



Índice de qualidade ambiental urbana aplicado nas microbacias Popuca-Botinhas e pedrinhas no município de Guarulhos – SP

Fábio Codo

Programa de Mestrado em Análise Ambiental, Universidade Guarulhos - UNG, Brasil.
fabio.codo@gmail.com

Anderson Targino da Silva Ferreira

Programa de Mestrado em Análise Ambiental, Universidade Guarulhos - UNG, Brasil.
andersontsferreira@gmail.com

Fabício Bau Dalmas

Programa de Mestrado em Análise Ambiental, Universidade Guarulhos - UNG, Brasil.
fdalmas@prof.ung.br

Patricia Bulbovas-Hueb

Programa de Mestrado em Análise Ambiental, Universidade Guarulhos - UNG, Brasil.
pbulbovas@hotmail.com

RESUMO

O conceito de qualidade de vida urbana está relacionado com as condições ideais do espaço habitável no âmbito do conforto. O diagnóstico quantitativo e qualitativo do espaço urbano, com o objetivo de alcançar a equidade nas condições de habitação dos indivíduos na urbe, é garantido pela Constituição Brasileira. Assim, a aplicação de indicadores ambientais se mostra um importante e eficiente ferramenta para compreensão do ambiente das cidades, podendo ser utilizados em formulação de políticas públicas e tomadas de decisões pelos governantes. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo utilizar o Índice de Qualidade Ambiental Urbana – IQAU para avaliar a qualidade ambiental da região das microbacias Popuca-Botinhas e Pedrinhas, do Município de Guarulhos, SP. O IQAU foi desenvolvido através do cruzamento dos indicadores Esgotamento Sanitário, Origem do Abastecimento de Água, Coleta de Lixo, e Condições do Entorno. Cada indicador resultou num mapa temático georreferenciado passível de interpretação acerca do seu comportamento, os quais foram integrados para compor o mapa temático das microbacias estudadas. Bairros de Guarulhos como Jardim Nova Cumbica, Jardim Arapongas e Jardim Vermelho apresentaram baixo IQAU, mostrando necessidades de melhoria emergenciais por parte do poder público.

PALAVRAS-CHAVE: IQAU. Qualidade Ambiental. Indicador Ambiental

1 INTRODUÇÃO

A população urbana brasileira, de um modo geral, cresceu de forma desproporcional em relação à qualidade da infraestrutura do país. Em regiões metropolitanas, como a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a oferta de oportunidades profissionais e sociais serve de motivação para as ocupações inadequadas. Embora o crescimento populacional tenha recuado nos últimos anos, o desenvolvimento urbano continua em franca ascensão. Estima-se que no estado de São Paulo, que detém cerca de 22% da população do país, aproximadamente 96% da população vive em áreas consideradas urbanas (IBGE, 2011).

O município de Guarulhos compõe a RMSP, e sofreu um processo de crescimento desordenado não diferente de outras regiões do país, onde a ocupação do espaço sempre parte de uma planície próxima ao principal tributário de uma microbacia, dirigindo-se à periferia, onde se localizam as nascentes (OLIVEIRA et al., 2006).

A constante necessidade de acomodação dos cidadãos, principalmente os submetidos a vulnerabilidades sociais, resulta na utilização de regiões inadequadas para ocupação com moradias, como áreas de mananciais, entre outros espaços, sendo que essas ocupações geralmente ocorrem por meio de invasões. Tal contexto reflete uma agressão ao sistema natural em virtude da necessidade socioeconômica (MATTOS, 2005), sendo inevitável que tais ocupações resultem em espaços habitáveis, porém sem qualidade de vida urbana.

Diagnosticar quantitativamente e qualitativamente um espaço habitável cria importantes elementos para discutir sobre a qualidade de vida nas cidades, auxiliando em decisões estratégicas para uma ocupação adequada dos espaços urbanos. Também, é importante ter um instrumento de avaliação que possibilite ver se os esforços empreendidos nesta direção estão sendo suficientes para tornar a qualidade de vida urbana e ambiental possíveis (DIAS et al., 2011)

Observando ferramentas aplicadas em outros locais para compreensão do tema qualidade de vida na urbe, o desenvolvimento do Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQAU) surge como uma proposta viável, pois integra importantes elementos para uma discussão sobre a condição do espaço habitável nas cidades, além de contribuir para vários dos objetivos da Agenda 2030, como Saúde e Bem-Estar, Água Potável e Saneamento, e Cidades e Comunidades

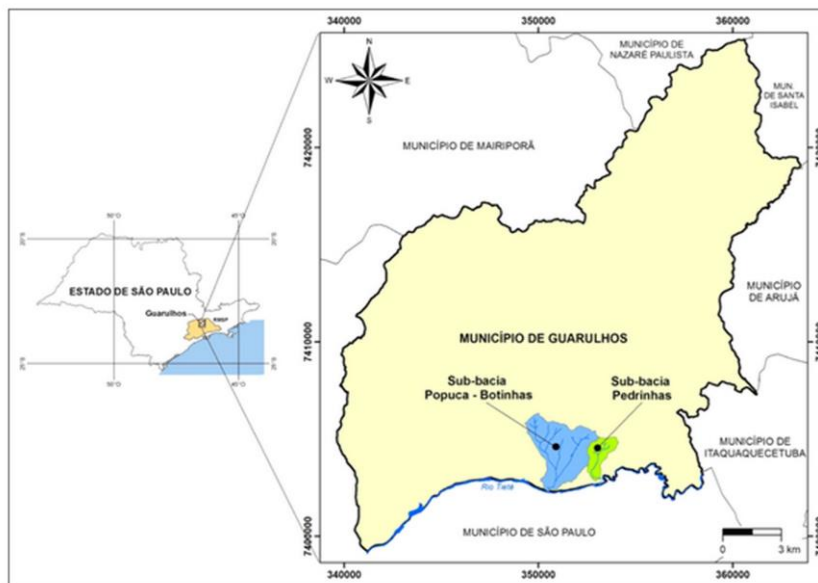
Sustentáveis. Neste contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental da região das sub-bacia Popuca-Botinhas e Pedrinhas, do município de Guarulhos, pertencente à Região Metropolitana de São Paulo, criando e aplicando o Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA). O intuito do estudo não foi somente a de criar um índice e entender melhor a qualidade ambiental na vida dos munícipes que vivem na região dessas microbacias da cidade Guarulhos, mas também propor uma ferramenta que poderá ser aplicada para outras regiões, possibilitando equipar o poder público com conhecimento que contribua para formulação de políticas públicas e tomadas de decisões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As sub-bacias Popuca-Botinhas e Pedrinhas estão inseridas na bacia hidrográfica do Alto Tietê (Figura 1). A sub-bacia Popuca-Botinhas possui uma área de 8,6 km², com altitude máxima de 800 m e a mínima de 720 m. Os cursos d’água Popuca e Botinhas dão o nome à sub-bacia. Nela encontram-se os bairros: Cidade Industrial Satélite de Cumbica, Cidade Jardim Cumbica, Parque Uirapuru e Vila Nova Cumbica. A sub-bacia Pedrinhas, possui uma área de 4,7 km², com altitude máxima de 830 m e a mínima de 720 m (OLIVEIRA et al., 2006). O curso d’água Pedrinhas dá o nome à sub-bacia. Nela são encontrados os bairros: Jardim Arapongas, Jardim Bela Vista, Jardim Brasil, Jardim Centenário, Jardim Dona Luiza, Jardim Leblon, Jardim Monte Alegre, Jardim Paulista, Jardim Pimentas e Jardim Santo Afonso.

