

Ortofotos digitais e Índice de Malmquist aplicados ao monitoramento de comunidades urbanizadas no município do Rio de Janeiro

Sergio Orlando Antoun Netto
José Carlos Penna de Vasconcellos
Amauri Ribeiro Destri

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
Faculdade de Engenharia – Departamento de Engenharia Cartográfica
Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar - CEP: 20550-013– Maracanã - Rio de Janeiro – RJ
sergioantoun@gmail.com
jcpvasco@gmail.com
destri@uol.com.br

Abstract. Natural disasters are multiplying in Brazil. Minimize natural disasters such as the recent devastation of the mountainous region of Rio de Janeiro, flooding in the South and Southeast, and the drought in the Northeast, is one of the biggest challenges of public managers in all spheres of Government. The present work aims to demonstrate the feasibility of using digital orthophotos and Malmquist index to support the development of sustainable public policies aimed at reducing the vulnerability of the population residing in low-income communities in the municipality of Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Digital orthophotos, Malmquist index, Urbanized Communities

1. Introdução

A urbanização desenfreada e mal planejada, especialmente na Região Sudeste do Brasil onde as mudanças climáticas não têm tanto peso, é a principal causa de perdas de vida e bens deixando a população vulnerável. A urbanização e o crescimento econômico estão associados à vulnerabilidade. Na verdade, o que pesa e torna as pessoas realmente vulneráveis são as construções em áreas de risco, tais como pontos sujeitos a alagamentos e desmoronamentos. Assim sendo, é imperioso crescer de forma sustentável.

O conceito de índice de produtividade de Malmquist, de acordo com Sollero (2007), foi introduzido por Malmquist em 1953, sendo que Färe (1992) forneceu a fundamentação para construir o índice de Malmquist empregando técnicas de programação linear.

O Índice de Malmquist avalia os índices de produtividade em diferentes períodos de tempo, decompondo-os em subíndices que refletem variação da eficiência técnica e mudanças tecnológicas. Esta decomposição do índice de Malmquist contribui para uma análise das alterações nos índices de produtividade, pois permite identificar se um aumento é fruto do progresso tecnológico ou da melhoria na eficiência técnica, ou ainda, dos dois simultaneamente.

O processo de mapeamento no Brasil apresenta graves problemas de execução e atualização. No âmbito da cartografia urbana, estes problemas se agravam uma vez que a dinâmica de crescimento das cidades gera uma acelerada desatualização dos mapas. Assim sendo, a atualização cartográfica, por intermédio de técnicas de Geomática, tais como a Fotogrametria, tem sido o foco de diversos estudos nos últimos anos, visando à implementação de metodologias que possibilitem que essa atividade seja exercida com maior rapidez, maior precisão e menor custo.

Segundo a American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Fotogrametria é a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre os objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas, padrões de radiação eletromagnética e outros fenômenos.

O avanço da informática, resultando no aumento da velocidade de processamento e da capacidade de armazenamento de arquivos digitais, viabilizou a elaboração das ortofotos digitais, que se apresentam como excelente ferramenta na atualização cartográfica tanto de áreas urbanas como rurais. Ortofoto Digital é a imagem fotográfica obtida por meio de processos computacionais a partir de uma fotografia perspectiva, na qual os deslocamentos de imagem, devidos à inclinação e ao relevo, foram eliminados.

Uma das principais vantagens que apresenta consiste do fato de permitir ao usuário um menor grau de conhecimento das convenções cartográficas, tendo se mostrado extremamente eficiente no monitoramento da ocupação formal e informal das áreas urbanas e rurais das cidades brasileiras. Vale salientar que a ortofoto digital se destaca, também, pela sua maior rapidez na obtenção, bem como no seu menor custo.

O presente trabalho está organizado em 04 (quatro) seções, a saber: Introdução, Metodologia do Trabalho, Resultados e Discussão e Conclusões. Na Seção 2 serão lançados os fundamentos básicos referentes à Metodologia do Trabalho em questão objetivando a proporcionar uma visão geral sobre o emprego das ortofotos digitais no monitoramento de comunidades de baixa renda da Prefeitura do Rio de Janeiro. Na Seção 3, será empregada a técnica da Pesquisa Operacional denominada Índice de Malmquist, a fim de que seja avaliada a variação da produtividade, no que tange à população e a área ocupada das referidas comunidades. Em seguida, na Seção 4, será apresentada a conclusão do trabalho.

