

METODOLOGIA

5.1 Levantamento bibliográfico

O primeiro passo foi levantar a bibliografia relacionada à temática escolhida, o que forneceu o arcabouço de informações para que o estudo fosse proposto e desenvolvido. As seguintes instituições de pesquisa e de ensino foram visitadas com o objetivo de listar a bibliografia a ser consultada durante o trabalho e de relacionar os dados que provavelmente pudessem ser utilizados no mesmo:

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
2. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira do Ministério da Educação (INEP/MEC);
3. Instituto Pereira Passos;
4. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA);
5. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN);
6. Fundação SOS Mata Atlântica (SOSMA);
7. Fundação Centro de Informação e Dados do Rio de Janeiro (Fundação CIDE).

5.2 Formulação de perguntas de pesquisa

A fim de auxiliar na investigação, procedeu-se à formulação de perguntas de pesquisa, as quais podem ser agrupadas em três tipos:

Perguntas descritivas

- Quais os impactos mais importantes e que ocorrem na Zona Costeira (ZC) do estado do Rio de Janeiro ?
- Quais os municípios que sofrem maior impacto em decorrência do estabelecimento humano na ZC do estado do RJ ?
- Quais os impactos visivelmente associados às regiões mais urbanizadas no estado do RJ e quais os associados às regiões ainda com características rurais no mesmo ?

Perguntas interpretativas

64

- Por que é importante a utilização da Internet como uma forma de levar ao público os impactos detectados na ZC do estado do RJ ?
- Por que é importante o uso de um Sistema de Informações Geográficas na análise especial envolvida nesse trabalho ?
- Por que é fundamental o uso de indicadores no presente estudo ?
- Por que é importante levantar o nível de impacto antropogênico na ZC do estado do RJ ?

Perguntas avaliativas

- Como a avaliação do impacto antropogênico por meio de um atlas digital pode ser útil à sociedade ?
- Como a Internet pode ser uma facilitadora na disseminação das informações a respeito do nível de impacto antropogênico ?

5.3 Formulação de hipóteses

Duas hipóteses foram então formuladas para subsidiar a investigação:

Hipótese 1 – Os indicadores de Desenvolvimento Sustentável fornecem um panorama simplificado de uma realidade complexa.

Hipótese 2 – O Atlas de Avaliação do Impacto Antropogênico é um subsídio importante para a gestão dos municípios pertencentes à ZC do estado do RJ.

5.4 Parâmetros e indicadores escolhidos

Classificados nas seis dimensões do desenvolvimento sustentável (DS), uma lista preliminar de 82 indicadores foi elaborada, a qual serviu como base para a escolha dos 41 indicadores mais interessantes, de acordo com os princípios da sustentabilidade em Zcs e segundo os critérios apresentados por Marzall *et al.* (2007) para a escolha adequada de indicadores. A partir da lista definitiva de indicadores (Quadro 6), levantaram-se os dados relativos aos 49 parâmetros necessários para o cálculo dos índices (Quadro 7). 1734 dados básicos (95%) foram levantados a partir de uma organização não-governamental (Fundação SOS Mata Atlântica) e de seis fontes governamentais: IBGE, IPEA, FCIDE, INEPAC, INEP/MEC, DATASUS/MS, por consulta às páginas institucionais disponíveis na Internet, por visita aos centros de dados ou por comunicação eletrônica. Os 84 dados básicos ausentes (5%) foram calculados por meio de correlação estatística bivariada.

