



## MODELO MATEMÁTICO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL: O CASO DOS NÚCLEOS MARABÁ PIONEIRA E NOVA MARABÁ, MARABÁ - PA

DOI: 10.19177/rgsa.v6e32017405-423

Antonio Pereira Junior<sup>1</sup>

Gabriela Pardini Oliveira<sup>2</sup>

Jessica Almeida Nicacio<sup>3</sup>

Layla Jamim de Souza Farias<sup>11</sup>

Sarah Maria de Souza Farias<sup>12</sup>

Savannah Tamara Lemos da Costa<sup>13</sup>

### RESUMO

A aplicação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é eficiente na prevenção da degradação ambiental e na elevação da qualidade de vida. Essa pesquisa teve como objetivo calcular e comparar o Índice da Qualidade Ambiental (IQA) dos núcleos Marabá Pioneira e Nova Marabá, localizados na cidade de Marabá-PA. A metodologia aplicada foi a observativa, sistemática, complementada com o levantamento de dados documentais, cujo recorte temporal situou-se entre 2007 e 2016. O uso da matriz de Leopold adaptada, e de modelo matemático para cálculo do IQA que, nessa pesquisa, foi constituído de três indicadores: saneamento básico, infraestrutura urbana e conforto ambiental, e nove variáveis ambientais: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, tratamento de resíduos, pavimentação das vias, iluminação pública, drenagem urbana, cobertura vegetal e emissão de ruídos, para tal, aplicou-se a estatística descritiva: média, desvio padrão, coeficiente de variação e correlação de Pearson, com o uso do *software* BioEstat 5.3. A análise dos dados obtidos indicou que o núcleo Nova Marabá apresenta maior IQA (43,6%) em relação a Marabá Pioneira (42,9%). Para a qualidade urbana ambiental satisfatória, ambos os núcleos necessitam ampliar a distribuição de água potável, criar uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), realizar o descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos, construir redes de drenagem pluvial, instalar iluminação nas vias públicas e aumentar as áreas verdes com o plantio de espécies endêmicas para melhorar a qualidade de vida da população.

**Palavras-chave:** Impactos Ambientais, Qualidade Ambiental, Matriz de Leopold.

<sup>1</sup> Biólogo, especialista em Planejamento e Gerenciamento de Águas; especialista em Gestão Hídrica e Ambiental; Mestre em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará. E-mail: antonio.junior@uepa.br

<sup>2</sup> Departamento de Eng. Ambiental. Universidade do Estado do Pará E-mail: gabi.pardinho@outlook.com

<sup>3</sup> Departamento de Eng. Ambiental. Universidade do Estado do Pará E-mail: jrecobio@yahoo.com.br

<sup>11</sup> Departamento de Eng. Ambiental. Universidade do Estado do Pará E-mail: laylafarias@outlook.com

<sup>12</sup> Departamento de Eng. Ambiental. Universidade do Estado do Pará E-mail: sarahmiranda323@gmail.com

<sup>13</sup> Departamento de Eng. Ambiental. Universidade do Estado do Pará E-mail: savannahlemos@live.com

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e uso intensivo do meio ambiente tem sido foco de grande interesse da comunidade científica e das organizações públicas e privadas, com o intuito de avaliação de impactos. A utilização de modelos matemáticos tem sido de suma importância para a quantificação mais precisa possível dos problemas ocasionados pelo uso demasiado do meio ambiente, através da Avaliação de Impacto Ambiental - AIA (CARVALHO; REIS; GIORDANO, 2016).

Nesse sentido, como medida de identificação e previsão de possíveis impactos sobre o meio ambiente, resultantes das ações antrópicas, os procedimentos que envolvem a AIA têm como objetivo propor medidas de redução e eliminação dos impactos negativos de tais ações. Dessa forma, a aplicação da AIA é eficiente na prevenção da degradação ambiental e na elevação da qualidade de vida, como uma ferramenta de gestão ambiental, proporciona um leque de informações indispensáveis para o processo de tomada de decisão a respeito da viabilidade ambiental dos projetos (ROSSALTO; LIMA; LÍRIO, 2010).

Quanto a avaliação, é fato que, cada modelo de avaliação tem uma aplicação definida, a utilização de parâmetros específicos é de suma importância, uma vez que, os mesmos em sua maioria apresentam caráter subjetivo na abordagem do meio físico. Portanto, para realizar a avaliação de impacto ambiental, é significativo que tal avaliação deva seguir uma metodologia simultânea entre um conjunto de normas e os fatores ambientais considerados, além da utilização de métodos flexíveis, aplicáveis em qualquer fase do processo e revisados constantemente (CREMONEZ et al., 2014).

Com o intuito de reproduzir e simular a peculiaridade dos parâmetros ambientais e as relações causa e efeito, desenvolvem-se modelos matemáticos (DIAS, GOMES; ALKMIN, 2011; GARCIA et al., 2007; SOUZA, PEREIRA; COELHO, 2004), cujo objetivo principal fornecer diagnósticos e prognósticos da qualidade ambiental de determinada área a ser estudada para implantação de um projeto e que pode ser aplicado em todas as fases do mesmo. Os resultados são elaborados em formas de redes de interação e matrizes, que podem representar o

comportamento dos sistemas ambientais dentro dos parâmetros pré-estabelecidos (MARTIM; SANTOS, 2013).

