explanação do modelo de cidade monocêntrica, conceito do âmbito da Economia Urbana necessário para compreender a dinâmica de disposição espacial da cidade. O terceiro capítulo apresenta o modelo FAR e a metodologia utilizada nesse trabalho, que dá origem aos resultados analisados no capítulo quarto. O trabalho é concluído com a apresentação de algumas considerações finais.

## **Capítulo 1**

### **Distrito Federal e Brasília**

O Distrito Federal localiza-se na Região Centro-Oeste do Brasil. Ocupando uma área de 5.789,16 km<sup>2</sup> no Planalto Central, centro-leste do Estado de Goiás, o território equivale a 0,06% da superfície do país (CODEPLAN, 2013). No centro deste território está localizada a terceira e atual capital federal, Brasília.

#### **1.1 – Ocupação Territorial**

O adensamento do Planalto Central se deu por diversos processos. Afora a presença indígena, que remonta há 8 ou 10 mil anos, nas proximidades do DF, e da numerosa mão de obra escrava a partir da colonização, contribuíram para o processo de ocupação territorial o ciclo da mineração no século XVI, a abertura das rotas terrestres e a conquista das vias fluviais também a partir do século XVI, via Bacia do Prata e do Amazonas. Para alguns historiadores, o ciclo do ouro antecipou em mais de um século o povoamento de Goiás, deixando marcas profundas na construção do estado por meio das Entradas e Bandeiras, que devassaram o sertão em busca de metais preciosos e índios para o aprisionamento, tendo como resultado a fundação de vilas e arraiais, mas também a dizimação de tribos indígenas (CODEPLAN, 2013).

Até o início do século XX, o Centro-Oeste brasileiro ficou por quatro séculos à margem do processo de ocupação territorial e do desenvolvimento econômico. "Enquanto a população brasileira cresceu cerca de 11 vezes desde 1900 [...], um dos ritmos mais acelerados do planeta, a do Centro-Oeste cresceu nada menos que 44 vezes em idêntico período, saltando de 372 mil para 16,5 milhões e quadruplicando sua participação no total nacional, de 2,1% para 8,7%" (CODEPLAN, 2013).

#### **1.2 – Transferência da Capital**

Quanto à transferência da capital para o centro do país, há historiadores que admitem que a primeira ideia foi sugerida pelo Marquês de Pombal, em 1761. Também se diz que, nessa época, os inconfidentes mineiros já pretendiam interiorizar a Capital. A questão foi novamente abordada em 1821 por José Bonifácio, que redigiu instruções do Governo Provisório de São Paulo, recomendando que lhe parecia útil que se levantasse uma cidade central no interior do país. Tal proposta, porém, foi rejeitada pelos deputados (CODEPLAN, 2013).

Uma vez mais, em 1823, Bonifácio defendeu a ideia, apresentando a primeira Constituinte do Império um estudo detalhado, intitulado "Memória sobre a Necessidade e Meios de Edificar no Interior do Brasil uma Nova Capital para Assento da Corte da Assembleia Legislativa e dos Tribunais Superiores que a Constituição determina". Neste mesmo documento, já sugeria o nome de Brasília para a futura capital (CODEPLAN, 2013).

A transferência da Capital para o interior tornou-se então preceito legal com a aprovação de Emenda publicada na Constituição de 1891, conforme Artigo 3º "Fica pertencendo à União, no Planalto Central da República, uma área de 14.400 km<sup>2</sup> que será oportunamente demarcada para nela estabelecer-se a futura Capital Federal". Em 1893, a Comissão Exploradora do Planalto Central do Brasil, a Comissão Cruls, fez a primeira demarcação da área do futuro Distrito Federal, com 14.400 km<sup>2</sup> (CODEPLAN, 2013)

A Constituição de 1934 reafirmava que: "Será transferida a Capital da União para um ponto central do Brasil", mas a interiorização efetiva da Capital Federal foi um processo decorrente das normas sobre a mudança incluída na Constituição de 1946 que, em seu artigo 4º das Disposições Constitucionais Transitórias, dizia que "A Capital da União será transferida para o planalto central do País". No governo Dutra (1946-1951), constituiu-se a Comissão Polli Coelho, encarregada de realizar estudos e reconhecer as vantagens oferecidas pelo local escolhido pela Missão Cruls (CODEPLAN, 2013).

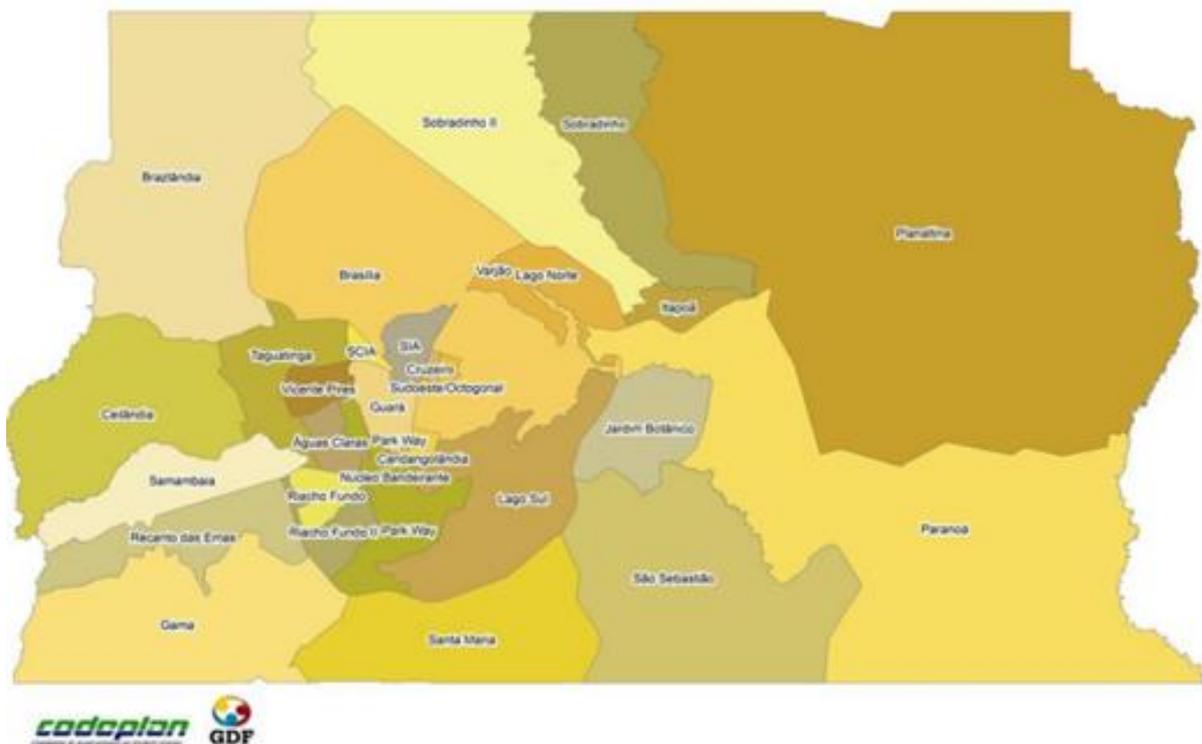
Definida a mudança da Capital, em 1953, foram contratados os serviços da firma Donald Belcher para o estudo da topografia, geografia, solos para engenharia, suprimento de água e drenagem, para posterior escolha do local onde seria construída Brasília. A área analisada abrangeu um retângulo de 50.000 km<sup>2</sup>, no qual foram selecionados cinco sítios prováveis para a implantação do DF. A escolha recaiu sobre o Sítio Castanho, por apresentar as melhores condições. Estava demarcada, em 1955, a área atual do DF (CODEPLAN, 2013).

Para a construção, foi criada em 1956, por proposta do presidente Juscelino Kubitschek, a Companhia Urbanizadora da Nova Capital (Novacap), tendo como presidente o engenheiro Israel Pinheiro. O diretor técnico da companhia era o arquiteto Oscar Niemeyer, que também foi o organizador do concurso para a criação do projeto urbanístico do núcleo da cidade, o Plano Piloto. A Novacap foi regulamentada em lei de 19 de setembro de 1956, onde também se definiu o nome da cidade como Brasília. Em março de 1957, um júri internacional selecionou o projeto do urbanista Lucio Costa, o "Relatório do Plano Piloto de Brasília".

Em outubro de 1957, o presidente Juscelino Kubitschek sancionou a Lei que marcava, para o dia 21 de abril de 1960, a transferência da Capital da União para o novo Distrito Federal (PDAD, 2013). Durante os 41 meses de construção que antecederam a mudança, foram levantados os principais edifícios públicos, 3500 unidades habitacionais, hotéis, hospitais, escolas, estrutura básica de outros prédios, além do Eixo Rodoviário e a implantação dos serviços de água, esgoto, energia elétrica e telefonia. No mesmo período, foi construída a barragem da cachoeira do Paranoá e formado o lago artificial da cidade (CODEPLAN, 2013).

Iniciou-se, no período da construção, a criação de núcleos habitacionais para abrigar os trabalhadores que chegavam, como a Cidade Livre (posteriormente, Núcleo Bandeirante), a Vila Paranoá, Taguatinga, Gama e Sobradinho. Planaltina e Brazlândia já existiam como municípios do Estado de Goiás (CODEPLAN, 2013).

**Mapa 1.1 – Distrito Federal: Regiões Administrativas<sup>1</sup>**



Fonte: CODEPLAN (2013).

Conforme o artigo 32 da Constituição Federal de 1988, é vedada ao Distrito Federal a divisão em municípios. Desse modo, para efeitos estatísticos, todo o território é considerado como uma só cidade, Brasília (IBGE). Entretanto, para facilitar a administração do Plano

<sup>1</sup> Delimitação não oficial feita pela Codeplan para fins de estudo.

Piloto e das cidades-satélites – previstas como núcleos periféricos no Plano Urbanístico de Brasília –, o território é dividido em Regiões Administrativas (RAs). Em 2013, eram contabilizadas 31 RAs, como mostra o Mapa 1.1, cada uma com o administrador próprio, indicado pelo Governador do DF (PDAD, 2013).

### 1.3 – Brasília e o Plano Piloto

Como descrito pelo Museu Virtual de Brasília, entre os princípios básicos do projeto de Lucio Costa estão a setorização urbana por atividades determinadas e uma técnica rodoviária que elimina cruzamentos. A cidade gira em torno de dois grandes troncos de circulação, o Eixo Monumental, que vai de Leste a Oeste com 9,75 km de extensão, e o Eixo Rodoviário, que vai de Norte a Sul com 14,3 km e é cortado transversalmente pelas vias locais.

Excetuando-se a área central – região que abriga os prédios da Esplanada dos Ministérios, os setores Bancários, Hoteleiros e de Diversões –, com edifícios mais altos e mais aglomerados, o Plano Piloto se distingue por uma paisagem horizontalizada, com predominância de espaços livres e grande amplitude visual. O projeto é composto por quatro escalas: a residencial, a monumental, a gregária e a bucólica.

