

Padrões de ligações e sistema urbano: uma análise aplicada aos Estados da Guanabara e Rio de Janeiro

MARLENE P. V. TEIXEIRA *

Depto. de Geografia, UFRJ

A cidade se transformou no aspecto principal da civilização moderna e, em uma medida crescente, no aspecto dominante, enfraquecendo ou apagando as características principais da sociedade rural anterior. O homem entrou numa era urbana. A partir do século XIX as cidades aumentaram em número e tamanho com muita rapidez, tornando necessário um maior conhecimento sobre o fato urbano, pré-requisito para o desenvolvimento de muitos ramos da Ciência. A História, Geografia, Política, Sociologia, Psicologia, etc., necessitam conhecer o fato urbano e as características peculiares de seus habitantes, para explicar um conjunto de fatos a elas relacionados. A cidade, ao converter-se em uma das características principais da organização política, econômica e social do mundo atual, tornou-se uma área fundamental de investigação ⁽⁴⁾.

As cidades, porém, são fenômenos muito heterogêneos e este fato é bem visível ao se analisar um sistema urbano onde se encontram metrópoles caracterizadas como grandes centros de indústria, comércio, finanças e administração e pequenos centros de serviços rurais; cidades que são especializadas em uma determinada atividade e outras que possuem diversas funções. Esta heterogeneidade deriva do caráter de complementaridade que existe entre as cidades de um sistema ⁽⁴⁾.

Vários modelos e teorias descrevem e explicam a heterogeneidade das cidades de um sistema urbano. Uma forma desta diferenciação apare-

* Tese de Mestrado apresentada e aprovada na Universidade Federal do Rio de Janeiro, fevereiro de 1975

ce através do domínio que uma cidade exerce sobre as demais, tal como é demonstrado, entre outros, nos modelos e teorias de Jefferson sobre a cidade primaz ⁽¹⁵⁾, de Christaller sobre as localidades centrais ⁽⁷⁾, de Taaffe, Morrill e Gould sobre a evolução da rede de transportes em países subdesenvolvidos e suas implícitas conseqüências urbanas ⁽²³⁾, de Ekstrom e Williamson sobre transporte e urbanização ⁽⁹⁾ e da teoria do domínio metropolitano de Bogue ⁽⁴⁾.

Estes modelos e teorias forneceram as bases para a elaboração de um modelo sobre os relacionamentos entre uma cidade dominante e os demais centros urbanos de seu sistema. Ele contém aspectos já focalizados nos modelos supracitados e, essencialmente, procura descrever como evoluem os relacionamentos dentro de um sistema dominado por um centro metropolitano.

A formulação deste modelo e o seu teste ao conjunto estadual Guanabara—Rio de Janeiro constituem os objetivos básicos deste trabalho, que virá contribuir para o conhecimento do padrão de relacionamento e suas conseqüências urbanas num sistema dominado por uma metrópole.

Este trabalho está dividido em três partes. Na primeira, o problema conceitual e operacional é focalizado através da análise da bibliografia específica, formulação do modelo, caracterização da área de estudo e do material empírico; também nesta primeira parte a teoria dos grafos e sua operacionalidade, tendo em vista os propósitos deste trabalho, é analisada. A segunda parte contém um relatório substantivo, apresentando uma análise e síntese dos dados utilizados. A terceira parte do trabalho contém os resultados e conclusões.

I. O PROBLEMA CONCEITUAL E OPERACIONAL

A. O Problema Conceitual

Tendo em vista a existência de sistemas urbanos, considerados como um conjunto de cidades diferenciadas do ponto de vista funcional e suas ligações, algumas questões podem ser formuladas visando a uma melhor compreensão da natureza das cidades, das ligações entre elas e dos efeitos recíprocos entre cidades e ligações. Certamente, entre as múltiplas questões a serem formuladas, inclui-se uma sobre o padrão de ligações entre cidades de um mesmo sistema urbano. Para se responder a esta pergunta propõe-se um modelo simples que descreve os padrões de relações. Este modelo tem suas raízes em conceitos já emitidos por Christaller, Jefferson, Taaffe, Morrill e Gould Ekstrom e Williamson e Bogue. O que se segue é uma revisão dos conceitos emitidos por estes autores, tendo em vista o modelo que se vai sugerir.

1. Revisão Bibliográfica

Um sistema econômico compreende produtores e consumidores, que interagem através da divisão de trabalho e conseqüente especialização de populações e regiões. Segundo Berry ⁽³⁾, através destas ligações se realiza a integração de todo um sistema de cidades. A cidade aparece como o ponto de coleta e distribuição, realizada através do comércio e dos serviços, caracterizando-se como o local de conexão entre produção e consumo ⁽³⁾

Uma das primeiras teorias sobre sistemas urbanos, suas ligações e conseqüências, deve-se a Christaller. Através da análise da distribuição urbana, que foi caracterizada como função central ou função urbana típica, e empregando um raciocínio dedutivo, elaborou um corpo de conceitos integrados e de forma geométrica, denominado Teoria das Localidades Centrais. A teoria mostra que os bens e serviços se diferenciam entre si em termos da freqüência de utilização e consumo. Associados a esta diferenciação aparecem dois mecanismos: mercado mínimo (*threshold*) e alcance espacial (*range*). Bens e serviços utilizados e consumidos freqüentemente necessitam de pequenos mercados mínimos, apresentando pequeno alcance espacial; bens e serviços utilizados e consumidos com baixa freqüência ou raramente necessitam de grandes mercados mínimos, apresentando grande alcance espacial. Destes dois mecanismos deriva uma hierarquia urbana, caracterizando-se os centros de níveis mais elevados pela (a) oferta de mais bens e serviços, (b) maior número de estabelecimentos e tipos de negócios, (c) maior população, (d) maior área e população tributária, (e) maior volume de negócios, (f) maior espaçamento e (g) menor número. Por sua vez, os centros de níveis inferiores caracterizam-se pela (a) oferta de bens e serviços de baixa ordem, freqüentemente procurados pelos consumidores que, para isso, percorrem pequenas distâncias e utilizam reduzidos investimentos, (b) menor espaçamento e (c) maior número⁽⁷⁾.

A função central, característica de todos os centros de qualquer hierarquia, é a função urbana típica. Mas existem cidades que acumulam funções diversas⁽¹⁴⁾ e este fato pode alterar a padronização ligada à centralidade, como acontece com a função industrial que gera aumento da população urbana. Daí, ao se analisar um sistema urbano, deve-se levar em conta que a importância de uma cidade, medida pelo volume de sua população, e centralidade não são sinônimos e uma cidade mais populosa pode não apresentar maior centralidade que uma cidade de menor população.

A Teoria das Localidades Centrais visava identificar diferentes níveis hierárquicos num sistema urbano, através das ligações entre cidades e suas zonas rurais, na base da distribuição varejista e de serviços.

De certa forma, preocupação semelhante orientou as pesquisas de Jefferson sobre a cidade primaz ou cidade mais importante de um sistema, dominando pequenas cidades, sem a existência de um escalão intermediário⁽¹⁵⁾. Partindo da análise de uma série de países, verificou que, em alguns, a primeira cidade era duas vezes maior do que a segunda e que, em outros, a relação era de três vezes. Para explicar o fato da concentração de população em uma só cidade, distinguindo-a das demais do sistema, Jefferson relacionou o fato à integração do país, apoiada num forte sentimento de nacionalidade. Implícito no modelo de Jefferson está o fato de que, num país dominado por uma cidade primaz, o conjunto de ligações entre os elementos do sistema urbano era unidirecionado e convergente-divergente da cidade primax.

Comparando-se a Teoria das Localidades Centrais com a formulação de Jefferson verifica-se que ambas mostram conseqüências urbanas, derivadas de diferentes padrões de ligações: a primeira está associada a um padrão de distribuição sistemático do comércio varejista e de serviços, ao longo do sistema urbano, e a segunda, a um padrão unidirecional convergindo numa grande cidade.

Também o modelo de Taaffe, Morrill e Gould, que analisa a evolução de uma rede de transportes em países subdesenvolvidos, identifica uma

evolução do padrão de ligações, através da expansão da rede de transportes. Relacionam evolução de transportes e crescimento econômico⁽²³⁾, através de uma seqüência evolutiva: (a) pequenos portos dispersos, ligados a reduzidas hinterlândias; (b) linhas de penetração e concentração portuária, visando ligar o litoral ao interior para controle político, militar, exploração mineral e agrícola; (c) criação de pontos intermediários nas linhas de penetração, iniciando-se as interconexões laterais; (d) interconexão completa, com extinção dos portos primitivos; (e) desenvolvimento de linhas-tronco. Neste modelo a evolução do padrão de ligações gera uma integração da rede de cidades.

Modelo evolutivo, muito semelhante, foi proposto por Ekstrom e Williamson⁽⁹⁾ demonstrando que, na fase de expansão dos transportes, o desenvolvimento afetaria todos os nódulos do sistema urbano, especialmente o nódulo central. Identificaram diferentes níveis hierárquicos no sistema, aos quais corresponderiam diferentes extensões de hinterlândias. Estes níveis hierárquicos estariam relacionados à concentração do comércio, indústria e transporte, que seriam os fatores responsáveis pelo desenvolvimento de alguns nódulos, enquanto outros permaneceriam numa posição hierárquica secundária. A diferença deste modelo em relação ao anterior reside no fato de os autores em questão partirem da pré-existência de um conjunto não integrado de cidades, e sua evolução a partir de ligações entre elas; o modelo anterior parte de uma implantação urbana colonial, marítima.

A hipótese do domínio metropolitano, de Bogue, também identifica diferentes níveis de hierarquia através da presença de uma cidade dominante e cidades subdominantes no sistema. Segundo Bogue, as grandes expansões de superfície e de população estariam organizadas em razão das atividades da metrópole central e estariam nela integradas. O princípio de dominação caracterizaria todas as unidades do sistema, em diferentes graus; a diferenciação estaria na área de dominação, que seria decrescente, e no número decrescente de funções⁽⁴⁾. O controle metropolitano derivaria de um grau elevado de especialização em funções e as conseqüentes ligações, a partir destas funções.

Está implícita na bibliografia analisada que as conexões entre os centros de um sistema urbano são responsáveis pela existência e estruturação do sistema. Sistema urbano e ligações são fatos altamente correlacionados e interdependentes. Uma rede de ligações pouco desenvolvida implica em reduzida conectividade entre os nódulos do sistema, caracterizando regiões com fracas conexões; redes de ligações desenvolvidas ampliam a conectividade entre os nódulos, caracterizando regiões de mais fortes conexões.

Pode-se induzir do exposto que, pela evolução do processo de interligação das cidades de um sistema urbano, diferentes níveis de conexões podem ser definidos. Num primeiro nível estaria a cidade principal que concentraria a maior parte das ligações do sistema e seria responsável pela interligação do mesmo; em níveis hierárquicos sucessivos estariam as cidades subdominantes do sistema, responsáveis pela centralização das conexões de suas respectivas áreas de comando.

2. O Modelo

A figura 1 mostra os padrões de conexão em sistemas urbanos; está subdividida em: Padrão A e Padrão B.

O Padrão A apresenta uma metrópole, cidades médias e cidades pequenas, verificando-se a existência de ligações entre todas as cidades e a metrópole, com reduzido número de ligações entre as demais

PADRÕES DE CONEXÃO EM SISTEMAS URBANOS

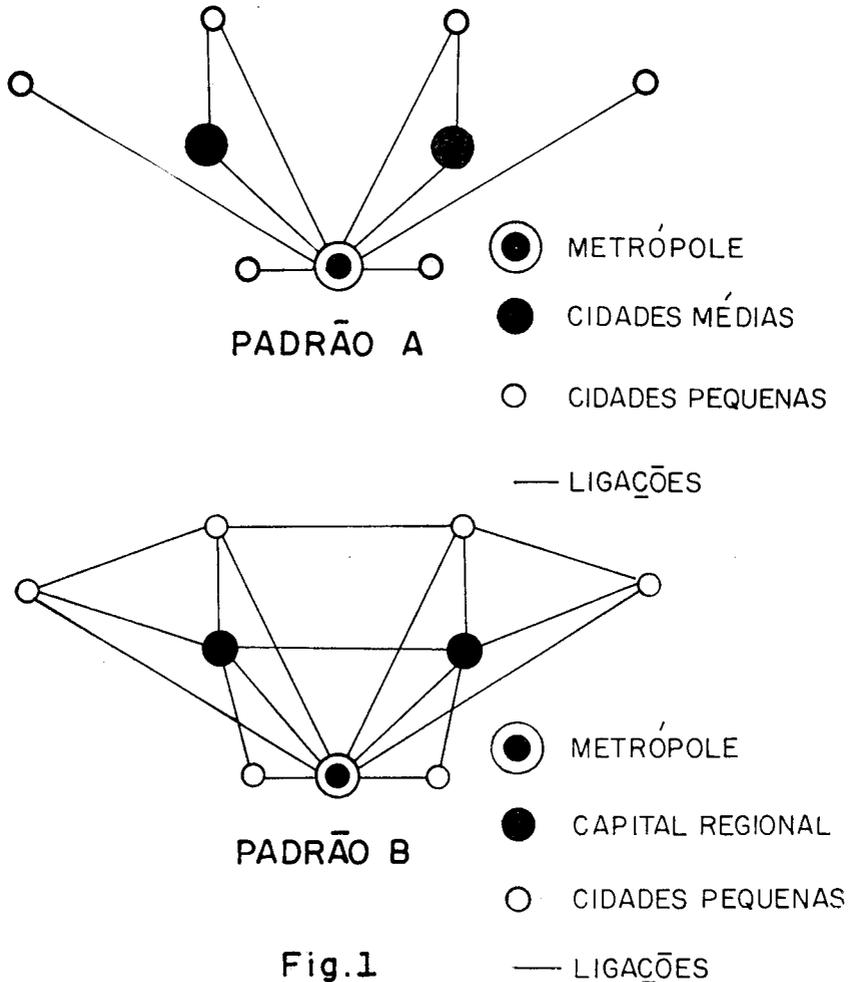


Fig.1

idades do sistema. O padrão A se relaciona com sistemas urbanos extremamente dependentes da cidade principal e está intimamente associado aos conceitos de cidade primaz, e estágios iniciais da evolução do sistema de transporte em países subdesenvolvidos. Em termos de localidades centrais, presume-se que a rede de cidades não apresenta um padrão hierárquico claramente definido.