Ademais, as matrizes de interações são métodos de identificação, tendo como princípio, a relação paralela entre ações e fatores ambientais, podendo ser utilizadas para incorporar parâmetros de avaliação. O grau de complexidade da matriz varia de acordo com o quantitativo de variáveis trabalhadas, a Matriz de Leopold, criada em 1971, é uma das mais difundidas internacionalmente, é bidimensional e relaciona ações a fatores ambientais (CAVALCANTE; LEITE, 2016).

Nesse sentido, as matrizes de interação surgiram como alternativa para suprir as ineficiências do *checklist* (listagens) e começaram a ser introduzidas na AIA (Avaliação de Impacto Ambiental), com o objetivo de tentativa de qualificação das inúmeras análises dos impactos ambientais previstos num determinado projeto, e pode ser usada para definir e priorizar os impactos e ações para mitigá-los (ALMEIDA; SANTOS; TORRES, 2014).

Diante dos aspectos apresentados, o presente artigo teve como objetivo calcular e comparar o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) dos núcleos Marabá Pioneira e Nova Marabá localizados no município de Marabá-PA, a partir de três índices (saneamento básico, infraestrutura e conforto ambiental). Além disso, gerar informações acerca da qualidade ambiental que facilite a aplicação de ações do Poder Municipal na melhoria da qualidade de vida dos munícipes.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 QUALIDADE AMBIENTAL**

Ao se tratar de qualidade ambiental reporta-se a qualidade de vida, visto que a preservação, recuperação e revitalização da qualidade ambiental implica em assegurar uma boa qualidade de vida, que envolve desde lazer e moradia a saúde. No entanto, a importância da mesma somente passou a ser notada com a evolução de processos de degradação (BARBARULO, 2011).

A partir daí, passou a se observar o meio ambiente como um sistema ecologicamente integrado, baseado em um equilíbrio necessário para o

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 405-423, out./dez. 2017.

desenvolvimento econômico, os interesses de segurança nacional e a sadia qualidade de vida. A alteração ou comprometimento desses interesses proporcionou a padronização do que se conhece por qualidade ambiental (SANTIAGO et al., 2017).

A qualidade ambiental constantemente busca ser quantificada por meio de variáveis ambientais que traduzem numericamente as alterações ocorridas no meio e sinalizam para a mitigação da degradação, que ocorre seja em função de ações antrópicas, seja por transformações naturais. Em virtude disto, é necessário um acompanhamento da situação dos recursos físicos e bióticos locais que possam conduzir a melhorias na qualidade de vida (BRASIL, 2009).

Tal é a importância da variável ambiental que agrega ou simplifica informações, torna visíveis fenômenos, muitas vezes imperceptíveis a população, além de avaliar e comunicar dados importantes que são trabalhados para obter-se um índice de qualidade ambiental. Estas variáveis podem ser adaptadas conforme o que se deseja avaliar, em geral, as mais utilizadas são para mensurar índices de saneamento, índice de poluição, índice de qualidade de vida, dentre outros (ROSSATO et al., 2010).

## 2.2 SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Ainda que relativamente recente, entende-se por serviços ecossistêmicos, os benefícios gerados, direta ou indiretamente, à qualidade de vida humana a partir das funções dos ecossistemas, das quais pode-se citar a provisão de alimentos, regulação climática, água, formação dos solos e etc., no geral, é todo o leque de fluxos de materiais, energia e informações derivados dos ecossistemas naturais e cultivados que atuam como produtores do bem-estar humano (SOUZA et al., 2016).

Partindo desse pressuposto, o interesse e necessidade de percepção, conservação, avaliação e valoração dos serviços prestados pelo meio ambiente são de suma importância, visto que se entende como valor a exteriorização da relevância do bem natural, cabe, portanto, na valoração dos serviços ecossistêmicos usar a integração de objetivos em escala sustentável, social e econômica (ANDRADE; ROMEIRO, 2013).