A escala residencial, construída ao longo do Eixo Rodoviário, traduz um conceito inovador de moradia, sendo formada pelas chamadas superquadras. Uma superquadra brasiliense ocupa uma área delimitada de 280 x 280 metros: um grande quadrado, rodeado por frondosas árvores que formam um cinturão verde. No interior, estão abrigados os **edifícios de no máximo seis pavimentos**, construídos sobre pilotis (colunas de sustentação). Esta solução arquitetônica proporciona uma área no térreo dos prédios: livre, vazada e de uso comum.

As superquadras possuem apenas uma entrada para os automóveis, de modo que o trânsito fica do lado de fora e em seu interior os carros andam em baixa velocidade, possibilitando mais liberdade para as crianças e idosos. Não havendo grades ou guaritas, o acesso é totalmente livre. Parquinhos infantis, quadra de esporte e escola primária ficam entre os prédios residenciais. Articulados às superquadras estão os comércios locais, lugares de pequenas compras: padaria, mercadinho, barbeiro, farmácia, restaurantes etc.

O conjunto formado por quatro superquadras, com seus respectivos comércios locais, constitui uma Unidade de Vizinhança, estas destinadas a espaços institucionais, entre eles: escola, clube, igreja e locais de convivência e de encontro dos moradores. Não existem ruas

ou avenidas, a identificação das superquadras é feita por letras e números. Além dos edifícios, há espaço para casas geminadas, mais afastado do eixo central, na parte Oeste, as quadras identificadas por 700.

Já escala monumental abriga, no eixo do mesmo nome, os centros de decisões políticas e administrativas do país e do Distrito Federal. Por sua vez, a escala gregária, construída em torno da Plataforma Rodoviária, no coração da cidade, inclui comércio, agências bancárias, consultórios, escritórios, hotéis e centros de diversões. A escala bucólica permeia e integra as outras três escalas, com extensas faixas gramadas, canteiros ornamentais, parques, áreas arborizadas e de lazer. Brasília é conhecida no mundo como uma cidade-parque, onde o verde e os amplos espaços livres estão integrados de forma harmoniosa ao dia a dia urbano, emoldurando e integrando todas as áreas do Plano Piloto.

A RA I, Brasília/Plano Piloto, só foi inaugurada em 1964 e teve zoneamento definido a partir dos dois eixos perpendiculares do sistema viário. É composta por: Asa Norte; Asa Sul; Estação Rodoviária; Setores de Oficina, Armazenagem e Abastecimento, Indústrias Gráfica, Embaixadas Norte e Sul, Militar Urbano, Clubes, entre outros; Parque Sarah Kubitschek (Parque da Cidade); Área de Camping; Eixo Monumental; Esplanada dos Ministérios e as Vilas Planalto, Telebrasilândia e Welsian Roriz (CODEPLAN, 2014).

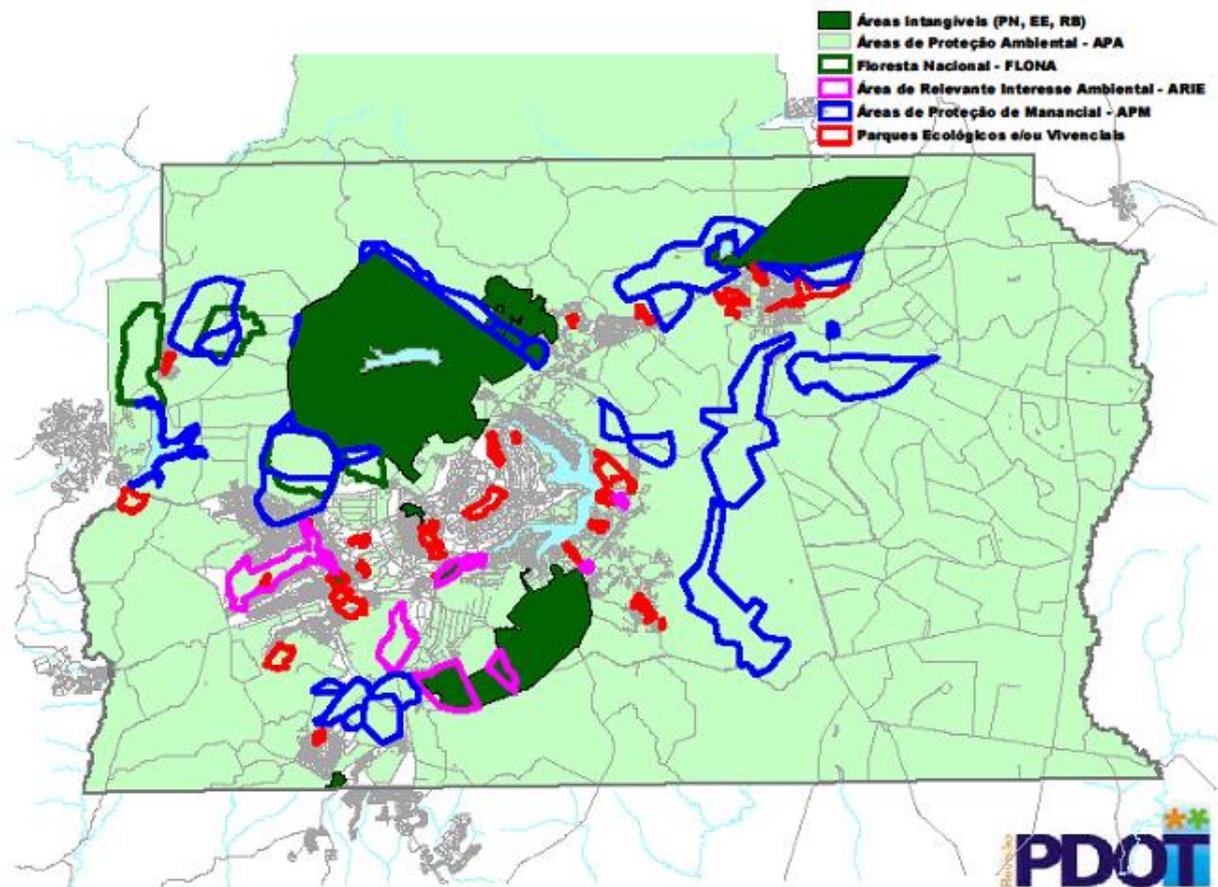
#### 1.4 – Unidades de Conservação

Além das áreas verdes especificadas no plano de construção da cidade, Brasília está cercada por Unidades de Conservação (UC), como pode ser visualizado no Mapa 1.2. UC é a denominação brasileira para as áreas protegidas pelo poder público com a finalidade de resguardar espaços representativos dos recursos naturais do País. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído por lei federal de 2000 (IBRAM, 2014).

O DF tem cem por cento de seu território na área nuclear da região do Cerrado, uma das regiões de maior biodiversidade do planeta, podendo ser comparada à amazônica. Devido a esta excepcional riqueza biológica, o Cerrado, ao lado da Mata Atlântica, é considerado um dos *hotspots* mundiais, isto é, um dos biomas mais ricos e ameaçados do Planeta. Nesse sentido, a criação de UCs coloca-se como ponto fundamental para a preservação desse importante Bioma (IBRAM, 2014).

Apesar das restrições edáficas e hídricas, poucas regiões do mundo tiveram um crescimento econômico como o ocorrido no Centro-Oeste brasileiro. Nos últimos 20 anos, o DF vem passando por um inchaço populacional que promove a ocupação desenfreada do território e perda progressiva dos remanescentes naturais de Cerrado. O processo de ocupação do DF provocou uma intensa pressão sobre as fitofisionomias do cerrado, restando atualmente fragmentos reduzidos e isolados, em geral localizados dentro das unidades de conservação. Isso afeta a biodiversidade, os mananciais de água e conseqüentemente a qualidade de vida da população (IBRAM, 2014).

Mapa 1.2 – Distrito Federal: Mapa Ambiental



Fonte: SEDUH/GDF (2015).

O DF é a unidade da Federação com maior percentual de território protegido. Mais de 90% do território está sob regulamento de alguma UC, em especial de Áreas de Proteção Ambiental (APAs). A APA é uma das categorias do Grupo de Unidades de Uso Sustentável, tem certo grau de ocupação humana e é dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações

humanas. Tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (IBRAM, 2014).

Invasões e ocupações irregulares, falta de regularização fundiária, falta de consolidação territorial e a conversão de áreas rurais em urbanas se apresentam como algumas das principais ameaças às UCs do DF (IBRAM, 2014).

## Capítulo 2

### O Modelo de Cidade Monocêntrica

A estimação dos custos ao bem-estar gerados pela restrição de altura no centro de Brasília feita neste trabalho utiliza-se do modelo FAR, o qual se baseia no modelo de Cidade Monocêntrica, um modelo particular de estrutura espacial urbana no qual a Economia Urbana baseia grande parte de sua análise. Este modelo foi elaborado por Alonso (1964), Mills (1967) e Muth (1974) e aqui utilizando as considerações de Brueckner (1987), como apresentado por Arnott e McMillen em “*A Companion to Urban Economics*” (2008). O modelo descreve a alocação de recursos em uma cidade que foi desenhada para explicar a variação no panorama econômico que ocorre dentro da mesma, em especial à medida que se aproxima do centro financeiro.

O modelo supõe uma cidade circular, localizada em uma planície sem traços específicos. Todos os postos de trabalho se encontram num único centro financeiro (*central business district* – CBD), no coração da cidade. A cidade é habitada por  $N$  indivíduos idênticos. Cada indivíduo faz uma viagem ida-volta por dia para o CBD, onde trabalha um número fixo de horas e recebe um salário diário  $y$ . Quanto maior a distância radial entre o centro da cidade e onde o indivíduo reside, maior o custo do deslocamento diário. Especificamente, para um indivíduo que vive a distância radial  $x$ , o custo diário de deslocamento é assumido ser  $tx$ , onde  $t > 0$  é uma constante de custo de deslocamento por unidade de distância.

Um indivíduo tem função utilidade  $v(q, c)$  onde  $q$  é o consumo de serviços de moradia e  $c$  representa o consumo de outros bens, sendo que ambos têm efeito positivo na utilidade. Na realidade, os serviços derivados de residência são multidimensionais, como, por exemplo, metragem e espaço de quintal. No modelo, esses vários atributos são simplesmente referidos como consumo de moradia e representados pela variável escalar  $q$ , o consumo de habitação.

Um indivíduo que vive a distância radial  $x$  paga um aluguel por unidade  $p(x)$ , chamado de preço da habitação. Quanto à *commodity* composta  $c$ , pode tanto ser produzida no CBD quanto ser importada e seu preço é suposto ser espacialmente invariável e unitário.