2. Metodologia do Trabalho

O SABREN – Sistema de Assentamentos de Baixa Renda da Prefeitura do Rio de Janeiro reúne desde 1983 informações sobre os assentamentos precários e informais cariocas, com o principal objetivo de apoiar a construção de políticas públicas, destinadas à sua urbanização e desenvolvimento social.

Segundo definições da Secretaria Municipal de Habitação, comunidade urbanizada é aquela que tenha sido objeto de programas de urbanização integrada, tais como Favela-Bairro (PROAP), Bairrinho, Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e outros similares, cujo projeto tenha garantido a implantação de infraestrutura básica, equipamentos públicos e níveis de acessibilidade satisfatórios; ou que, por esforço próprio de seus moradores e ações públicas diversas, ao longo do tempo, conseguiu alcançar uma situação bastante satisfatória de urbanização. Neste trabalho serão consideradas as comunidades urbanizadas que apresentam área ocupada maior que 100000 m² (cem mil metros quadrados).

De acordo com as informações do Instituto Pereira Passos (IPP) da Prefeitura do Rio de Janeiro, as primeiras delimitações das favelas cariocas foram realizadas sobre as plantas cadastrais de 1975 na escala de 1: 2.000, associadas à pesquisa de campo, gerando como produto final mapas individualizados das favelas. Objetivando a monitorar as ocupações formais e informais no seu território, adotou-se o uso das ortofotos digitais pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. A primeira coleção de ortofotos digitais foi realizada em 1999 na escala de 1: 10.000 a partir de voo na altura de 30.000 metros, permitindo desta forma a delimitação digital das favelas cariocas. Cumpre salientar que a última coleção de ortofotos de toda a Cidade foi elaborada em 2010, visando à atualização cadastral, bem como ao monitoramento da evolução urbana.

Cabe salientar que o uso desta técnica, só nos permite medir o crescimento horizontal, ou seja, a variação das áreas ocupadas pelas favelas, conforme discriminada nas Figuras 1 e 2 (Fonte: Sistema SABREN/IPP).



Figura 1- Delimitação do Assentamento do Morro da Formiga na ortofoto de 1999
(Escala 1: 30.000)



Figura 2- Delimitação do Assentamento do Morro da Formiga na ortofoto de 2010
(Escala 1: 12500)

Vale ressaltar que o Índice de Malmquist é determinado utilizando-se a Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA), proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas homogêneas denominadas DMU (Decision Making Unit), tendo como objetivo comparar um certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades dos recursos consumidos e das saídas produzidas.

As variáveis consideradas na determinação do índice de Malmquist foram a População (*input*) e Área Ocupada (*output*), sendo obtidos os dados necessários diretamente das informações censitárias do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e do Sistema SABREN da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, respectivamente.

Na Figura 3 serão apresentados os gráficos de dispersão que permitem avaliar o comportamento das Comunidades Urbanizadas em relação às variáveis de *input* (população) e *output* (Área Ocupada) para os 2 (dois) períodos considerados (1999 e 2010).