No padrão B verifica-se uma ampliação das ligações entre as cidades do interior, apesar da manutenção da dominância metropolitana; as capitais regionais ou cidades mais importantes do interior mantêm um sistema próprio de ligações com a sua área de influência. Este padrão está associado a estágios mais avançados da evolução da rede de transporte em países subdesenvolvidos e à existência de um sistema urbano onde existe uma típica hierarquia. Em teoria, a primazia urbana é menos significativa e o domínio metropolitano se ajusta ao modelo de Bogue, no qual há cidades subdominantes.

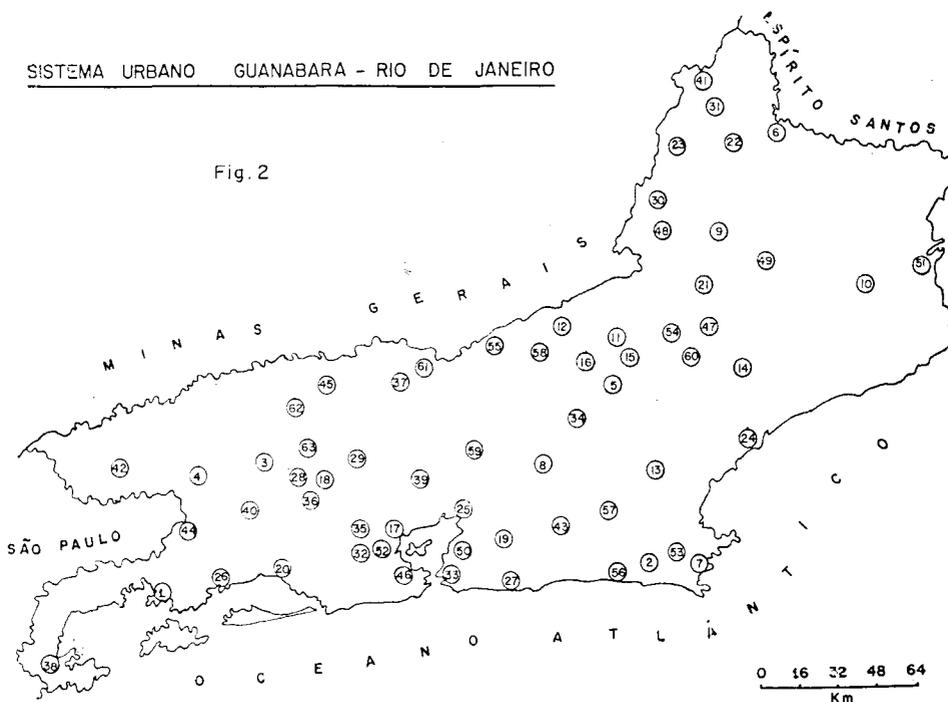
A hipótese assumida neste trabalho é a de que o padrão específico de conexão no sistema urbano Guanabara—Rio de Janeiro se enquadra

no padrão B, encontrando-se em fase de sua evolução marcada pelo desenvolvimento de interrelações entre os centros do interior, apesar do grande domínio exercido pela área metropolitana do Rio de Janeiro sobre o conjunto do Estado.

3. A Área de Estudo

A área do estudo em questão é constituída pelos Estados do Rio de Janeiro e Guanabara, um conjunto com 43.305 km² e 9.110.324 habitantes em 1970, dos quais 8.013.057 constituídos de população urbana, segundo os dados do Censo Demográfico (25). — Neste conjunto há 63 sedes municipais e uma capital de Estado, totalizando 64 unidades, que foram, de início, reduzidas a 63, tendo em vista a aglutinação de Volta Redonda e Barra Mansa em uma única unidade urbana, tal a intensidade das ligações funcionais e a proximidade física entre ambas. Esta unidade passou a denominar-se Barra Mansa. A figura 2 mostra a localização destas 63 unidades urbanas ou, simplesmente, cidades; a sua identificação encontra-se no anexo I.

Tendo em vista a operacionalização da hipótese formulada, 3 conjuntos de cidades foram considerados. O primeiro, com total de 63 cidades ou o novo universo definido no parágrafo anterior; o segundo considera 61 cidades, com exclusão de Rio Claro e Itaocara que, de acordo com o tipo de ligação que se irá considerar, não apresentam ligações com nenhum outro centro urbano; o terceiro considera 47 cidades, tendo sido aquelas sedes municipais componentes da área metropolitana do Rio de Janeiro reunidas em uma única unidade urbana, denominada, a partir de então, de área metropolitana do Rio de Janeiro. Esta é constituída pelas sedes municipais de: Niterói, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Itaboraí, Maricá, São Gonçalo, Magé, Itaguaí, Paracambi, Mangaratiba, Nilópolis, São João de Meriti e Petrópolis, além da cidade do Rio de Janeiro, capital da Guanabara.



O sistema urbano do conjunto estadual Rio de Janeiro—Guanabara tem merecido a atenção de geógrafos que o estudaram em suas partes, como um todo ou como parte integrante de um conjunto maior, seja o Sudeste ou o próprio Brasil. Merecem menção, dentro do propósito deste trabalho, entre outros, os estudos de Bernardes ⁽¹⁾ e ⁽²⁾, Teixeira ⁽²⁴⁾ e Geiger ⁽¹¹⁾.

Bernardes ⁽¹⁾ analisa a evolução das funções da cidade do Rio de Janeiro, baseada principalmente nas condições portuárias favoráveis para a exportação de açúcar, minério e café. Ao desenvolvimento da função econômica junta-se a função administrativa, com a transferência da capital do País para a cidade do Rio de Janeiro, em 1763. A construção de ferrovias centralizadas na capital e o aumento do calado dos navios mercantes reforçaram a importância da cidade, levando ao abandono os pequenos portos do litoral fluminense, competidores do Rio de Janeiro, numa fase anterior.

A mesma autora, num trabalho posterior ⁽²⁾, sob o título “O Rio de Janeiro e sua Região”, delimita a área de influência da metrópole, a partir de dados ligados ao papel da cidade como centro de distribuição de mercadorias, mercado consumidor de alimentos e matérias-primas, centro de comunicações, centro financeiro, cultural e médico-sanitário. Da análise dos dados e elaboração de uma série de mapas, consegue identificar as diversas áreas de organização urbana: área de influência dominante, área de concorrência com as capitais regionais e área de concorrência com Belo Horizonte. A área denominada como de influência dominante abrange a Guanabara, o Estado do Rio de Janeiro e a parte mais oriental do Vale do Paraíba do Sul, em São Paulo. Além da delimitação, a autora classifica os centros integrantes de cada sub-área de influência, quanto à centralidade, em: grande capital regional, centros regionais de primeira categoria, centros regionais de segunda categoria, centros intermediários, centros locais e centros elementares.

Numa análise realizada sobre o sistema urbano fluminense, em 1972, Teixeira ⁽²⁴⁾ identifica diferentes níveis de centralidade, utilizando dados relativos às ligações intermunicipais de ônibus: a partir do número total de ligações diárias e da percentagem deste total destinado a centros menores, propõe uma classificação dos centros integrantes do sistema.

Em 1963, Geiger publica uma análise da evolução da rede urbana brasileira ⁽¹¹⁾, caracterizando as metrópoles do País e suas respectivas redes urbanas. Na área de influência da cidade do Rio de Janeiro, com base na relação entre percentagem da população ativa empregada no terciário e o total urbano, dentro do território fluminense, identifica Campos e Petrópolis como capitais regionais, Nova Friburgo, Três Rios, Vassouras, Barra do Piraí, Barra Mansa e Itaperuna como centros regionais de primeira categoria e Macaé, Miracema, Angra dos Reis e Valença como centros regionais de segunda categoria.

Estes estudos mostraram, em resumo: (a) que desde o período colonial a cidade do Rio de Janeiro, primeiro núcleo urbano criado no litoral da área em consideração, desempenhou um papel dominante na vida de relações da área; (b) que mudanças na vida econômica, abrangendo a introdução e difusão de novas atividades e vias de circulação, geraram o aparecimento de um conjunto de cidades que se diferenciam entre si, seja de acordo com a teoria das localidades centrais seja de acordo com especializações, tais como industrial, lazer ou no setor de transportes; (c) que existe uma hierarquia de cidades de acordo com a teoria das localidades centrais.

No entanto, muitas questões restam a ser respondidas. Uma delas refere-se ao seguinte: até que ponto o papel dominante da cidade do Rio de Janeiro obscurece a existência de subsistemas urbanos ou, inversamente, até que ponto a posição regional de algumas cidades do interior do conjunto Rio de Janeiro-Guanabara é independente da presença do Rio de Janeiro? Em outras palavras, as cidades de função regional são capazes de terem papel relevante na organização da vida de relações e influenciarem na acessibilidade de outras cidades no conjunto? Esta questão está implícita no modelo e foi hipotetizada no começo do trabalho: que as cidades regionais do interior eram capazes de assim atuarem.

4. O Material Empírico

As ligações entre as cidades do sistema constituem, segundo o modelo em consideração, o aspecto crucial ao se testar a hipótese formulada. Deste modo, o material empírico teria que estar apoiado em ligações interurbanas. Várias são as ligações que pares de cidades mantêm: insumos industriais, produtos industrializados e serviços em geral, entre outros. Destas ligações, aquelas que dizem respeito à distribuição varejista e aos serviços têm a característica de serem atributos de todas as cidades de um sistema, porque é através da distribuição que todas as partes de um sistema estão conectadas⁽³⁾. Deste modo, teria que ser através de tais tipos de ligações que se testaria a hipótese. Tendo em vista que é através de ligações intermunicipais de ônibus que estas ligações são realizadas, optou-se por este tipo de informação, o qual passou a constituir o material empírico do presente trabalho.

As ligações entre os centros urbanos foram definidas pela existência ou não de linhas de ônibus entre pares de lugares do sistema durante o ano de 1971. Os dados foram coletados no DER (Departamento de Estradas de Rodagem) do Estado do Rio de Janeiro e no DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), sediado na Guanabara.

Verificou-se a existência de uma determinada linha de ônibus ligando dois centros do sistema e a intensidade de ligações diárias entre eles. Para a execução do trabalho, a primeira informação foi mais importante, tendo em vista o tratamento operacional que se deu. A intensidade de ligações foi utilizada como acessório da análise. Só foram consideradas as ligações existentes entre sedes municipais, não tendo sido computados os dados referentes às conexões intramunicipais.

Algumas adaptações foram feitas nos dados originais. As linhas que possuíam como pontos terminais vilas ou povoados foram automaticamente transformadas em linhas interurbanas. Assim, por exemplo, a linha de ônibus Usina Santa Rosa-Trevo, passou a ser denominada Miracema-Santo Antônio de Pádua, visto os pontos terminais se localizarem nestes municípios e as sedes municipais serem servidas pela linha.

No final da análise do material empírico obteve-se uma tabela que indicava as ligações que cada cidade mantinha com as demais do sistema, incluindo-se as ligações entre os pontos terminais, entre cada ponto terminal e as seções da linha e as ligações existentes entre as seções, foram incluídas as conexões existentes entre as cidades do sistema analisado, mesmo se integrassem linhas de ônibus interestaduais (anexo II). Em seguida foi organizada uma tabela indicando as conexões entre cada cidade e as demais do sistema, partindo das ligações existentes apenas entre os pontos terminais de uma linha de ônibus, excluindo-se as seções. Esta tabela foi traduzida no mapa indicado na figura 6.

B. O Problema Operacional — A Teoria dos Grafos

1. Conceituação e Aplicações

A Teoria dos Grafos constitui a parte da Topologia Geral que estuda as relações que existem entre os elementos de um sistema, independentemente das propriedades métricas deste, desprezando conceitos, tais como distância, forma e dimensão⁽¹⁷⁾. Seus elementos básicos são: pontos ou vértices (V), linhas ou ligações (E) e subgrafo (G), que constituem subconjunto do grafo. Se considerarmos as cidades de um sistema como um conjunto de pontos e um certo fluxo existente entre elas, como linhas, ligando pares de pontos, este conjunto finito de linhas e pontos é um grafo linear.

A Teoria dos Grafos teve sua origem no século XVIII, quando o matemático alemão Euler, ao tentar resolver o problema das sete pontes da cidade de Kognisberg, gerou os conceitos básicos dos grafos. Em 1847 o físico Kirchoff utilizou conceitos de grafos nos estudos de rede elétrica. Em 1857 Cailey aplicou a teoria dos grafos na química orgânica. Em 1859 William Hamilton desenvolveu estudos ligados a grafos em circuitos⁽¹⁴⁾. No século XX destacam-se as aplicações de Lewin à psicologia e Markov e outros ligados à matemática. No entanto, apenas em 1936 Konig apresentou o primeiro estudo sistemático sobre o assunto⁽¹⁴⁾.