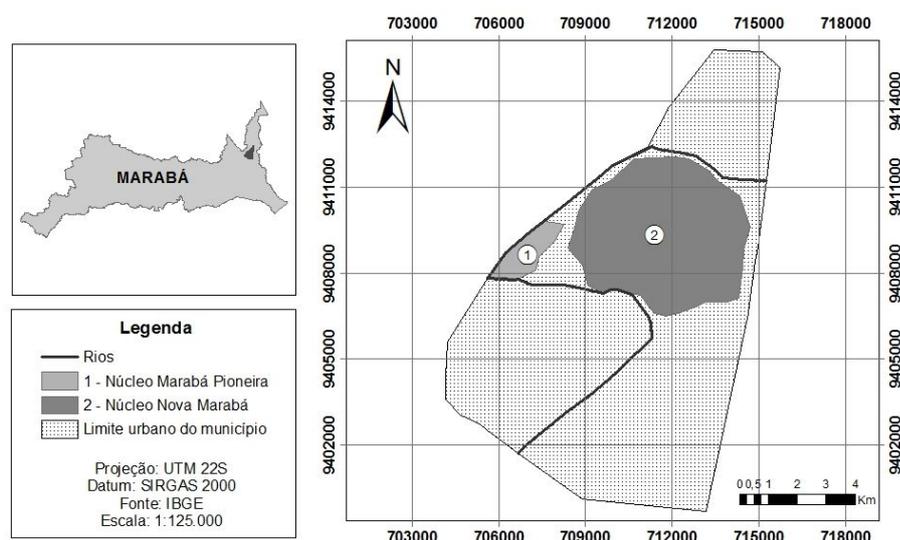
### 3 MÉTODO DA PESQUISA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Marabá, com as coordenadas geográficas: 05°21'54" S de latitude e 49° 07' 24" W de longitude, de acordo com o Plano Diretor, é composta por seis núcleos urbanos: Marabá Pioneira, Nova Marabá, Cidade Nova, Distrito Industrial, São Felix e Morada Nova (PONTES; CARDOSO, 2016).

O estudo em tela concentrou-se nos núcleos: Marabá Pioneira, com 12.020 habitantes e área urbana edificada de 270 ha, e Nova Marabá (Figura 1), que possui 51.801 habitantes e área edificada de 2.104 ha (RAIOL, 2010).

Figura 1: Localização da área de estudo. Núcleos Marabá Pioneira (1) e Nova Marabá (2), Marabá-PA.



Fonte: Autores (2017).

A escolha destes locais ocorreu em função da localidade dos núcleos que permitem melhor efeito comparativo, já que a cidade de Marabá, se iniciou no núcleo Marabá Pioneira e expandiu-se a partir as margens do rio Tocantins e Itacaiúnas sem planejamento urbano de uso e ocupação do solo, bem como distribuição equilibrada dos recursos. Já o Núcleo Nova Marabá estabeleceu-se como um núcleo previamente planejado para alojar a população crescente com a implantação do

projeto ferro Carajás, porém, não foi capaz de suportar a expansão urbana desde 1985.

### 3.2 METODOLOGIA

A metodologia adotada foi a sistemática indireta e, para melhor executá-la, ela foi dividida em duas etapas:

Etapa 1 - Levantamento de dados documentais, com recorte temporal entre 2008 e 2016.

Etapa 2 – Adaptação da Matriz de Leopold, para avaliação de nove variáveis ambientais (abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, tratamento de resíduos, pavimentação das vias, iluminação pública, drenagem urbana, cobertura vegetal e emissão de ruído), em seguida, a composição de três indicadores (saneamento básico, infraestrutura urbana e conforto ambiental).

Quanto aos valores para tais variáveis, utilizou-se a escala preconizada por Leopold (1971), com valores de 1 a 10 para determinar magnitude e importância de cada variável ambiental (Tabela 1), em consideração aos serviços ecossistêmicos e os benefícios gerados por eles, quanto a: provisão (alimentação e água potável), regulação (clima, controle de inundação e doenças), culturais (ecoturismo, estético e educação) e suporte (importância para reprodução de outros animais).

Tabela 1: Escala quantiquantitativa atribuída para magnitude e importância.

<b>Escala atribuída</b>	<b>Magnitude e Importância</b>
1 – 2	Baixa
3 – 5	Média
6 – 8	Alta
9 – 10	Elevada

Fonte: Autores (2017)

Após atribuir valores na Matriz de Leopold, para cada variável ambiental, esses valores obtidos, foram divididos por 100 (cem), de acordo com o preconizado por Barreiros e Abiko (2016), para obtenção dos valores decimais, em função de cada um dos três indicadores analisados. Em seguida, calculou-se o grau da “significância” e finalmente, aplicou-se a Estatística Descritiva (média, desvio padrão,

coeficiente de variação e Correlação de Pearson) com o *Software* BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007). Para análise da correlação entre os indicadores de cada núcleo (Tabela 2), empregou-se a escala preconizada por Figueiredo e Silva Júnior (2009).

Tabela 2: Escala empregada para caracterização do tipo de correlação entre os indicadores.

Correlação de Pearson ( <i>r</i> )	Relação
0	Inexistente
0,10 – 0,30	Fraca
0,40 – 0,60	Moderada
0,70 – 1,0	Forte

Fonte: Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009)

Logo após, foram atribuídos índices parciais (0 a 1) à cada variável ambiental de acordo com as peculiaridades observadas nos dois núcleos urbanos analisados. Vale ressaltar que, quanto mais os valores se aproximam de 0, maior é o grau impactante do mesmo, em uma relação inversamente proporcional (Quadro 1).

Quadro 1: Índices atribuídos em uma escala de 0-1 para cada variável ambiental.

	Variáveis de avaliação da qualidade ambiental	Índice parcial ( <i>Ip</i> )
<b>Saneamento</b>	Abastecimento de água	<b>0,3</b>
	Esgotamento sanitário	<b>0,1</b>
	Limpeza urbana	<b>0,4</b>
	Tratamento de resíduos	<b>0,1</b>
<b>Infraestrutura Urbana</b>	Pavimentação das vias	<b>0,3</b>
	Iluminação pública	<b>0,5</b>
	Drenagem urbana	<b>0,2</b>
<b>Conforto Ambiental</b>	Cobertura vegetal	<b>0,1</b>
	Emissão de ruído	<b>0,4</b>

Fonte: Autores (2017).