O objetivo do indivíduo é maximizar sua utilidade e, dessa forma, este está sujeito à restrição orçamentária:

$$p(x)q + c = y - tx \quad (2.1)$$

O problema possui dois pontos principais. O primeiro é a escolha da localização  $x$ , o outro é a escolha do consumo de habitação  $q$  e do consumo de outros bens  $c$  na localização escolhida. A Figura 2.1 mostra esse equilíbrio para um indivíduo cuja localização escolhida é  $x_0$ . O intercepto  $c$  da reta orçamentária é dado por  $y - tx_0$ , a renda líquida, após descontado o custo do deslocamento casa-trabalho diário. A inclinação da reta orçamentária é dada simplesmente por  $-p(x_0)$ , enquanto que  $p(x_0)$  se refere ao seu valor absoluto. O equilíbrio ocorre em  $e_0$ , um ponto em que as curvas de indiferença de um indivíduo – assumidas serem estritamente convexas – são tangentes a reta orçamentária. Nesse ponto, o consumo de habitação de equilíbrio se dá por  $q_0$ .

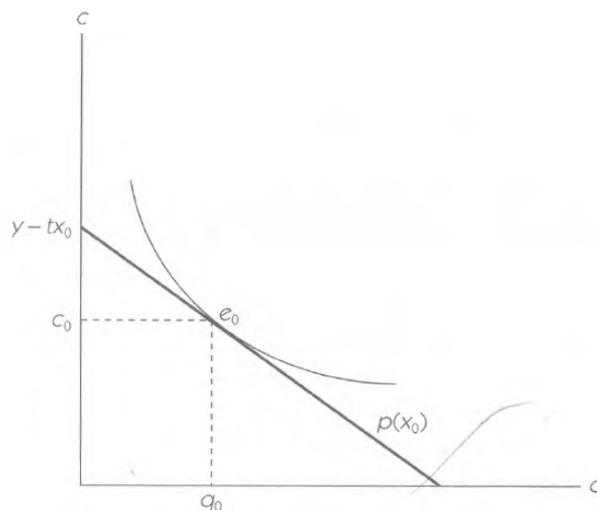


Figura 2.1 – Equilíbrio do consumo de habitação em uma dada localização.

Sob a hipótese que os indivíduos são idênticos e que também escolhem a localização, tem-se que todas as localizações residenciais devem apresentar o mesmo nível de utilidade. Isso se dá simplesmente para que nenhum indivíduo possa replicar as decisões de localização e consumo de ninguém mais. Para satisfazer a condição de igualdade de utilidades, existe o mecanismo de variação espacial dos preços de habitação, ou seja, para compensar a redução da renda líquida associada ao crescimento de  $x$  – que leva a maiores custos de deslocamento –, o preço de habitação deve decrescer com  $x$ .

Isto é mostrado na Figura 2.2, onde a curva de indiferença apresentada é assumida corresponder ao nível de utilidade comum no equilíbrio.  $x_1$  e  $x_0$  representam quaisquer duas localizações de forma que  $x_1 > x_0$ .  $p(x_0)$  e  $p(x_1)$  são tais que o nível de utilidade de equilíbrio apenas é alcançado com retas orçamentárias cujos respectivos interceptos  $c$  sejam  $y - tx_0$  e  $y - tx_1$ . A renda líquida é mais baixa em  $x_1$  do que em  $x_0$ , significando que a reta orçamentária deve ser mais horizontal. Dessa forma,  $p(x_1) < p(x_0)$ .

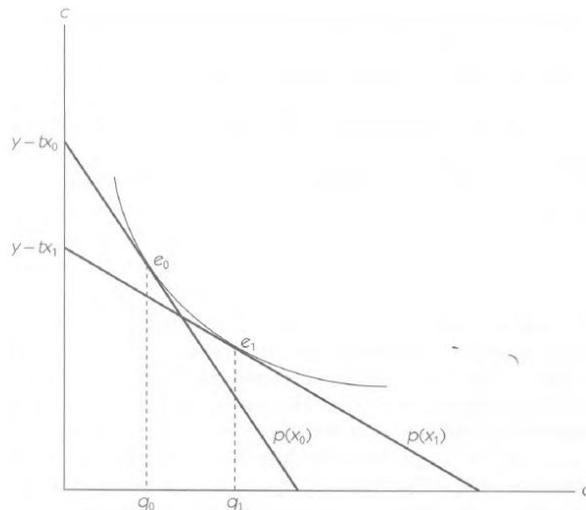


Figura 2.2 – O preço de habitação varia espacialmente para alcançar o equilíbrio locacional.

Propriedade 1: Os preços de aluguel decrescem com a distância do CBD.

A Figura 2.2 também pode ser utilizada para comparar o consumo de habitação de indivíduos em diferentes localizações. Como a reta orçamentária é menos inclinada em  $x_1$  do que em  $x_0$ , a curva de indiferença de equilíbrio é mais horizontal em  $e_1$  do que em  $e_0$ . Com curvas de indiferença estritamente convexas, isso significa que a posição de  $e_1$  relativa à  $e_0$  na curva de indiferença de equilíbrio fica a sudeste, isto é, que  $q_1 > q_0$ .

Propriedade 2: Indivíduos que vivem mais distante do CBD tem maiores níveis de consumo de habitação.

Na Figura 2.2,  $p(x_0)$  é o maior valor que um indivíduo que mora em  $x_0$  pode pagar por moradia enquanto ainda atingindo o nível de utilidade associado à curva de indiferença apresentada. Se o preço de habitação em  $x_0$  fosse algo maior, a reta orçamentária nesse ponto seria mais acentuada e a curva de indiferença em questão seria inatingível.  $p(x_0)$  é então referido como um *bid rent* para habitação. A discussão apresentada anteriormente sobre os preços de equilíbrio de habitação deixa claro que, para um dado nível de utilidade, o *bid rent*

para habitação é uma função decrescente de  $x$ . O *bid rent* para habitação também é afetado por uma mudança no nível de utilidade. Isso pode ser visto na Figura 2.3, que compara o *bid rent* para habitação de dois níveis de utilidade diferentes em uma mesma localização. O fato que esta localização é mantida fixa é refletido nas duas retas orçamentárias terem o mesmo intercepto  $c$ . A curva de indiferença maior pode apenas ser atingida com uma reta orçamentária mais horizontal, ou seja, o *bid rent* para habitação deve ser menor.

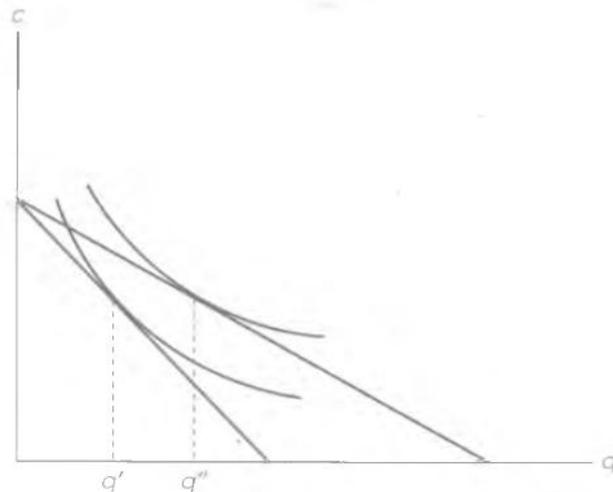


Figura 2.3 – Um maior nível de utilidade decresce o *bid rent* para habitação.

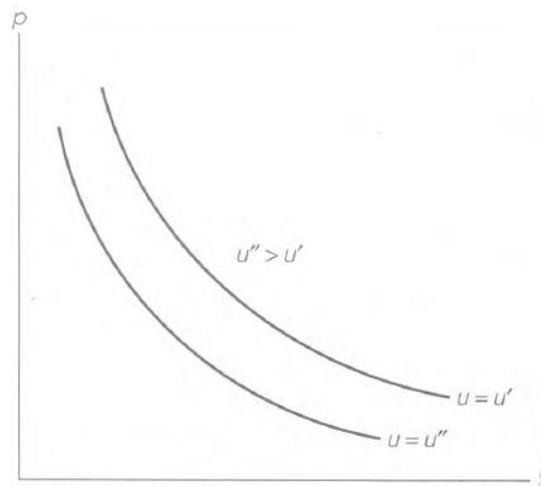


Figura 2.4 – Uma família de curvas *bid-rent* para habitação.

Denotando o *bid rent* para habitação por  $\bar{p}$  e o nível de utilidade por  $u$ , escreve-se  $\bar{p} = \bar{p}(x, u)$ , onde  $\bar{p}$  é uma função decrescente tanto de  $x$  quanto de  $u$ . O gráfico de  $\bar{p}$  versus  $x$  para um dado valor de  $u$  é chamado de curva *bid-rent* para habitação. A Figura 2.4 mostra dois membros de uma família de curvas *bid-rent*. Como  $\bar{p}$  é função decrescente de  $u$ , a utilidade é maior ao longo das regiões mais baixas das curvas. Uma das curvas *bid-rent*

corresponde ao nível de utilidade de equilíbrio. Essa curva *bid-rent* é o gráfico dos preços de habitação de equilíbrio.

A quantidade de habitação demandada por um indivíduo que enfrenta *bid rent* é denotada por  $\bar{q}(x, u)$ .  $\bar{q}$  é uma função crescente de  $x$  que, com  $u$  fixada no nível de equilíbrio, é a função de equilíbrio  $q(x)$ . Sob a hipótese adicional de que habitação é um bem normal – a demanda de habitação de um indivíduo é positivamente relacionada com a renda –,  $\bar{q}$  também é uma função crescente de  $u$ . Na Figura 2.3, a diferença entre  $q''$  e  $q'$  é parcialmente devido ao efeito renda. A hipótese de normalidade assegura que  $q'' > q'$ .

Quanto ao comportamento dos produtores de habitação, supõe-se serem idênticos e maximizam o lucro, tendo preços como dados. Um produtor individual pode produzir habitação em qualquer ou todo  $x$ . Sua produção em uma localização,  $H(x)$ , é dada pela função de produção  $H(x) = H(L(x), K(x))$  que possui retornos constantes de escala.  $K(x)$  é a utilização de capital em  $x$  e  $L(x)$  é a utilização de terra em  $x$ . O preço do aluguel da terra em  $x$  é  $r(x)$ , endógeno, enquanto que o capital tem um preço de aluguel espacialmente invariável  $i$ , exogenamente determinado em um mercado nacional de capital. Em uma localização particular  $x$ , o produtor de habitação gera um lucro  $p(x)H(L(x), K(x)) - r(x)L(x) - iK(x)$ . O problema do produtor é então maximizar este lucro em função de  $L(x)$  e  $K(x)$  para todo  $x$ .