Quadro 6 – Parâmetros utilizados**65**

Parâmetro	Fonte	Parâmetro	Fonte
P1 Área territorial (ha)	IBGE (2000)	P26 Óbitos de habitantes com menos de 1 ano de idade	IBGE (2000)
P2 Área urbanizada (ha)	SOSMA (2000)	P27 Número de nascidos vivos	IBGE (2000)
P3 Área coberta por Mata Atlântica (ha)	SOSMA (2000)	P28 Número de domicílios particulares permanentes	IBGE (2000)
P4 Área coberta por lavoura permanente (ha)	IBGE (2002)	P29 Número de domicílios com banheiro ligado à rede geral	IBGE (2000)
P5 Número de habitantes	IBGE (2000)	P30 Número de domicílios com abastecimento de água ligado à rede geral	IBGE (2000)
P6 Número de bens histórico- culturais tombados	INEPAC (2005)	P31 Número de domicílios com lixo coletado	IBGE (2000)
P7 IDH- M Renda	IPEA (2000)	P32 Número de estações de tratamento de água	IBGE (2000)
P8 Número de pessoas que pertencem à PEA	IPEA (2000)	P33 Volume de esgoto coletado (m ³ / dia)	IBGE (2000)
P9 Intensidade da pobreza – linha de R\$ 37,75	IPEA (2000)	P34 Volume de esgoto tratado (m ³ / dia)	IBGE (2000)
P10 Intensidade da pobreza – linha de R\$ 75,50	IPEA (2000)	P35 Extensão da rede de drenagem urbana (ha)	IBGE (2000)
P11 PIB <i>per capita</i> (R\$)	IBGE (2002)	P36 IDH- M Educação	IPEA (2000)
P12 Rendimento da indústria (R\$)	IBGE (2002)	P37 Número de matrículas no ensino	INEP (2003)
P13 Número de aqüicultores	IBGE (2000)	P38 Número de docentes	INEP (2003)
P14 Número de pescadores	IBGE (2000)	P39 Número de habitantes com 10 anos ou mais de idade e menos de 1 ano de estudo	INEP (2003)
P15 Rendimento das empresas (R\$)	IBGE (2000)	P40 Número de habitantes com 10 anos ou mais de idade	INEP (2003)
P16 Número de estabelecimentos hoteleiros	INEP (2001)	P41 Número de pessoas habitando aglomerados subnormais	FCIDE (2000)
P17 Receita municipal (R\$)	IPEA (2000)	P42 Número de habitantes em área urbana	IBGE (2000)
P18 Área coberta por vegetação secundária (ha)	FCIDE (2001)	P43 Número de aglomerados subnormais	FCIDE (2000)
P19 Área coberta por campo/ pastagem (ha)	FCIDE (2001)	P44 Número de homicídios	DATASUS (2000)
P20 Área degradada (ha)	FCIDE (2001)	P45 Despesa capital municipal (R\$)	IPEA (2000)
P21 Área coberta por corpos de água em 1994 (ha)	FCIDE (1994)	P46 Despesa corrente municipal (R\$)	IPEA (2000)
P22 Área coberta por corpos de água em 2001 (ha)	FCIDE (2001)	P47 Despesas municipais por função de Educação e Cultura (R\$)	IPEA (2000)
P23 IDH- M Longevidade	IPEA (2000)	P48 Despesas municipais por função de Saúde e Saneamento (R\$)	IPEA (2000)
P24 Esperança de vida ao nascer	IPEA (2000)	P49 Despesas municipais por função de Segurança Nacional e Defesa Pública (R\$)	IPEA (2000)
P25 Óbitos por doenças transmissíveis	IBGE (2000)		

