

X-012 - AVALIAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DAS BACIAS AÉREAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO COM SUPORTE DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Marcus F. M. Pereira⁽¹⁾

Engenheiro Cartógrafo pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Eduardo Monteiro Martins

Químico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Júlio Domingos Nunes Fortes

Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal Fluminense. Mestre em Engenharia Civil pela University of Minnesota. Doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública

Gilberto Pessanha Ribeiro

Engenheiro Cartógrafo pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Mestre em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná. Especialista em Geologia do Quaternário pelo Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense.

Endereço⁽¹⁾: Rua Borda do Mato, 32/102 - Grajaú - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20561-200 - Brasil - Tel: (21) 2570-1756 / (21) 8771-2803, e-mail: marcusmourao@gmail.com

RESUMO

O dimensionamento de uma rede de monitoramento e controle da qualidade do ar requer o conhecimento da área onde os poluentes atmosféricos, emitidos por fontes fixas e móveis, tendem a se concentrar e os seus fenômenos de dispersão. Este projeto consiste em pesquisa aplicada ao estabelecimento da configuração espacial e mapeamento das bacias aéreas da região metropolitana do Rio de Janeiro, com base em dados digitais e suporte de SIG. O estudo está concentrado na região metropolitana do Rio de Janeiro com apoio dos dados cadastrais das estações de monitoramento de poluentes e suas zonas de influência. Está sendo projetado e implementado um SIG, em atendimento aos requisitos de mapeamento digital das estações de monitoramento da qualidade do ar, das principais fontes de emissão de poluentes e das bacias aéreas. Serão identificadas e mapeadas essas bacias, de forma dinâmica, com uso potencial de SIG para diversos cenários e será criado um banco de dados georeferenciado, previamente modelado oferecendo consultas espaciais destinadas às necessidades de gestão ambiental. Tal esforço é justificado em função do alcance dos beneficiados diretamente e sociedade em geral, a partir do conhecimento das condições da qualidade do ar e seu comportamento ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias Aéreas, Qualidade do Ar, Sistema de Informação Geográfica, Poluição Atmosférica, Gestão Ambiental.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar vem sendo considerada um dos agentes de degradação ambiental do planeta. É caracterizada pelas alterações na composição e consequentes alterações em suas propriedades, tornando-o nocivo, impróprio ou, pelo menos, inconveniente à saúde humana, à vida animal e também aos vegetais.

Por analogia ao conceito de bacia hidrográfica, cunhou-se em português a expressão "bacia aérea" para designar áreas em que o relevo, as correntes eólicas e o fenômeno de dispersão dos poluentes do ar determinam a extensão dos impactos diretos e indiretos das atividades humanas na qualidade do ar. Essas áreas, delimitadas pela topografia e os espaços aéreos vertical e horizontal, constituem uma bacia aérea. O conceito de bacia aérea vem sendo utilizado pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA – atual Instituto Estadual do Ambiente - INEA) na gestão da qualidade do ar da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).

No estado do Rio de Janeiro a qualidade do ar é monitorada desde 1967, quando foram instaladas as primeiras estações de medição de dados físico-químico-ambientais. Na década de 80 foram delimitadas as bacias aéreas do estado do Rio de Janeiro (Figura 1), onde foi estabelecida a cota de 100 metros como a barreira física de delimitação das bacias. Posteriormente, considerando todas as condicionantes meteorológicas e climatológicas, foi utilizada uma carta topográfica onde foram estabelecidos os atuais limites.