Para visualizar o que este problema acarreta, é necessário recorrer a alguns resultados clássicos sobre retornos constantes de escala e aplicá-los aos produtores de habitação. Primeiramente, uma firma, com retornos constantes de escala e que é tomadora de preços em mercados de fatores, tem um custo médio de longo prazo que é independente de sua produção. Isso significa que um produtor individual tem uma curva de custo médio de longo prazo que é horizontal em uma localização, representada por  $AC$  na Figura 2.5. Segundo, sob a hipótese adicional de que firmas agem como tomadores de preço no mercado de produtos, a curva de oferta de longo prazo de uma firma individual e, portanto, do mercado como um todo, se torna perfeitamente elástica em um preço igual ao nível constante do custo médio de longo prazo. Na Figura 2.5,  $AC$  é então a curva de oferta do mercado de longo prazo para habitação em  $x$ , significando que para o equilíbrio do mercado de habitação em uma localização, o preço de habitação e o custo médio de habitação devem ser iguais, de forma que:

$$p(x) = AC(r(x), i) \quad (2.2)$$

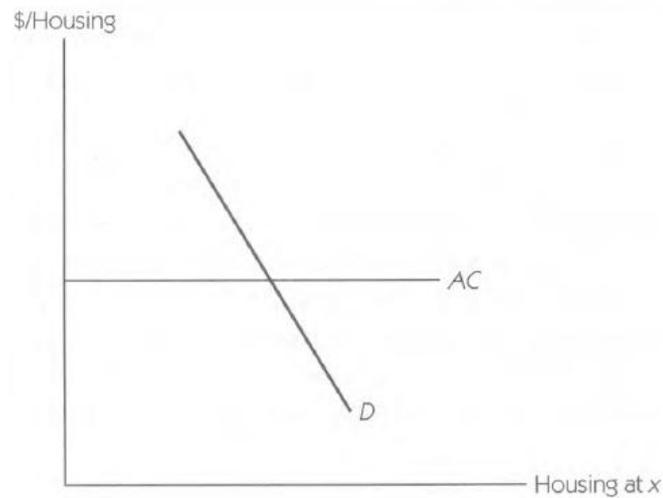


Figura 2.5 – Equilíbrio do mercado de habitação.

Como pode ser observado na Figura 2.5, um aumento em  $r(x)$  ou em  $i$  levam a um deslocamento de  $AC$  para cima. Como  $x$  aumenta,  $p(x)$  diminui (Propriedade 1). Conjuntamente com a equação (2.2), isso implica que o mesmo deve ser verdade para o custo médio da produção de habitação. Como o preço do aluguel do capital é espacialmente invariável, isso pode suceder apenas se  $r(x)$  for uma função decrescente de  $x$ .

Propriedade 3: O preço do aluguel da terra decresce a medida que se distancia do CBD.

Em áreas urbanas reais, a forma que a habitação toma muitas vezes varia dramaticamente com a distância do centro da cidade. Nas localizações mais próximas, a forma dominante de habitação pode ser altos prédios de apartamentos ou condomínios. Em áreas menos centrais, podem predominar edifícios de três a cinco andares. Nos subúrbios, isso pode dar lugar a residências particulares, com uma tendência geral de que os tamanhos dos lotes se tornem progressivamente maiores quanto mais para a periferia. Pode-se dizer que à medida que a distância do centro aumenta, em geral, tem-se a diminuição da razão capital-terra na produção de habitação.

O resultado pode ser visto na Figura 2.6, onde está esboçada a isoquanta que mostra as combinações de capital e trabalho para as quais um produtor individual pode produzir exatamente uma unidade de habitação. Isoquantas são assumidas estritamente convexas.

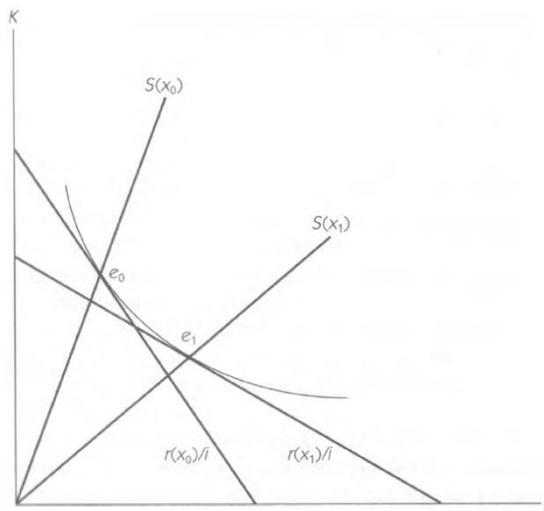


Figura 2.6 – Densidade estrutural diminui com a distância do CBD.

Considera-se uma localização particular  $x_0$  e um produtor de habitação que escolhe operar na isoquanta acima. Para maximizar o lucro, a firma deve empregar uma combinação de insumos que minimize os custos. Isto é o ponto  $e_0$ , no qual uma linha isocusto que reflete os preços de fatores em  $x_0$  é tangente à isoquanta. Os preços de fatores são refletidos na inclinação da linha isocusto, que é  $-\frac{r(x_0)}{i}$ .

Agora considerando a razão capital-terra em  $e_0$ , comumente referida como densidade estrutural e dada pela inclinação de um raio da origem através de  $e_0$ , todas as firmas que produzem habitação em  $x_0$  têm a mesma densidade estrutural independentemente da quantidade que produzem, outra implicação de retornos constantes de escala. Isto vem do fato que, para um dado raio a partir da origem na Figura 2.6, as isoquantas de uma função de produção com retornos constantes de escala são identicamente inclinadas em todos os pontos do raio. Assim, se localização e, portanto, preços de fatores são mantidos fixos, todos os pontos de tangência entre isoquantas e linhas isocusto envolvem a mesma densidade estrutural. Dessa forma, a densidade estrutural em  $x$  é denotada por  $S(x)$ .

Agora se considera uma segunda localização,  $x_1 > x_0$ . Da Propriedade 3,  $r(x_1) < r(x_0)$ , significando que as linhas isocusto são mais planas em  $x_1$ . Em conjunto com as isoquantas estritamente convexas, isso significa que o ponto minimizador de custos na isoquanta, o ponto  $e_1$ , está localizado em um raio menos inclinado em relação à origem do que  $e_0$ . Tem-se, portanto,  $S(x_1) < S(x_0)$ .

Propriedade 4: Densidade estrutural diminui com a distância do CBD.

Considerando um *bid rent* para terra, isto é, o preço máximo ao qual um produtor pode comprar terra em uma localização particular  $x$ , caso o preço a que este vende habitação nesse ponto seja o *bid rent* para habitação  $\bar{p}(x, u)$ , enquanto satisfazendo a condição de lucro zero (2.2). Denotando o *bid rent* para terra como  $\tilde{r}(x, u)$ , tem-se

$$\bar{p}(x, u) = AC(\tilde{r}(x, u), i) \quad (2.3)$$

A equação (2.3) junto ao fato que um acréscimo em tanto  $x$  quanto  $u$  leva a diminuição de  $\bar{p}$ , implica que um acréscimo em tanto  $x$  quanto  $u$  leva a diminuição de  $\tilde{r}$ . O gráfico de  $\tilde{r}$  versus  $x$  para um dado valor de  $u$  é chamado de curva *bid-rent* para terra. Um membro da família de curvas *bid-rent* para terra corresponde ao nível de utilidade de equilíbrio. Esta curva *bid-rent* é o gráfico de equilíbrio dos preços da terra.

A densidade estrutural escolhida por um produtor que se defronta com o *bid-rent* para terra é denotado por  $\bar{S}(x, u)$ .  $\bar{S}$  é uma função decrescente de  $x$ , a qual, com  $u$  fixado no nível de equilíbrio, é a função de equilíbrio  $S(x)$ , sendo que um aumento em  $u$  também diminui  $\bar{S}$ .

Outra característica das cidades desse modelo explica a tendência para a densidade residencial líquida – população por unidade de terra utilizada para propósitos de habitação – de declinar com o aumento da distância do CBD. Denotando a densidade residencial líquida em  $x$  como  $D(x)$ , a maneira mais simples de visualizar é escrever  $D(x) = h(x)/q(x)$ , onde  $h(x)$  é a oferta de habitação por unidade de terra alocada para a produção em  $x$ . Um crescimento em  $x$  aumenta  $q(x)$  (Propriedade 2) e então é suficiente para mostrar que  $h(x)$  diminui. Isso nada mais é do que o fato que, na Figura 2.6, a oferta de habitação é a mesma em  $e_1$  e  $e_0$ , mas é produzida com uma maior absorção de terra, dado os rendimentos constantes de escala, já que são suficientes para considerar que o movimento ocorre dentro da mesma isoquanta.

Propriedade 5: A densidade residencial líquida diminui com a distância do CBD.

Supondo que todos os agentes econômicos conheçam seus *bid rents* – para habitação, no caso dos indivíduos, e para terra, no caso dos produtores – e considerando a resultante densidade residencial líquida,  $\bar{D}(x, u)$ , tem-se que  $\bar{D}$  é uma função decrescente de  $x$ , o qual, dado  $u$  no nível de equilíbrio, é o equilíbrio da função  $D(x)$ . Um aumento em  $u$  também diminui  $\bar{D}$ .

Se houver uma forma de determinar  $u$ , é possível com as funções  $\bar{p}(x, u)$ ,  $\bar{q}(x, u)$ ,  $\bar{r}(x, u)$ ,  $\bar{S}(x, u)$  e  $\bar{D}(x, u)$  determinar o equilíbrio de preços de habitação e terra em todas as localizações da cidade, assim como outros perfis de equilíbrio locacional. Também é possível determinar o tamanho de equilíbrio da cidade, como ilustrado na Figura 2.7, na qual  $\bar{x}$  é o raio da cidade e  $r_a$  é o *bid-rent* espacialmente invariável para terra agrícola. Para a esquerda de  $\bar{x}$  no diagrama, o *bid-rent* para terra para agricultura é menor do que para a produção de habitação, de forma que toda a terra ofertada é assegurada pelos produtores de habitação. Para a direita de  $\bar{x}$ , é o *bid-rent* da agricultura que é maior, de modo que apenas a agricultura obtém terra. Como nenhuma habitação é produzida fora de  $\bar{x}$ , este é o raio de equilíbrio da cidade.

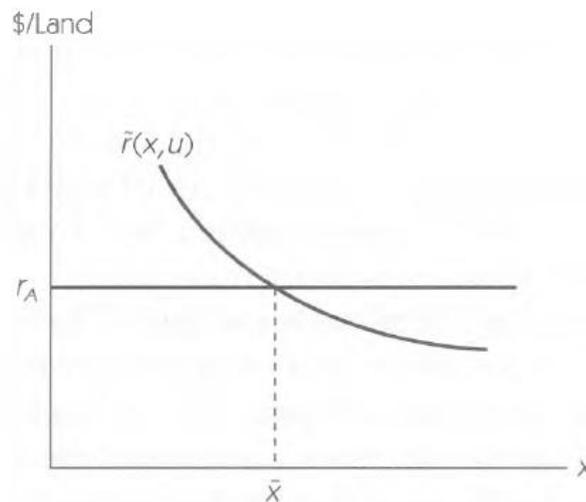


Figura 2.7 – Paridade dos *bid rents* no limite.