Para o cálculo do IQA, adotou-se protocolo desenvolvido por Dias, Gomes e Alkmin (2011), no qual os índices parciais, para cada variável ambiental, oscilam de 0 a 1 e os pesos dos indicadores, quando somados, alcançam valor máximo de 100 (Tabela 3).

Tabela 3: Pesos atribuídos às variáveis adotadas.

INDICADORES	VARIÁVEIS	Índices Parciais	Peso dos indicadores	IQA
Saneamento Básico	Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e ausência de tratamento de resíduos	0-1	50	100
Infraestrutura Urbana	Pavimentação das vias, iluminação pública e ausência de drenagem urbana	0-1	20	
Conforto Ambiental	Cobertura vegetal e emissão de ruído	0-1	30	

Fonte: Adaptada de Dias, Gomes e Alkmin (2011).

Na sequência, calcularam-se os valores para cada indicador, com o uso da Eq.1 (DIAS, GOMES; ALKIMIN, 2011).

$$I_s = [(Sv1 \times Ip1) + (Sv2 \times Ip2) + \dots (Svn + Ipn)] \quad (1)$$

Onde:

$I_s$ : Indicador de qualidade para saneamento básico

$Sv1$ : Significância da 1ª variável relacionada a saneamento básico

$Ip1$ : Índice parcial correspondente à 1ª variável

$Sv2$ : Significância da 2ª variável relacionada a saneamento básico

$Ip2$ : Índice parcial correspondente à 2ª variável

$Svn$ : Significância de variável  $n$  relacionada a saneamento básico

$Ip_n$ : Índice parcial correspondente a variável  $n$ .

Finalmente, efetuou-se o cálculo do IQA, com a aplicação da Eq. 2

$$IQA = [(I_s \times P_s) + (I_{iu} \times P_{iu}) + (I_{ca} + P_{ca})] \quad (2)$$

Onde:

IQA: Índice da Qualidade Ambiental

$I_s$ : Indicador de qualidade para saneamento

$P_s$ : Peso do indicador de saneamento

$I_{iu}$ : Indicador de qualidade para infraestrutura urbana

$P_{iu}$ : Peso do indicador de infraestrutura urbana

$I_{ca}$ : Indicador de qualidade para conforto ambiental

$P_{ca}$ : Peso do indicador de conforto ambiental

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse dos dados, os resultados obtidos indicaram valores próximos de indicadores ambientais para os núcleos (Tabela 4).

Tabela 4: Valores dos indicadores do núcleo Marabá Pioneira e Nova Marabá.

Indicador	Núcleo	
	MARABÁ PIONEIRA	NOVA MARABÁ
Saneamento Básico	0,43	0,44
Infraestrutura	0,15	0,15
Conforto Ambiental	0,61	0,62

Fonte: Autores (2017).

O núcleo Nova Marabá, tanto para o indicador saneamento básico, quanto para conforto ambiental apresentou maiores índices de qualidade ambiental, enquanto para a infraestrutura os resultados obtidos foram os mesmos, demonstrando que ambos os núcleos possuem dificuldades nessa área.

### 4.1 QUANTO AO INDICADOR SANEAMENTO BÁSICO

Este indicador de qualidade apresentou valor igual a 0,43 para Marabá Pioneira e 0,44 para Nova Marabá. Esses dados ficam quase similares devido ao abastecimento de água, efetuado pela Companhia de Saneamento do Pará-COSANPA, atender a 54% da comunidade no Núcleo Nova Marabá, e 53% no Núcleo Marabá Pioneira.

No estudo efetuado em todo território brasileiro, por Teixeira et al., (2014), os autores concluíram que o país ainda apresenta grande deficiência na distribuição de água potável. Isso corrobora com os dados analisados nessa pesquisa, posto que, ainda há parte das comunidades dos dois núcleos que não recebem água potável (46% e 47%, respectivamente). No entanto, de acordo com Branco (2011) no Atlas de Saneamento desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apesar do Brasil apresentar baixo percentual de água distribuída sem nenhum tipo de tratamento (7,1%), a região Norte encontra-se bem acima do

percentual nacional (25,6%). Este fato explica a deficiência em saneamento nos núcleos analisados.

Outro fator agravante deste indicador é a contaminação de água subterrânea. Essa afirmativa tem como base a pesquisa realizada em Cuiabá – MT, por Silva et al., (2014), indicou que as análises químicas, físicas e biológicas, a contaminação das águas subterrâneas em virtude do grande número de fossas sépticas no bairro Pedra Noventa, o que é agravado pela baixa altitude do local. Este cenário também é percebido no Núcleo Marabá Pioneira, onde a concentração de grande quantidade de fossas na baixa altitude (de 80 a 89,9 m) do núcleo e a proximidade dos rios, por situa-se as margens do Tocantins e Itacaiúnas, ocasiona escoamento direto para o rio e/ou contaminação do lençol freático.