Figura 1 – Localização das sub-bacias Popuca-Botinhas e Pedrinhas, Guarulhos (SP).



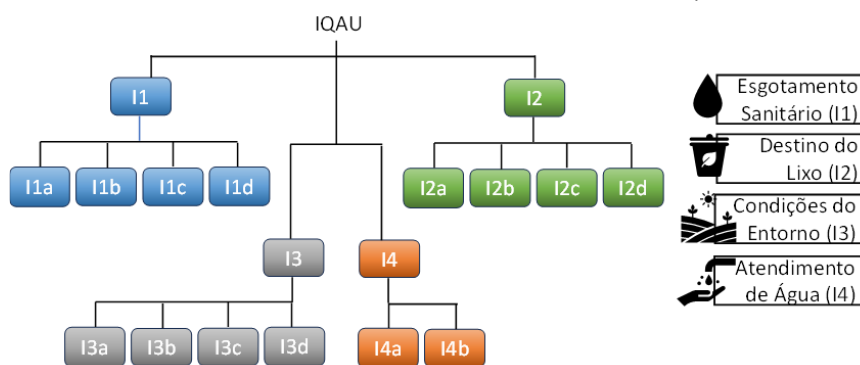
Fonte: Dados próprios.

2.2 Índice da Qualidade Ambiental Urbana

Para a análise da qualidade ambiental da área estudada foi construído o Índice da Qualidade Ambiental Urbana (IQUA). Sua composição foi baseada em indicadores das condições

ambientais, infraestrutura e serviços urbanos, com diferentes pesos em função da sua capacidade de interferir na qualidade das águas superficiais. Os indicadores utilizados foram: Esgotamento sanitário (I1), Destino do lixo (I2), Condições do entorno (I3) e Atendimento de água (I4). Cada Indicador foi composto por Subindicadores (Figura 2; Tabela 1).

Figura 2 - Índice da Qualidade Ambiental Urbana com seus Indicadores e respectivos Subindicadores.



Fonte: Dados próprios.

Para a consolidação do Indicador Esgotamento sanitário (I1) foi atribuído peso 1 aos domicílios que utilizavam Atendimento de esgoto (I1a) e peso 0 aos demais. Para o Indicador Destino do lixo (I2) também foi atribuído peso 1 aos domicílios que utilizavam o Lixo Coletado por serviço de limpeza ou caçamba (I2a) e peso 0 aos demais. Já para o Indicador Condições do entorno (I3) foi atribuído peso 0,25 para cada Subindicador. Ao Indicador Atendimento de água (I4) foi atribuído peso 1 aos domicílios que utilizam o Atendimento pela rede geral de distribuição de água (I4a) e peso 0 aos demais.

Tabela 1 – Indicadores e Subindicadores utilizados para compor o IQAU.

Indicadores	Subindicadores			
Esgotamento sanitário (I1)	Atendimento de esgoto (I1a) - domicílios ligados a rede de esgoto ou drenagem, mesmo que sem o tratamento posterior	Esgotamento via vala (I1b) - domicílios ligados a uma vala a céu aberto	Esgotamento via corpo hídrico (I1c) - domicílios ligados a um corpo hídrico	Outra forma de esgotamento (I1d) - domicílios ligados a fossa séptica, rudimentar ou outras formas de esgotamento
Destino do lixo (I2)	Coletado por serviço de limpeza ou em caçamba de serviço de limpeza (I2a) - lixo coletado por serviço ou depositado em caçamba para coletada por empresa pública ou privada	Jogado em terreno baldio ou logradouro (I2b) - lixo jogado em terreno baldio ou logradouro público	Jogado em corpo hídrico (I2c) - o lixo jogado num corpo hídrico	Outra forma de destino (I2d) - lixo com destino diferente dos já descritos (queimado, enterrado ou outros)
Condições do entorno (I3)	Esgoto a céu aberto (I3a) - face ou face confrontante do domicílio com vala, córrego ou corpo d'água, onde ocorre lançamento de esgoto; ou valeta por	Lixo acumulado (I3b) - face ou face confrontante do domicílio com local de depósito e acúmulo de lixo	Pavimentação (I3c) - no trecho do logradouro, na face percorrida, existe pavimentação coberta por asfalto, cimento,	Arborização (I3d) - presença de árvores ao longo de trechos pavimentados ou não, calçada/passeio e/ou em canteiro que divide pistas de um mesmo logradouro,

	onde escorre esgoto a céu aberto		paralelepípedos, pedras etc.	mesmo que apenas em parte
Atendimento de água (I4)	Atendimento pela rede geral de distribuição de água (I4a) – domicílio, ou terreno, ou propriedade ligados a uma rede geral de distribuição de água	Outra forma de abastecimento (I4b) - abastecimento de água proveniente de poço ou nascente fora da propriedade, carro-pipa, água da chuva armazenada, rio, açude, lago ou igarapé ou outra forma de abastecimento		

Fonte: Dados próprios.