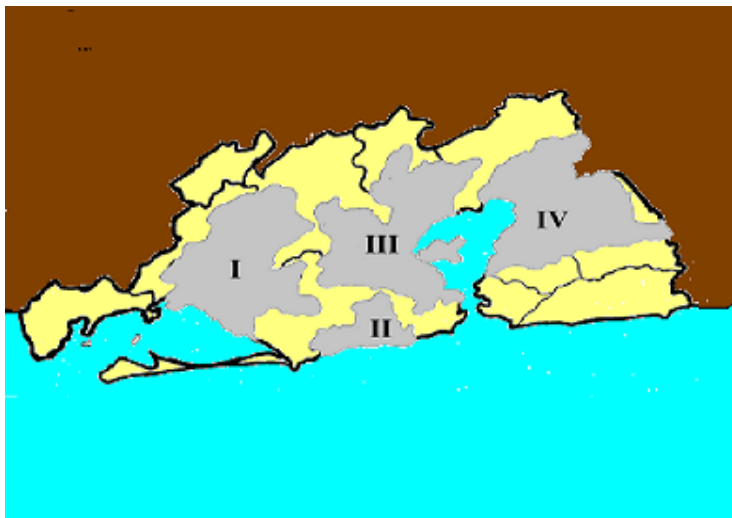


Figura 1: Bacias aéreas da região metropolitana do Rio de Janeiro (FEEMA, Relatório Anual da Qualidade do AR – 2008)

No monitoramento da poluição atmosférica a grande preocupação é a manutenção da qualidade do ar no interior das bacias aéreas, garantindo que a concentração dos poluentes esteja dentro dos níveis definidos como aceitáveis (RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990) e, nos casos de acréscimo destes, que seja possível ter o indicativo da variação das concentrações para que medidas de controle sejam tomadas.

Nesse contexto, para que os dados de monitoramento gerem subsídios necessários à tomada de decisão, dando suporte aos gestores públicos e órgãos técnicos na aplicação das verbas em áreas prioritárias, é de suma importância que as áreas de monitoramento representem bem o espaço de confinamento dos poluentes, que a distribuição das estações de monitoramento permita a geração de dados representativos para todo o espaço geográfico e a classificação das áreas de acordo com suas prioridades.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas computacionais que permitem o manuseio de dados geográficos através da entrada, gerenciamento, manipulação e análise dos dados para a geração dos produtos desejados: mapas digitais, indicativos da dinâmica aérea, e índices que expressem de forma analítica o comportamento dos condicionantes físico-ambientais. É essa característica que o torna essa tecnologia muito útil para o monitoramento ambiental e apoio à gestão territorial. Com o aprimoramento crescente das técnicas de aquisição de dados geográficos e a utilização intensiva de imagens de satélites para melhor caracterização do espaço geográfico os SIG tornaram-se uma ferramenta poderosa para o tratamento de dados espaciais destinados ao monitoramento ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto consiste em pesquisa aplicada à avaliação da configuração espacial das bacias aéreas na região metropolitana do Rio de Janeiro com suporte de Sistema de Informação Geográfica (SIG), potencializando as análises espaciais envolvidas. O estudo se concentra na região metropolitana do Rio de Janeiro e, com apoio de dados físico-ambientais, dados dos levantamentos das estações terrestres de monitoramento e das suas áreas de influência, está sendo traçada uma estratégia de avaliação dos limites das bacias aéreas. Para execução do projeto foi necessário reunir e organizar dados cartográficos e geográficos. Dentre os requisitos encontra-se a validação da geometria das imagens sensoriais e consistência das bases vetoriais. A natureza complexa desses dados exigirá, conhecimento e tecnologia adequados, auxiliado por especificações técnicas que levem a resultados com qualidade apropriada.

Foi elaborado um banco de dados georeferenciados, em atendimento aos requisitos de mapeamento digital dos limites das bacias aéreas. Nesse estudo estão sendo utilizadas bases cartográficas digitais do IBGE, na escala de 1:50.000, disponibilizadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), imagens de média resolução: LANDSAT, dados temáticos e cadastrais do INEA e Prefeitura do Rio de Janeiro, dados históricos do monitoramento da camada de mistura (alturas) e das condições meteorológicas (ventos).

O processamento das imagens de satélite e as edições vetoriais e espacialização dos dados temáticos e cadastrais do INEA e da Prefeitura do Rio de Janeiro tem como ferramenta básica o sistema ArcGIS (ESRI).