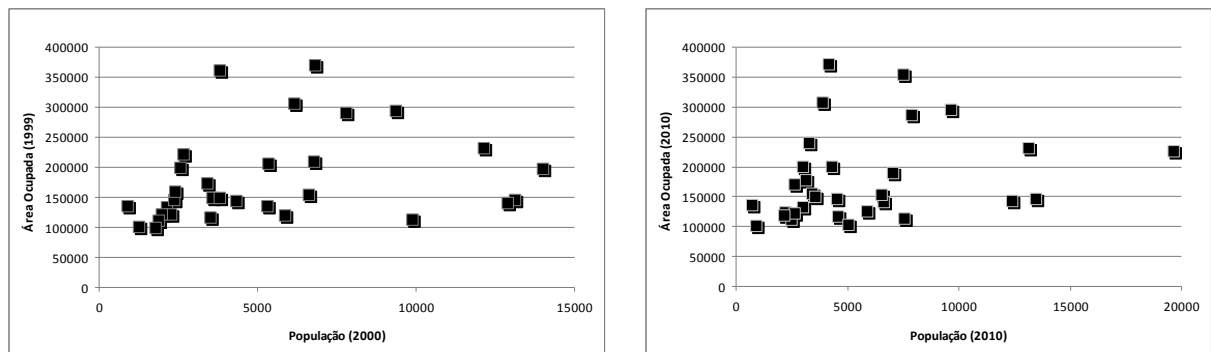


Figura 3 - Gráficos de Dispersão das variáveis População e Área Ocupada para 1999 e 2010

É importante salientar que a variável de *output* Área Ocupada é considerada indesejável, sendo necessária a utilização da transformação multiplicativa inversa (MLT), transformando-a em *output* desejado. Neste trabalho será utilizada a transformação multiplicativa inversa que foi proposta por Golany e Roll (1989) e é frequentemente usada. A técnica consiste em calcular o valor inverso de cada *output* indesejado, transformando-o em *output* desejado.

Ressalta-se que o índice de Malmquist avalia a mudança na produtividade de uma DMU (Decision Making Units), no caso em estudo uma Comunidade Urbanizada, entre dois períodos de tempo: t (inicial, no caso 1999) e $t+1$ (final, no caso 2010). O índice pode ser decomposto em duas componentes: a primeira é chamada de catch up e representa a evolução da eficiência, ou seja, a mudança na eficiência técnica entre dois períodos de tempo; a segunda é a frontier shift, que representa o deslocamento da fronteira de eficiência, ou seja, a mudança tecnológica entre dois períodos de tempo.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1, serão apresentados o Índice de Malmquist das 31(trinta e uma) Comunidades Urbanizadas, que apresentam área ocupada maior que 100000 m² (cem mil metros quadrados), entre dois períodos de tempo, quais sejam: 1999 e 2010, a fim de que seja avaliada a variação da produtividade, no que tange à população e à área ocupada das referidas comunidades.

O Índice de Malmquist (M_o), que corresponde à medida do crescimento da produtividade total dos fatores (Total Factor Productivity – TFP Growth), permite acompanhar a evolução da produtividade das unidades avaliadas ao longo dos anos por intermédio da medição da variação de produtividade entre os períodos t e $t+1$. O referido índice é calculado pela seguinte fórmula (Equação 1):

$$M_o = \sqrt[2]{\frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}} \quad (1)$$

onde:

$\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)$ corresponde à medida de eficiência técnica da DMU₀ no período t , obtida com as observações de todas as DMU no período t ;

$\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$ corresponde à medida de eficiência técnica da DMU₀ no período $t+1$, obtida com as observações de todas as DMU no período $t+1$;

$\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$ corresponde à medida de eficiência técnica da DMU₀ obtida ao substituir os dados da DMU₀ no período t por aqueles do período t+1, desde que as observações das demais DMU tenham sido realizadas no período t; e

$\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)$ corresponde à medida de eficiência técnica da DMU₀ obtida ao substituir os dados da DMU₀ no período t+1 por aqueles do período t, desde que as observações das demais DMU tenham sido realizadas no período t+1.

Se o $M_0 > 1$ há declínios de produtividade, se o $M_0 = 1$ permanece inalterado e, finalmente há melhora se o $M_0 < 1$. Cumpre ressaltar que os resultados obtidos para o Índice de Malmquist orientado a output neste trabalho foram obtidos por intermédio do *software* DEA Frontier, desenvolvido pelo Professor Joe Zhu da WPI (*Worcester Polytechnic Institute*)

Tabela 1 – Relatório do *Software* DEA Frontier para o Índice de Malmquist (1999/ 2010)