#### 4.2 QUANTO AO INDICADOR INFRAESTRUTURA URBANA

Para este indicador, os dados analisados indicaram valor igual a 0,15, para ambos os núcleos objetos dessa pesquisa, logo, as condições de infraestrutura urbana em ambos os núcleos são similares. Em estudo efetuado na cidade de Pombal – PB, por Crispim et al. (2013) os autores concluíram que a ocorrência de acúmulo de resíduo a céu aberto, apresenta consequências negativas, tal como a obstrução de galerias de águas pluviais. Outro estudo, efetuado em Goiânia – GO, por Belizário (2014), conclui que o manejo adequado dos resíduos sólidos é importante mediador estratégico de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde. Nos dois núcleos analisados em Marabá, ocorre acúmulo de resíduos ao longo das vias de acesso, favorece a ocorrência da situação descrita acima, o que corrobora com o estudo efetuado na cidade de Pombal.

Quanto a pavimentação, os dados analisados indicaram que o núcleo Marabá Pioneira, por apresentar menor extensão e maior adensamento, possui maior quantidade de vias pavimentadas (significância igual a 0,17) em detrimento da Nova Marabá (0,15) que ainda se encontra em intensa expansão urbana. A pesquisa realizada por Lima et al. (2016), indicou a caracterização da pavimentação asfáltica como fator de importância, no que se refere à melhoria da qualidade de vida da população, além de subsidiar o desenvolvimento dos aspectos socioeconômicos, dentre eles, a valorização de imóveis. No entanto, pesquisa realizada em Grão

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 405-423, out./dez. 2017.

Mogol – MG, por Magalhães et al. (2011), os dados obtidos indicaram que, da pavimentação, decorrem problemáticas ambientais, ao descreverem a formação e desenvolvimento de processos erosivos pela má execução e até mesmo não planejamento de sistemas de drenagem, perturbação da fauna pelo nível do ruído causado pelo tráfego intenso e ausência de cobertura vegetal nos entornos, dentre outros.

Em função da iluminação pública, a análise dos dados obtidos, indicou que esta é mais escassa no Núcleo Nova Marabá (significância igual a 0,13), principalmente nas áreas de invasões. No estudo efetuado em Florianópolis – SC, por Lima e Vieira (2014), os autores concluíram que este aspecto contribui para o aumento da criminalidade nas cidades. Esse aspecto também foi verificado nos dois núcleos objetos dessa pesquisa.

Com relação a drenagem urbana, os dados obtidos indicaram que ambos os núcleos são deficientes (significância igual a 0,21 para Marabá Pioneira e 0,19 para Nova Marabá). Pesquisa realizada em Marabá – PA, por Mascarenhas e Vidal (2015), na Nova Marabá, em especial nos bairros conhecidos como “Fanta” e “Coca-Cola” não há drenagem de águas pluviais e em algumas vias que são paralelas a declividade, ocorre o aumento na velocidade do escoamento superficial, o que resulta em processos erosivos.

#### 4.3 QUANTO AO INDICADOR CONFORTO AMBIENTAL

Em relação a este indicador, a análise dos dados obtidos, indicam um valor igual a 0,61 para Marabá Pioneira, e 0,62 para Nova Marabá, engloba como variável a cobertura vegetal e a emissão de ruídos. Quanto a cobertura vegetal, a Marabá Pioneira, em sua área total, possui 6,85% (Figura 2a), enquanto na Nova Marabá, a cobertura vegetal corresponde a apenas 5,41% da área total (Figura 2b). Ressalta-se que para quantificação da mesma, foram consideradas apenas as áreas adensadas, os fragmentos unitários de vegetação foram excluídos da contagem.

Figura 2: Delimitação de cobertura vegetal adensada a) no núcleo Marabá Pioneira; b) no núcleo Nova Marabá.



Fonte: Google Earth (2017).

Estudo efetuado em Paulínia – SP, por Bargas e Matias (2011), os autores concluíram que a cobertura vegetal exerce funções como a do conforto térmico, controle da poluição do ar e acústica e valorização visual da paisagem. Os dados obtidos para Marabá Pioneira, indicam que esse núcleo possui maior área com arborização adensada em detrimento da Nova Marabá, portanto, apresenta melhor sensação térmica.

Quanto a emissão de ruído, no núcleo Marabá Pioneira, a análise dos dados indicou que, na via principal (Av. Antônio Maia), há intensa poluição sonora (significância igual a 0,34) proveniente de propagandas comerciais de estabelecimentos mistos, isto é, edifícios que comportam residência e serviço comercial. Já o núcleo Nova Marabá, por conter espaços amplos auxilia na dispersão do ruído, o que minimiza os impactos sonoros (0,33).