As informações referentes aos Indicadores e Subindicadores que compuseram o IQAU foram obtidas na “Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário”). Para os dados dos Indicadores Esgotamento Sanitário, Destino do lixo e Atendimento de Água foi utilizada a Tabela de Dados – Domicílios (IBGE, 2011). Para o Indicador Condições de Entorno foi utilizada a Tabela de Dados Arquivo Entorno 01 (IBGE, 2011).

Para cada Indicador, foi calculada a média aritmética dos seus subindicadores, conforme a Equação 1: $I_n = (I_a + I_b + \dots + I_x) / n$, onde, I_n é o Indicador calculado e I_a, \dots, I_x Subindicadores utilizados, e n o total de Subindicadores do Indicador analisado.

O cálculo dos indicadores foi feito de acordo com a Equação 2: $I_x = (n/t)$, onde, I_x é o Indicador analisado, n é o número de domicílios de cada setor censitário, t é o total de domicílios de cada setor censitário.

O cálculo do Subindicador Arborização (I3d) foi feito segundo a Equação 3: $I3d = (A_{veg}/A_t)$, onde, $I3d$ é o Subindicador Arborização, A_{veg} é a área de vegetação arbórea calculada para cada setor censitário, A_t é a área total de cada setor censitário.

Os resultados desse indicador foram classificados segundo Oke (1973), que considerou como situação ideal áreas com cobertura vegetal de 30% ou mais da área total avaliada (índice = 1), e como situação crítica áreas com cobertura arbórea inferiores a 5%, características de um deserto (índice = 0). As áreas classificadas entre 5 e 30 % de cobertura arbórea tiveram seus índices interpolados de acordo com o percentual de cobertura vegetal encontrado.

O cálculo final do IQAU foi consolidado pela somatória dos valores obtidos para cada Indicador multiplicado pelo seu respectivo peso (Equação 5). Para eficácia na distribuição do peso dos Indicadores que compuseram o IQAU foi aplicado o Processo de Análise Hierárquica (PAH). Neste processo foi utilizado a escala de ponderação de Saaty (2008) com suas respectivas taxas de consistência (aceitáveis quando $< 0,10$). Nesta escala, os pesos variam de grau de importância: de 1 a 9, para os mais importantes, e de 1/3 a 1/9 para os menos importantes. Na composição da Matriz Inicial de Ponderação a escala foi aplicada observando-se a relação de cada Indicador analisado com o respectivo Indicador relacionado. Dez profissionais da área de gestão ambiental realizaram a ponderação para cada Indicador, e extraiu-se a média das respostas, obtendo-se, assim, os valores da matriz inicial (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz Inicial de Ponderação dos Indicadores Método PAH.

Indicadores analisados	Indicadores relacionados			
	I1	I2	I3	I4
Esgotamento sanitário (I1)	5	7	7	1
Destino lixo (I2)	3	1	5	1
Condições entorno (I3)	7	9	1	5
Abastecimento água (I4)	1	1	5	1
Somatória Vertical	16	18	18	8

Fonte: Dados próprios.

Para cada célula obteve-se o peso representativo em função da somatória de todos os valores das colunas representado pela linha denominada “Somatória Vertical” (Equação 4): $\text{Peso célula PAH} = ((\text{Valor da Célula})/(\text{Somatória Vertical}))$. Os pesos encontrados foram somados e consolidados na Matriz Final de Ponderação (Tabela 3).

Tabela 3 - Matriz Final de Ponderação dos Indicadores Método PAH.

Indicadores	I1	I2	I3	I4	Somatória Horizontal
Esgotamento sanitário (I1)	0,31	0,31	0,39	0,13	1,14
Destino lixo (I2)	0,19	0,06	0,28	0,13	0,72
Condições entorno (I3)	0,44	0,56	0,06	0,63	1,68
Abastecimento água (I4)	0,08	0,06	0,28	0,13	0,53
Somatória Vertical					4,07

Fonte: Dados próprios.

A ponderação foi finalizada aplicando novamente a Equação 4 na coluna somatória horizontal da Matriz Final de Ponderação (Tabela 3), e foram obtidos os pesos finais de cada Indicador (Tabela 4).

A Tabela 5 compõe os índices parciais de bem como o peso dos Indicadores. O cálculo do IQAU é dado pela soma desses produtos, como mostra a Equação 5: $\text{IQAU} = \text{I1} * 28 + \text{I2} * 16 + \text{I3} * 42 + \text{I4} * 14$.

Tabela 4 - Ponderação Final de cada Indicador do IQAU.

Indicador	Peso
Esgotamento sanitário (I1)	0,28
Destino lixo (I2)	0,16
Condições entorno (I3)	0,42
Abastecimento água (I4)	0,14

Fonte: Dados próprios.

Tabela 5 - Esquema geral do sistema de Indicadores proposto e os seus respectivos pesos.

Indicadores	Índices Parciais	Peso dos Indicadores
Esgotamento sanitário (I1)	0 - 1	28
Destino do lixo (I2)	0 - 1	16
Condições do entorno (I3)	0 - 1	42
Atendimento de água (I4)	0 - 1	14

Fonte: Dados próprios.

Por fim, os resultados do IQAU, foram classificados conforme o nível de Qualidade Ambiental Urbana da Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação do Índice de Qualidade Ambiental Urbana.

Valor do IQAU	Nível de qualidade ambiental urbana
86-100	Ótimo
66-85	Bom
51-65	Intermediário
31-50	Ruim
0-30	Péssimo

Fonte: Adaptado de Dias et al. (2011).

2.3 Elaboração dos mapas

Para a construção do Mapa de Uso e Ocupação do Solo e de cada Indicador foi instituída como unidade geográfica o Setor Censitário (SC), que é a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto de setores abrangem a totalidade da área de estudo.