<i>DMU</i> <i>Nº</i>	<i>Name</i>	<i>Output-Oriented</i> <i>CRS</i> <i>Malmquist Index</i>	<i>Efficiency</i> <i>Change</i>	<i>Frontier</i> <i>Shift</i>
1	Arrelia	0,44703	0,34179	1,30790
2	Bairro Agulhas Negras	0,72200	0,55203	1,30790
3	Bairro Nova Aliança	0,51984	0,39746	1,30790
4	Baixa do Sapateiro	1,30994	1,00156	1,30790
5	Borel	0,94705	0,72409	1,30790
6	Caminho do Lúcio	1,00122	0,76552	1,30790
7	Divinéia	1,57215	1,20204	1,30790
8	Faz quem Quer	0,74607	0,57043	1,30790
9	Fazenda Botafogo (Margem da Linha)	1,00635	0,76943	1,30790
10	Floresta da Barra da Tijuca	1,01236	0,77403	1,30790
11	Jamelão	1,31724	1,00714	1,30790
12	Jardim Moricaba	0,80207	0,61325	1,30790
13	Mangueira (RA - São Cristovão)	0,76521	0,58506	1,30790
14	Morro da Formiga	1,27098	0,97177	1,30790
15	Morro dos Telégrafos	0,66584	0,50909	1,30790
16	Morro da União	6,99084	5,34507	1,30790
17	Nova Holanda	0,97353	0,74434	1,30790
18	Parque Acari	1,01298	0,77451	1,30790
19	Parque Boa Esperança (RA - Portuária)	0,34306	0,26230	1,30790
20	Parque Jardim Beira Mar	0,92422	0,70664	1,30790
21	Parque Maré	1,02817	0,78612	1,30790
22	Parque Proletário de Vigário Geral	1,06141	0,81153	1,30790
23	Parque União	0,62189	0,47549	1,30790
24	Salgueiro	1,05569	0,80716	1,30790
25	Santa Maria	0,85371	0,65273	1,30790
26	São Jerônimo	0,75082	0,57407	1,30790
27	Timbau	0,94673	0,72385	1,30790
28	Três Pontes	0,87987	0,67273	1,30790
29	Vidigal	0,96229	0,73575	1,30790
30	Vila do Céu	0,85899	0,65677	1,30790
31	Vila São Jorge (RA - Campo Grande)	1,05456	0,80630	1,30790

Observa-se que nas comunidades urbanizadas de Arrelia, Bairro Agulhas Negras, Bairro Nova Aliança, Baixa do Sapateiro, Borel, Faz quem Quer, Jardim Moriçaba, Mangueira (RA - São Cristovão), Morro dos Telégrafos, Nova Holanda, Parque Boa Esperança (RA - Portuária), Parque Jardim Beira Mar, Parque União, Santa Maria, São Jerônimo, Timbau, Três Pontes, Vidigal e Vila do Céu houve uma melhora na eficiência no que tange à população e a área ocupada das referidas comunidades, enquanto que Divinéia, Floresta da Barra da Tijuca, Jamelão, Morro da Formiga, Morro da União, Parque Acari, Parque Maré, Parque Proletário de Vigário Geral, Salgueiro e Vila São Jorge (RA - Campo Grande) apresentaram uma piora. Vale salientar que Caminho do Lúcio e Fazenda Botafogo (Margem da Linha) permaneceram praticamente inalteradas.

Na Figura 4 observa-se, ainda, que em aproximadamente 61% (sessenta e um por cento) das comunidades consideradas houve uma melhora de eficiência nos períodos avaliados, entretanto a média geral do Índice de Malmquist para as 31 (trinta e uma) comunidades corresponde a 1,1105, que aponta uma piora na eficiência nos períodos considerados.

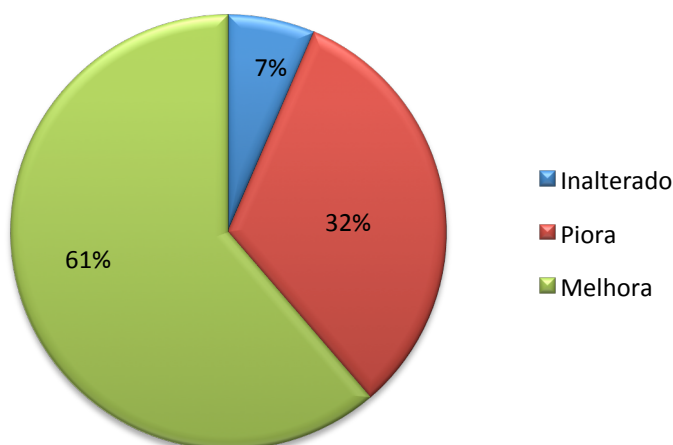


Figura 4 - Situação das Comunidades Urbanizadas em função do Índice de Malmquist (1999/ 2010)