Na geografia, apenas em 1960 a teoria dos grafos foi utilizada pela primeira vez. Garrison estudou a conectividade do sistema de auto-estradas do sudeste americano, constituído de 45 lugares e 64 ligações; em seu trabalho considera medidas de conectividade aplicadas ao sistema urbano⁽¹⁰⁾. Em 1961 surgiu o trabalho de Bunge, aplicando a teoria dos grafos à estrutura da pesquisa geográfica nos Estados Unidos⁽⁶⁾. No mesmo ano Nystuen e Dacey aplicaram a teoria dos grafos à geografia urbana, utilizando o fluxo de ligações telefônicas no Estado de Washington⁽¹⁸⁾; utilizando notação matricial (matriz de intensidade) identificaram alguns conceitos da teoria dos grafos aplicáveis à geografia, de onde derivaram três propriedades: 1 — uma cidade é independente de seu fluxo máximo se se dirige para uma cidade menor; 2 — transitividade — se a cidade A é subordinada a cidade B e B é subordinada à cidade C, então A é subordinada a C; 3 — uma cidade não é subordinada a nenhuma de suas subordinadas. Em 1963, Kansky levantou a tese de que existiria relação entre a geometria da rede de transporte de uma região e o seu nível de desenvolvimento⁽¹⁶⁾; sua obra analisa, detalhadamente, as medidas da estrutura de uma rede, a validade dessas medidas propostas, apresentando finalmente o seu modelo preditivo. Em 1965 Pitts elaborou um estudo sobre a acessibilidade de Moscou nos séculos XII e XIII, através do sistema fluvial, utilizando 39 lugares; através da potenciação de matrizes obteve valores que indicavam quais os lugares mais conectados da rede, aparecendo Moscou como a quinta cidade mais acessível do sistema⁽²⁰⁾. Em 1969 Haggett e Chorley publicaram a obra intitulada *Network Analysis in Geography*, que constitui a melhor fonte para o estudo do assunto⁽¹²⁾; o livro analisa, na primeira parte, as estruturas topológicas e as estruturas geométricas, constituindo a segunda e terceira partes uma avaliação de estruturas e uma análise de transformações estruturais de redes. No Brasil a teoria dos grafos tem sido pouco focalizada, destacando-se uma análise da teoria realizada por Pedrosa, Oliveira e Correa⁽¹⁹⁾ e uma aplicação à rede urbana do Rio Grande do Sul, por Diniz⁽⁸⁾.

Do exposto verifica-se que esta teoria tem sido aplicada multidisciplinarmente, tendo em vista analogias entre sistemas de naturezas diferentes.

2. Tipos de Grafos

A estrutura topológica de uma rede envolve sua redução a uma forma básica e elementar, constituída de pontos conectados ou não por linhas, podendo assumir diferentes formas.

Segundo Haggett e Chorley ⁽¹²⁾ existem três tipos de grafos estudados na geografia: grafo em árvore, grafo em barreira e grafo em circuito.

O grafo em árvore (*branching network*) não contém circuitos, existindo apenas um caminho possível entre um par de vértices (grau de recepção igual a um); estes grafos são úteis na análise das relações do tipo árvore genealógica, na análise de bacias fluviais, etc. O grafo em barreira (*barrier network*) é formado por um conjunto de ligações que bloqueiam ou detêm os fluxos; é utilizado na geografia política e na estrutura fundiária. O grafo em circuito (*circuit network*) apresenta uma estrutura constituída de curvas fechadas ou circuitos, permitindo opção no caminho a ser seguido; é utilizado na análise de sistemas de transportes, visto que uma série de propriedades caracterizam igualmente a ambos: 1 — o sistema tem um número finito de lugares; 2 — cada estrada é um conjunto consistindo de dois lugares em sua extremidade; 3 — cada estrada liga dois lugares diferentes; 4 — em geral, só uma estrada liga um par de lugares; 5 — nenhuma distinção é feita entre os lugares inicial e terminal de uma estrada ⁽¹⁰⁾. Na geografia urbana a aplicabilidade de redes em circuito está no fato de que os vértices, vistos como cidades, constituem parte integrante da rede.

3. Tratamento Matricial de um Grafo

Aplicando-se a teoria dos grafos à análise de um sistema urbano, este pode ser caracterizado através da utilização dos índices estruturais e através de tratamento matricial.

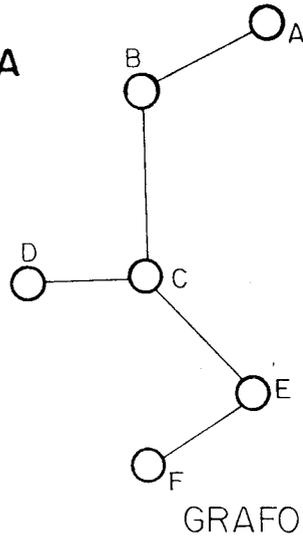
Os índices estruturais, utilizando vértices, ligações e subgrafos, permitem medir o grau de coesão de uma rede, através das características gerais da mesma, tendo sido analisados, entre outros, por Kansky ⁽¹⁶⁾. Estes índices permitem comparação entre redes distintas bem como entre os diversos estágios de desenvolvimento de uma mesma rede.

Em razão das características deste trabalho, que visa determinar o padrão específico de conexão existente no sistema urbano Guanabara-Rio de Janeiro, apenas serão analisadas e aplicadas as operações relativas à matriz associada ao grafo, que originam medidas capazes de atender aos objetivos visados.

a — Matriz de Conexão

Como está exposto anteriormente, um sistema urbano pode ser caracterizado através de sua transformação em um grafo e aplicação a este de um tratamento matricial. Todo grafo linear pode ser descrito através de uma matriz. A notação matricial permite um tratamento matemático, impossível de ser feito na forma original do grafo. Cada ponto do grafo é representado por uma linha e uma coluna da matriz e cada célula indica o valor da ligação existente entre um par de vértices do sistema. Esta matriz, denominada matriz de conexão ou ma-

MATRIZ DE CONEXÃO
 C-MATRIZ POTENCIADA
 $T = C + C^2 + C^3 + C^4$



	A	B	C	D	E	F
A	0	1	0	0	0	0
B	1	0	1	0	0	0
C	0	1	0	1	1	0
D	0	0	1	0	0	0
E	0	0	1	0	0	1
F	0	0	0	0	1	0

C

	A	B	C	D	E	F
A	1	0	1	0	0	0
B	0	2	0	1	1	0
C	1	0	3	0	0	1
D	0	1	0	1	1	0
E	0	1	0	1	2	0
F	0	0	1	0	0	1

C^2

	A	B	C	D	E	F
A	0	2	0	1	1	0
B	2	0	4	0	0	1
C	1	4	0	3	4	0
D	1	0	3	0	0	1
E	1	0	4	0	0	2
F	0	1	0	1	2	0

C^3

	A	B	C	D	E	F
A	2	0	4	0	0	1
B	0	6	0	4	5	0
C	4	0	11	0	0	4
D	0	4	0	3	4	0
E	0	5	0	4	6	0
F	1	0	4	0	0	2

C^4

	A	B	C	D	E	F	
A	3	3	5	1	1	1	=14
B	3	8	5	5	6	1	=28
C	5	5	14	4	5	5	=38
D	1	5	4	4	5	1	=20
E	1	6	5	5	8	3	=28
F	1	1	5	1	3	3	=14

T

Fig.3

triz original (matriz C), é binária, com o valor um (1) indicando existência da ligação e o valor zero (0) indicando ausência da ligação entre um par de cidades; é também uma matriz quadrada e simétrica, já que o número de linhas e colunas é igual e ambos os lados da diagonal principal representam a mesma realidade. Uma matriz de conexão não será binária quando as células indicarem intensidade de ligações entre um par de lugares, fato focalizado por Nystuen e Dacey, em trabalho já

citado ⁽¹⁸⁾. A matriz binária, porém, é muito útil por mostrar uma simplificação das ligações existentes num sistema e por isso tem sido muito usada nos estudos de transportes e sistemas complexos de ligações.

A matriz de conexão relativa ao grafo da figura 3 mostra que o vértice A se conecta apenas com o B e que o vértice C é o mais conectado do sistema, pois se liga a outros três vértices; mostra também que a ligação entre A e C só é possível de forma indireta, através de B.

b — Matriz de Conexão Potenciada

A matriz de conexão C, indicada na figura 3, indica presença ou ausência de ligações entre pares de lugares, a partir da realidade demonstrada no grafo original. Através de uma potenciação desta matriz C os valores iguais a zero serão, progressivamente, substituídos por valores positivos. Na matriz C², em cada célula os valores passarão a ser, segundo as regras da álgebra matricial, como se segue:

$$C_{ij}^2 = \sum_{k=1}^n C_{ik} \cdot C_{kj}$$

Através de uma expansão dos valores contidos nas células ou através do estabelecimento de ligações entre dois vértices não originalmente conectados, passando por um vértice intermediário (ligação indireta), todas as células da matriz passam a ter valores diferentes de zero, indicando o final do processo de potenciação. O final deste processo varia de acordo com as características de cada rede; no exemplo demonstrado na figura 3 a quarta potência significa o final do processo. Neste caso os valores contidos nas células da matriz T (C + C² + C³ + C⁴) indicam o número total de conexões, em quatro passos, para cada par de vértices.

Verifica-se que o vértice C, o mais central do sistema, vai apresentar um somatório superior aos dos outros vértices, conforme se verifica na matriz T, indicada na figura 3. Este fato, conforme mostra a bibliografia citada, vai gerar dificuldade na caracterização de subsistemas em redes dominadas por uma ou mais cidades importantes. Por isto Shimbel e Katz, citados por Garrison ⁽¹⁰⁾ passaram a utilizar um valor denominado escalar^(s), com o objetivo de ponderar as matrizes potenciadas, segundo a fórmula:

$$T^n = sC + s^2C^2 + s^3C^3 + \dots \dots \dots s^nC^n$$

O escalar varia de zero a 1 (um). Grandes valores do peso escalar têm o efeito de acentuar conexões indiretas, aumentando a acessibilidade do vértice localizado centralmente ⁽²²⁾. Valores decrescentes do peso originam duas séries de fatos: 1 — menor crescimento dos valores da matriz potenciada; 2 — menor concentração de valores num único lugar, possibilitando o aparecimento de subsistemas dentro da rede.

Um elemento da matriz Tⁿ indica, como no caso da matriz T, a acessibilidade entre um par de pontos, ou melhor, o número de conexões existentes entre eles.

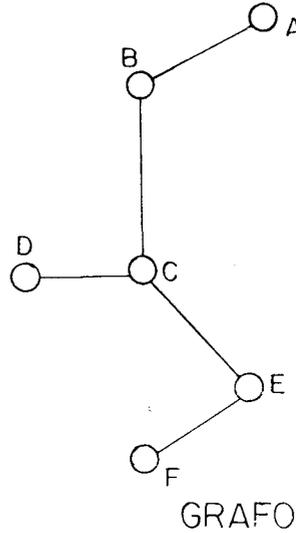
c — Matriz de Menor Caminho

Também a partir da matriz de conexão C, indicada na figura 3, pode-se derivar um outro tipo de matriz, onde todas as células também registram valores diferentes de zero. Esta matriz denomina-se matriz de menor caminho ou matriz D, conforme indicação da figura 4. A matriz original D indica os fatos indicados no grafo anexo; a diagonal

principal, que representa as ligações de um vértice com ele mesmo, está ocupada pelo valor zero; o número um (1) indica existência da ligação direta em um passo. A matriz D_2 mostra as ligações entre os vértices, possíveis em dois passos ou em duas etapas (através de um vértice intermediário). Finalmente a matriz D_4 mostra a conexão completa, com todas as células preenchidas. Cada elemento da matriz D_4 mostra o número de passos necessários para conectar cada par de vértices do sistema. O maior valor encontrado corresponde ao diâmetro

MATRIZ DE MENOR CAMINHO

Fig. 4



	A	B	C	D	E	F
A	0	1	-	-	-	-
B	1	0	1	-	-	-
C	-	1	0	1	-	-
D	-	-	1	0	-	-
E	-	-	1	-	0	1
F	-	-	-	-	1	0

D

	A	B	C	D	E	F
A	0	1	2	-	-	-
B	1	0	1	2	2	-
C	2	1	0	1	1	2
D	-	2	1	0	2	-
E	-	2	1	2	0	1
F	-	-	2	-	1	0

D_2

	A	B	C	D	E	F
A	0	1	2	3	3	-
B	1	0	1	2	2	3
C	2	1	0	1	1	2
D	3	2	1	0	2	3
E	3	2	1	2	0	1
F	-	3	2	3	1	0

D_3

	A	B	C	D	E	F	
A	0	1	2	3	3	4	=13
B	1	0	1	2	2	3	=9
C	2	1	0	1	1	2	=7
D	3	2	1	0	2	3	=11
E	3	2	1	2	0	1	=9
F	4	3	2	3	1	0	=13

D_4

da rede ou o número de passos necessários para conectar os vértices mais distantes entre si. No exemplo mostrado na figura 4, o diâmetro da rede corresponde ao valor 4.

d — Medidas Baseadas em Matrizes

O tratamento matricial de um grafo permite derivar medidas muito importantes na caracterização de um sistema urbano: o diâmetro e o índice de acessibilidade. Estes índices, baseados no menor caminho existente entre um par de pontos, objetivam verificar a posição de um determinado lugar em relação aos outros lugares do sistema.

Na análise do diâmetro de uma rede, a noção de caminho é fundamental. Dá-se o nome de caminho (*path*) ao conjunto de passos ou ligações entre pares de lugares de um grafo⁽¹⁷⁾. O comprimento de um caminho é o número de passos nele contidos. Define-se como distância entre dois lugares o comprimento do menor caminho entre eles (*shortest path*). O diâmetro de uma rede é definido como o menor caminho existente entre os vértices menos acessíveis do sistema e corresponde ao máximo expoente da matriz T (figura 3) ou ao maior valor encontrado na matriz de menor caminho (figura 4). Pelo exposto, infere-se que a noção de caminho em um grafo corresponde à noção fundamental de hierarquia urbana. Dado um sistema e seu grafo, as relações entre seus diferentes vértices definem caminhos que mostram subordinação de alguns vértices em relação a outros.

Também o índice de acessibilidade é uma medida utilizada na caracterização hierárquica das unidades de um sistema, visto que, através dele, é possível verificar quais os vértices mais acessíveis ou mais centrais do conjunto analisado; a identificação deste índice é feita através do somatório dos valores relativos às ligações diretas e indiretas entre cada par de nódulos numa matriz. Como se verifica na matriz T, indicada na figura 3, o vértice C apresenta maior índice de acessibilidade, representado pelo valor 38. Neste caso, de matriz potenciada, quanto maior o valor relacionado a um determinado vértice maior a acessibilidade do nódulo em relação ao conjunto do sistema.