Os dados dos Indicadores do IQAU por SC foram espacializados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio da “malha dos setores censitários 2010”, disponibilizada no formato *shapefile* pelo IBGE (2011). O software utilizado foi o ArcGIS 10.2, e o mapeamento das microbacias estudadas foi realizado pelo classificador Máxima Verossimilhança (MAXVER). Ele se baseia em critérios estatísticos de média, variância e covariância, de modo que o cálculo estima a probabilidade de um pixel pertencer a uma classe pré-definida (amostras de treinamento) (JENSEN, 2005). As amostras de treinamento foram os 17 tipos de padrão geométrico de cobertura do solo e a combinação deles, conforme Stewart & Oke (2012). Elas tiveram como base as imagens orbitais multiespectrais correspondentes às faixas do violeta, visível e infravermelho próximo do satélite WorldView-3 de outubro de 2016. Esta mesma base de imagens foi utilizada para conhecer a cobertura vegetal das microbacias estudadas (Subindicador I3d).

A avaliação da exatidão da classificação do mapa de cobertura arbórea foi realizada através do índice kappa - k, Equação 6: $k = N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i} / N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}$, onde, X_{ii} é a concordância observada; X_{i+} e X_{+i} (produto das marginais) é a concordância esperada, e N é o total de elementos observados. A partir de áreas de referência (n) distribuídas aleatoriamente na imagem, calcula a medida da diferença e a probabilidade de concordância entre os valores de referência e da classificação (CONGALTON & GREEN, 2009). Como áreas de referência foram utilizados 50 polígonos (CONGALTON, 1991) representativos desta classe, observados nas imagens da alta resolução espacial do software Google Earth Pro (FERREIRA et al., 2017).

2.4 Trabalho de campo

Para documentar as informações obtidas através dos dados do IBGE, e entender como os Indicadores se apresentavam na área de estudo, foi realizada visita de campo às microbacias estudadas. Ela consistiu em percorrer a região e fotografar as condições dos Indicadores *in loco*.

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

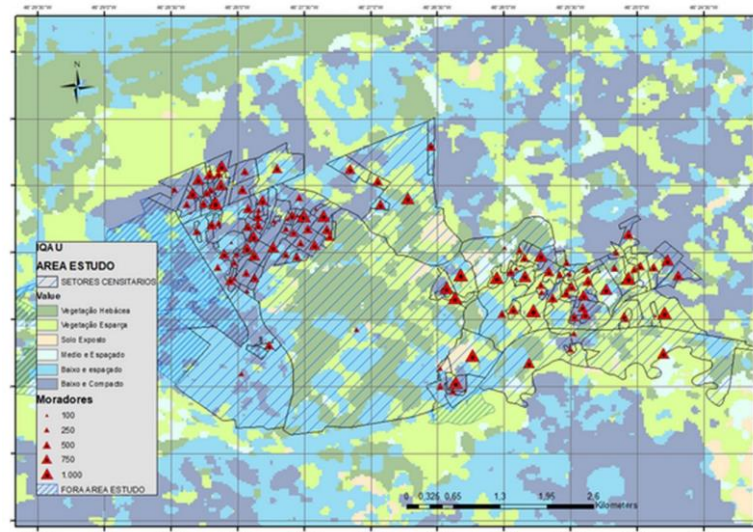
O Mapa de Uso e Ocupação das sub-bacias hidrográficas Popuca-Botinhas e Pedrinhas apresentou uma grande extensão de cobertura do tipo solo baixo e compacto, especialmente nos setores a leste e a norte da área estudada (Figura 3). Associando o tipo de cobertura do solo com a densidade demográfica, observa-se que nessas regiões classificadas como baixo e compacto a densidade demográfica é grande. Já o tipo de cobertura vegetação herbácea esteve presente mais ao centro, como também o tipo de cobertura baixo e espaçado (Figura 3). Essa região é caracterizada pelo intenso tráfego de caminhões que atende as atividades dos galpões industriais que existem em grandes quantidades na região (Figura 4A). Ainda, nestes locais a densidade demográfica é baixa, uma vez que a ocupação do local por moradias é pequena.

Primeiro são apresentados os Indicadores Esgotamento Sanitário, Destino do lixo e Atendimento de Água, pois possuem uma análise menos complexa e estão correlacionados com os Subindicadores necessários para a formulação do Indicador Condições do Entorno (Figura 5).

O Indicador Esgotamento sanitário apresentou uma pequena porção da área estudada pertencendo a classificação boa ou ótima, ou seja, poucos domicílios da região de estudo possuem infraestrutura para coleta de esgoto (Figura 5A). Três locais apresentaram valores muito baixos e foram classificados como péssimos. Entre eles está a região da Rua Cararu, no bairro Jardim Arapongas.

Neste local o relevo facilita o despejo de dejetos ao meio ambiente. Há um declive dos terrenos no lado sul do logradouro, onde as construções estão abaixo do nível da rua e, conseqüentemente, os dejetos são despejados nos fundos dos terrenos, bem próximo a um dos tributários do córrego Pedrinhas. Há um conjunto de construções irregulares que estão sobre o corpo d’água do tributário (Figura 6A). Também, observa-se em corpos d’água dos tributários da região, um grande volume de despejo de esgoto das residências, não sendo utilizada a coleta de esgotos da rede pública (Figura 6B).

Figura 3 - Mapa da área de estudo com indicação de densidade demográfica.



Fonte: Próprio autor.

Os bairros Jardim Cumbica II e Vila Nova Cumbica, às margens do córrego Popuca, apresentaram uma condição de esgotamento sanitário péssima por toda extensão do córrego. O uso e ocupação do solo da região apresentou predominância de domicílios baixos, compactos e aglomerados, de difícil acesso (Figuras 5 e 6C). Há uma grande concentração de pequenas residências sem infraestrutura e coleta de esgotos, caracterizando ausência de planejamento urbano. O acesso físico aos domicílios, em muitos pontos, se dá por vielas e becos.

Figura 4 - Exemplos de: A. Cobertura baixo e espaçado. B Cobertura com vegetação esparsa. C. Solo exposto.