Como mostrado na Figura 2.7,  $\bar{x}$  é onde as curvas *bid rents* para terra em seus usos alternativos em habitação e agricultura se interseccionam, o que pode ser expressado por

$$\bar{r}(\bar{x}, u) = r_a, \quad (2.4)$$

que determina  $\bar{x}$  em termos de  $u$ .

A cidade ser considerada “aberta” ou “fechada” depende da origem de  $u$ . No caso de uma cidade aberta, o valor de  $u$  é exógeno, é o nível de utilidade que prevalece em outro lugar na economia e que é atingido na cidade através de imigração. A população da cidade,  $N$ , é então endógena e determinada da seguinte forma: assumindo que, para cada distância radial  $x$ , uma fração  $\theta/2\pi$  da terra em  $x$  é disponível para usos endógenos de habitação e agricultura, então o número de indivíduos que podem residir em um anel de largura infinitesimal  $dx$  à

distância radial  $x$  é  $\bar{D}(x, u)\theta x dx$ . O equilíbrio populacional da cidade é o número de indivíduos que podem morar dentro de  $\bar{x}$ ,

$$N = \int_0^{\bar{x}} \bar{D}(x, u)\theta x dx \quad (2.5)$$

No caso de uma cidade fechada, o tamanho da população é exógeno e o nível de utilidade de equilíbrio é endógeno. A equação (2.5) deve se manter, mas com um  $N$  dado.

Pode-se então determinar  $x$  e  $u$  através das equações (2.4) e (2.5) e, uma vez que se obtenha essa solução, todos os perfis de equilíbrio locacional podem ser determinados.

### Capítulo 3

#### O Modelo FAR

O modelo de “razão piso-área” (do inglês *floor area ratio* – FAR) de Bertaud e Brueckner (2005) analisa os impactos e os custos de bem-estar causados por restrições à altura de edifícios. O trabalho dos autores conclui que, ao limitar a densidade populacional no centro da cidade, as restrições FAR levam ao espalhamento da área urbana.

Esse espalhamento afeta os consumidores tanto ao aumentar as distâncias médias de deslocamento casa-trabalho quanto ao elevar os preços de imóveis. Entretanto, a análise dos autores mostra que a perda de bem-estar *per capita* resultante pode ser simplesmente medida pelo aumento dos custos de deslocamento de um indivíduo morando no limite da cidade, que com a restrição se encontra mais distante do centro.

Baseando-se no modelo monocêntrico, os autores chegam a essas conclusões partindo de condições de equilíbrio para uma cidade aberta com e sem FAR. Assumindo que  $\bar{x}$  seja a distância entre o CBD e o limite da cidade e  $N$  o número de habitante da cidade, as condições determinam que (i) o preço da terra urbana em  $\bar{x}$  seja igual ao preço da terra agrícola  $r_a$  e (ii) que a população  $N$  da cidade caiba toda dentro de  $\bar{x}$ .

#### 3.1 – Cidades sem restrição FAR

Em uma cidade sem restrições FAR, as duas condições podem ser formalmente representadas pelas seguintes equações:

$$r(\bar{x}_0, u_0) = r_a \quad (3.1)$$

$$\int_0^{\bar{x}_0} \theta x \frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)} dx = N \quad (3.2)$$

Onde  $\bar{x}_0$  é o limite da cidade irrestrita e  $u_0$  é o nível de utilidade alcançado nesta cidade, o bem-estar auferido.  $\theta \leq 2\pi$  é o número de radianos de terra disponível para habitação.  $h(S(x, u_0))$  é a forma intensiva da função de produção em função da razão capital-terra  $S$ , também referida como densidade estrutural, e dá o espaço de habitação por unidade de terra, enquanto que  $q(x, u_0)$  é a demanda por habitação em metros quadrados. Portanto,  $\frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)}$  é equivalente ao espaço de habitação por unidade de terra dividido por espaço por habitação, o que dá a densidade populacional se cada habitação contiver uma pessoa.

Bertaud e Brueckner (2005) têm como hipótese que os proprietários de terra vivem fora da cidade em questão e são estes que recebem a renda auferida pelo aluguel da terra, isto é, o preço do aluguel da terra é definido exogenamente ao modelo. Deste modo, o aluguel da terra, tanto urbana quanto agrícola, não faz parte explicitamente das equações do modelo.

### 3.2 – Cidades com restrição FAR

Em uma cidade com restrição FAR o governo impõe um limite superior da metragem quadrada de habitação que pode ser produzida por unidade de terra, escrito como  $h(S) \leq \hat{h}$ , onde  $\hat{h}$  é o limite da FAR. Como  $S$  diminui à medida que  $x$  aumenta em uma cidade irrestrita – ou seja, os preços diminuem para compensar a distância –, a oferta de habitação por unidade de terra,  $h(S)$ , também diminui com  $x$ . Isso significa que uma restrição FAR será *binding* no centro da cidade, onde  $h(S)$  seria normalmente alto, e *nonbinding* longe do centro.

Dessa forma, para a cidade restrita, tem-se:

$$r(\bar{x}_1, u_1) = r_a \quad (3.3)$$

$$h(S(\hat{x}, u_1)) = \hat{h} \quad (3.4)$$

$$\int_0^{\hat{x}} \theta x \frac{\hat{h}}{q(x, u_1)} dx + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}_1} \theta x \frac{h(S(x, u_1))}{q(x, u_1)} dx = N \quad (3.5)$$

Análogo à cidade irrestrita,  $\bar{x}_1$  é o limite da cidade restrita e  $u_1$  é o nível de utilidade obtido. O lado direito da equação (3.4) dá o valor da FAR que seria escolhido livremente pelos desenvolvedores em  $x = \hat{x}$ , o qual é baseado na densidade estrutural escolhida  $S(\hat{x}, u_1)$ . Portanto, a equação diz que a FAR livremente escolhida em  $\hat{x}$  é igual ao valor restrito  $\hat{h}$ , indicando que é nesse ponto que a restrição FAR se torna restritiva.

Para interpretar a equação (3.5), note que a segunda integral tem a mesma forma que (3.2), porém o limite inferior é  $\hat{x}$  ao invés de zero, e que a primeira integral considera o fato que  $h$  deve ser igual a  $\hat{h}$  dentro de  $\hat{x}$ . Ao forçar  $h$  a permanecer constante ao invés de crescente à medida que  $x$  decresce, a restrição FAR tende a reduzir a densidade populacional na área central da cidade.

Como o preço do aluguel da terra segue a função  $r(x, u_1)$  para fora de  $\hat{x}$ , a equação (3.3) é a condição limite apropriada envolvendo  $r_a$ . Entretanto, essa função de aluguel da terra não é relevante dentro de  $\hat{x}$  já que  $S$  não é livremente escolhida nesta região. Em vez disso, utilizando a condição de lucro zero,  $r$  é dado por  $p(x, u_1)\hat{h} - \hat{S}$  dentro de  $\hat{x}$ , onde  $\hat{S}$  é a

densidade estrutural correspondente a  $\hat{h}$ , satisfazendo  $h(\hat{S}) = \hat{h}$ . No entanto, essa fórmula alternativa de terra-aluguel não entra nas condições de equilíbrio (3.3)-(3.5).

Das equações (3.3)-(3.5) tem-se o valor de utilidade  $u_1$ , o limite da cidade  $\bar{x}_1$  e o  $\hat{x}$  delimitando a região onde há restrição. Através da comparação desses valores com os da cidade irrestrita, focando nas diferenças entre  $u$  e  $\bar{x}$ , pode-se mostrar que a restrição FAR impacta os residentes urbanos e leva ao espalhamento da cidade.

Bertaud e Brueckner (2005) concluem que **a cidade restrita ocupa mais espaço e possui um bem-estar do consumidor mais baixo do que a cidade irrestrita, com  $\bar{x}_1 > \bar{x}_0$  e  $u_1 < u_0$** . Esta preposição pode ser estabelecida ao se confrontar os casos contrários. Lembrando que (3.1) e (3.3) dizem que  $r(\bar{x}_0, u_0)$  e  $r(\bar{x}_1, u_1)$  devem ser iguais a  $r_a$  e dado que  $\frac{\partial r}{\partial x}, \frac{\partial r}{\partial u} < 0$  – o preço do aluguel diminui tanto com o aumento da distância quanto com o da utilidade. Se  $\bar{x}_1 > \bar{x}_0$  e  $u_1 \geq u_0$ , o preço irá diminuir ao se passar para uma cidade restrita, desfazendo a igualdade entre  $r(\bar{x}_0, u_0)$  e  $r(\bar{x}_1, u_1)$ . Um raciocínio análogo se aplica para  $\bar{x}_1 \leq \bar{x}_0$  e  $u_1 < u_0$ .

Por último, avalia-se o caso em que  $\bar{x}_1 \leq \bar{x}_0$  e  $u_1 \geq u_0$ .  $u_1 \geq u_0$  junto com  $\frac{\partial S}{\partial u} < 0$  e  $\frac{\partial q}{\partial u} > 0$  implica que  $\frac{h(S(x, u_1))}{q(x, u_1)} \leq \frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)}$  para  $x$  entre  $\hat{x}$  e  $\bar{x}_1$ , ou seja,  $u_1 \geq u_0$  implica que a densidade populacional entre  $\hat{x}$  e  $\bar{x}_1$  na cidade restrita é menor ou igual à densidade na mesma região da cidade irrestrita. Além disso, a densidade é estritamente menor na cidade restrita do que na irrestrita dentro de  $\hat{x}$ , já que  $u_1 \geq u_0$  também implica que  $\hat{h} = \frac{h(S(\hat{x}, u_1))}{q(\hat{x}, u_1)} \leq \frac{h(S(\hat{x}, u_0))}{q(\hat{x}, u_0)}$  é válida. Como  $\frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)}$  ultrapassa  $\frac{h(S(\hat{x}, u_0))}{q(\hat{x}, u_0)}$  para  $x < \hat{x}$  na cidade irrestrita,  $\hat{h} < \frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)}$  deve ser válida nesta região. Com a densidade nunca maior e às vezes estritamente menor na cidade restrita do que na irrestrita e com a cidade restrita tendo uma área não maior do que a cidade irrestrita por hipótese, segue-se que a cidade restrita abriga uma população menor do que a cidade irrestrita, o que viola as relações estabelecidas por (3.2) e (3.5).

### 3.3 – O custo de bem-estar da restrição FAR

Para o cálculo da medida monetária dos custos ao bem-estar gerados pela imposição da restrição FAR, já que esta diminui o nível de utilidade dos habitantes, a análise foca no indivíduo que mora no limite da cidade, que vive longe do centro e depois da região restringida pela FAR.