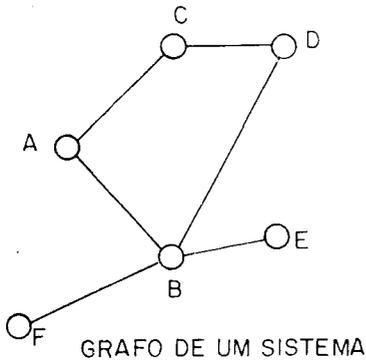
No caso da matriz de menor caminho, quanto menor o valor do índice maior a acessibilidade do nódulo, já que cada cédula da matriz indica o número de passos necessários para ligar dois pontos. De acordo com a figura 4, o nódulo mais acessível é o C, já que em apenas 7 passos ou etapas ele se liga a todos os demais vértices do sistema.

A partir do conhecimento do valor do índice de acessibilidade associado a cada vértice, tanto em relação à matriz T quanto em relação à matriz de menor caminho, pode-se obter um valor médio para todos os vértices da rede.

4. A Técnica de Reed

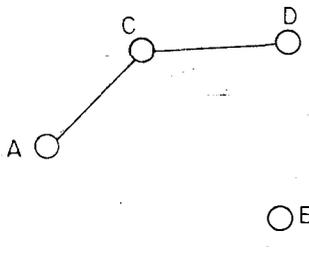
No trabalho intitulado *Indirect Connectivity and Hierarchies of Urban Dominance*⁽²¹⁾ o autor expõe e aplica uma técnica calcada na teoria dos grafos. Baseado no fato de que a análise de uma rede apresenta-se muito complexa, Reed, baseado em H. H. Winsborough, W. R. Farley e N. D. Crowder, propõe um tipo de operacionalização simplificada e detalhada, como é demonstrada na figura 5 e tabela I. Ela pode ser resumida do seguinte modo: a) organiza-se um grafo do sistema complexo; b) a partir do grafo, prepara-se uma matriz de conexão e uma matriz de menor caminho ou matriz C, onde todos os vértices do sistema aparecem conectados em um ou mais passos; c) veri-

A TÉCNICA DE REED



	A	B	C	D	E	F	Σ	DMG
A	0	1	1	2	2	2	8	1.60
B	1	0	2	1	1	1	6	1.20
C	1	2	0	1	3	3	10	2.00
D	2	1	1	0	2	2	8	1.60
E	2	1	3	2	0	2	10	2.00
F	2	1	3	2	2	0	10	2.00

MATRIZ C



	A	B	C	D	E	F	Σ	DMG	C-C(1)
A	0	0	1	2	0	0	3	1.50	0.10
B	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
C	1	0	0	1	0	0	2	1.00	1.00
D	2	0	1	0	0	0	3	1.50	0.10
E	0	0	0	0	0	0	0	0.00	2.00
F	0	0	0	0	0	0	0	0.00	2.00

MATRIZ C (1)

GRAFO DO SUBSISTEMA EXCETO B

TOTAL 5.20
MUDANÇA MÉDIA 1.04

Fig.5

TABELA 1

Exemplo da Aplicação da Técnica de Reed

SISTEMA COMPLETO

Cidades	Passos	CA *	DMG
A	8	5	1.60
B	6	5	1.20
C	10	5	2.00
D	8	5	1.60
E	10	5	2.00
F	10	5	2.00

SUBSISTEMA (exceto cidade B)

Cidades	Passos	CA	DMG	C-C(1)
A	3	2	1.50	0.10
B	—	—	—	—
C	2	2	1.00	1.00
D	3	2	1.50	0.10
E	0	0	0.00	2.00
F	0	0	0.00	2.00
				5.20

Mudança Média = 1.04

* Cidades Alcançadas.

fica-se o índice de acessibilidade para cada vértice; d) obtém-se a distância média do grafo ou DMG, dividindo-se o índice de acessibilidade pelo número de vértices menos um; e) passa-se a um processo de retirada de cada vértice, originando grafos e matrizes de subsistemas; f) a cada vértice retirado corresponde na respectiva célula da matriz o valor zero; g) verifica-se o índice de acessibilidade e o DMG para cada matriz do subsistema; h) compara-se o valor relativo ao DMG da matriz completa com o DMG de cada matriz do subsistema, e o somatório da diferença entre ambos, dividido pelo número de vértices menos 1, originará uma medida denominada mudança média (*mean change*). Segundo Reed, a mudança média é um índice de acessibilidade mais refinado, permitindo uma hierarquização mais precisa; quanto maior a mudança média maior a acessibilidade do vértice no sistema. Em outras palavras, maior a mudança média que a retirada de uma cidade cause num sistema urbano, maior a acessibilidade que esta cidade fornece ao sistema, e maior a sua autonomia, isto é, a sua não dependência em relação a outros centros.

A aplicação desta técnica foi realizada, com resultados satisfatórios, num grupo de cidades da Índia servidas por ligações aéreas. A partir do grafo completo, com as 40 cidades, foi organizada a matriz de conexão e todo o processamento se efetuou, conforme o indicado anteriormente. Numa primeira fase foram destacadas aquelas cidades cuja retirada registrou as maiores mudanças médias, constituindo o primeiro nível de conectividade do sistema. A partir desta etapa, todo o processamento foi repetido para as cidades remanescentes, e mais três níveis foram identificados:

- primeiro nível —Bombaim, Calcutá, Delhi, Madras e Hyderabad.
- segundo nível —Agra, Bangalore, Cochin, Patna, Varanasi e Visakhapatnam.
- terceiro nível —Jamshedpur.
- quarto nível —todas as cidades restantes, classificadas em subsistemas triplos, duplos e isolados, ou seja, três cidades interconectadas, duas cidades interconectadas e cidades isoladas.

II. ANÁLISE DO MATERIAL EMPÍRICO

A. Matriz de Conexão do Sistema

De acordo com a hipótese formulada, o objetivo do trabalho era a verificação do padrão de conexão do sistema urbano Guanabara-Rio de Janeiro, utilizando o fluxo de ônibus entre pares de cidades, visando determinar subsistemas sob o comando de cidades do interior.

A partir da computação dos dados sobre ligações diárias de ônibus entre as 63 cidades do sistema, foi organizada uma tabela, indicando, para cada vértice, todas as suas ligações, como pode ser verificado no anexo II. Numa primeira fase de elaboração do trabalho foram computadas, em cada linha, as ligações existentes entre os terminais, entre cada um destes e as seções e entre estas entre si. Por exemplo, no caso da ligação existente entre a cidade do Rio de Janeiro e Campos, com seção em Araruama e Macaé, houve um desdobramento nas seguintes

conexões: 1 — Rio de Janeiro-Campos; 2 — Rio de Janeiro-Araruama; 3 — Rio de Janeiro-Macaé; 4 — Campos-Araruama; 5 — Campos-Macaé; e 6 — Araruama-Macaé. Todas estas ligações foram consideradas diretas.

O tratamento gráfico da tabela gerou um grafo em circuito, dado a possibilidade de opção no caminho a seguir entre dois vértices. Este grafo, constituído por 63 vértices e 341 ligações, mostrou, claramente, o importante papel representado pela cidade do Rio de Janeiro dentro deste sistema urbano, dado a grande quantidade de ligações convergindo para a metrópole. Também a cidade de Niterói, Nova Iguaçu, Nova Friburgo e Campos apresentaram-se como focos de convergência de linhas.

Este grafo foi transformado numa matriz de conexão binária, constituída por 63 linhas e 63 colunas, onde todas as ligações diretas foram representadas através do número 1 e as células não preenchidas foram ocupadas pelo zero. Este fato exigiu a potenciação da matriz visando conectar todos os vértices do sistema entre si, através de ligações indiretas, ou melhor, através de ligação de dois vértices não conectados diretamente por meio de um ponto intermediário.

B. Potenciação e Ponderação da Matriz de Conexão do Sistema

Em virtude de a matriz de conexão apresentar apenas ligações diretas entre pares de cidades, a potenciação se tornou necessária para determinar as ligações indiretas entre dois vértices, passando por um ou mais vértices intermediários. Ao mesmo tempo que se processava a potenciação, também a ponderação era realizada, visto a característica de primazia já visualizada no grafo do sistema. O processo de potenciação foi realizado até a quarta potência, quando todas as células da matriz apresentaram-se com valores diferentes de zero; este fato significava que, em quatro passos ou em quatro etapas, qualquer par de cidades do sistema poderia ser conectado por ligação de ônibus, caracterizando-se o diâmetro da rede com valor 4.

Os pesos ou medidas escalares utilizadas na ponderação da matriz potenciada foram 0.4, 0.2 e 0.1. A escolha destes baixos valores liga-se ao fato já enunciado, de que grandes valores escalares têm o efeito de acentuar as conexões indiretas, aumentando a acessibilidade do nó-dulo mais central do sistema⁽²²⁾. Como a potenciação não explicitamente ponderada, na realidade está realizando uma ponderação pelo escalar 1, a diminuição deste valor vinha atender a uma exigência da pesquisa.

Os resultados das operações citadas mostraram diferentes valores de conexão entre uma cidade e todas as outras do sistema, considerando-se ligações diretas e indiretas, e a principal conexão de uma cidade foi indicada pelo maior valor expresso em sua linha de conexão, correspondente a uma determinada cidade, como se pode verificar na tabela 2. Esta tabela indica, para os três escalares, a relação das cidades que concentram maiores conexões com cada uma das 63 cidades do sistema. Como exemplo, podemos citar, em relação ao uso do escalar 0.4, que as cidades do Rio de Janeiro, Niterói e Nova Friburgo surgem como vértices centralizadores de conexões. À proporção que o valor do escalar diminui, novos centros aparecem nesta função: Campos, Itaperuna, Barra do Piraí, Nova Iguaçu, Angra dos Reis, Barra Mansa e Três Rios, em relação ao escalar 0.1.

TABELA 2

*Subordinação de cada cidade do Sistema, segundo o escalar usado na
Potenciação Ponderada da Matriz de Conexão*

Cidades	Escalar 0.4	Escalar 0.2	Escalar 0.1
1	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
2	Niterói	Niterói	Niterói
3	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
4	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
5	Niterói	Niterói	Niterói
6	Niterói	Niterói	Niterói
7	Niterói	Niterói	Niterói
8	Niterói	Niterói	Niterói
9	Niterói	Niterói	Niterói
10	Niterói	Niterói	Niterói
11	Niterói	Niterói	Niterói
12	Niterói	Niterói	Nova Friburgo
13	Niterói	Niterói	Niterói
14	Niterói	Niterói	Niterói
15	Niterói	Niterói	Niterói
16	Nova Friburgo	Nova Friburgo	Nova Friburgo
17	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
18	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
19	Niterói	Niterói	Niterói
20	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
21	Niterói	Niterói	Niterói
22	Niterói	Niterói	Niterói
23	Niterói	Itaperuna	Itaperuna
24	Niterói	Niterói	Niterói
25	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
26	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
27	Niterói	Niterói	Niterói
28	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
29	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Barra do Pirai
30	Niterói	Niterói	Niterói
31	Niterói	Niterói	Niterói
32	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
33	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
34	Niterói	Niterói	Niterói
35	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
36	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Nova Iguaçu
37	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
38	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Angra dos Reis
39	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
40	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
41	Niterói	Niterói	Niterói
42	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
43	Niterói	Niterói	Niterói
44	Rio de Janeiro	Barra Mansa	Barra Mansa
45	Rio de Janeiro	Três Rios	Três Rios
46	Niterói	Niterói	Niterói
47	Niterói	Niterói	Niterói
48	Niterói	Niterói	Niterói
49	Niterói	Niterói	Niterói
50	Niterói	Niterói	Niterói
51	Niterói	Campos	Campos
52	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro

Cidades	Escalar 0.4	Escalar 0.2	Escalar 0.1
53	Niterói	Niterói	Niterói
54	Niterói	Nova Friburgo	Nova Friburgo
55	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
56	Niterói	Niterói	Niterói
57	Niterói	Niterói	Niterói
58	Nova Friburgo	Nova Friburgo	Nova Friburgo
59	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
60	Niterói	Niterói	Niterói
61	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
62	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
63	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro

Ainda em relação à Análise da matriz potenciada e ponderada, verificou-se o valor do índice de acessibilidade relativo a cada vértice do sistema, através do somatório da linha ou coluna referente a cada cidade, aparecendo mais uma vez a cidade do Rio de Janeiro com os valores mais elevados, seguida muito de perto pela cidade de Niterói. Estas duas cidades, conforme pode ser verificado na tabela 3, apresentam valores muito afastados daqueles relativos a todas as outras cidades do sistema.

Verifica-se que, de acordo com a análise dos valores do índice de acessibilidade e de acordo com os dados da tabela 2, as cidades do Rio de Janeiro e Niterói possuem todo o comando do sistema. Este fato, à primeira vista estranho, pela integração da cidade de Niterói na área metropolitana do Rio de Janeiro, pode ser explicado pelo papel de capital administrativa de Niterói; este fato já havia sido verificado em pesquisa anterior ⁽²⁴⁾, onde se comprovou a dominação desta cidade numa área específica do Estado.

Os resultados obtidos mostraram a operacionalidade da técnica e foram considerados satisfatórios, mas não possibilitaram a caracterização do sistema dentro dos objetivos do trabalho, perfeitamente cabíveis face ao conhecimento da área e manipulação dos dados. Daí a utilização de uma metodologia mais detalhada, levando-se em conta que o analista, ao utilizar grafos para estudar relações muito complexas entre os componentes de seus sistemas, necessita descer, frequentemente, a nível de detalhe, utilizando operações simplificadoras ⁽¹⁷⁾.