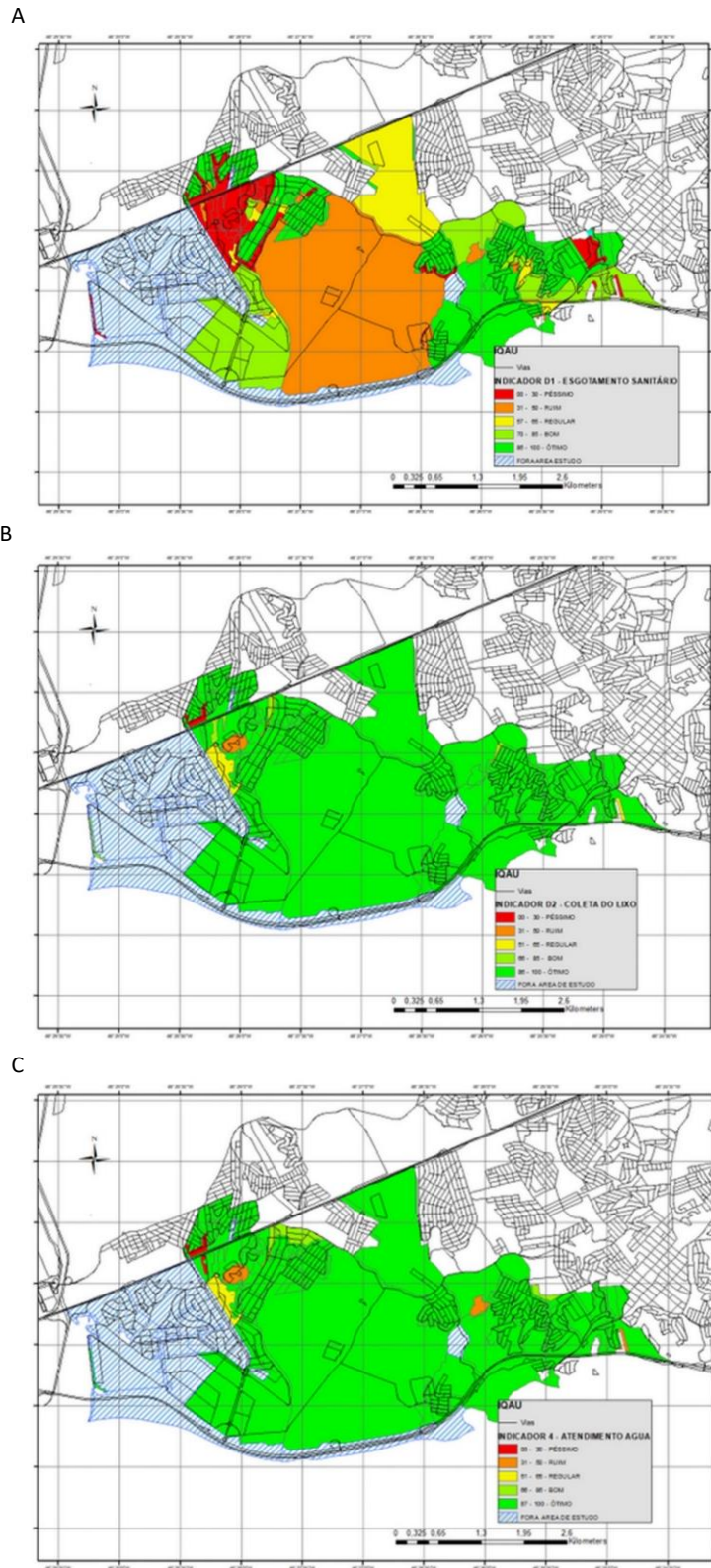


Fonte: Próprio autor.

O Indicador de Destino do lixo (Figura 5B) apresentou os melhores resultados em toda a região estudada, com níveis ótimos de atendimento, exceto em um local que apresentou condição ruim, localizado no bairro Jardim Cumbica II, especificamente próximo à Praça Imperatriz, às margens do córrego Popuca. Neste local, a sudeste, há um grande conjunto de ocupações sem acesso direto às vias públicas, o que dificulta o descarte correto e a coleta dos resíduos sólidos, explicando o resultado do indicador neste local.

O Indicador Atendimento de água (Figura 5C) também mostrou que grande parte da região estudada é atendida pela rede de abastecimento, apresentando classificação ótima. Exceção foi observada na região do bairro Jardim Vermelhão, que apresentou domicílios sem acesso ao fornecimento de água e coleta de esgoto. Possivelmente, no período de coleta das informações pelo IBGE (2011) ainda não existia pavimentação e rede de abastecimento de água e esgoto em todos os domicílios, pois, em visita de campo ao bairro, foi possível perceber que ele é novo e passou por reurbanização. Algumas vias foram pavimentadas, com implantação de pontos de abastecimento de água. No entanto, muitas casas foram construídas sem nenhum planejamento, sem meios de acesso aos serviços público. Elas estão localizadas onde existia a mata ciliar do córrego Pedrinhas, apesar das sinalizações proibindo a ocupação do local e pontos com cercas de isolamento da mata (Figura 7).

Figura 5 - Mapas referentes aos Indicadores: A. Esgotamento sanitário. B. Destino do lixo. C. Atendimento de água.



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 - A. Construções irregulares próximas ao Tributário na Rua Cararu. B. Despejos de esgoto diretamente no Tributário na Rua Cararu. C. Ocupações nas margens do córrego Popuca nas imediações da Avenida Cataguases.



Fonte: Próprio autor.

Para o Indicador Condições do entorno foi possível analisar o comportamento de cada subindicador detalhadamente. Os resultados do primeiro Subindicador, Esgoto a céu aberto, apresentou uma condição muito pior quando comparado com os resultados do indicador Esgotamento sanitário (Figura 8A). Observa-se que, mesmo havendo o serviço de esgoto disponível na região, ainda existem muitos locais que ele não é oferecido de forma adequada. Nestes locais, muitos deles na Vila Nova Cumbica, é possível observar as construções aglomeradas em cima do próprio córrego, e a canalização do esgoto domiciliar implantada diretamente no leito do Popuca.

Figura 7 - A. Sinalização e cerca de isolamento da mata ciliar do córrego Pedrinhas. B. Construções irregulares na mata ciliar do córrego Pedrinhas.



Fonte: Próprio autor.

Regiões com características similares as áreas estudadas mostraram que, à medida que o espaço é ocupado, são realizadas instalações de sistemas de esgotamento sanitários precários, que levam a não utilização do serviço público ofertado (FOBIL et al., 2010). Ainda, comunidades com estas características apresentam o descarte de águas residuais, com excesso de nutrientes nas vias, a céu aberto, que são atrativas para insetos, ratos e outros vetores de doenças.