Ao comparar as circunstâncias desse indivíduo com e sem a restrição, um fato crucial é útil: o morador do limite paga o mesmo preço por unidade de habitação  $p$  independente da localização de  $\bar{x}$ . Ao deixar os valores de  $p$  e da densidade estrutural  $S$  em  $\bar{x}$  serem denotados  $\bar{p}$  e  $\bar{S}$ , note que esses valores são determinados por duas condições: a condição de primeira ordem  $\bar{p}h'(\bar{S}) = 1$  e a condição de lucro zero  $\bar{p}h'(\bar{S}) - \bar{S} - r_a = 0$ . Como  $\bar{x}$  não entre explicitamente nessas equações,  $\bar{p}$  não depende de sua magnitude. Portanto, o preço de habitação no limite da cidade depende apenas dos preços da terra e do capital nesse ponto, o que determina o custo de produção, sendo iguais a  $r_a$  e 1, respectivamente.

Como o preço de habitação pago pelo residente do limite permanece o mesmo à medida em que a restrição FAR força  $\bar{x}$  para fora, resulta daí que o único efeito sentido por esse indivíduo é um aumento dos custos de transporte, que aumentam em  $t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$ . Desse modo, um pagamento compensatório neste montante seria suficiente para contrabalancear o efeito prejudicial da restrição FAR, fazendo com que o nível de utilidade permanecesse em  $u_0$  ao invés de cair para  $u_1$ . Ou seja,  $t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$  representa o custo de bem-estar da restrição para o morador do limite da cidade.

Apesar de o impacto da restrição FAR ser mais complexo para o morador do interior da cidade, no equilíbrio, todos os habitantes estão no mesmo nível de utilidade, de forma que essas complexidades podem ser ignoradas. A análise de Bertaud e Brueckner (2005) mostra que o custo de bem-estar computado para o morador do limite se aplica exatamente para o morador do interior da cidade, sendo que, **para todo morador da área urbana, o custo da restrição FAR é igual a  $t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$ , isto é, o aumento do custo de transporte do morador do limite.**

Para se estabelecer a preposição acima, deixa-se a função de utilidade indireta correspondente a  $v(q, c)$  ser dada por  $\tilde{v}(y - tx, p)$ . Então, para os moradores do limite com e sem restrição FAR, é válido  $\tilde{v}(y - t\bar{x}_1, \bar{p}) = u_1$  e  $\tilde{v}(y - t\bar{x}_0, \bar{p}) = u_0$ . Ademais, a compensação  $Z$  necessária para equilibrar o efeito da restrição FAR para o morador do limite, que deve satisfazer  $\tilde{v}(y - t\bar{x}_1 + Z, \bar{p}) = u_0$ , é dada por  $Z = t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$ . Para mostrar que  $Z$  é apropriada para os moradores do interior da cidade, troca-se  $\bar{x}_1$  por  $x$  na última condição de utilidade, a qual se diferencia totalmente em função de  $x$ . Isto leva a  $\frac{\partial \tilde{v}}{\partial y} \left( -t + \frac{\partial Z}{\partial x} \right) + \frac{\partial \tilde{v}}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial x} =$

0 ou  $\frac{\partial Z}{\partial x} = -\frac{\partial p}{\partial x} \left( \frac{\frac{\partial \tilde{v}}{\partial p}}{\frac{\partial \tilde{v}}{\partial y}} \right) + t$ . Entretanto, como  $\frac{\partial \tilde{v}}{\frac{\partial \tilde{v}}{\partial y}} = -q$  é válida, dadas as propriedades da

função de utilidade indireta, essa última expressão pode ser reduzida a  $q \left( \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{t}{q} \right)$ . Porém, utilizando a equação de equilíbrio locacional,  $\frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{t}{q}$ , a expressão se iguala a zero. Por consequência, é válido que  $\frac{\partial Z}{\partial x} = 0$ , implicando que a compensação necessária para equilibrar o efeito da restrição FAR é espacialmente invariável e, portanto, igual a  $t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$  para todos os moradores.

#### 3.4 – Cálculo do impacto da FAR ao bem-estar

O desenvolvimento das equações (3.1)-(3.5), conforme indicado pelos autores, leva aos seguintes sistemas<sup>2</sup>:

$$3,070 \times 10^{-13} (y - t\bar{x}_0)^{25} u_0^{-25} = r_a \quad (3.1')$$

$$\int_0^{\bar{x}_0} 7,675 \times 10^{-12} \theta x (y - tx)^{24} u_0^{-25} dx = N \quad (3.2')$$

para a cidade irrestrita, e

$$3,070 \times 10^{-13} (y - t\bar{x}_1)^{25} u_1^{-25} = r_a \quad (3.3')$$

$$1,072 \times 10^{-10} (y - t\hat{x})^{15} u_1^{-15} = \hat{h} \quad (3.4')$$

$$\int_0^{\hat{x}} 0,387 \theta x \hat{h} (y - tx)^9 u_1^{-10} dx + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}_1} 7,675 \times 10^{-12} \theta x (y - tx)^{24} u_1^{-25} dx = N \quad (3.5')$$

para a cidade restrita.

Com os valores obtidos através da resolução dos sistemas acima, é possível calcular os parâmetros  $\bar{x}_0$  e  $\bar{x}_1$  necessários para a análise de bem-estar através da equação  $t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$ , avaliando-se assim a variação de bem-estar do habitante médio através das perdas que este tem, tanto com o custo monetário do que é gasto no transporte como com a renda que deixa de ser auferida a cada quilômetro extra que o habitante é obrigado a viajar.

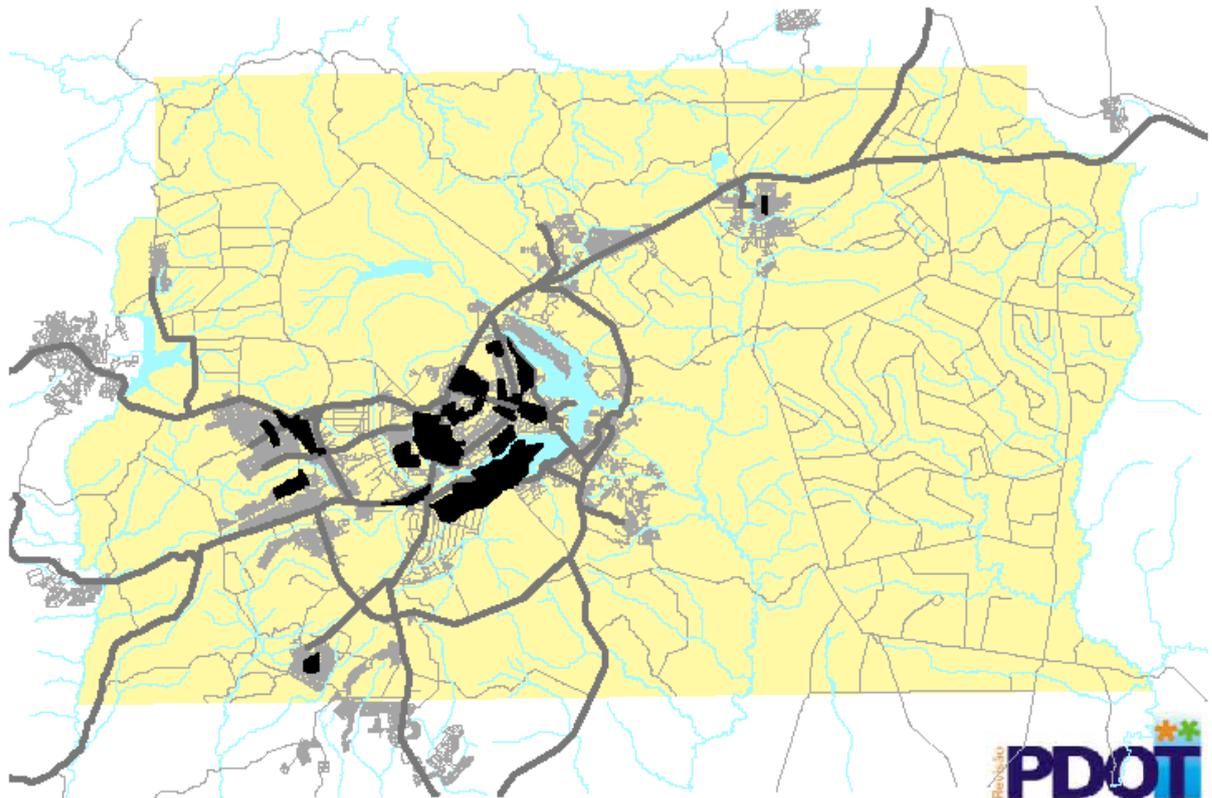
<sup>2</sup> Para o passo-a-passo dessas equações e coeficientes, ver Apêndice A ao final do trabalho.

## Capítulo 4

### Análise para Brasília

Prevista na concepção da cidade por Lucio Costa e reforçada pelo tombamento da mesma como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 1987, acredita-se que a restrição de altura dos edifícios no centro de Brasília – em especial nas Asas Sul e Norte – tenha levado ao espalhamento da cidade. Como considerado pelo IBGE, todo o DF compõe a chamada cidade Brasília, a qual pode ser simplificaradamente avaliada aqui como uma cidade monocêntrica, visto que 70% dos postos de trabalho do DF se encontram na região central, o que pode ser visto no Mapa 4.1, que destaca as áreas com maior concentração de empregos.

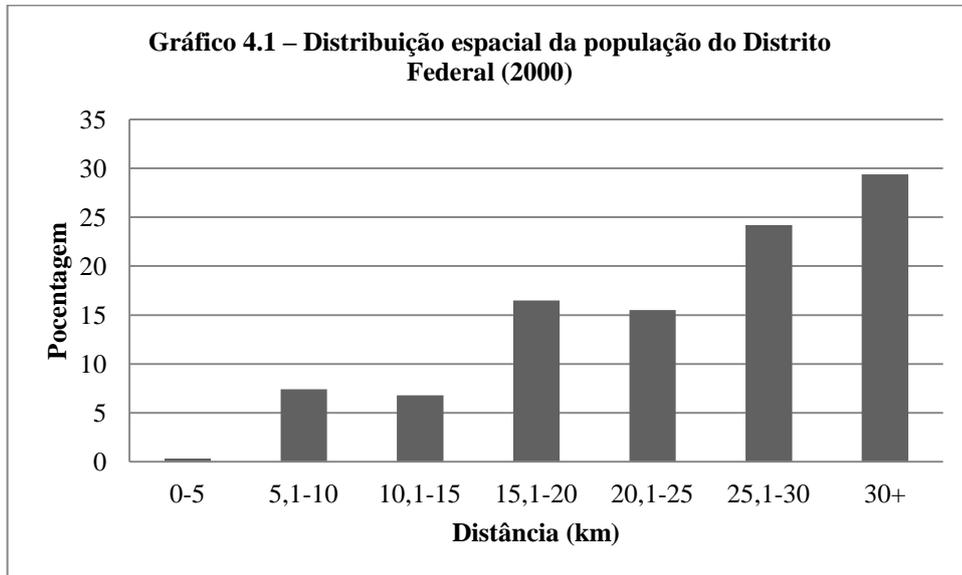
**Mapa 4.1 – Distrito Federal: Concentração de Empregos**