TABELA 3

Índice de Acessibilidade Segundo os Diferentes Escalares Utilizados Na Potenciação da Matriz de Conexão

Cidades	s=0.4	s=0.2	s=0.1
1	481	37	4.0
2	1138	87	8.7
3	894	70	7.6
4	1169	91	9.5
5	1815	138	13.7
6	563	42	4.1
7	937	72	7.1
8	1614	123	12.0
9	935	71	6.9
10	1536	194	19.6
11	1725	132	13.1

Cidades	s=0.4	s=0.2	s=0.1
12	731	56	5.6
13	363	28	2.8
14	761	58	5.8
15	1961	150	14.8
16	412	31	3.1
17	1555	119	11.7
18	421	33	3.5
19	457	35	3.7
20	467	36	3.6
21	1131	86	8.3
22	1868	143	14.3
23	135	10	1.1
24	1186	91	9.2
25	1229	94	9.1
26	443	34	3.3
27	239	18	1.7
28	421	33	3.5
29	220	17	1.8
30	1496	114	11.1
31	870	66	6.4
32	771	58	5.7
33	3164	245	25.3
34	2509	192	19.4
35	2265	174	17.5
36	337	26	2.8
37	694	54	5.5
38	38	3	0.3
39	1368	105	10.6
40	777	60	6.2
41	1021	78	7.7
42	739	56	5.6
43	489	39	4.1
44	175	14	1.5
45	156	12	1.4
46	3201	248	25.7
47	826	63	6.2
48	841	64	6.2
49	1860	142	13.8
50	274	21	2.1
51	186	14	1.3
52	990	75	7.3
53	997	76	7.5
54	571	43	4.2
55	749	57	5.8
56	312	24	2.5
57	312	24	2.5
58	272	20	2.0
59	1238	95	9.4
60	626	47	4.7
61	712	56	5.9
62	590	46	5.0
63	587	46	5.0

C. Aplicação da Técnica de Reed

A análise do sistema urbano Guanabara-Rio de Janeiro, face à hipótese formulada, foi feita com base na transformação do sistema de ligações por ônibus em um grafo e transformação deste grafo numa matriz de conexão, indicando as ligações diretas entre pares de lugares do sistema.

A partir desta matriz, as conexões indiretas foram identificadas através da potenciação e ponderação da matriz inicial. Levando-se em conta o caráter de sistema dominado por uma metrópole, utilizou-se, inclusive, a menor ponderação possível. Mesmo assim, a caracterização de subsistemas não se tornou bem clara, face à extrema dominação existente. Mas as evidências empíricas e resultados de pesquisas já realizadas⁽²⁴⁾, indicavam a presença de subsistemas comandados por cidades do interior. Por isto, a aplicação da técnica utilizada por Reed na análise do sistema urbano indiano foi realizada utilizando-se a mesma sistemática anterior, constituída por 63 vértices e 341 ligações. Toda a esquematização proposta por Reed foi seguida, mas os resultados não foram considerados satisfatórios. A análise do problema indicou que a questão se prendia à organização dos dados e não à técnica utilizada. Verificou-se que a consideração dos valores relativos às ligações diretas, para definir o volume de ligações das cidades que funcionavam como seções em uma determinada linha, faziam crescer demasiadamente os valores destas cidades em relação àquelas outras que funcionavam realmente como pontos terminais ou iniciais de uma linha de ônibus.

A cidade de Bom Jardim, por exemplo, que funciona como seção quase obrigatória nas ligações de Nova Friburgo com o norte do Estado e nas ligações desta área com a região metropolitana, apareceu com posição muito destacada, apesar de sua reconhecida baixa centralidade. Verificou-se, outrossim, que o fluxo utilizado por Reed, relativo às viagens aéreas, não incluía cidades seções situadas tão próximas uma das outras, face às características do fluxo e extensão do País.

Em vista deste fato, novo caminho foi tomado, na base de uma completa reformulação dos dados, que atingiu todas as etapas do processamento.

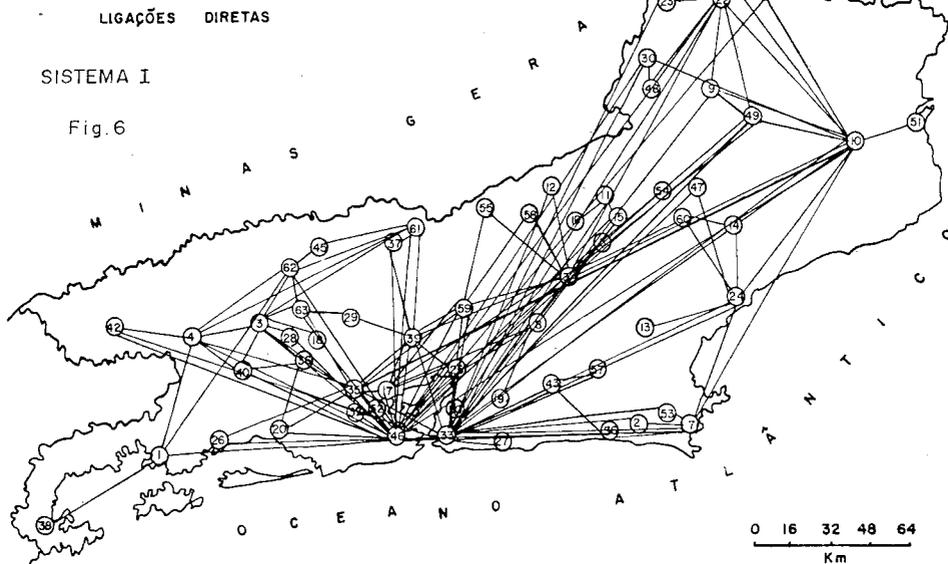
A reformulação foi iniciada com nova tabulação das ligações entre pares de lugares, considerando-se como ligação direta apenas aquelas existentes entre os pontos terminais de uma linha; todas as outras ligações foram consideradas indiretas, isto é, realizadas através de vértices intermediários. Nesta fase do trabalho, duas cidades foram excluídas do sistema, visto não funcionarem como pontos terminais de nenhuma linha interurbana existente na rede; são elas as cidades de Itaocara e Rio Claro.

A fase seguinte foi a transformação desta tabela em grafo, denominado Sistema I, conforme mostra a figura 6, com 61 vértices e 154 ligações.

A partir do grafo foi organizada uma matriz de conexão binária, quadrada e simétrica, cujos valores iguais a um indicavam presença de ligação direta e o valor zero indicava ausência da ligação direta.

Uma matriz de menor caminho foi organizada a partir da matriz de conexão, verificando-se o número de passos necessários para conectar cada par de lugares não conectados diretamente. Verificou-se que aquelas cidades que possuíam ligações com o Rio de Janeiro e Niterói

SISTEMA URBANO GUANABARA - RIO DE JANEIRO



apresentavam menor número de passos em suas conexões com o sistema do que aquelas cidades que apenas se conectavam com as cidades do interior. Concluída a matriz de menor caminho, o somatório de cada linha ou coluna permitiu a obtenção do índice de acessibilidade ou número de passos relativos a cada vértice do sistema, o que possibilitou uma hierarquização preliminar, como pode ser verificado na tabela 4. De acordo com as características da matriz de menor caminho, quanto menor o índice maior a acessibilidade do centro, visto indicar que num menor número de passos o vértice se conecta com as outras cidades do sistema. Analisando a tabela, verifica-se que as cidades do Rio de Janeiro e Niterói aparecem com índice igual a 94, seguidas de Campos e Nova Friburgo, com valores iguais a 111 e 112, respectivamente; as menores acessibilidades foram registradas para Parati e Duas Barras, com índices iguais a 207 e 209.

A partir deste índice de acessibilidade, conforme indicado por Reed, passou-se à fase de verificação do valor correspondente ao DMG ou distância média do grafo, dividindo-se o valor do índice relativo a cada vértice por 60, isto é, o total de vértices menos um, conforme indicação da tabela 4. Os valores relativos ao DMG vão repetir a ordem hierárquica do índice de acessibilidade, aparecendo o Rio de Janeiro e Niterói com menores valores, indicando maior acessibilidade e Parati e Duas Barras, com maiores valores, indicando menor acessibilidade.

Tanto o índice bruto de acessibilidade quanto o DMG são consideradas medidas insuficientes, segundo Reed, para gerar uma hierarquização satisfatória.

Daí a fase seguinte do trabalho relacionar-se com a retirada de cada vértice do sistema e verificação do valor da mudança média obtida com cada retirada. Pelo exposto anteriormente, quanto maior o valor da mudança média relativa à retirada de um vértice maior a sua centralidade no sistema. Nesta fase, dois problemas surgiram, indicando

TABELA 4

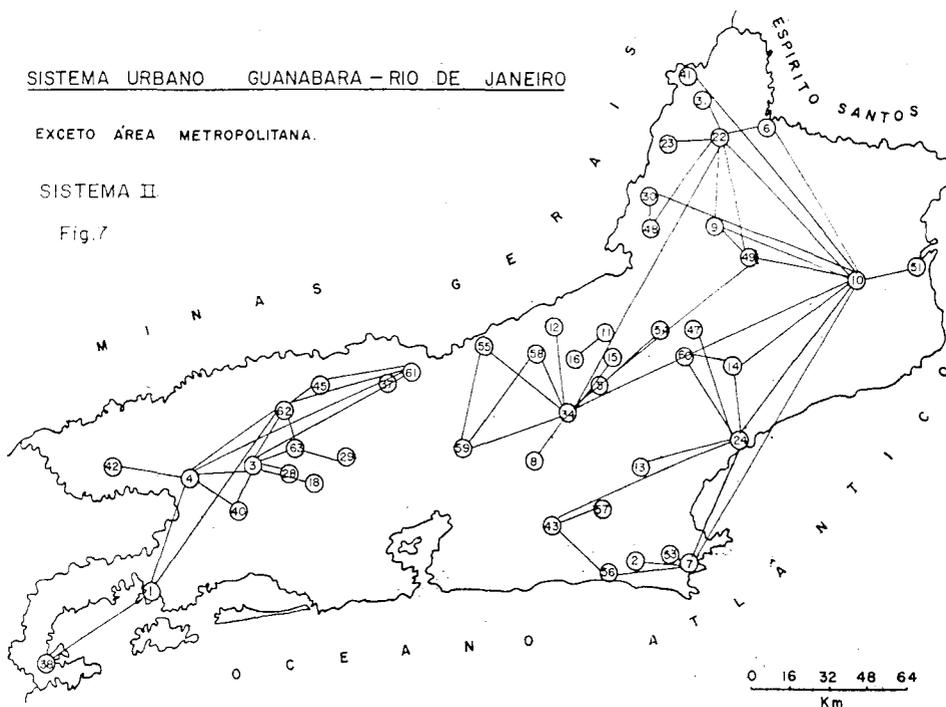
Valores relativos ao Índice de Acessibilidade e DMG

Cidades	N.º de Passos (Índice de acessibilidade)	CA (*)	DMG
1 — Angra dos Reis	149	60	2.48
2 — Araruama	254	60	2.57
3 — Barra do Piraí	140	60	2.33
4 — Barra Mansa	142	60	2.37
5 — Bom Jardim	170	60	2.83
6 — Bom Jesus do Itabapoana	153	60	2.55
7 — Cabo Frio	126	60	2.10
8 — Cachoeiras de Macacu	147	60	2.45
9 — Cambuci	145	60	2.42
10 — Campos	111	60	1.85
11 — Cantagalo	150	60	2.50
12 — Carmo	146	60	2.43
13 — Casimiro de Abreu	202	60	3.37
14 — Conceição de Macabu	146	60	2.43
15 — Cordeiro	126	60	2.10
16 — Duas Barras	209	60	3.48
17 — Duque de Caxias	128	60	2.13
18 — Engenheiro Paulo de Frontin	199	60	3.32
19 — Itaboraí	150	60	2.50
20 — Itaguaí	150	60	2.50
22 — Itaperuna	117	60	1.95
23 — Laje do Muriaé	176	60	2.93
24 — Macaé	142	60	2.37
25 — Magé	150	60	2.50
26 — Mangaratiba	151	60	2.52
27 — Maricá	153	60	2.55
28 — Mendes	150	60	2.50
29 — Miguel Pereira	150	60	2.50
30 — Miracema	130	60	2.17
31 — Natividade	176	60	2.93
32 — Nilópolis	150	60	2.50
33 — Niterói	94	60	1.57
34 — Nova Friburgo	112	60	1.87
35 — Nova Iguaçu	118	60	1.97
36 — Paracambi	136	60	2.27
37 — Paraíba do Sul	150	60	2.50
38 — Parati	207	60	3.45
39 — Petrópolis	119	60	1.98
40 — Piraí	148	60	2.47
41 — Porciúncula	150	60	2.50
42 — Resende	149	60	2.48
43 — Rio Bonito	148	60	2.47
45 — Rio das Flores	198	60	3.30
46 — Rio de Janeiro	94	60	1.57
47 — Santa Maria Madalena	151	60	2.52
48 — Santo Antônio de Pádua	174	60	2.90
49 — São Fidélis	121	60	2.02
50 — São Gonçalo	152	60	2.53
51 — São João da Barra	170	60	2.83
52 — São João de Meriti	148	60	2.47
53 — São Pedro d'Aldeia	152	60	2.53

Cidades	N.º de Passos (Índice de acessibilidade)	CA (*)	DMG
54 — São Sebastião do Alto	171	60	2.85
55 — Sapucaia	168	60	2.80
56 — Saquarema	151	60	2.52
57 — Silva Jardim	157	60	2.62
58 — Sumidouro	169	60	2.81
59 — Teresópolis	122	60	2.03
60 — Trajano de Morais	162	60	2.70
61 — Três Rios	144	60	2.40
62 — Valença	143	60	2.38
63 — Vassouras	149	60	2.48

* Cidades alcançadas.

uma necessidade de alteração no processamento: 1 — massa enorme de cálculos a serem realizados, face à inexistência de programação para este tipo de análise. Considerando-se que o universo era ocupado por 61 vértices, a retirada de cada um, separadamente, exigiria organização de 61 novas matrizes de conexões e de menor caminho, baseadas no mesmo número de grafos; 2 — enorme demanda de tempo para estas operações. Em virtude desta necessidade de simplificação de cálculos e face ao objetivo proposto para o trabalho, resolveu-se retirar todos os vértices componentes da área metropolitana, bem como todas as suas ligações com o sistema. Com a retirada da área metropolitana foi derivado um grafo subdividido em duas partes: subsistema leste e subsistema oeste, conforme indicado na figura 7, constituindo o chamado sistema II. O subsistema oeste, constituído por 14 vértices e 20 ligações, opõe-se ao subsistema leste, muito mais amplo, constituído por 33 cidades e 45 ligações.