Nestes locais com classificação péssima para Esgoto a céu aberto, o mapa de uso do solo (Figura 3) mostrou a maior concentração de construções do tipo baixa e compacta, e a maior densidade de ocupação por moradias, deixando claro a exposição de muitas pessoas a diversos tipos de doenças. As construções possuem na grande maioria múltiplos pavimentos que comprovam a alta densidade demográfica.

O resultado obtido para o Subindicador Lixo a céu aberto (Figura 8B) mostrou locais com classificação regular, onde o Subindicador Esgoto a céu aberto mostrou classificação péssima. A região estudada apresenta resíduos sólidos na superfície em boa parte dos pontos que

mostraram problemas de Esgoto a céu aberto. Em alguns locais há caçambas coletoras deterioradas e a prática de lançamento de lixo diretamente no córrego e seus tributários.

O Subindicador Existência de pavimentação (Figura 8C) mostrou que grande parte da região estudada teve classificação ruim ou classificação péssima. De fato, extensas áreas da região não têm pavimentação, apresentando vielas e ruas com calçamento adaptado ao desenho que a ocupação foi tomando ao longo do tempo, ou seja, formas irregulares, sem a possibilidade de acesso de caminhão de coleta de lixo, por exemplo.

O resultado do Subindicador Arborização (Figura 9) apresentou situação crítica, principalmente nos pontos com problemas de Esgotamento sanitário, sendo mais uma evidência do uso e ocupação desordenados na região. Ferreira et al. (2017) apontam que regiões que apresentam situação crítica no quesito arborização estão sujeitas a problemas de enchentes devido ao alto escoamento superficial a baixa absorção da água pelo solo. O escoamento de águas na superfície da região é responsável por transportar resíduos sólidos como o lixo, que são dispensados nas vias públicas sem nenhum controle.

O Indicador Condições do entorno (Figura 10) mostrou que lixo e esgoto a céu aberto foram os Subindicadores que mais contribuíram para os resultados ruins e péssimos. Ainda, o mapa aponta que os locais de classificação ruim ou péssima coincidem com os pontos que apresentaram a mesma classificação pelo Indicador Esgotamento sanitário. Essas regiões também foram consideradas como críticas para o Subindicador arborização, acentuando ainda mais a baixa qualidade do ambiente habitável desses locais.

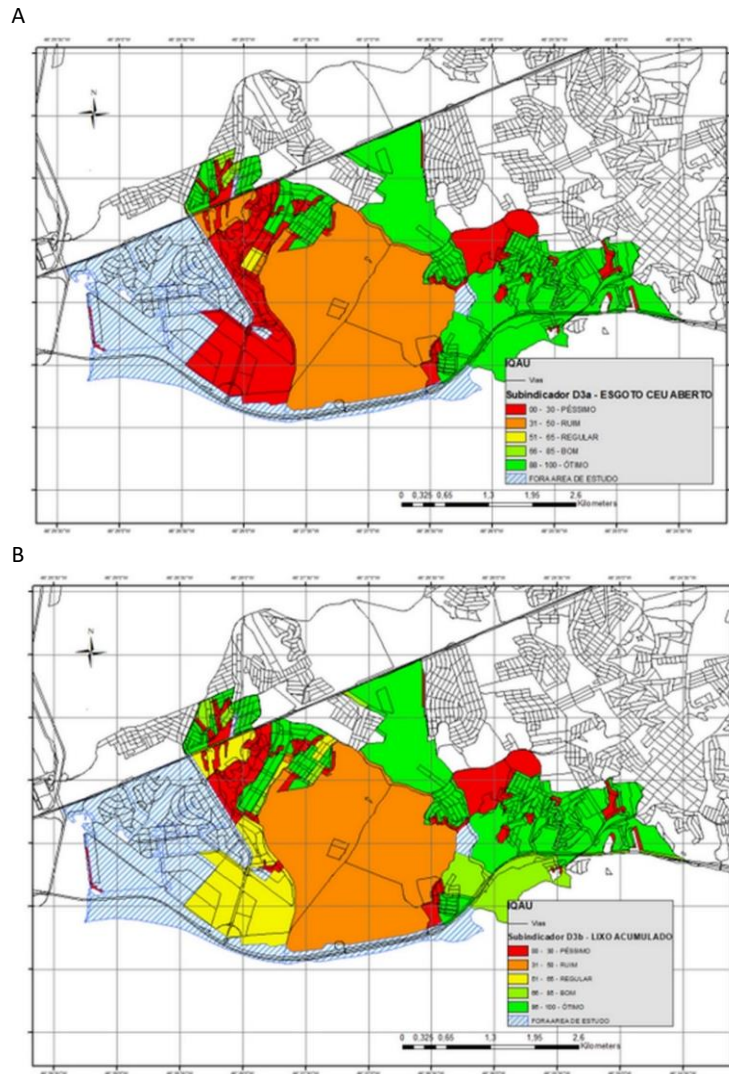
A falta de serviços públicos urbanos e de conscientização de alguns moradores mostra que a população ainda se utiliza de meios equivocados de descarte de resíduos gerados nas suas residências, sem atentar aos riscos à saúde. Em estudo realizado na região Metropolitana de Salvador, Dias (2003) observou que a existência de lixo em superfície e esgotos a céu aberto tende a crescer em algumas regiões, mostrando que essa condição pode tornar-se um fator permanente no cotidiano da população urbana. O lixo descartado indevidamente no meio leva a contaminação da água e do solo, criando ambientes propícios à presença de animais transmissores de doenças, impactando a vida de todos os moradores do local (FUJIMOTO, 2002; FOBIL et al., 2010; YEPRINTSEV et al., 2018).

Após avaliar separadamente cada um dos Indicadores que compuseram o IQAU, seu cálculo foi consolidado (Figura 11). O mapa mostra que o IQAU foi bastante dependente dos Indicadores Esgotamento sanitário e Condições do entorno, visto que os Indicadores Destino do lixo e Atendimento de água apresentaram condição boa e/ou ótima. Esrey (1996) observou que os serviços de atendimento de água e lixo normalmente conseguem acompanhar o crescimento populacional, mas os serviços de esgoto, de um modo geral, não acompanham.

