

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOMÁTICA**

Natália Duarte Melos

**ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA
DO MUNICÍPIO DE URUGUAIANA – RS
POR ANÁLISES DE GEOPROCESSAMENTO**

Santa Maria, RS

2018

Natália Duarte Melos

**ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA
DO MUNICÍPIO DE URUGUAIANA – RS
POR ANÁLISES DE GEOPROCESSAMENTO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geomática do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Geomática**.

Orientador: Prof. Dr. José Américo de Mello Filho

Santa Maria, RS

2018

Natália Duarte Melos

**ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA
DO MUNICÍPIO DE URUGUAIANA – RS
POR ANÁLISES DE GEOPROCESSAMENTO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geomática do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geomática.

Aprovado em 13 de dezembro de 2018:



José Américo de Mello Filho, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Ana Caroline Paim Benedetti, Dr^a (UFSM)



Silvia Margareti de Juli Morais Kurtz, Dr^a. (UFSM)

**Santa Maria, RS
2018**

DEDICATÓRIA

“Dedico esta Monografia à minha Família, em especial aos meus Pais, Claudio Eli Melos e Neiva da Graça Duarte, aos meus dois irmãos mais novos, Leonardo Duarte Melos e Giovane Duarte Melos, e às minhas sobrinhas Valentina e Ana Clara, que são nossa maior alegria. Sem vocês eu nada seria, amo-os!”

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:

- ao meu orientador José Américo de Mello Filho pela oportunidade concedida à grande área de Geociências no Programa do Curso em Especialização em Geomática, pelo conhecimento transferido e pela pessoa humana, incentivadora e dedicada, grata pela orientação;

- ao meu namorado, Jonatas Giovani Silva Aimon, por ter me incentivado na busca de qualificação em um curso de Especialização e acompanhado a rotina de estudos e trabalhos, pelo seu companheirismo, dedicação, paciência e amor;

- aos meus pais, pelo apoio incondicional em qualquer decisão em minha vida, pelo seu amor e dedicação para comigo, porque sempre acreditaram na minha capacidade e tudo que conquistei na minha vida foi graças a eles;

- a todo o corpo docente do Curso de Especialização em Geomática, pelos ensinamentos passados no decorrer do curso;

- ao Colégio Politécnico da UFSM, pelo seu trabalho diferenciado realizado, excelência em ensino e educação;

- à Universidade Federal de Santa Maria, instituição de ensino superior pública, gratuita e de qualidade, pela oportunidade de desenvolver e concretizar este estudo;

- e a Deus, por sua graça e proteção em minha trajetória e em todos os momentos que concedeu oportunidades de crescimento e aperfeiçoamento;

Enfim a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que são essenciais para eu ser, a cada dia nessa longa jornada, um ser humano melhor.

EPIGRAFE

“ Que sua colheita seja abundante e eterna e o sorriso da felicidade e do sucesso
enfeite os seus lábios. ”
(Lauro Trevisan)

RESUMO

ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA DO MUNICÍPIO DE URUGUAIANA – RS POR ANÁLISES DE GEOPROCESSAMENTO

AUTORA: Natália Duarte Melos
ORIENTADOR: José Américo de Mello Filho

Nos espaços urbanos surgem diversos processos dinâmicos de crescimento territorial alinhados com a organização espacial urbana. Essa organização implica em perceber os elementos de ordem natural e estrutural para estudo de alternativas para o arranjo harmonioso do planejamento urbano. Nesta pesquisa destacam-se os seguintes elementos: a cobertura vegetal, o grau de urbanização, a densidade de oferta de serviços básicos e os padrões demográficos. A problemática diz respeito à vulnerabilidade social da população pela qualidade urbana. A área de estudo delimitada corresponde ao perímetro urbano da cidade de Uruguaiana – RS. Tal delimitação obedece aos limites dos setores censitários urbanos classificados pelo IBGE no censo demográfico do ano de 2010. Como objetivo principal buscou-se compreender o arranjo espaço-temporal da qualidade urbana do perímetro urbano do município de Uruguaiana – RS, tendo em vista a oferta de serviços básicos para a população dessa cidade. A metodologia inclui a utilização de dados demográficos e dados de sensoriamento remoto orbital e processados em Sistemas de Informação Geográfica - SIG por meio de análises multicritério. Os resultados apontam que o bairro Aeroporto apresentou Índice de Qualidade Urbana - IQU muito baixo, porém o bairro Jóquei Clube caracterizou IQU baixo para um setor censitário e médio para outro, e, por fim, os bairros Santana e Centro qualificam-se em sua grande parte com IQU alto e muito alto. Esses indicativos apontam a necessidade de repensar o espaço urbano, para que esses elementos já apresentados com qualidade urbana intermediária não sejam, ao longo dos próximos anos, incorporados no extrato ruim.

Palavras-chave: Urbanização. Processo Analítico Hierárquico (AHP). Geotecnologias.