Sugere-se uma avaliação mais criteriosa na comunidade do Morro da União, uma vez que a mesma apresentou uma piora significativa no período avaliado ($M = 6,9908$), bem como um resultado muito díspar comparado com as demais comunidades da amostra avaliada, podendo ser caracterizado como um possível outlier, o que pode prejudicar sobremaneira a interpretação dos resultados obtidos.

4. Conclusões

Cumprе salientar que o uso das ortofotos digitais só nos permite medir o crescimento horizontal, ou seja, a variação das áreas ocupadas pelas comunidades de baixa renda, não sendo considerado outro indicador da urbanização desenfreada e mal planejada, que aponta para o constante processo de verticalização das residências sendo considerado atualmente como uma das melhores oportunidades de negócio dentro das referidas comunidades.

Não se pretende nesse trabalho noticiar os resultados obtidos com o índice de Malmquist como modelo final do desempenho no período avaliado, uma vez que a determinação das variáveis e a introdução de restrições aos pesos devem ser definidas, após amplo debate, por

meio de consenso com os atores envolvidos no processo, quais sejam: profissionais da área de urbanismo, tomadores de decisão e gestores.

Assim sendo, almeja-se que os resultados apresentados sejam compatíveis com as novas tendências de aplicação de DEA e ortofotos digitais para auxiliar no monitoramento dos assentamentos de baixa renda do Município do Rio de Janeiro no que tange às construções em áreas de risco, tais como pontos sujeitos a alagamentos e desmoronamentos.

Pode-se indicar que as eficiências calculadas por DEA são relativas, isto é, as eficiências são calculadas com relação aos dados observados e em comparação às outras DMU, portanto uma DMU eficiente pode incrementar seu desempenho o que determinaria uma nova fronteira de produção.

No que se refere às ineficiências obtidas e à determinação dos valores ótimos, permitem ao Município do Rio de Janeiro localizar as fontes de ineficiência, possibilitando identificar ações para reduzi-las, bem como verificar a efetividade das ações e programas implementados nas comunidades de baixa renda.

Por fim, é importante, para a validação prática dos resultados deste trabalho, que seja verificado por profissional qualificado da área de urbanismo, se as comunidades que apresentaram melhora no período avaliado estão crescendo de forma sustentável e reduzindo efetivamente a sua vulnerabilidade aos desastres naturais.

Referências Bibliográficas

BADIN, N. T. Avaliação da produtividade de supermercados e seu benchmarking. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BANKER, R.D., CHARNES A. E COOPER W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. Vol. 30, Nº 9. 1984.

CERETTA, P.S.; NIEDERAUER, C.A.P. Rentabilidade e eficiência no setor bancário brasileiro. *RAC*, v.5, n.3, set/dez, p.7-26, 2001.

CHARNES, A., W. W. COOPER AND E. RHODES.. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *Eur. J. Opnl. Res.* 429-444. 1978

FARE, R.; S. GROSSKOP; B. LINDGREN; P. ROSS. Productivity changes in Swedish pharmacies, 1980 – 1989: a non-parametric approach. *Journal of Productivity Analysis*, n.3, pp.85-101, 1992.

GOLANY, B., ROLL, Y. An application Procedure for DEA. *Omega: The International Journal of Management Science* 17, pp. 237-250, 1989.

KASSAI, S. Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NORMAN, M.; STOKER, B.,. *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*. J. Wiley and Sons. 1981

LINS, M.P.E. E MEZA, L.A. Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ. 2000.

SOLLERO, M. K. V. Avaliação de Empresas de Distribuição de Energia Elétrica através da Análise Envoltória de Dados com Integração das perspectivas do regulamento e das Concessionárias. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

TATJÉ, E.G., LOVELL, C.A.K. A new decomposition of the Malmquist productivity index. Working paper, 93-04. Department of Economics, University of North Carolina, 1993.