PRIMEIRA ETAPA: ORGANIZAÇÃO DOS DADOS CARTOGRÁFICOS E ESPACIALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Imagens de satélite LANDSAT dos anos 2000, 2006 e 2010 estão sendo usadas para caracterização do espaço geográfico do estudo e também para demonstrar o quanto a cidade vem sofrendo transformações importantes para o contexto do estudo proposto. O crescimento da cidade e suas transformações têm influência direta na qualidade do ar da região metropolitana. Grandes empreendimentos industriais, aumento da circulação de veículos e, por consequência, maiores trechos de engarrafamento, contribuem para uma maior emissão de poluentes.

Através do cadastro das estações de monitoramento do INEA e da Prefeitura foram criadas tabelas com os dados de todas as estações e suas particularidades. Todos esses dados foram espacializados e com isso teve-se uma idéia da atual distribuição das estações de monitoramento na RMRJ. A Tabela 1 mostra os dados cadastrais das estações de monitoramento do INEA. A última coluna representa o índice de qualidade do ar que neste exemplo tem apenas caráter demonstrativo.

Tabela 1: Dados cadastrais das estações de monitoramento do INEA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Estacao	Endereco	X	Y	Z	SO2	NOx	O3	CO	HC	M	PI	PTS	TIPO	Abangencia	IQAR
2	Niterói	Rua Feliciano Sodré, nº 275	-43.1196	-22.8839	10	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	NAO	MANUAL	100	INADEQUADA
3	Centro	Av. Pres. Antônio Carlos	-43.1725	-22.9077	17	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	500	REGULAR
4	Centro	Av. Pres. Vargas, nº963	-43.1867	-22.9041	8	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NAO	ALTO	500	INADEQUADA
5	Copacabana	Rua Joseph Block, nº30	-43.1887	-22.9667	23	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	500	EM ESTUDO
6	Bonsucesso	Praca Elay de Andrade	-43.2484	-22.8538	9	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	500	INADEQUADA
7	Duque de Caxias	Rua Marechal Deodoro, nº119	-43.3045	-22.7926	7	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	NAO	MANUAL	500	INADEQUADA
8	Belford Roxo	Joaquim da Costa Lima, nº286	-43.3909	-22.7422	13	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	MANUAL	500	BOA
9	Santa Cruz	Rua Victor Dumas, s/n	-43.6947	-22.9271	7	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	ALTO	500	INADEQUADA
10	Santa Cruz	Estrada São Fernando, s/n	-43.716	-22.8888	3	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	ALTO	500	INADEQUADA
11	Vila Mury	Vila Mury	-44.0993	-22.6001	376	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	520	REGULAR
12	Conforto	Conforto	-44.1224	-22.6102	420	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	530	INADEQUADA
13	Santa Rita do Zangari	Santa Rita do Zangari	-44.0886	-22.6134	387	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	540	REGULAR
14	Cidade de Deus	Rua Edgar Werneck, nº1501	-43.3587	-22.9509	8	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	600	INADEQUADA
15	Santa Cecília	Av. Vinte e Um - Vila Santa Cecília	-44.1066	-22.5295	388	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	ALTO	600	INADEQUADA
16	Aero Clube	Aero Clube	-44.0808	-22.6003	379	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	610	INADEQUADA
17	Maracanã	Rua São Francisco Xavier	-43.2358	-22.9105	24	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	700	BOA
18	Belmonte	Av. Presidente Kennedy CIEP	-44.1325	-22.5177	378	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	ALTO	700	INADEQUADA
19	Benfica	R. Prefeito Olimpio de Melo	-43.2376	-22.8928	9	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	MANUAL	800	BOA
20	Botafogo	Av. Venceslau Brás, nº65	-43.1763	-22.9533	11	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	NAO	MANUAL	1000	BOA
21	Inhauma	R. Charente 340, Inhauma RJ	-43.2939	-22.8622	34	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	MANUAL	1000	REGULAR
22	Boa Sorte	Av. Leonisio Sócrates Batista, 17	-44.1549	-22.6555	383	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1000	REGULAR
23	Centro	Av. Dano Aragão, 2	-44.1586	-22.548	376	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1000	INADEQUADA
24	Roberto Silveira	R. Ari Thomé 265	-44.18	-22.538	378	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1000	INADEQUADA
25	Vista Alegre	Av. José Jorge dos Reis Merelles s/n	-44.1963	-22.5495	381	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1000	INADEQUADA
26	Bocaiminha	Estrada Gov. Chagas Freitas 798	-44.202	-22.536	390	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1000	BOA
27	São Cristóvão	Av. Pedro II, nº 67 CEDAE	-43.2123	-22.9023	7	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1100	INADEQUADA
28	Santa Tereza	Largo do França nº 8	-43.1951	-22.9296	174	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	NAO	MANUAL	1300	BOA
29	São João de Meriti	Av. Automóvel Clube, s/nº	-43.3645	-22.7877	30	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	1500	INADEQUADA
30	Retro	CIEP 295 Glória Roussim Guedes Pinto	-44.1228	-22.5023	382	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	ALTO	1600	INADEQUADA
31	Tijuca	Av. Heitor Beltrão, nº 353	-43.2282	-22.9217	19	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	MANUAL	1800	BOA
32	Taquara	Estrada dos Bandeirantes, nº1099	-43.3717	-22.9347	13	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NAO	ALTO	2000	PESSIMA
33	Nitópolis	Av. Getúlio de Moura, s/nº Centro	-43.4142	-22.8108	21	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	NAO	MANUAL	2500	BOA
34	Realengo	Av. Brasil CIEP Mal. Henrique Lotte	-43.4251	-22.8662	30	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	SIM	MANUAL	2500	REGULAR
36	Pesagro	Embrapa	-41.812	-22.3761	25	NAO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NAO	NAO	ALTO	4000	BOA
37	Faz. Anis	RJ 168	-41.9551	-22.3455	62	NAO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NAO	NAO	ALTO	4000	BOA
38	Tanguá	Estrada do Minério	-42.7391	-22.7285	26	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	SIM	MANUAL	4000	BOA