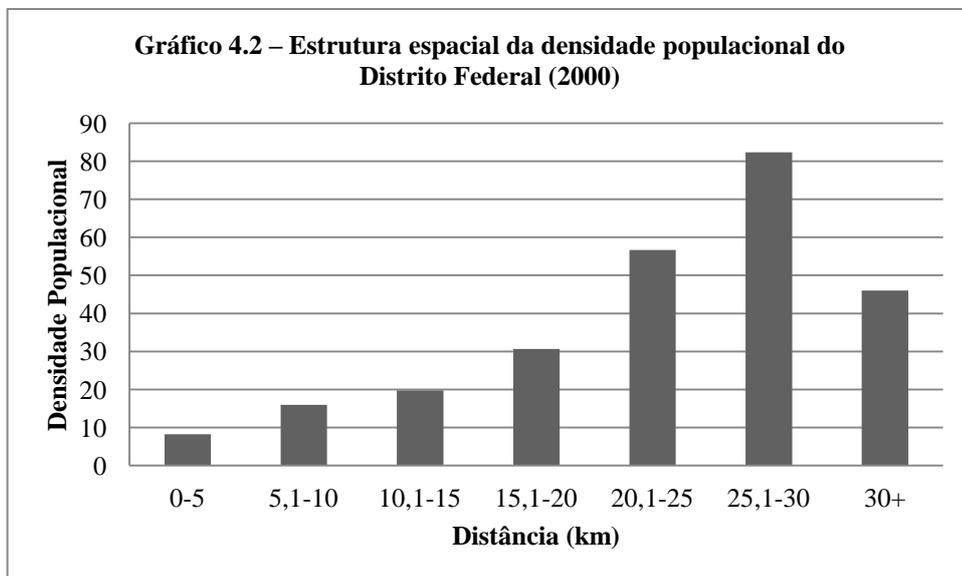
Fonte: SEDUH/GDF (2015).

Todavia, a cidade apresenta algumas diferenças com o modelo que devem ser destacadas. Primeiro, os preços de aluguel não são decrescentes nos primeiros 10 quilômetros. Isso se dá pelo fato que a região imediatamente ao centro, um raio de aproximadamente cinco quilômetros é em sua maioria pertencente ao poder público e não disponível para habitação, tornando assim o aluguel mais baixo nessa região (DOWALL; MONKKONEN, 2007). Outra irregularidade é a característica única de distribuição espacial da população. Ao contrário do

que supõem as propriedades 4 e 5 do modelo de cidade monocêntrica, no caso de Brasília a densidade tem tendência de crescimento até uma distância de 25-30 quilômetros do centro, começando a decrescer apenas a partir deste ponto (DOWALL; MONKKONEN, 2007), como pode ser visualizado nos gráficos abaixo.



Fonte: Serra *et al.* (2005)



Fonte: Serra *et al.* (2005)

Dowall e Monkkonen (2007) defendem que a forma urbana de Brasília é prejudicial para a qualidade de vida dos residentes, por levar a maiores custos de habitação e de transporte. O centro da cidade concentra emprego, porém não oferece moradia suficiente. Como consequência, grande parcela dos trabalhadores deve se deslocar por grandes distâncias e longos períodos de tempo todos os dias. Tal gasto com deslocamento casa-trabalho poderia

ser evitado caso não houvesse o limite de altura? Qual a perda de bem-estar efetivamente causada por essa restrição?

Para responder tais perguntas, foi utilizado o modelo FAR de Bertaud e Brueckner (2005), que permite simular uma cidade sem restrição, sendo assim possível calcular seu tamanho, isto é, a distância entre o centro e o limite, e a utilidade dos habitantes. A cidade simulada é então comparada com a cidade real, com restrição, podendo-se verificar a variação de bem-estar.

#### 4.1 – Cálculo dos parâmetros para Brasília

O valor da renda média anual em Brasília é  $y = 67.959$  reais (CENSO, 2010) para uma população<sup>3</sup> urbana total  $N = 734.940$  (CENSO, 2010).

A área disponível para construção é calculada da seguinte forma:

$$\theta = \frac{\text{área total} - \text{área não construível}}{\text{área total}} 2\pi$$

Sendo a área total do Distrito Federal igual a 578.000 hectares e a área não construível – que abrange unidades de conservação, parques, jardins zoológico e botânico e o Lago Paranoá – igual a 542.358 hectares, tem-se que  $\theta = 0,387$  (IBGE, 2016; MMA, 2016; ICMBio, 2016).

Dado o valor do preço da terra agrícola R\$ 4.263,68 por hectare (GASQUES *et al.*, 2008) e considerando uma taxa de desconto de 5%, tem-se que  $r_a = 21.318$  reais por quilômetro quadrado.

O parâmetro  $t$  possui dois componentes: um do custo do tempo, no qual o trabalhador poderia estar trabalhando e auferindo renda no tempo em que está se deslocando; outro do custo monetário, gasto efetivamente com transporte.

Com uma renda média anual de R\$67.959, um custo do tempo de 90%, 1.920 horas de trabalho em um ano, a velocidade média no horário de pico de 35 km/h (BERNARDES; COSTA, 2014) e em média 1,32 trabalhadores por domicílio (CENSO, 2010), tem-se o componente de tempo igual a 0,69 \$/km/trabalhador:

---

<sup>3</sup> Lembrando que o modelo monocêntrico considera que existe apenas um habitante por domicílio, portanto o número de domicílios é igual a  $N$ .

$$\text{custo do tempo} \times \frac{y}{\text{horas de trabalho}} \times \frac{1}{\text{velocidade média}} \\ \times \frac{1}{\text{trabalhadores por domicílio}}$$

O custo com transporte leva em consideração que, do total dos 985.274 trabalhadores em Brasília, 55,24% fazem o deslocamento casa-trabalho por meio de ônibus e 29,52% de carros (REIS *et al*, 2014). Os outros 15,24% que se deslocam de metrô, bicicleta ou a pé foram desconsiderados desse cálculo.

Para o transporte por carro, considerando o preço do litro do combustível de R\$2,67 e uma eficiência média de 12,18 km/l (INMETRO, 2010), o custo é de 0,22 \$/km. Para o transporte por ônibus, com uma tarifa média de R\$2,47 (DFTRANS, 2011) e uma viagem média de 31,96 km (CENSO, 2010), tem-se que o gasto é de 0,08 \$/km. Esses valores, ponderados pela quantidade de trabalhadores que utilizam cada um dos meios, levam a um componente custo com transporte de 0,13 \$/km/trabalhador.

O gasto com transporte anual por domicílio  $t$  é então:

$$(\text{custo tempo} + \text{custo transporte}) \times 2 \times \text{dias trabalhados} \\ \times \text{trabalhadores por domicílio}$$

Considerando duas viagens diárias e 240 dias de trabalho anuais,  $t = 517$  reais.

Como Brasília é uma cidade real, o limite da cidade pode ser observado de acordo com a área efetivamente urbanizada, sendo  $\bar{x}_1 = 41$  quilômetros, até o final da RA mais distante do centro, Brazlândia. À região onde há a restrição que está sendo analisada, o centro da cidade, corresponde  $\hat{x} = 6$  quilômetros, englobando as Asas Sul e Norte, até as quadras finais 16.

A cidade é segmentada em anéis com um quilômetro de distância entre si, partindo da plataforma da Rodoviária, como pode ser visualizado no Mapa 4.2. Portanto, para a região com restrição de altura, o Plano Piloto, existem 6 anéis (a área destacada ao centro do mapa) enquanto que, até o limite da cidade, existem 41 anéis. É observável que, quanto mais ao centro, maior é a área urbanizada em relação a área total do anel.



#### 4.2 – Simulações para Brasília

Para analisar os possíveis impactos e custos de bem-estar ocasionados pela restrição vertical do Plano Piloto, foram feitas simulações numéricas com os parâmetros calculados acima utilizando o *Mathematica*. Substituindo os valores acima nas equações (3.1’)-(3.5’), encontram-se os valores  $\bar{x}_0$  e  $u_0$  da cidade irrestrita fictícia e o da utilidade  $u_1$  da cidade real. Também se torna possível, ao mexer com alguns desses parâmetros, avaliar os impactos que outras alterações nas características da cidade poderiam ter para o bem-estar dos habitantes.

**Tabela 4.2 – Resultados para cidade irrestrita**

$\theta$	Área não construível	$\bar{x}_0$ (km)	$u_0$	$\Delta$ bem-estar
6,820	0%	29	11.179	9,13%
4,000	64%	31	10.981	7,61%
0,977	84%	37	10.381	3,04%
0,682	89%	38	10.233	2,28%
0,387	94%	40	10.004	0,76%

A primeira simulação feita verifica o tamanho de Brasília caso esta fosse uma cidade irrestrita. Para  $\theta = 0,387$ , calcula-se uma redução de apenas um anel em relação a cidade com restrição FAR, com  $\bar{x}_0 = 40$ , comprimindo a cidade em 5%<sup>4</sup>. Desta forma, a diferença de bem-estar em termos monetários é de  $517 \times (41 - 40) = R\$517$ , implicando que o morador da Brasília atualmente perde 0,76% da renda do domicílio devido à restrição de altura no Plano Piloto. Porém, a cidade apresenta um  $\theta$  de valor muito baixo, indicando que grande parte de seu território – em torno de 94% – são áreas não disponíveis para habitação, como áreas de conservação ou parques, mesmo sem contar as faixas verdes demarcadas no projeto de construção da cidade.

No caso de Bertaud e Brueckner (2005), o modelo FAR foi aplicado para Bangladesh e fixou-se  $\theta = 4$ . Este valor significa que 63,7% da área total da cidade é construível, com alguma restrição à construção no que diz respeito a unidades de conservação e afins. Para esse valor, o tamanho de Brasília, caso fosse uma cidade irrestrita, seria  $\bar{x}_0 = 31$ , implicando uma redução de 10 anéis em relação à cidade atual, ou 43% da cidade. Portanto, o habitante médio estaria perdendo R\$5.170 de bem-estar, o equivalente a 7,61% da renda domiciliar.

<sup>4</sup> Essa porcentagem é dada por  $1 - \bar{x}_0^2 / \bar{x}_1^2$ .

Como comparação, caso não houvesse nenhum tipo de restrição, isto é, se 100% do território fosse construível e não houvesse limite de altura, a redução seria de 12 anéis, com  $\bar{x}_0 = 29$ , resultando em uma cidade 50% menor que a atual e um ganho de bem-estar de R\$6.204 ou 9,13% da renda.

Na possibilidade de flexibilização do uso das áreas sob proteção que envolvem a cidade associada à suspensão da restrição de altura, se houvesse uma redução destas áreas em apenas 5%, já seria possível um ganho de bem-estar de 2,28%, com o limite da cidade irrestrita retraindo em 14% para  $\bar{x}_0 = 38$ . Já uma redução dessas áreas em 10% teria como resultado a mudança do limite da cidade irrestrita para  $\bar{x}_0 = 37$ , uma retração de 19% com uma diferença de bem-estar de 3,04%.