Pesquisa realizada em Mossoró – RN, por Lima e Carvalho (2010) indicou a existência de inúmeras fontes sonoras como: atividades comerciais, sirenes, indústrias, obras de construção civil, templos religiosos e o intenso tráfego de veículos, além de comporem a poluição sonora tem elevado o nível de ruído urbano, o que contribui para o aparecimento de ambientes cada vez mais desagradáveis, os quais interferem na qualidade ambiental e na qualidade de vida urbana, uma vez que, as duas últimas estão diretamente ligadas. Tais aspectos foram encontrados nessa pesquisa, em ambos os núcleos analisados.

#### 4.4 QUANTO À ANÁLISE DOS INDICADORES

A análise dos indicadores permitiu relacionar média, Desvio Padrão (D.P.) e Coeficiente de Variação (C.V.) das significâncias para os indicadores de cada núcleo (Tabela 5).

Tabela 5: Média, desvio padrão e coeficiente de variação para os núcleos estudados. Marabá – PA.

Indicadores	MARABÁ PIONEIRA			NOVA MARABÁ		
	Média	D.P.	C.V (%)	Média	D.P.	C.V (%)
Saneamento Básico	0,39	± 0,03	8,1	0,39	± 0,03	8,5
Infraestrutura Urbana	0,16	± 0,05	30,8	0,15	± 0,03	19,5
Conforto Ambiental	0,39	± 0,03	7,7	0,39	± 0,04	10,2

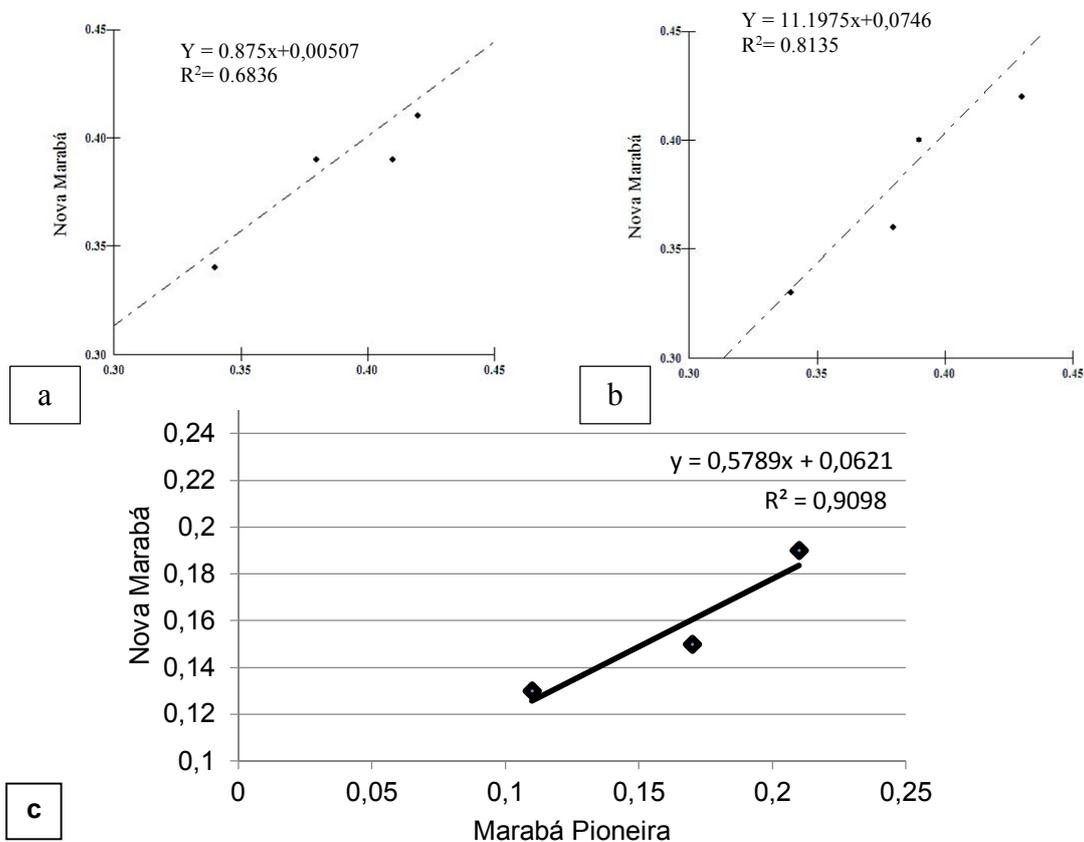
Fonte: Autores (2017)

Os baixos valores de desvio padrão para os indicadores (0,03 a 0,05) representam homogeneidade nos conjuntos de indicadores adotados para avaliação da qualidade ambiental. Em decorrência disto, o coeficiente de variação também apresentou valores percentuais baixos (7,7% a 30,8%), o que expressa proximidade das características observadas nos núcleos estudados. Um estudo efetuado em Goiânia – GO, por Cruz et al. (2012), comprovou a eficiência do cálculo do coeficiente de variação ao obter precisão experimental entre os dados. Ressalta-se que para o indicador conforto ambiental, os valores a ser tabelados não foram dignos de nota.

Em virtude de todas as variáveis expostas, obteve-se o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) que, para a núcleo Marabá Pioneira, correspondeu a 42,95% e, para Nova Marabá, 43,60%. A partir disto, contata-se que a população residente no segundo núcleo analisado dispõe de maior qualidade ambiental.