A análise da figura 7 demonstra, de imediato, duas séries de conclusões: 1 — a ausência da área metropolitana desintegra o sistema subdividindo-o em duas partes desconectadas; 2 — permanência de conexões entre as cidades do interior, apesar da retirada das ligações com a metrópole e sua área. Este último fato, por si só, comprovaria a hipótese inicialmente formulada de que as cidades do interior do sistema já possuiriam suficiente poder para comandar suas respectivas áreas de influência.

A partir dos dois subsistemas, preparou-se, para cada um, uma matriz de conexão e uma matriz de menor caminho, de onde foi extraído o índice de acessibilidade e o DMG, conforme indicado na tabela 5. Sucessivamente retirou-se cada um dos vértices dos subsistemas, originando valores ligados à mudança média que a retirada de cada nóculo fazia ao sistema. Os valores são muito desiguais em virtude da desigualdade das alterações realizadas. A retirada de um vértice pode isolar um ou mais vértices do sistema, enquanto a retirada de outros não afeta em nada as conexões; é o caso de Nova Friburgo, por exemplo, cuja retirada isola completamente as cidades de Carmo, Bom Jardim e Cachoeiras de Macacu, além de isolar dois grupos de subsistemas constituídos, respectivamente, por Teresópolis, Sapucaia e Sumidouro, Duas Barras, Cordeiro e Cantagalo; a retirada de um vértice como São João da Barra, por exemplo, em nada afeta o restante das conexões, já que ele se apresenta como um vértice completamente fora dos circuitos existentes.

Os maiores valores relativos à mudança média, conforme indicado na tabela 5, relacionam-se com Barra do Pirai, no subsistema oeste e com Nova Friburgo e Campos, no subsistema leste. Estas cidades passaram a constituir o segundo nível de acessibilidade, já que o primeiro nível foi considerado atributo da área metropolitana.

TABELA 5

Sistema II

Valores Relativos ao Índice de Acessibilidade, DMG e Mudança Média

Subsistema Oeste

Cidades	N.º de Passos (Índice de Acessibilidade)	N.º de Passos		Mudança Média **
		CA *	DMG	
1 — Angra dos Reis	27	13	2.07	220
3 — Barra do Pirai	20	13	1.53	480
4 — Barra Mansa	21	13	1.61	250
18 — Engenheiro Paulo de Frontin	32	13	2.46	33
28 — Mendes	32	13	2.46	33
29 — Miguel Pereira	39	13	3.00	80
37 — Paraíba do Sul	35	13	2.69	56
38 — Parati	39	13	3.00	80
40 — Pirai	28	13	2.15	20
42 — Resende	33	13	3.53	30
45 — Rio das Flores	30	13	2.30	30
61 — Três Rios	23	13	1.76	240
62 — Valença	20	13	1.53	110
63 — Vassouras	26	13	2.00	200

* CA — Cidades alcançadas.

** Valor absoluto multiplicado por 1.000.

Subsistema leste

Cidades	N.º de Passos (Índice de Acessibilidade)	CA	DMG	Mudança Média
2 — Araruama	107	32	3.34	27
5 — Bom Jardim	93	32	2.91	19
6 — Bom Jesus do Itabapoana	84	32	2.63	13
7 — Cabo Frio	76	32	2.38	260
8 — Cachoeiras de Macacu	92	32	2.87	20
9 — Cambuci	83	32	2.59	14
10 — Campes	57	32	1.78	690
11 — Cantagalo	117	32	3.66	260
12 — Carmo	92	32	2.88	20
13 — Casimiro de Abreu	104	32	3.25	14
14 — Conceição de Macabu	81	32	2.53	15
15 — Cordeiro	90	32	2.81	320
16 — Duas Barras	148	32	4.63	70
22 — Itaperuna	67	32	2.09	370
23 — Laje do Muriaé	99	32	3.09	10
24 — Macaé	74	32	2.31	340
30 — Miracema	87	32	2.72	15
31 — Natividade	101	32	3.16	20
34 — Nova Friburgo	61	32	1.91	860
41 — Porciúncula	88	32	2.75	10
43 — Rio Bonito	100	32	3.13	200
47 — Santa Maria Madalena	104	32	3.25	20
48 — Santo Antônio de Pádua	95	32	2.97	20
49 — São Fidélis	72	32	2.25	20
51 — São João da Barra	89	32	2.78	10
53 — São Pedro d'Aldeia	106	32	3.31	23
54 — São Sebastião do Alto	92	32	2.88	20
55 — Sapucaia	90	32	2.81	22
56 — Squarema	104	32	3.25	30
57 — Silva Jardim	131	32	4.09	40
58 — Sumidouro	95	32	2.97	15
59 — Teresópolis	90	32	2.81	21
60 — Trajano de Morais	76	32	2.38	20

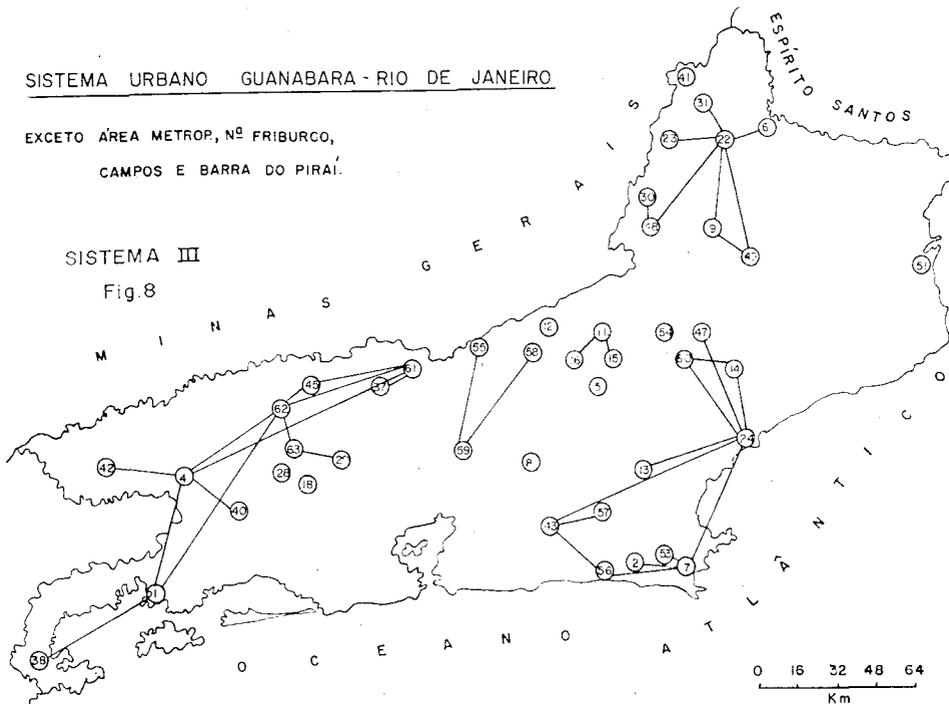
A continuação do processamento, com a retirada destas três cidades, originou o grafo representado na figura 8, que mostra três subsistemas, denominados oeste, norte e sudeste. Um fato a registrar é a permanência do subsistema oeste, enquanto o subsistema leste se desconectou. A partir deste grafo novas matrizes de conexões e de menor caminho foram construídas, novos índices de acessibilidade e DMG foram calculados, de acordo com as indicações da tabela 6. No subsistema oeste as cidades de Barra Mansa e Valença aparecem com maiores valores relativos à mudança média; no subsistema norte aparece a cidade de Itaperuna como a mais importante e no subsistema sudeste destacam-se as cidades de Macaé e Cabo Frio. Estas cinco cidades passaram a integrar o terceiro nível de acessibilidade do sistema e sua retirada gerou o grafo indicado na figura 9. A análise deste grafo permite identificar dois níveis sucessivos: o quarto nível de acessibilidade, constituído por aquelas cidades que constituem pequenos subsistemas duplos e triplos, como: Angra dos Reis-Parati, Vassouras-Miguel Pereira, Rio das Flores-Três Rios-Paraíba do Sul, Sapucaia-Teresópolis-Sumidouro, Duas Barras-Cordeiro-Cantagalo, Squarema-Rio

SISTEMA URBANO GUANABARA - RIO DE JANEIRO

EXCETO ÁREA METROP. Nº FRIBURGO,
CAMPOS E BARRA DO PIRAI.

SISTEMA III

Fig.8



Bonito-Silva Jardim, Trajano de Moraes-Conceição de Macabu, São Fidélis-Cambuci e Miracema-Santo Antônio de Pádua. O quinto nível é constituído por aquelas cidades menos acessíveis do sistema, que se encontram isoladas no grafo representado na figura 9.

SISTEMA URBANO GUANABARA - RIO DE JANEIRO

EXCETO ÁREA METROP. Nº FRIBURGO
CAMPOS, B. DO PIRAI, B. MANSA-
ITAPIRUNA, MACAÉ, CABO FRIO
E VALENÇA

SISTEMA IV

Fig.9

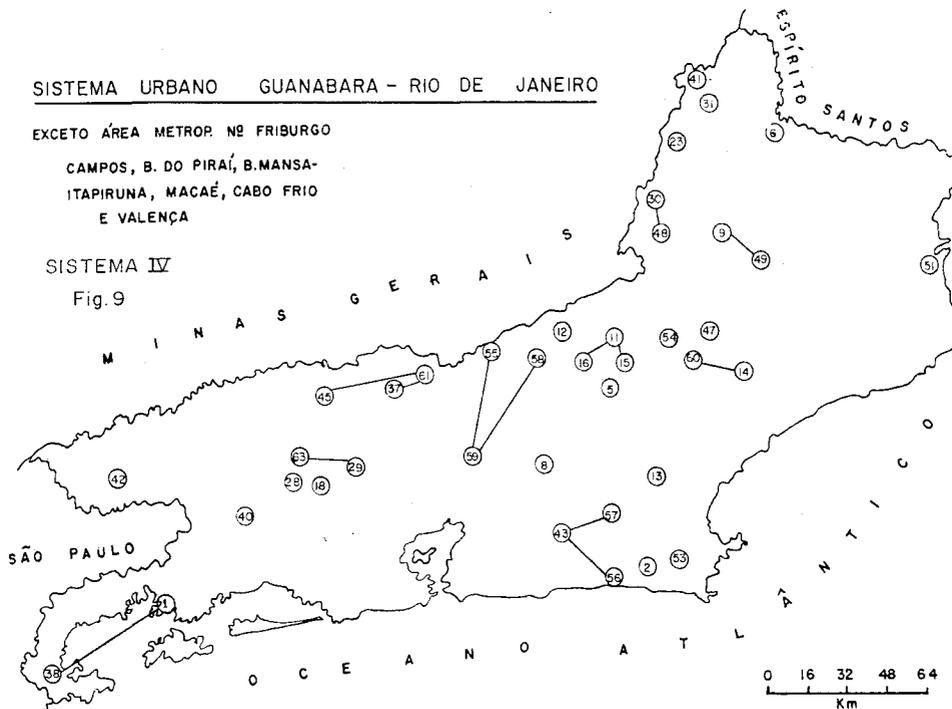


TABELA 6

Sistema III

Valores Relativos ao Índice de Acessibilidade, DMG e Mudança Média

Subsistema Oeste

Cidades	N.º de Passos (Índice de Acessibilidade)	CA *	DMG	Mudança Média **
1 — Angra dos Reis	19	10	1.90	344
3 — Barra do Piraí	—	—	—	—
4 — Barra Mansa	16	10	1.60	602
18 — Engenheiro Paulo de Frontin	0	0	0	0
28 — Mendes	0	0	0	0
29 — Miguel Pereira	31	10	3.10	132
37 — Paraíba do Sul	28	10	2.80	89
38 — Parati	28	10	2.80	89
40 — Piraí	25	10	2.50	67
42 — Resende	25	10	2.50	67
45 — Rio das Flores	22	10	2.20	45
61 — Três Rios	18	10	1.80	338
62 — Valença	15	10	1.50	422
63 — Vassouras	22	10	2.20	330

* Cidades alcançadas.

** Valor absoluto multiplicado por 1.000.

Subsistema Norte

Cidades	N.º de Passos (Índice de Acessibilidade)	CA	DMG	Mudança Média
6 — Bom Jesus do Itabapoana	14	7	2.00	25
9 — Cambuci	13	7	1.85	41
22 — Itaperuna	8	7	1.14	998
23 — Laje do Muriaé	14	7	2.00	25
30 — Miracema	18	7	2.57	164
31 — Natividade	14	7	2.00	25
48 — Santo Antônio de Pádua	12	7	1.71	381
49 — São Fidélis	13	7	1.85	41

Subsistema Sudeste

Cidades	N.º de Passos (Índice de Acessibilidade)	CA	DMG	Mudança Média
2 — Araruama	26	10	2.60	83
7 — Cabo Frio	17	10	1.70	697
13 — Casimiro de Abreu	23	10	2.30	39
14 — Conceição de Macabu	22	10	2.20	51
24 — Macaé	14	10	1.40	780
43 — Rio Bonito	19	10	1.90	371
47 — Santa Maria Madalena	23	10	2.30	39
53 — São Pedro d'Aldeia	26	10	2.60	83
56 — Saquarema	22	10	2.20	101
57 — Silva Jardim	28	10	2.80	100
60 — Trajano de Moraes	22	10	2.20	51

III. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Na análise de um sistema urbano, diferenciações bem marcantes podem ser identificadas e este fato é característico do sistema Guanabara-Rio de Janeiro. Esta diferenciação se baseia, principalmente, na maior ou menor centralidade, a partir do número e alcance das funções centrais ou funções urbanas típicas. Este grau de centralidade pode ser determinado pela existência de ligações de ônibus entre pares de cidades, possibilitando compra de bens e utilização de serviços. Caso as ligações de ônibus não existam entre todas as cidades, verifica-se a necessidade de ligações indiretas, exigindo maior ou menor número de etapas ou passos na conexão entre duas cidades.