**Tabela 4.3 – Resultados para cidade restrita**

$\theta$	Área não construível	$\hat{h}$	$\bar{x}_1$ (km)	$u_1$	$\Delta$ bem-estar
6,820	0%	6	29	11.189	9,13%
4,000	64%	6	32	10.913	6,85%
0,977	84%	6	38	10.258	2,28%
0,682	89%	6	39	10.103	1,52%
0,387	94%	6	41	9.867	-
0,387	94%	10	41	9.883	0,00%
0,387	94%	14	41	9.899	0,00%

Mantendo-se a restrição FAR, mas com redução da área não construível em 5%, tem-se  $\bar{x}_1 = 39$ , o equivalente a uma redução de 10% da área da cidade e um ganho de bem-estar de 1,52%. Já uma redução de 10% da área não construível na cidade restrita levaria a um  $\bar{x}_1 = 38$ .

Por último, avaliando uma mudança no plano diretor da cidade, verifica-se o impacto causado pelo aumento do limite de altura dos edifícios no centro. Para  $\hat{h} = 10$  andares, um incremento de 67% de habitação disponível no centro da cidade, o limite da cidade restrita,  $\bar{x}_1$ , permaneceria na faixa de 41 quilômetros. Da mesma forma, para  $\hat{h} = 14$  – isto é, 133% mais espaço de habitação do que é disponível atualmente no Plano Piloto –,  $\bar{x}_1 = 41$ , indicando que a adição de apenas alguns andares não levaria a uma mudança expressiva no nível de bem-estar.

Desse modo, a análise mostra que a restrição de altura dos edifícios no centro de Brasília não leva à perda significativa de bem-estar associado ao custo do deslocamento casa-trabalho e, com a disponibilidade atual de terras para uso urbano e habitação, estes gastos com transporte poderiam apenas ser moderadamente reduzidos.

## Considerações Finais

Este trabalho se propôs analisar economicamente os impactos ao bem-estar da população gerados pela restrição de altura imposta ao centro de Brasília pelo projeto de construção da cidade. A teoria indica que tais restrições levam uma cidade a se expandir espacialmente, como consequência da menor densidade com centro. Dessa forma, inicialmente, esperava-se que a restrição vertical à construção no Plano Piloto fosse fator importante no processo de espalhamento da cidade de Brasília e que a forma urbana resultante levasse a grandes prejuízos na qualidade de vida da população. O bem-estar do cidadão médio seria afetado pelos altos preços de habitação e custos de transporte, conforme teorizam Dowall e Monkkonen (2007).

Entretanto, a análise feita neste trabalho, utilizando a abordagem de Bertaud e Brueckner (2005), mostra que *per se* essa restrição não causa tanto impacto no bem-estar do habitante, ao menos no que tange o deslocamento casa-trabalho. A aplicação do modelo FAR mostra que a cidade não apresentaria redução significativa de tamanho caso não houvesse o limite de seis andares, portanto, o morador do limite não incorre perdas tão altas, apenas 0,76% da renda do domicílio.

Como os autores desconsideram o peso dos preços de imóveis na análise via FAR, essa poderia ser outra abordagem para avaliar o impacto do limite de altura dos prédios no centro de Brasília. Também é importante notar que os custos aferidos por este modelo ignoram qualquer benefício potencial que a restrição possa ter. Esses benefícios podem amenizar ou até reverter a perda de bem-estar. Por exemplo, o morador do Plano Piloto tem maior disponibilidade de área verde e de lazer, o que sugeriria um ganho de qualidade de vida. Restaria saber se esse acréscimo supera ou apenas compensa os preços mais altos dos imóveis, impostos, serviços e produtos aos quais esse morador está sujeito.

Por outro lado, com a análise realizada, pode-se supor que o fator realmente responsável pelo espalhamento de Brasília não seja a restrição à construção no centro da cidade, mas sim a grande quantidade de áreas não construíveis, que representam quase 94% do território do DF. As áreas de proteção estariam forçando a forma quase elíptica da cidade ao invés da tradicional circular.

## Referências Bibliográficas

- ARNOTT, R.; MCMILLEN, D. A companion to urban economics. 96-108, 2008.
- BERNARDES, A.; COSTA, R. Capital precisa resolver problemas de congestionamento antes de 2020. *Correio Braziliense*. Disponível em: <[http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/04/28/interna\\_cidadesdf,424959/capital-precisa-resolver-problemas-de-congestionamento-antes-de-2020.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/04/28/interna_cidadesdf,424959/capital-precisa-resolver-problemas-de-congestionamento-antes-de-2020.shtml)>. Acesso em: 30 mai 2016.
- BERTAUD, A.; BRUECKNER, J. K. Analyzing building-height restrictions: predicted impacts and welfare costs. *Regional Science and Urban Economics*, 35, 109-125, 2005.
- CODEPLAN. Distrito Federal em Síntese: Informações Socioeconômicas e Geográficas (2012). 2013.
- CODEPLAN. Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios PDAD 2013/2014: Brasília/Plano Piloto. 2014.
- CODEPLAN. Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - Distrito Federal - PDAD/DF - 2013. 2014.
- DFTRANS. Composição das tarifas do Serviço Básico. 2011.
- DOWALL, D. E.; MONKKONEN, P. Consequences of the Plano Piloto: The Urban Development and Land Markets of Brasilia. *Urban Studies*, 44(10), 1871-1887, 2007.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; VALDES, C. Preços da Terra no Brasil. *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 2008.
- IBGE. Área Territorial Brasileira - Consulta por Unidade da Federação. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>>. Acesso em: 15 mai 2016.
- IBGE. Censo Demográfico 2010. 2011.
- IBRAM. Guia de Unidades de Conservação do Distrito Federal. 2014.
- ICMBIO. Unidades de Conservação - Cerrado. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/>>. Acesso em: 16 ago. 2016.
- INMETRO. Tabelas de Consumo/Eficiência Energética: Veículos Automotores Leves. 2010.
- MMA. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. 2016.
- MUSEU VIRTUAL DE BRASÍLIA. Galeria da Escala Monumental. Disponível em: <[http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA\\_MONUMENTAL/index.html](http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA_MONUMENTAL/index.html)>. Acesso em: 02 ago. 2016.
- MUSEU VIRTUAL DE BRASÍLIA. Galeria da Escala Bucólica. Disponível em: <[http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA\\_BUCOLICA/index.html](http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA_BUCOLICA/index.html)>. Acesso em: 02 ago. 2016.

MUSEU VIRTUAL DE BRASÍLIA. Galeria da Escala Gregária. Disponível em: <[http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA\\_GREGARIA/index.html](http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA_GREGARIA/index.html)>. Acesso em: 02 ago. 2016.

MUSEU VIRTUAL DE BRASÍLIA. Galeria da Escala Residencial. Disponível em: <[http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA\\_RESIDENCIAL/index.html](http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/ESCALA_RESIDENCIAL/index.html)>. Acesso em: 02 ago. 2016.

MUSEU VIRTUAL DE BRASÍLIA. Plano Piloto. Disponível em: <[http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/plano\\_piloto.html](http://www.museuvirtualbrasil.org.br/PT/plano_piloto.html)>. Acesso em: 01 ago. 2016.

REIS, C. V. S.; BITTENCOURT, J. A.; MOREIRA, T. B. S.; CONCEIÇÃO, G. V. O Efeito da Mobilidade Urbana na Renda do Trabalhador no Distrito Federal. *Revista Eletrônica Gestão & Saúde*, Edição Especial, 3239-3262, 2014.

SEDHAB/GDF. Principais Localidades do Distrito Federal. Disponível em: <[http://www.sedhab.df.gov.br/images/Mapas/principais\\_localidades\\_df.jpg](http://www.sedhab.df.gov.br/images/Mapas/principais_localidades_df.jpg)>. Acesso em 10 mai 2016.

SEDUH/GDF. Revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal. 2005.

## Apêndice A – Sistema de Equações do Modelo FAR

Este apêndice discute as hipóteses, feitas por Bertaud e Brueckner (2005), que levam ao sistema utilizado nos cálculos desse trabalho.

A partir de uma função de utilidade Cobb-Douglas,  $v(c, q) = c^{1-\alpha}q^\alpha$ , na qual  $\alpha$  é igual a 0,1 (cedendo um peso relativamente pequeno ao consumo de habitação), maximiza-se  $v$  sujeito a restrição orçamentária  $c + pq = y - tx$ . Obtêm-se como resultado  $c = 0,9(y - tx)$  e  $q = 0,1 \frac{y-tx}{p}$ .

Substitui-se os valores encontrados na condição  $v(c, q) = u$ , encontrando como solução  $p(x, u) = 0,03874(y - tx)^{10}u^{-10}$ . Substitui-se o valor  $p(x, u)$  na equação de demanda  $q$ , obtendo-se  $q = 2,581 \frac{u^{10}}{(y-tx)^9}$

A função de produção de habitação também é uma Cobb-Douglas, na forma  $h(S) = gS^\beta$ , onde  $\beta = 0,6$  e  $g = 0,0005$ . Resolvendo-se a condição de primeira ordem  $ph'(S) = 1$  para  $S$  e substituindo  $p(x, u)$ , leva a  $S(x, u) = 4,605 \times 10^{-13}(y - tx)^{25}u^{-25}$

Substituindo este resultado junto com  $p(x, u)$  na condição de lucro zero  $p(x, u)h(S(x, u)) - S(x, u) = r(x, u)$ , obtêm-se  $r(x, u) = 3,070 \times 10^{-13}(y - tx)^{25}u^{-25}$ .

Substituem-se então essas equações nas condições de equilíbrio (3.1)-(3.5):

$$r(\bar{x}_0, u_0) = r_a \quad (3.1) \quad 3,070 \times 10^{-13}(y - t\bar{x}_0)^{25}u_0^{-25} = r_a \quad (3.1')$$

$$\int_0^{\bar{x}_0} \theta x \frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)} dx = N \quad (3.2) \quad \int_0^{\bar{x}_0} 7,675 \times 10^{-12} \theta x (y - tx)^{24} u_0^{-25} dx = N \quad (3.2')$$

$$r(\bar{x}_1, u_1) = r_a \quad (3.3) \quad 3,070 \times 10^{-13} (y - t\bar{x}_1)^{25} u_1^{-25} = r_a \quad (3.3')$$

$$h(S(\hat{x}, u_1)) = \hat{h} \quad (3.4) \quad 1,072 \times 10^{-10} (y - t\hat{x})^{15} u_1^{-15} = \hat{h} \quad (3.4')$$

$$\int_0^{\hat{x}} \theta x \frac{\hat{h}}{q(x, u_1)} dx + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}_1} \theta x \frac{h(S(x, u_1))}{q(x, u_1)} dx = N \quad (3.5) \quad \int_0^{\hat{x}} 0,387 \theta x \hat{h} (y - tx)^9 u_1^{-10} dx + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}_1} 7,675 \times 10^{-12} \theta x (y - tx)^{24} u_1^{-25} dx = N \quad (3.5')$$