Embora a Nova Marabá tenha apresentado IQA maior que o da Marabá Pioneira ( $IQA_{NM}43,60\% > IQA_{MP}42,95\%$ ), a Correlação de Pearson permitiu averiguar a relação das significâncias entre núcleos para cada indicador (Figura 5a, 5b e 5c).

Figura 5: Correlação entre os indicadores da qualidade ambiental, a) saneamento básico; b) conforto ambiental; c) Infraestrutura Urbana.



Fonte: Autores (2017).

Para o indicador saneamento básico, os dados indicaram uma correlação positiva qualificada como forte ( $r = 0,83$ ), (Figura 5a). Já para o indicador infraestrutura, a correlação indicada pelos dados também foi positiva e qualificada como forte ( $r = 0,95$ ). Quanto ao indicador conforto ambiental, a correlação foi qualificada como positiva e forte ( $r = 0,90$ ), com os valores para significância muito próximos (Figura 5b). Tais dados inferem que, os problemas ambientais referentes ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, tratamento de resíduos, pavimentação das vias, iluminação pública, drenagem urbana, cobertura vegetal e emissão de ruído ocorrem em ambos os núcleos, mas com intensidades diferentes.

## **5 CONCLUSÃO**

O método aplicado na avaliação de impacto com a adoção de indicadores é viável para o índice da qualidade ambiental urbana e, nos dois núcleos analisados, identificou-se que ambos necessitam de medidas capazes de melhorar a qualidade de vida da população, como a ampliação da distribuição de água potável, construção de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), contribuição da população quanto ao descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos, construção de redes de drenagem pluvial, instalação de iluminação nas vias públicas e aumentar as áreas verdes com o plantio de espécies endêmicas. Além disto, a partir dos índices foi possível comparar as problemáticas ambientais, oriundas da carência de planejamento urbano. Isso facilitará as elaborações de políticas públicas futuras para os dois núcleos, e poderá incentivar a pesquisa quanto a qualidade ambiental urbana no núcleo Cidade Nova.

### **MATHEMATICAL MODEL FOR THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL QUALITY: THE CASE OF MARABÁ PIONEIRA AND NOVA MARABÁ, MARABÁ - PA**

#### **ABSTRACT**

The application of the Environmental Impact Assessment (EIA) is efficient in preventing environmental degradation and in raising the quality of life. From this, the objective of this article was to calculate and compare the Environmental Quality Index (IQA) of the Marabá Pioneira and Nova Marabá nuclei, located in the town of Marabá-PA. The applied methodology was the observational, systematic, complemented with the collection of documentary data, whose time cut was between 2007 and 2016. The use of Leopold matrix adapted, and mathematical model to calculate IQA that, in this research, was consisting of three indicators: basic sanitation, urban infrastructure and environmental comfort, and nine environmental variables: water supply, sanitary sewage, urban cleaning, waste treatment, road paving, street lighting, urban drainage, vegetation cover and noise emission, for this, descriptive statistics were applied: mean, standard deviation, coefficient of variation and Pearson's correlation with the use of BioEstat 5.3 software. The analysis of the data obtained indicated that the Nova Marabá nucleus presents higher IQA (43.6%) than Marabá Pioneira (42.9%). For the satisfactory urban environmental quality, both nuclei need to expand the distribution of drinking water, create an Effluent Treatment Station (ETE), carry out the environmentally sound disposal of solid waste, build

rainwater drainage networks, install lighting on public roads and Increase green areas by planting endemic species to improve the quality of life of the population.

**Keywords:** Environmental Impacts, Environmental Quality, Leopold Matrix.

---

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. R.; SANTOS, V. M. L.; TORRES, G. P. B. Avaliação de impactos ambientais do processo de produção de etanol utilizando método derivado da Matriz de Leopold. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)**. Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 1443-1459, 2014.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Valoração de Serviços Ecossistêmicos: por que e como avançar?. **Sustentabilidade em Debate**. Brasília, v. 4, n. 1, p. 43-58, 2013.

AYRES, J. M. et al. **BioEstat 5.3**. 2007. Disponível em: <<http://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): estudo com a aplicação de geotecnologias. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 143-156, 2012.

BARBARULO, A. **Direito ambiental: do global ao local**. 151 p. São Paulo: Gaia, 2011.

BARREIROS, M. A. F.; ABIKO, A. K. Avaliação de Impactos de Vizinhança utilizando matrizes numéricas. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 23-38, 2016.

BELIZÁRIO, W. S. Impactos ambientais decorrentes da expansão urbana no córrego pipa em aparecida de Goiânia, Goiás. **Revista Mirante**. Anápolis, v. 7, n. 2, dez. 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Nacional do Meio Ambiente II**. Brasília – DF, 2009. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/pnma/\\_arquivos/03\\_02\\_sub\\_pga\\_juli09\\_6.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/pnma/_arquivos/03_02_sub_pga_juli09_6.pdf)> Acesso em: 21 mai. 2017.

BARGOS, C. D.; MATIAS, L. F. Áreas Verdes Urbanas: Um Estudo de Revisão e Proposta Conceitual. **REVSAU**, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011.