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Nas Figuras 2 e 3 observamos as transformações do espaço geográfico no intervalo de 10 anos pela comparação das imagens de satélite do ano de 2000 e 2010. Os locais marcados nas figuras são exemplos de grandes empreendimentos industriais (COMPERJ, REDUQ e CSA) e que geram alterações na qualidade do ar, devido ao aumento de emissões pelas fontes fixas e fontes móveis, assim como um aumento da densidade populacional do local. Comparando as imagens das Figuras 2 e 3 é possível observar o impacto causado pelos

empreendimentos com destaque especial para área onde está sendo instalado o COMPERJ, na Bacia Aérea I. O início de operação do COMPERJ nessa região irá ocasionar uma modificação na qualidade do ar no local.



Figura 2: RMRJ imagem Landsat ano 2000



Figura 3: RMRJ imagem Landsat ano 2010

Na Figura 4 observamos a distribuição espacial das estações de monitoramento da RMRJ e suas áreas de influência com a simbologia indicada na Tabela 1 para o índice de qualidade do ar (IQA). É possível observar diversos pontos na região metropolitana com alta densidade populacional onde não existe nenhum tipo de cobertura das redes de monitoramento, principalmente se forem levadas em consideração apenas as estações automáticas de monitoramento dos poluentes atmosféricos. Na mesma Figura 4 as estações são identificadas em cores verde, vermelha e azul que representam estações automáticas do INEA, estações manuais do INEA e estações automáticas da Prefeitura respectivamente. Todas as informações contidas na Tabela 1 podem ser, de alguma forma, representadas em uma figura e essa é uma característica significativa do SIG.



Figura 4: Distribuição espacial das estações de monitoramento da RMRJ

SEGUNDA ETAPA: VETORIZAÇÃO DAS BACIAS AÉREAS

De posse das bases vetoriais fornecidas pelo INEA foram geradas as bacias aéreas para as cotas de 100, 200 e 300 metros. O trabalho permitiu a comparação das bacias aéreas existentes com as novas bacias geradas para a cota de 100 metros e a geração de novos cenários com as cotas de 200 e 300 metros. Para realizar esse trabalho foram utilizadas as curvas de nível das cotas citadas como limite das bacias.