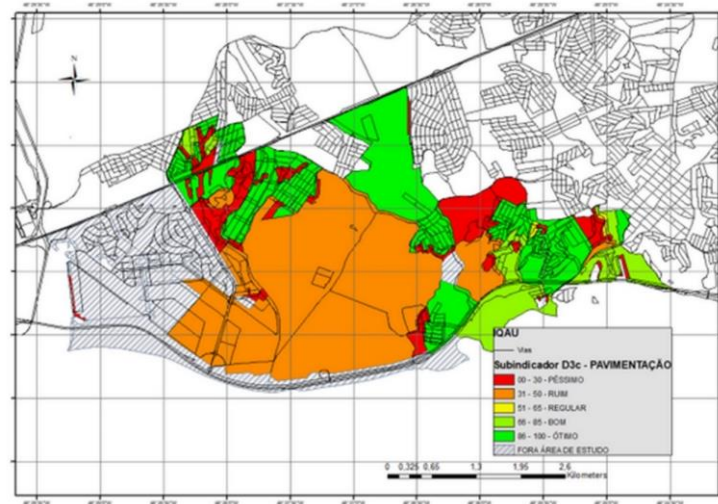
Uma considerável área do mapa do índice consolidado apresentou situação regular. Nestas regiões os Indicadores Esgotamento sanitário e Condições de entorno foram ruins. Grande parte dela não é uma área de moradias, visto a baixa densidade demográfica (Figura 3), mas é um local de convivência de um grupo muito diverso. Existem muitas indústrias e/ou galpões comerciais e circulação de trabalhadores de lugares distintos da RMSP, todos em busca das oportunidades locais. O relacionamento desses grupos com esta região os expõe a um grande risco de contaminação de doenças, uma vez que não há boa qualidade ambiental urbana. Ainda, o lixo a céu aberto foi um fator que contribuiu para o IQAU regular na região central do

mapa. A presença de lixo na área pode significar uma falta de orientação dos próprios frequentadores, que contribuem com a destinação indevida dos resíduos sólidos, acentuando ainda mais os problemas ambientais da região.

Figura 8 - Mapas referentes aos Subindicadores: A. Esgoto a Céu Aberto. B. Lixo a Céu Aberto. C. Existência de pavimentação.



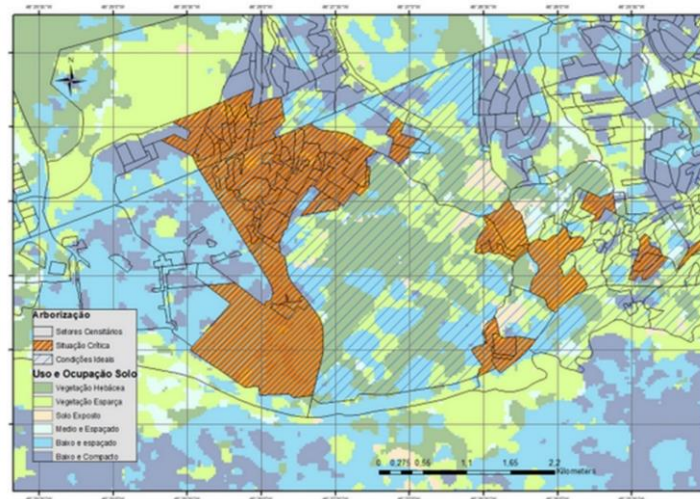
C



Fonte: Próprio autor.

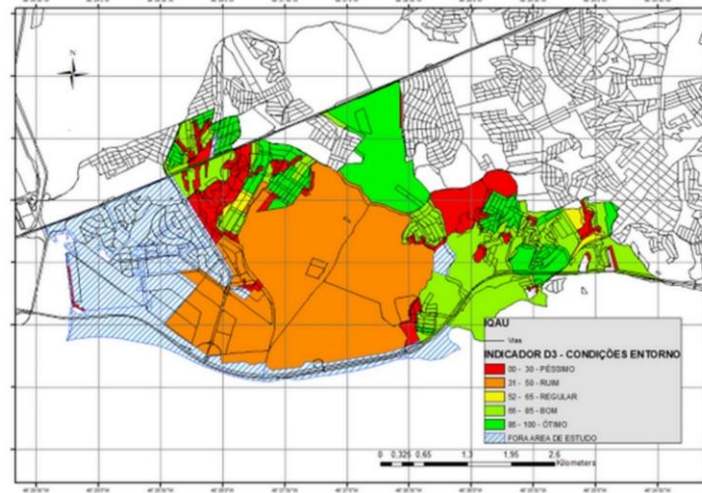
O IQAU apresentou valores mais altos (66 a 100) na região leste, nos bairros mais próximos a região dos Pimentas. Os Indicadores que compuseram o IQAU estiveram entre as classificações ótima e/ou boa nesta região, que é totalmente destinada a moradia e, historicamente, foi ocupada antes das demais áreas estudadas.

Figura 9 - Mapa referente ao Subindicador Arborização.



Fonte: Próprio autor.

Figura 10 - Mapa referente ao Indicador Condições do entorno.

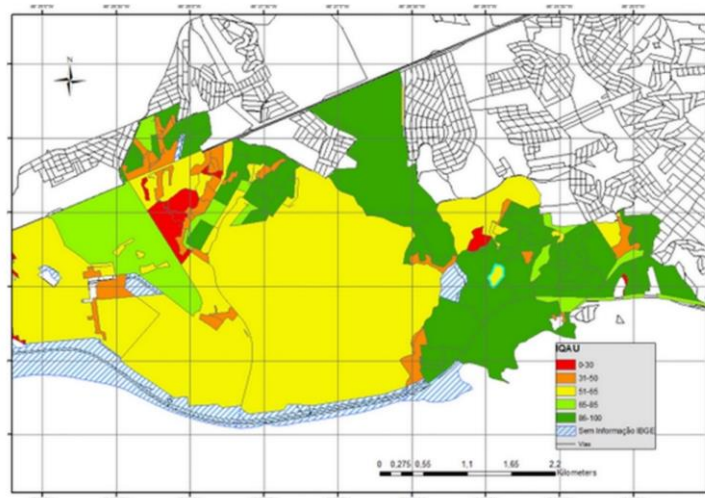


Fonte: Próprio autor.