Quadro 7 – Indicadores utilizados**66**

Dimensões	Setores	Indicadores temáticos	DPSIR
A Espacial	A1 - Urbanização	A1a - Urbanização	Pressão
	A2 – Áreas preservadas	A2a - Cobertura por Mata Atlântica	Estado
	A3 – Uso do solo	A3a - Cobertura por lavoura permanente	Pressão
B Cultural	B1 – Tomb. de bens histórico- culturais	B1a - Tombamento de bens histórico- culturais	Resposta
C Econômica	C1 – Emprego e renda	C1a - IDH- M Renda	Estado
		C1b - Participação da população na PEA	Estado
		C1c - Intensidade da linha de pobreza – linha de R\$ 37,75	Estado
		C1d – Intensidade da linha de pobreza – linha de R\$ 75,50	Estado
	C2 - PIB	C2a – Coeficiente do PIB	Estado
		C2b – Participação da indústria na economia municipal	Pressão
	C3 - Pesca	C3a - Aquicultores	Pressão
		C3b - Pescadores	Pressão
	C4 - Empresas	C4a – Participação das empresas na economia municipal	Força Diretiva/ Resposta
		C4b - Estabelecimentos hoteleiros	Pressão
D Ecológica	D1 – Modificação da paisagem	D1a - Vegetação secundária	Estado
		D1b - Cobertura por campo/ pastagem	Estado
		D1c - Áreas degradadas	Estado
		D1d - Perda de corpos de água	Estado
E Social	E1 - Saúde	E1a - IDH – M Longevidade	Estado
		E1b - Esperança de vida ao nascer	Impacto
		E1c – Mortalidade por doenças transmissíveis	Impacto
		E1d - Mortalidade infantil	Impacto
		E2 - Saneamento	E2a - Eficiência do esgotamento sanitário
	E2b – Cobertura do abastecimento de água	Resposta	
	E2c – Eficiência da coleta domiciliar de lixo	Resposta	
	E2d – Cobertura das estações de tratamento de água	Resposta	
	E2e – Cobertura das estações de tratamento de esgoto	Resposta	
	E2f – Cobertura da rede de drenagem urbana	Resposta	
	E3 - Educação	E3a - IDH – M Educação	Estado
		E3b – Inserção na escola	Estado
		E3c – Suficiência docente	Resposta
		E3d – Coeficiente de analfabetismo	Estado
	E4 - Habitação	E4a - Densidade demográfica	Força diretiva/ Pressão
E4b – População em aglomerados subnormais		Impacto/ Pressão	
E4c – Aglomeração subnormal		Impacto/ Pressão	
E5 - Segurança	E5a – Homicídios	Impacto	
F Política	F1 – Administração pública	F1a – Despesa capital municipal total	Resposta
		F1b – Despesa corrente municipal	Resposta
		F1c – Despesas municipais por função de Educação e Cultura	Resposta
		F1d – Despesas municipais por função de Saúde e Saneamento	Resposta
		F1e – Despesas municipais por função de Segurança Nacional e Defesa Pública	Resposta

5.5 Modelo relacional do banco de dados BD_Rio

67

O modelo lógico do banco de dados BD_Rio foi estabelecido (Figura 34) e o banco de dados foi implementado com auxílio do sistema gerenciador de bancos de dados MySQL v. 5.0, sendo executado em um sistema operacional GNU/Linux Debian Sarge. Codificações foram criadas para identificar as dimensões (A a F) e os indicadores (Ax a Fx, sendo x um tipo de sequência alfanumérica relativa à dimensão à que pertence e ao tipo, simples ou agregado), conforme disposto na Tabela 2. O tipo DPSIR – Forças diretoras, Pressão, Estado, Impacto e Resposta (em inglês, *Driven-Forces, Pressure, State, Impact and Response*) (ESL, 2007) de cada indicador foi identificado, informação relevante na análise de correlações dos resultados.

A tabela *dados_base* armazena os dados básicos e inclui os campos: *ID* (auto-numeração, chave-primária), *cod_dados_base* (código de identificação do dado básico), *cod_mun* (código de identificação do município), *valor_dados_base* (valor numérico do dado básico) e *estima_dados_basico* (se o dado básico foi estimado).

A tabela *info_dados_base* armazena os metadados dos dados básicos e inclui os campos: *cod_dados_base* (chave-primária, código de identificação), *um_dados_base* (unidade de medida), *desc_dados_base* (descrição), *cod_fonte* (código da instituição de onde se obteve a medida), *ano_dados_base* (ano de obtenção da medida) e *fonte_arq_dados* (detalhes da localização da fonte da medida).

A tabela *fonte_dados* armazena as informações das instituições de onde os dados básicos foram obtidos e inclui os campos: *cod_fonte* (chave primária, código de identificação), *sigla_fonte* (sigla), *desc_fonte* (descrição).