Com os dados gerados foi possível calcular as áreas de cada bacia aérea e os volumes para cada cenário. Todos os dados gerados foram armazenados nas tabelas de dados de cada bacia aérea e dessa forma teve-se uma organização dos dados em uma só base de dados.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Nas Figuras 5, 6 e 7 abaixo temos a configuração espacial das bacias aéreas da RMRJ para os cenários com cotas de 100, 200 e 300 metros respectivamente. Na Figura 8 temos a comparação entre as bacias aéreas, geradas com dados digitais (novas) e a partir de cartas topográficas (antigas), do cenário com cota de 100 metros.

Na Figura 5, com a utilização da cota de 100 metros e dados digitais foi possível identificar 3 novas bacias aéreas, uma no município do Rio de Janeiro, uma no município de Niterói e uma no município de Maricá. Validadas estas novas bacias, existe a possibilidade de adotá-las como novas áreas para o estabelecimento de estações de monitoramento da qualidade do ar nessas regiões.



Figura 5: Bacias aéreas RMRJ 100 metros

Na Figura 6 é apresentado o cenário das bacias aéreas com a utilização da cota de 200 metros. Neste cenário é possível observar que ocorre a junção das bacias aéreas II e III, onde neste a circulação do ar e a dispersão dos poluentes seria feita numa região onde a área e o volume para a dispersão dos poluentes é muito maior. Dessa forma ocorre uma alteração na análise do comportamento dos poluentes nessa nova bacia aérea.



Figura 6: Bacias aéreas RMRJ 200 metros

Para a cota de 300 metros, apresentado na Figura 7, não existe mais a separação de bacias aéreas e as análises das concentrações dos poluentes devem ser feitas para toda a RMRJ.



Figura 7: Bacias aéreas RMRJ 300 metros

Ao espacializar os dados das estações de monitoramento da qualidade do ar e delimitar as bacias aéreas da região metropolitana do Rio de Janeiro tendo como base a cota de 100 metros, foram observadas alterações na configuração espacial das bacias existentes (Figura 8) com aumento aproximado da área das bacias aéreas I, III e IV em 23%, 17% e 65%, respectivamente e redução da área da bacia aérea II em 4%.



Figura 8: Bacias Aéreas da região metropolitana do Rio de Janeiro – alteração das áreas.

CONCLUSÕES

Através das imagens de satélite, que revelam a atual ocupação do solo e localização das estações, verificou-se que existem regiões não atendidas pela atual rede de monitoramento mesmo sendo regiões com alta densidade populacional. Essa situação fica ainda mais crítica quando são consideradas apenas as estações automáticas de monitoramento.

O SIG se mostrou uma ferramenta interessante para a gestão ambiental pois permitiu a observação das alterações da cidade no intervalo de 10 anos e revelou aspectos não observados antes da espacialização das estações de monitoramento.

A utilização de dados digitais e sistemas computacionais no processo de geração das bacias aéreas apresentou resultados satisfatórios e mais sensíveis do que os utilizados na definição anterior das bacias aéreas. Com a nova distribuição ocorreu um aumento na área das antigas bacias I, III e IV e também uma diminuição na área da bacia II.

A bacia aérea IV, que teve a sua área aumentada em aproximadamente 65%, merece uma atenção especial devido as alterações e impactos que estão sendo ocasionados pela implantação do COMPERJ.

Das três novas bacias aéreas, que surgiram devido a utilização de dados digitais, podemos destacar e citar como áreas de interesse as bacias da zona sul e de Niterói.

A utilização de cotas acima de 300 metros para a delimitação de bacias aéreas se mostrou ineficiente, pois com a utilização desta cota ocorreu a fusão de todas as bacias aéreas apresentando uma única área de interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FEEMA, “Relatório Anual da Qualidade do AR – 2009”.
2. JEFFREY, S. e JOHN, E. Geographic Information Systems: an introduction, Prentice Hall, 1990.
3. RIBEIRO, G. P. Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à análise espaço temporal em ambiente costeiro Tese de doutorado UFF, 2005.
4. SALES, J. A. Dimensionamento da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA, Departamento de Poluição, Divisão de Poluição do Ar, Rio de Janeiro, 1980.
5. RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990