Estes fatos podem ser perfeitamente visualizados através de uma transformação gráfica dos dados e posterior tratamento matricial, de onde se origina um índice de acessibilidade ou medidas dele decorrentes, capazes de identificar diferentes níveis de centralidade ou diferentes níveis hierárquicos em um sistema.

A análise do sistema urbano Guanabara—Rio de Janeiro, a partir da existência ou não de linhas de ônibus entre pares de lugares, gerou um grafo e matriz correspondente, a partir da qual foi possível identificar, baseada no índice de acessibilidade, a mudança média relativa a cada cidade do sistema, exceto área metropolitana. A partir do primeiro nível de acessibilidade, ocupado pela área metropolitana, foi possível hierarquizar as cidades do sistema em níveis sucessivos, baseado nos valores relativos à mudança média:

- 1.º nível Área Metropolitana
- 2.º nível Nova Friburgo, Campos e Barra do Pirai
- 3.º nível Barra Mansa, Valença, Itaperuna, Macaé e Cabo Frio
- 4.º nível constituído por subconjuntos triplos e duplos:
Rio das Flores-Paraíba do Sul-Três Rios,
Sapucaia-Teresópolis-Sumidouro,
Rio Bonito-Saquarema-Silva Jardim,
Duas Barras-Cantagalo-Cordeiro,
Angra dos Reis-Parati,
Vassouras-Miguel Pereira,
São Fidélis-Cambuci,
Miracema-Santo Antônio de Pádua, e
- 5.º nível Cidades isoladas, conforme indicação da figura 12.

A área metropolitana, considerada como um todo, apesar das grandes diferenças existentes em seu interior, em termos de população e acessibilidade ou centralidade, domina inegavelmente o sistema todo. De um total de 40.286 ligações diárias de ônibus no interior do sistema Guanabara—Rio de Janeiro, 38.448 interessam à área metropolitana: 37.420 no interior da mesma e 1.028 entre as cidades da área metropolitana e o resto do sistema. Das 14 cidades integrantes da região metropolitana, apenas Rio de Janeiro, Niterói, Petrópolis, Nova Iguaçu, Magé, Duque de Caxias e Paracambi mantêm ligações fora da própria área metropolitana e este fato já é um indicador das diferenciações aí existentes, em termos de níveis de conexões; a cidade do Rio de Janeiro se conecta com 19 cidades não metropolitanas, enquanto Niterói se liga a 22, Petrópolis a 5 e Nova Iguaçu a 4. O fato de Niterói se conectar com maior número de cidades do que o Rio de Janeiro pode ser

explicado pelo papel de capital administrativa estadual, gerando uma série de serviços compatíveis com esta função; esta competição entre as duas cidades também pode ser explicada face à consideração inicial de se estudar este conjunto urbano como um sistema fechado, abstraindo toda e qualquer ligação exterior.

O domínio metropolitano não atinge, porém, escala absoluta, já que persistem conexões interiores, atingindo um total de 1.838 ligações diárias, entre as 47 cidades do sistema, exceto a área metropolitana. Desse total, 992 ligações diárias ocorrem no subsistema oeste, integrado por 14 cidades, enquanto 846 ligações diárias ocorrem no subsistema leste, integrado por 33 cidades. Verifica-se, de imediato, uma maior integração na parte oeste, o que vai explicar a ocorrência do fenômeno de desconexão do sistema leste, com a retirada de Nova Friburgo ou Campos, enquanto o subsistema oeste permanece integrado, com a retirada de Barra do Piraí ou Barra Mansa. Como o grau de conexão é um índice de desenvolvimento do sistema, pode-se afirmar que a parte oeste, situada entre as metrópoles do Rio de Janeiro e São Paulo, é a região mais dinâmica do sistema, tendo sido muito beneficiada pela existência de um poderoso sistema de circulação rododotoferrviário.

Como foi exposto anteriormente, verifica-se que um maior índice de centralidade caracteriza aqueles centros que apresentam maior volume de população. Esta relação, porém, não é absoluta e tal fato foi comprovado na análise deste sistema. No subsistema oeste, a cidade mais populosa é Barra Mansa, conforme indicação do anexo III, aparecendo Barra do Piraí em posição inferior. Mas, em termos de centralidade, Barra do Piraí apresenta nível mais elevado, como mostra a tabela 5. Isto se deve ao fato de Barra Mansa, juntamente com Volta Redonda, constituir importante centro especializado e este fato explica o volume de população, já que a função industrial funciona como fator de atração de população; além disto, outro detalhe pode ser levantado para explicação do problema: A cidade de Barra Mansa, principalmente face à sua posição próxima à fronteira mineira e paulista, funciona como importante foco de ligações interestaduais, mantendo um total de 50 ligações diárias, com 6 cidades externas ao sistema, total só superado pela cidade do Rio de Janeiro, enquanto Barra do Piraí não possui nenhuma ligação exterior, totalizando 298 ligações internas, contra 186 correspondentes a Barra Mansa. Em relação ao subsistema leste, evidencia-se, de imediato, a importância de Nova Friburgo e Campos. A primeira, com o maior índice de centralidade regional, também não possui volume de população compatível com sua centralidade, já que Campos é a cidade mais populosa da região, conforme indicação do anexo III. Este fato também está ligado à tradicional função regional que caracteriza a cidade de Campos, bem como à grande extensão territorial de seu município, originando ligações intra-municipais em detrimento de ligações interurbanas; como neste trabalho só foram computadas estas últimas, a cidade de Campos ficou muito prejudicada em relação ao volume de conexões, refletindo-se este fato no índice de acessibilidade e mudança média. A cidade de Nova Friburgo, situada na região serrana, constitui um centro industrial, funcionando, porém, como importante centro distribuidor de bens e serviços, para inúmeras cidades que gravitam em torno dela, à pequena distância.

Ficou evidente, de acordo com a base conceitual deste trabalho, que diferentes níveis de centralidade ou diferentes níveis de dominação podem ser identificados num sistema urbano, baseados nas ligações intermunicipais de ônibus que refletem o número e alcance das funções centrais. Também ficou evidente que a utilização da teoria dos

grafos permitiu essa constatação, cumprindo o seu papel de técnica descritiva dos traços essenciais das ligações existentes num sistema urbano.

Os resultados mostraram que a hipótese inicial tinha sentido.

Realmente, os diferentes níveis de acessibilidade decorrentes da aplicação da teoria dos grafos mostraram a existência de um padrão de conexões, onde as principais cidades do interior aparecem comandando suas respectivas áreas de influência: constituem cidades subdominantes, num sistema dominado pela metrópole Rio de Janeiro, segundo a formulação de Bogue⁽⁴⁾.

Finalmente, tendo em vista a fusão Guanabara—Rio de Janeiro, propõe-se que, decorrido um certo tempo, nova pesquisa seja realizada com a finalidade de verificar a ocorrência de alterações no padrão atual de conexão.

BIBLIOGRAFIA

1. BERNARDES, Lysia M. C. — Importância da Posição como Fator do Desenvolvimento do Rio de Janeiro. *Aspectos da Geografia Carioca*. Associação dos Geógrafos Brasileiros — Seção Regional do Rio de Janeiro, (1962), 3-17.
2. ———. *O Rio de Janeiro e sua Região*. Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro, (1964), 146 páginas.
3. BERRY, B. J. L. — *Geography of Market Centers and Retail Distribution*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1967, 146 páginas.
4. BOGUE, Donald J. — La Estructura de la Comunidad Metropolitana. *Estudios de Ecología Humana*, editado por G. A. Theodorson, Editorial Labor, S. A., Barcelona (1974), 337-360.
5. BONETTI, Eliseo. A Teoria das Localidades Centrais, Segundo W. Christaller e A. Losch. *Textos Básicos* n.º 1, IPGH, (1968), 1-17.
6. BUNGE, William. The Structure of Contemporary American Geographic Research. *The Professional Geographer*, vol. XIII, n.º 3, (1961), 19-23.
7. CHRISTALLER, W. *Central Places in Southern Germany*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1966, 230 páginas (traduzido para o inglês por C. W. Baskin).
8. DINIZ, M. S. A Rede de Localidades Centrais do Rio Grande do Sul, determinada através da teoria dos grafos. *Boletim Carioca de Geografia*, ano XXIII, (1972), pp. 17-34.
9. EKSTROM, A. And Williamson, M. Transportation and Urbanization. *Urban and Regional Planning*, London, (1971), pp. 37-45.
10. GARRISON, W. L. Connectivity of the Interstate Highway System. *Spatial analysis — A Reader in Statistical Geography*. Ed. B. J. L. Berry and D. F. Marble. Prentice Hall Inc., Englewood cliffs (1968), pp. 239-249.
11. GEIGER, P. P. *Evolução da Rede Brasileira*. INEP, Rio de Janeiro, (1963), 462 páginas.
12. HAGGETT, P. and Chorley, R. J. *Network Analysis in Geography*. Edward Arnold, London (1969), 348 páginas.
13. HARARY, F. *Graph Theory — Series in Mathematics*. Addison Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts, (1969), 274 páginas.
14. HARRIS, C. D. and Ullmann, E. L. The Nature of Cities. *Ann. Amer. Acad. of Politic and Soc. Sc.*, 242. (1945), 1-17.
15. JEFFERSON, M. The Law of Primate City. *Geographical Review*, vol. 29, (1939), 226-232.
16. KANSKY, K. J. Structure of Transport Networks: relationships between network geometry and regional characteristics. *University of Chicago, Department of Geography, Research Papers*, (1963).
17. MACIEL, J. *Elementos da Teoria Geral dos Sistemas*. Editora Vozes, Petrópolis (1974). 200 páginas.

18. NYSTUEN, J. D. and Dacey, M. F. A Graph Theory Interpretation of Nodal Regions. *Spatial Analysis. A Reader in Statistical Geography*, B. J. L. Berry e D. F. Marble, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs. (1968), 407-418).
19. PEDROSA, A. A. Oliveira, M. G. e Correa, R. L. A. *Teoria dos Grafos*. Apostila, Dept. de Geografia — FIBGE (1972), mimeografado.
20. PITTS, F. A Graph Theoretic Approach to Historical Geography. *The Professional Geographer*, vol. XVII, n.º 5, (1965), 15-20.
21. REED, W. E. Indirect Connectivity and Hierarchies of Urban Dominance. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 60, n.º 4, (1970). pp. 770-785.
22. STUTZ, F. P. Accesibility and the Effect of Scalar Variation on the Powered Transportation Connection Matriz. — *Geographical Analysis*, (1973).
23. TAAFFE, E. J., Morrill, R. L. and Gould, P. R., Transport Expansion in Underdeveloped Countries, a comparative analysis. *Geographical Review*, vol. LIII, n.º 4, (1963), 504-529.
24. TEIXEIRA, M. P. V. Rede Fluminense de Localidades Centrais. *Revista Brasileira de Geografia*, ano 34, n.º 3, — (1972). pp. 172-190.

Outras Fontes:

25. *Fundação IBGE*, (1970). Censo Demográfico do Brasil, Estados da Guanabara e Rio de Janeiro.

ANEXO I

IDENTIFICAÇÃO DAS CIDADES DO SISTEMA URBANO GUANABARA—RIO DE JANEIRO

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 — Angra dos Reis | 33 — Niterói |
| 2 — Araruama | 34 — Nova Friburgo |
| 3 — Barra do Pirai | 35 — Nova Iguaçu |
| 4 — Barra Mansa | 36 — Paracambi |
| 5 — Bom Jardim | 37 — Paraíba do Sul |
| 6 — Bom Jesus do Itabapoana | 38 — Parati |
| 7 — Cabo Frio | 39 — Petrópolis |
| 8 — Cachoeiras de Macacu | 40 — Pirai |
| 9 — Cambuci | 41 — Porciúncula |
| 10 — Campos | 42 — Resende |
| 11 — Cantagalo | 43 — Rio Bonito |
| 12 — Carmo | 44 — Rio Claro |
| 13 — Casimiro de Abreu | 45 — Rio das Flores |
| 14 — Conceição de Macabu | 46 — Rio de Janeiro |
| 15 — Cordeiro | 47 — Santa Maria Madalena |
| 16 — Duas Barras | 48 — Santo Antônio de Pádua |
| 17 — Duque de Caxias | 49 — São Fidélis |
| 18 — Eng.º Paulo de Frontin | 50 — São Gonçalo |
| 19 — Itaboraí | 51 — São João da Barra |
| 20 — Itaguaí | 52 — São João de Meriti |
| 21 — Itaocara | 53 — São Pedro d'Aldeia |
| 22 — Itaperuna | 54 — São Sebastião do Alto |
| 23 — Laje do Muriaé | 55 — Sapucaia |
| 24 — Macaé | 56 — Saquarema |
| 25 — Magé | 57 — Silva Jardim |
| 26 — Mangaratiba | 58 — Sumidouro |
| 27 — Maricá | 59 — Teresópolis |
| 28 — Mendes | 60 — Trajano de Moraes |
| 29 — Miguel Pereira | 61 — Três Rios |
| 30 — Miracema | 62 — Valença |
| 31 — Natividade | 63 — Vassouras |
| 32 — Nilópolis | |

ANEXO II

IDENTIFICAÇÃO DAS CIDADES DO SISTEMA URBANO GUANABARA—RIO DE JANEIRO

Ligações Diretas

Cidades	Cidades Alcançadas *
1	3, 4, 38, 40, 44, 46, 62
2	7, 10, 13, 14, 19, 22, 24, 31, 33, 41, 43, 46, 49, 53, 56
3	1, 4, 18, 28, 29, 35, 36, 37, 40, 44, 46, 61, 62, 63
4	1, 3, 17, 33, 35, 37, 40, 42, 44, 46, 61, 62, 63
5	8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 30, 33, 34, 35, 46, 47, 48, 49, 54, 58, 60
6	10, 22, 46, 49
7	2, 10, 19, 24, 33, 43, 46, 53, 56
8	5, 10, 11, 15, 17, 19, 21, 25, 33, 34, 35, 46, 49, 50
9	5, 10, 11, 15, 22, 33, 34, 49
10	2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 17, 21, 22, 24, 30, 31, 33, 34, 35, 41, 46, 48, 49, 51, 53
11	5, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17, 21, 33, 34, 35, 46, 49, 54, 58, 60
12	5, 11, 15, 16, 33, 34, 55, 58, 59
13	2, 24, 33, 43
14	2, 10, 24, 33, 47, 53, 60
15	5, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 19, 21, 22, 30, 33, 34, 35, 46, 47, 48, 49, 54, 58, 60
16	5, 11, 12, 34, 55
17	4, 5, 8, 10, 11, 15, 21, 25, 32, 33, 34, 35, 39, 40, 42, 46, 49, 50, 52, 59
18	3, 28, 29, 36, 46, 63
19	2, 5, 7, 8, 15, 25, 33, 34, 43, 49, 50, 53, 56, 57
20	26, 32, 35, 36, 46, 52
21	5, 10, 11, 15, 17, 22, 30, 33, 34, 35, 46, 48, 49
22	2, 5, 6, 10, 15, 21, 23, 24, 30, 31, 33, 34, 41, 46, 48, 49, 53
23	22
24	2, 7, 10, 13, 14, 22, 31, 33, 41, 43, 46, 47, 49, 53, 60
25	8, 17, 19, 33, 34, 35, 39, 46, 50, 52, 59
26	20, 32, 35, 46, 52
27	33
28	3, 18, 29, 36, 46, 63
29	3, 18, 28, 39, 46, 63
30	5, 10, 15, 21, 22, 33, 34, 46, 48, 49

* Para identificação das cidades alcançadas ver Anexo I.