A tabela *mun* armazena a descrição dos municípios e inclui os campos: *cod_mun* (chave primária, código de identificação do município), *nome_mun* (nome do município) e *cod_regiao* (código de identificação do setor costeiro ao qual o município pertence).

A tabela *regiao* armazena a descrição dos setores costeiros do RJ e inclui os campos: *cod_regiao* (chave primária, código de identificação), *desc_regiao* (descrição).

A tabela *ind* armazena as informações principais dos indicadores e inclui os campos: *cod_ind* (chave primária, código de identificação do indicador), *nome_ind* (nome do indicador), *cod_dim* (código da dimensão a qual está associado o indicador), *um_ind* (unidade de medida do indicador), *cod_calc* (código de identificação da fórmula de cálculo do indicador) e *OBS* (campo para registro de eventuais observações relacionadas ao indicador).

A tabela *dim* armazena a descrição das dimensões do desenvolvimento sustentável e inclui os campos: *cod_dim* (chave primária, código de identificação), *desc_dim* (descrição da dimensão).

A tabela *ind_desc* armazena as informações que compõem a ficha descritiva dos indicadores e inclui os campos: *cod_ind* (chave primária, código de identificação), *cod_ind_pai* (código de identificação do indicador-pai), *desc* (descrição), *just* (justificativa), *obj* (objetivo de seu uso), *obtido* (descrição da fórmula de cálculo) e *DPSIR* (tipo DPSIR associado).

A tabela *ind_fator* armazena as informações levantadas da análise estatística exploratória das séries de índices calculados e inclui os campos: *cod_ind* (chave primária, código de identificação do indicador), *max* (valor máximo), *min* (valor mínimo), *dif* (amplitude), *L1* (limite entre os níveis baixo e médio de impacto), *L2* (limite entre os níveis médio e alto de impacto), *media* (média da série), *sem* (erro padrão da média), *DP* (desvio padrão), *var* (variância), e *coef_var* (coeficiente de variação).

A tabela *calc* armazena as fórmulas de cálculo dos índices e inclui os campos: *cod_calc* (chave primária, código de identificação), *form_calc* (descrição da fórmula de cálculo).

A tabela *pesos* armazena os pesos atribuídos no cálculo dos índices e possui os campos: *cod_peso* (código de identificação) e *valor* (valor do peso).

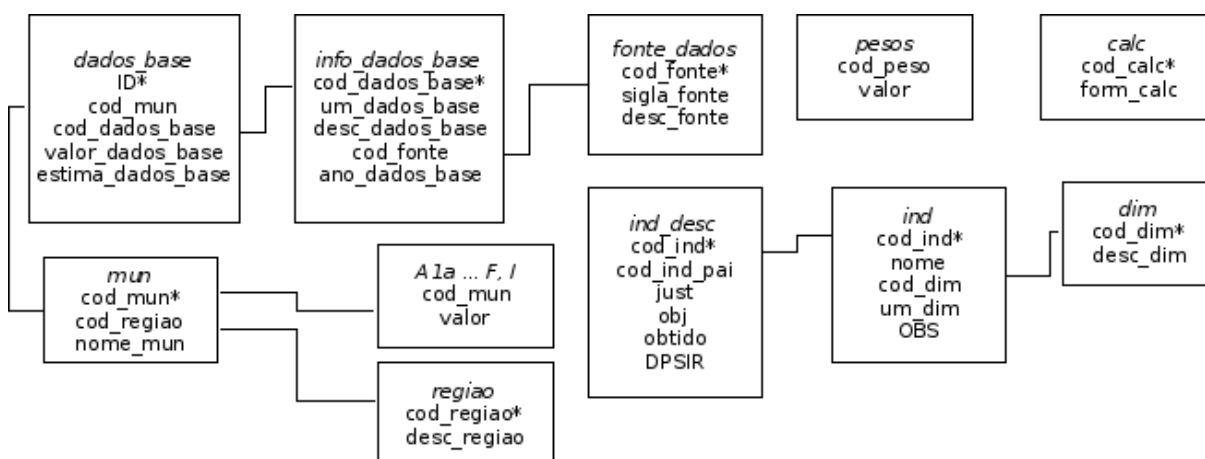


Figura 34 – Modelo lógico do banco de dados BD_Rio.(* indica campos chave-primária).