O único bairro da região leste que mostrou problemas foi o Jardim Vermelhão. Nele a ocupação é recente e, possivelmente, as condições precárias de saneamento devem se acentuar ainda mais ao longo dos anos, pois o bairro possui muitas construções em desenvolvimento e totalmente desordenadas, evidenciando ausência de suporte por parte do poder público. Nele, foram encontradas muitas residências excessivamente próximas a mata ciliar do Córrego Pedrinhas, que precisam ser removidas devido às questões legislativas, como também de segurança dos moradores (BRASIL, 2012). É viável também ponderar uma ausência de políticas que visam a preservação dos córregos da região. Certamente os transeuntes não conhecem a importância do córrego no local.

Os bairros na região oeste da área de estudo, que também apresentaram IQUAU péssimo, tiveram baixos valores para o Indicador Esgotamento sanitário, que mais influenciou no baixo valor de IQUAU. A falta de saneamento é um dos fatores que mais causam o adoecimento da população. Um estudo realizado no Japão, mostrou a redução da incidência de doenças após melhorias na destinação do esgoto doméstico (ISEKI et al., 2004). Semelhantemente, Fobil et al. (2010) identificaram que melhorias no sistema de esgotos poderia amenizar o avanço de doenças como a malária, em Gana. Um olhar atento para essa região de Guarulhos, como feito no Japão e em Gana, pode resultar em medidas ambientais que ocasionem a melhoria da saúde coletiva dos moradores das duas sub-bacias estudadas.

Figura 11 - Mapa IQAU calculado para as Microbacia Popuca/Botinhas e Pedrinhas.



Fonte: Próprio autor.

Os locais que apresentaram situação péssima têm em comum a falta de infraestrutura e de serviços urbanos, e alta densidade populacional, o que aumenta a complexidade dos problemas como também das ações de melhorias (MELO; UENO, 2013; YEPRINTSEV et al., 2018).

Há estudo realizados no Brasil, cuja iniciativa foi criar e/ou aplicar um índice de qualidade ambiental. Muitos deles mostraram resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo: a falta de saneamento básico, especialmente de meios adequados de esgotamento sanitário, como o principal fator que leva a baixa qualidade ambiental urbana. Isto foi apresentado por Dias et al. (2011), quando estudou a cidade de Cuiabá, Fujimoto (2002), em Porto Alegre, Dias (2003), na região metropolitana de Salvador, e Melo e Ueno (2013) em Belém do Pará.

4 CONCLUSÕES

O IQAU mostrou condições boas e ótimas para os Indicadores Coleta de lixo (I2) e Abastecimento de água (I4) em toda a região estudada. As regiões consideradas péssimas estiveram sempre condicionadas ao Indicador Esgotamento sanitário e, em alguns locais, foram agravadas com os dados do Indicador Condições do entorno. Os resultados de cada Subindicador do Indicador Condições do entorno mostraram que as condições do meio físico retratam uma região com bastante limitações no cuidado com o meio ambiente, tornando-se claro a ausência de políticas de educação ambiental aliadas a situações de descaso tanto da comunidade local, como do poder público.

Por fim, os resultados, em seu conjunto, mostraram que as modificações no ambiente natural, e o uso e ocupação do solo sem planejamento, resultam em um comprometimento das condições de espaço habitável. Também, que o IQAU desenvolvido e aplicado para a região das microbacias Popuca-Botinhas e Pedrinhas, no município de Guarulhos, São Paulo, é uma ferramenta eficaz na avaliação da qualidade ambiental urbana e pode auxiliar na tomada de decisões de gestores públicos, para um planejamento urbano eficaz.

5 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União: seção 1. Brasília, DF, ano 149, nº 102, p.1-16, 2 mai. 2012. PL 1876/1999.
- CONGALTON, R. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment**, n. 37, p. 35-46, 1991.
- CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data**. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- DIAS, F. A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, n. 23, p. 127-147, 2011.
- DIAS, M. C. **Índice de Salubridade Ambiental em Áreas de Ocupação Espontânea: Estudo de caso em Salvador, Bahia**. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.
- ESREY, S. A. Water, waste, and well-being: A multicountry study. **American Journal of Epidemiology**, n. 143, p. 608-623, 1996.
- FERREIRA, L. S et al. Mapping Local Climate Zones for São Paulo Metropolitan Region: a comparison between the local climate zone map and two other local maps. *In: PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE*. Edinburgh, Escócia, PLEA. 2017. v. II, p. 255-262.
- FOBIL, J.; MAY, J.; KRAEMER, A. Assessing the Relationship between Socioeconomic Conditions and Urban Environmental Quality in Accra, Ghana. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, n. 7, p.125-145, 2010.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. Implicações ambientais na área metropolitana de Porto Alegre – RS: Um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. **GEIOUSP – Espaço e Tempo**. Revista da Pós-Graduação em Geografia. São Paulo: FFLCH/USP. p. 141-177, 2002.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2011. Censo Demográfico 2010: Aglomerados Subnormais. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/agsn/>>. Acesso em: 7 de JULHO de 2023.
- ISEKI, K. et al. Factors influencing long-term survival in patients on chronic dialysis. **Journal of Clinical and Experimental Nephrology**, n. 8, p. 89-95, 2004.
- JENSEN, J. R.; GATRELL, J. D.; MC LEAN, D. D. Geo-spatial technologies in urban environments. N. Y.: Springer, 2005b.
- MELO, F. A. C.; UENO, M. Caracterização e modelagem de indicadores de qualidade ambiental urbana integrada e aplicação à Vila Habitacional União, bairro da Terra Firme, Belém, Pará. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, n. 8, p. 200-220, 2013.
- OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, n. 7, p. 769-779, 1973.
- OLIVEIRA, A. M. S. et al. Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos. Guarulhos: Universidade Guarulhos. 2009. (Relatório FAPESP, processo nº 05/57.965-1), 179f, 2006.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, n. 1, p. 83-98, 2008.
- STEWART, I. D. & OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 93, p. 1879-1900, 2012.
- YEPRINTSEVA, S. A.; KLEVTSOVAB, M. A.; LEPESHKINAC, L. A.; SHEKOYAND, S. V.; VORONINE, A. A. Assessment of the dynamics of urbanized areas by remote sensing. *Iop Conference Series: Earth and Environmental Science*, n. 115, p. 012034-0120, 2018.