BRANCO, M. L. G. C. (coord.). **Atlas de Saneamento**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011. Disponível em:<

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 405-423, out./dez. 2017.

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm). Acesso em: 07 mai. 2017.

CAVALCANTE, L. G.; LEITE, A. O. S. Aplicação da Matriz de Leopold como ferramenta de avaliação dos aspectos e impactos ambientais em uma fábrica de botijões. **Rev. Tecnol.** Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 111-124, 2016.

CARVALHO, D. N.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C. Análise dos Procedimentos Metodológicos Utilizados na Determinação de Graus de Significância em Estudos de Impacto Ambiental de Dutovias. **Geociências**. São Paulo, UNESP, v. 35, n. 1, p. 126-133, 2016.

CREMONEZ, F. E. et al. Avaliação de Impacto Ambiental: Metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais (REMOA)**. Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3821-3830, 2014.

CRISPIM, D. L. et al. Diagnóstico ambiental do Rio Piancó próximo ao perímetro urbano da cidade de Pombal – PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. Pombal, v. 7, n. 3, p. 01-06, 2013.

CRUZ, E. A. et al. Coeficiente de Variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 8, n. 14, p. 220-233, 2012.

DIAS, F. A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana na bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá-MT. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 127-147, 2011.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistério do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**. Pernambuco, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Conceitos e importância da modelagem matemática de qualidade de água para gestão dos recursos hídricos. **Revista Ambiência**. Guarapuava, v. 9, n. 3, p. 487-503, 2013.

GARCIA, K. C. et al. Concepção de um modelo matemático de avaliação de projetos de Responsabilidade Social Empresarial (RSE). **Gest. Prod.** São Carlos, v. 14, n. 3, p. 535-544, 2007.

LEOPOLD, L. B. et al. A produce for evaluanting environmental impact Geological Survey Circular 645. Washington, 1971.

LIMA, A. G. M.; CARVALHO, R. G. Poluição Sonora no Meio Ambiente Urbano - Caso Centro de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**. Fortaleza, v. 5, n. 2, p. 69-87, 2010.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 405-423, out./dez. 2017.

LIMA, J. S.; VIEIRA, N. T. A. A estratégia de prevenção do crime através do desenho urbano. **Revista Ordem Pública e Defesa Social**. Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 55-77, 2014.

LIMA, R. C. et al. Análise Comparativa dos Impactos Ambientais Gerados na Utilização de Dois Diferentes Ligantes Asfálticos no Processo de Pavimentações de Estradas. **Revista Eletrônica de Energia**. Salvador, v. 6, n. 1, p. 4-17, 2016.

MAGALHÃES, I. A. L.; MARTINS, R. F.; SANTOS, A. R. Identificação dos Impactos Ambientais Relacionados à Pavimentação da Rodovia MG 307 no Município de Grão Mogol – MG. **Revista Verde**. Mossoró, v. 6, n. 5, p. 10-16, 2011.

MARTIM, H. C.; SANTOS, V. M. L. Avaliação de Impactos ambientais em empresa de mineração de cobre utilizando redes de interação. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)**. Santa Maria, v. 17, n. 17, p. 3246 – 3257, 2013.

MASCARENHAS, A. L. S.; VIDAL, M. R. Notas Preliminares de geomorfologia urbana e meio ambiente na cidade de Marabá-PA. **Boletim Amazônico de Geografia**. Belém, v.2, n. 3, p. 105-119, 2015.

PENEIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. A modelagem matemática aplicada às questões ambientais: uma abordagem didática no estudo da precipitação pluviométrica e da vazão de rios. **Revista Millenium**. Portugal, v. 17, n. 42, p. 27-47, 2012.

PONTES; L. B.; CARDOSO; A. C. D. Open Spaces: windows for ecological urbanism in the Eastern Amazon. **Brazilian Journal of Urban Management**. Paraná, v. 8, n. 1, p. 96-112, 2016.

RAYOL, J. A (coord.). **Perspectivas para o meio ambiente urbano: GEO Marabá**. 2010. Disponível em: <<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/geo-maraba-perspectivas-para-o-meio-ambiente-urbano.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

ROSSALTO, M. V.; LIMA, J. E.; LÍRIO, V. S. Condições Econômicas e Nível de Qualidade Ambiental no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Econ. Sociol. Rural**. Piracicaba, v. 48, n. 3, p. 587-604, 2010.

SANTIAGO, T. O. M. et al. A eficácia do estabelecimento de padrões de qualidade ambiental. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 85-111, 2017.

SILVA, D. D. et al. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. São Paulo, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2014.

SOUZA, C. A. et al. Serviços Ambientais Associados à Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração: potencial para pagamento de serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. XIX, n. 2, p. 139-168, 2016.

SOUZA, M. T. S.; PEREIRA, R. S.; COELHO, J. G. Avaliação de Impactos Ambientais pela sociedade: um estudo de caso da Bahia Celulose S. A. **Revista de Administração e Inovação**. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 70-88, 2004.

TEIXEIRA, J. C. et al., Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Eng. Sanit. Ambient.** Minas Gerais, v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014.