Cidades

Cidades Alcançadas

31	2, 10, 22, 24, 33, 41, 46, 53, 55
32	17, 35, 46, 52, 59, 20, 26
33	2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 30, 31, 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 56, 57, 58, 59
34	5, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 25, 30, 33, 35, 39, 46, 47, 48, 49, 54, 55, 58, 59, 60
35	3, 4, 5, 8, 10, 11, 15, 17, 20, 21, 25, 26, 32, 33, 34, 36, 39, 46, 49, 50, 52, 59, 63
36	3, 10, 18, 35, 40, 46, 63
37	3, 4, 39, 45, 46, 61, 63
38	1
39	17, 25, 29, 33, 34, 35, 37, 46, 55, 59, 61
40	1, 3, 4, 17, 33, 36, 42, 44, 46, 62
41	2, 10, 22, 24, 31, 33, 46, 55
42	4, 17, 33, 40, 64
43	2, 7, 13, 19, 24, 33, 50, 53, 56, 57
44	1, 3, 4, 40, 62
45	37, 61, 62
46	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 49, 52, 53, 55, 59, 61, 62, 63
47	5, 14, 15, 24, 33, 34
48	5, 10, 15, 21, 22, 30, 33, 34, 49
49	2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 19, 21, 22, 24, 30, 33, 34, 35, 46, 48
50	8, 17, 19, 25, 33, 35, 43, 52, 56, 57
51	10
52	17, 20, 25, 26, 32, 33, 35, 46, 50, 59
53	2, 7, 10, 14, 19, 22, 24, 31, 33, 43, 46, 56
54	5, 11, 15, 34
55	12, 16, 31, 34, 39, 41, 46, 59, 61
56	2, 7, 19, 33, 43, 50, 53
57	19, 33, 43, 50
58	5, 11, 12, 15, 33, 34, 59
59	12, 17, 25, 32, 33, 34, 35, 39, 46, 52, 55, 58
60	5, 11, 14, 15, 24, 34
61	3, 4, 37, 39, 45, 46, 55, 62, 63
62	1, 3, 4, 40, 44, 45, 46, 61, 63
63	3, 4, 18, 28, 29, 35, 37, 46, 61, 62

ANEXO III

POPULAÇÃO DAS CIDADES INTEGRANTES DO SISTEMA URBANO GUANABARA—RIO DE JANEIRO

1970

ÁREA METROPOLITANA

Rio de Janeiro	4 315 746
Nova Iguaçu	331 457
Niterói	291 970
Duque de Caxias	256 582
São João de Meriti	163 934
São Gonçalo	161 392
Petrópolis	116 080
Nilópolis	86 720
Paracambi	22 175
Magé	19 618
Itaguaí	13 528
Itaboraí	9 492
Maricá	5 632
Mangaratiba	3 492

SUBSISTEMAS OESTE

Barra Mansa	195 651
Barra do Pirai	42 713
Três Rios	31 733
Resende	25 517
Valença	24 186
Angra dos Reis	16 513
Vassouras	10 070
Paraíba do Sul	9 933
Mendes	7 682
Engenheiro Paulo de Frontin	4 631
Parati	4 066
Pirai	3 244
Miguel Pereira	3 173
Rio das Flores	1 457

SUBSISTEMA LESTE

Campos	153 310
Nova Friburgo	65 732
Teresópolis	53 462
Macaé	29 348
Itaperuna	26 508
Cabo Frio	25 211
Rio Bonito	16 724
Miracema	12 756
Bom Jesus do Itabapoana	11 011
Santo Antônio de Pádua	9 799
Araruama	8 891
Cachoeiras de Macacu	8 531
São Fidélis	8 283
Conceição de Macabu	7 132
Cordeiro	7 075
São Pedro d'Aldeia	5 249
Natividade	5 073
Porciúncula	5 070
São João da Barra	5 039
Cantagalo	5 004
Saquarema	4 455
Bom Jardim	3 882
Carmo	3 709
Silva Jardim	3 121
Sapuçaia	2 906
Casimiro de Abreu	2 477
Santa Maria Madalena	2 462
Cambuci	2 298
Laje do Muriaé	1 933
Sumidouro	1 321
Trajano de Moraes	1 260
Duas Barras	1 005
São Sebastião do Alto	907

SUMMARY

Considering the existence of urban systems as a group of cities with differentiations, under the functional point of view, and respective connections, some questions can be expressed for a better knowledge of the cities nature, the connections among them and the reciprocal effects among cities and connections. We can include certainly, among so many questions one about the pattern of connections among cities of a same urban system. In order to answer this questions it was proposed a simple model, which describes the relations patterns. This model has its origin in concepts of Christaller, Jefferson, Taaffe, Morrill and Gould, Ekstrom and Willason, and Bogue.

The proposed model, identified as Pattern B, shows an enlargement of the connections among the interior cities, in spite of the metropolitan predominance; the regional capitals of the most important cities of interior maintain a proper system of connections with its influence area.

The assumed hypothesis in this study is that the specific pattern of connection in the urban system Guanabara-Rio de Janeiro fits well in the Pattern B, in an evolution stage allowed by the development of the interrelations among the interior centers, even admitting the predominance exercised by the metropolitan area of Rio de Janeiro over the whole State.

The connections among the system cities consist under the mentioned model the crucial aspect to testify the formulated hypothesis. By this way the empirical material should be related to the interurban connections. There are several connections maintained by pair-of-cities: industrial inputs, industrialized products and general services, among others. From these connections only those related to the retailer distribution and to the services have the characteristic to make part of a system of cities, because it is through a distribution that all parts of a system are connected. Thus, the hypothesis should be testified through those type of interactions. Having in mind that these interactions were realized through the intermunicipal bus connections, this type of information was chose and it is considered the empirical material of the present study.

The connections among the urban centers were defined by the existence or not of bus lines among pairs of the system places, during the year of 1971.

The analysis of the urban system Guanabara-Rio de Janeiro, due to the formulated hypothesis, has been based on the transformation of the bus connections system into a graph and this into a connection matrix, indicating the direct connections among pairs of the system places. From this matrix, the indirect connections were identified through the potentiality and ponderation of the initial matrix. However, in view of the strong methopolitan predominance, the characterization of subsystems became not a reality, and the empirical evidences and results of anterior researches have proved the presense of the subsystems guided by the interior cities. Thus, using the same sistematic it was possible to utilize the technique of Reed, in the analysis of the indian urban system.

Begining by the connection matrix it was organized a matrix of shortest way, and it was verified the necessary steps to connect each pair of places not connected directly. Deduced the shortest way matrix, the total sum of each line or column gave the index of accessibility and corresponding value of the GAD — graph average distance. The next stage of the study is interrelated with each removed vertex of the system and the verification of the value of average change related with the removal.

In virtue of the need of simplification of the account and the objective of the study, it has been stated, to remove all the component vertexes of the metropolitan area of Rio de Janeiro, as well as their connections with the system.

With the removal of the metropolitan area it was fixed a graph subdivided into two parts: subsystem East and subsystem West. From these two system, it was prepared, for each one, a connection matrix and a shortest way matrix, the former defined the accessibility index and the GAD. It was removed, successively, each vertex of the subsystems, origining values related to the average change of each nodule, which make possible the hierarquization of the cities, in successive levels. The first one should characterize the metropolitan area of Rio de Janeiro.

First level — Metropolitan area

1st — level — Metropolitan area

2nd — level — Nova Friburgo, Campos and Barra do Pirai

3rd — level — Barra Mansa, Valença, Itaperuna, Macaé and Cabo Frio

4th — level — It is constituted by sub conjoint of double and triple

Rio das Flores — Paraíba do Sul — Três Rios; Sapucaia — Teresópolis — Sumidouro; Rio Bonito — Saquarema — Silva Jardim; Duas Barras — Cantagalo — Cordeiro; Angra dos Reis — Parati; Vassouras — Miguel Pereira; São Fidelis — Cabuci; Miracema — Santo Antonio de Pádua.

5th — level — Separated cities

RESUMÉ

Ayant en vie l'existence de systèmes urbains, considérés comme un ensemble de villes différenciées du point de vue fonctionnel, et ses liaisons, quelques questions peuvent être formulées, en visant un meilleur entendement de la nature des villes, des liaisons chez elles et des effets réciproques entre les villes et les liaisons. Certainement entre les questions qui seront formulées, on en inclure une sur le modèle de liaisons entre de villes d'un même système urbain. Pour pouvoir répondre cette question on propos un simple modèle, qui décrit le patron des relations. Ce modèle a ses racines en concepts déjà exprimés pour Christaller, Jefferson, Taaffe, Morrill et Could, Ekstrom et Williamson et Bogue.

Le modèle identifié comme patron B, montre une ampliation des liaisons entre les villes de l'intérieur, malgré la manutention de la prédominance métropolitaine; les capitales régionales ou villes les plus importantes de l'intérieur maintiennent aussi un système propre de liaisons avec son aire d'influence.

L'hypothèse en ce travail est que le patron spécifique de connexion dans le système urbain Guanabara-Rio de Janeiro s'ajuste dans la patron B, qui se trouve en phase de évolution marquée pour le développement des interrelations entre les centres de l'intérieur, malgré le grand domaine exercée à travers de l'aire métropolitaine de Rio de Janeiro sur le conjoint de l'Etat.

Les liaisons entre les villes du système constituent suivant le modèle en considération, l'aspect crucial en se testant l'hypothèse formulée. En cette manière les liaisons qui maintiennent les paires de villes: insures industriels, produits industrialisés et services en général, entre d'autres. De ces liaisons, celles qui disent respect à la distribution de goulage et aux services ont la caractéristique d'être attribuées de toutes les villes d'un système, parce que est à travers de la Distribution qui les parties d'un système sont connectées. De cette manière serait à travers de tels modèles d'interaction qu'on doit faire le texte de l'hypothèse. Ayant en vie qui est à travers des liaisons inter-municipale d'autobus qui ce sont réalisées ces interations, on a choisi cette manière d'information, lequel vient constituer maintenant le matériel empirique de ce travail. Les liaisons entre les centres urbains ont eût définies à travers l'existence ou nom de lignes d'autobus entre paires de localités du système, pendant l'année de 1971.

L'analyse du système Guanabara-Rio de Janeiro, devant les liaisons par autobus dans un graphique et la transformation de ce graphique dans une matrice de connexion qui montre les liaisons entre de paires du système. A partir de cette matrice, les connexions indirectes à travers de la potentiation et pondération de la matrice inicial. Mais la caractérisation de sub-systèmes n'est pas évidente encore, face à l'extrême domination métropolitaine existante. Mais les évidences empiriques et les résultats des enquêtes antérieures montraient la présence de sub-système commandés par les villes de l'intérieur. Alors l'application de la technique utilisée pour Read dans l'analyse du système urbain a été réalisée à partir de la matrice de connexion en se vérifiant le numéro de pas qui sont nécessaires à connecter chaque paire de lieux non connectés directement. Finie la matrice de plus petit chemin, la somme de chaque ligne ou colonne a permis l'obtention de l'index d'accessibilité et le valeur correspondent au DMG ou distance moyenne du grapho. La phase suivante du travail a fait relations avec la retirée de chaque coin du système et la vérification du valeur du changement moyen relatif à la retirée.

En conséquence de la nécessité de simplification des calculs et devant l'aire métropolitaine du Rio de Janeiro, aussi ses liaisons avec le système. Avec la retirée de l'aire métropolitaine a eût dérivé un grapho subdividué en deux parties: sub-système leste et sub-système oest. A partir de deux sub-systèmes, on a préparé chacun une matrice de plus petit chemin, d'où a eût extrait l'index d'accessibilité et le DMG.

Succesivement il a eût retirée chacun des coins des sub-systèmes, s'origine ainsi les valeurs liées au changement à chaque nodule, cela possibilité une hiérarchisation des villes en niveaux successives. Le premier niveau caractérisait l'aire métropolitaine de Rio de Janeiro:

- 1^{er} niveau L'aire Métropolitaine.
- 2^{ème} niveau Nova Friburgo, Campos et Barra do Pirai.
- 3^{ème} niveau Barra Mansa, Valença, Itaperuna, Macaé et Cabo Frio.
- 4^{ème} niveau C'est constitué par de sub conjoints triples et doubles:

Rio das Flores — Paraiba do Sul — Três Rios, Sapucaia — Teresópolis
— Sumidouro, Rio Bonito — Saquarema — Silva Jardim, Duas Barras —
Cantagalo — Cordeiro, Angra dos Reis — Parati, Vassouras — Miguel
Pereira, São Fidelis — Cambuci, Miracema — Santo Antonio de Pádua.

- 5^{ème} niveau Les villes isolées.

Versão de Celia M. Doria.