5.6 Modelo de análise – média ponderada

Os dados levantados foram armazenados em arquivos .csv (valores separados por vírgula. Em inglês, *comma separated values*). A tabela *dados_base* foi preenchida pela interpretação de um programa em PHP, pelo servidor Apache 2, que lê os dados do arquivo .cvs, os armazena em uma matriz e preenche a tabela por meio de consulta SQL (linguagem de consultas estruturadas. Em inglês, *Structured Query Language*). Tendo concluído o armazenamento dos dados no banco, passou-se à programação para o cálculo dos índices simples (Quadro 8) e agregados (Quadro 9). Os índices simples foram calculados de acordo com a fórmula:

$$\text{índice } i = (X_i - X_i \text{ mín}) / (X_i \text{ máx} - X_i \text{ mín}) \quad (1)$$

Onde: X_i = valor referente a um município determinado. $X_i \text{ mín}$ = valor mínimo da série; $X_i \text{ máx}$ = valor máximo da série.

Os índices temáticos e os índices de cada dimensão foram calculados por média aritmética simples dos índices que os compunham e o índice geral de impacto antropogênico (IGIA) foi calculado por média ponderada dos índices das dimensões: social, econômica e ecológica, com peso 2; espacial e política, com peso 1,5 e cultural, com peso 1.

A atribuição dos pesos dos indicadores das dimensões do desenvolvimento sustentável foi feita pelo método de atribuição de pesos por opinião de especialista (*knowledge driven*). Esse método leva em consideração a relevância dos temas, no cálculo do índice final. Todos os índices foram normalizados para valores entre 0 e 1, por multiplicação ou divisão por fatores de 10, a fim de facilitar a comparação entre os indicadores.

Quadro 8 – Fórmulas de cálculo dos índices simples

Ind	Fórmula	Ind	Fórmula	Ind	Fórmula	Ind	Fórmula
A1a	$(P2 / P1)$	C3b	$[(P14 / P5) \times 10]$	E2a	$(P29 / P28)$	E4b	$[(P42 / P41) / 10]$
A2a	$(P3 / P1)$	C4a	$[(P15 / P17) \times 10]$	E2b	$(P30 / P28)$	E4c	$(P43 / P5)$
A3a	$(P4 / P1)$	C4b	$[(P16 / P5) \times 10]$	E2c	$(P31 / P28)$	E5a	$[(P44 / P5) \times 10]$
B1a	$[(P6 / P5) \times 1000]$	D1a	$(P18 / P1)$	E2d	$[(P32 / P28) \times 100]$	F1a	$(P45 / P17)$
C1a	$(P7)$	D1b	$(P19 / P1)$	E2e	$(P34 / P33)$	F1b	$[(P46 / P17) / 10]$
C1b	$(P8 / P5)$	D1c	$(P20 / P1)$	E2f	$[(P35 / P1) \times 10]$	F1c	$(P47 / P17)$
C1c	$(P9)$	D1d	$(P22 - P21)$	E3a	$(P36)$	F1d	$[(P48 / P17) / 10]$
C1d	$(P10 / 100)$	E1a	$(P23)$	E3b	$(P37 / P5)$	F1e	$[(P49 / P17) \times 10]$
C2a	$(P11 / 1 \times 10^6)$	E1b	$(P24 / 100)$	E3c	$[(P38 / P5) \times 10]$		
C2b	$(P12 / P17)$	E1c	$[(P25 / P5) \times 100]$	E3d	$(P39 / P40)$		
C3a	$[(P13 / P5) \times 1.000]$	E1d	$[(P26 / P27) \times 10]$	E4a	$[(P5 / P1) / 1000]$		

Quadro 9 – Fórmulas de cálculo dos índices agregados

Ind	Fórmula	Ind	Fórmula
A1	$A1 = A1a$	E3	$E3 = \{ [(1 - E3a) + (1 - E3b) + (1 - E3c) + (E3d)] / 4 \}$
A2	$A2 = (1 - A2a)$	E4	$E4 = [(E4a + E4b + E4c) / 3]$
A3	$A3 = A3a$	E5	$E5 = E5a$
B1	$B1 = (1 - B1a)$	F1	$F1 = \{ [(1 - F1a) + (1 - F1b) + (1 - F1c) + (1 - F1d) + (1 - F1e)] / 5 \}$
C1	$C1 = \{ [(1 - C1a) + (1 - C1b) + (C1c) + (C1d)] / 4 \}$	A	$A = [(A1 + A2 + A3) / 3]$
C2	$C2 = [(C2a + C2b) / 2]$	B	$B = B1$
C3	$C3 = [(C3a + C3b) / 2]$	C	$C = [(C1 + C2 + C3 + C4) / 4]$
C4	$C4 = \{ [(1 - C4a) + C4b] / 2 \}$	D	$D = D1$
D1	$D1 = [(D1a + D1b + D1c + D1d) / 4]$	E	$E = [(E1 + E2 + E3 + E4 + E5) / 5]$
E1	$E1 = \{ [(1 - E1a) + (1 - E1b) + E1c + E1d] / 4 \}$	F	$F = F1$
E2	$E2 = \{ [(1 - E2a) + (1 - E2b) + (1 - E2c) + (1 - E2d) + (1 - E2e) + (1 - E2f)] / 6 \}$	IGIA	$IGIA = \{ [(A \times 1,5) + (B \times 1,0) + (C \times 2,0) + (D \times 2,0) + (E \times 2,0) + (F \times 1,5)] / 10 \}$

5.7 Classificação e mapeamento temático

Os limites L1 e L2 para os níveis de impacto adotados (baixo, médio e alto), foram calculados a partir da análise estatística exploratória dos índices, seguindo as fórmulas (2) e (3). Os níveis de impacto foram então estabelecidos segundo os intervalos:

$$\text{índice mínimo} \leq \text{nível baixo de impacto} < L1$$

$$L1 < \text{nível médio de impacto} < L2$$

$$L1 < \text{nível alto de impacto} \leq \text{índice máximo}$$

$$L1 = (\text{média} - \text{desvio padrão}) \quad (2)$$

$$L2 = (\text{média} + \text{desvio padrão}) \quad (3)$$

Onde: Índice mínimo = menor índice da série; índice máximo = maior índice da série; L1 = limite entre os níveis baixo e médio de impacto antropogênico L2 = limite entre os níveis médio e alto de impacto antropogênico.

Os limites L1 e L2 foram armazenados na tabela *ind_fator*. Em seguida, com auxílio das funções gráficas do PHP – *GDLibrary* (em inglês, *Graphics Display Library*), foi desenvolvido o programa que faz a classificação dos municípios em relação ao nível de impacto e gera os mapa temático digital.

5.8 Polígonos de impacto

Por fim, foram elaborados 34 polígonos de impacto para comparação dos índices das dimensões nos municípios e um polígono de impacto antropogênico geral, comparado os valores do Índice Geral de Impacto Antropogênico (IGIA) de todos os municípios.

5.9 Disponibilização dos resultados

O atlas digital gerado a partir dessa monografia representa inferência importante acerca da situação dos municípios constituintes da Zona Costeira do estado do Rio de Janeiro. Para que se atenda ao objetivo proposto nesse trabalho, tais mapas precisam ser amplamente disponibilizados, não apenas aos tomadores de decisões, mas também à população em sua totalidade. Assim, será mantido um sítio para consulta dos resultados aqui apresentados e para a continuidade do trabalho - <http://www.ivides.org/atlas>. (Ivides.org = Instituto Virtual para o Desenvolvimento Sustentável).