ABSTRACT

URBAN QUALITY INDEX OF THE CITY URUGUAIANA - RS BY GEOPROCESSING ANALYSIS

AUTHOR: Natália Duarte Melos

ADVISOR: José Américo de Mello Filho

In urban spaces there are several dynamic processes of territorial growth in line with urban spatial organization. This organization implies in perceiving the natural and structural elements for the study of alternatives for the harmonious arrangement of urban planning. In this research the following elements stand out: the vegetation cover, the degree of urbanization, the density of basic services offer and the demographic standards. The issue concerns the social vulnerability of the population for urban quality. The study area delimited corresponds to the urban perimeter of the city of Uruguaiana - RS. This delimitation obeys the limits of the urban census tracts classified by IBGE in the demographic census of the year 2010. The main objective was to understand the spatial-temporal arrangement of the urban quality of the urban perimeter of the city of Uruguaiana - RS, in view of the offer of basic services for the population of that city. The methodology includes the use of demographic data and orbital remote sensing data and processed in Geographic Information Systems - GIS through multicriteria analysis. The results indicate that the Airport district presented very low Urban Quality Index (IQU), but the Joquei Clube district characterized low IQU for one census and medium sector for another, and finally, the Santana and Centro neighborhoods qualify in their large part with high and very high IQU. These indicatives point to the need to rethink the urban space, so that those elements already presented with intermediate urban quality are not, over the next few years, incorporated into the bad extract.

Keywords: Urbanization. Analytic Hierarchy Process (AHP). Geotechnologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Termos em destaque para o referencial teórico.....	17
Figura 2 - Representação de dados espaciais.	22
Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo.....	27
Figura 4 - Mapa de Densidade Demográfica Normalizada.....	35
Figura 5 - Mapa de % de Domicílios com Abastecimento de Água da Rede Geral...36	
Figura 6 - Mapa de % de Domicílios com Coleta de Lixo.	38
Figura 7 - Mapa de % de Domicílios com Esgotamento Adequado.	39
Figura 8 - Mapa de NDBI.....	40
Figura 9 - Mapa de NDVI.....	42
Figura 10 - Mapa de Índice de Qualidade Urbana – IQU	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Escala de comparadores com os seus respectivos pesos.....	31
Quadro 2 - Comparação pareada entre as variáveis.....	31
Quadro 3 - Cálculo dos índices de consistência <i>AHP</i>	32
Quadro 4 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n.....	33
Quadro 5 - Pesos atribuídos pelo Processo Analítico Hierárquico.....	33

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$	29
Equação 2 - $NDBI = (NIR - MidIR) / (NIR + MidIR)$	30
Equação 3 - $IC = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$	32
Equação 4 - $RC = IC / RI$	32
Equação 5 - $IQU = 0,166NDVI + 0,110DCL + 0,076DAA + 0,076DEA - 0,163DDN + 0,409NDBI$	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
DAA	Porcentagem de domicílios com abastecimento de água
DCL	Porcentagem de domicílios com coleta de lixo
DDN	Densidade Demográfica Normalizada
DEA	Porcentagem de domicílios com esgotamento adequado
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQU	Índice de Qualidade Urbana
IR	Índice Randômico
Km ²	Quilômetros quadrados
m ²	Metros quadrados
MA	Manaus
NDBI	Normalized Difference Built-up Index
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OLI	Operational Land Imager
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
RC	Razão de Consistência
RS	Rio Grande do Sul
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
TIFF	Tagged Image File Format
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 QUALIDADE URBANA.....	17
2.2 ÍNDICES SOCIAIS	18
2.3 GEOTECNOLOGIAS E GEOPROCESSAMENTO	19
2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	21
2.5 SENSORIAMENTO REMOTO	22
2.6 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP)	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 AREA DE ESTUDO.....	26
3.2 MATERIAIS UTILIZADOS	28
3.3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS	28
3.3.1 Preparação dos dados	28
3.3.2 AHP - Analytic Hierarchy Process	30
3.3.3 Cálculo do Índice de Qualidade Urbana – IQU	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 DADOS DEMOGRÁFICOS	35
4.2 DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	40
4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA.....	42
5 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

As ações de produção urbana estão atingindo limiares preocupantes nas maiores cidades brasileiras. Estes limiares evidenciam riscos para o próprio funcionamento das cidades. Como num efeito cascata, o excessivo adensamento de áreas intraurbanas induz, muitas vezes, a dispersão periférica. A cidade de Uruguaiana, que possui mais de um século e meio de existência, passou por intensas transformações de cunho político, territorial, econômico, ambiental, urbano e social. As marcas desse crescimento vertiginoso, assim como problemas de infraestrutura e saneamento, acompanham Uruguaiana desde suas primeiras décadas e podem ser facilmente notadas ao deslocar-se pelas periferias da cidade.

Este tipo de ocupação do território resulta, muitas vezes, em padrões de urbanização que prejudicam a equidade, eficiência e continuidade da cidade como suporte à vida social (RIBEIRO, 2014). Nos países periféricos, o crescimento urbano não acompanhou o crescimento econômico, favorecendo o surgimento de cidades com grandes deficiências em equipamentos, empregos e serviços e uma acentuada degradação ambiental.

Nucci (2008) evidencia que a ausência de dados em escalas compatíveis aos estudos urbanos, é um fator impeditivo para a realização de estudos de grande maioria dos municípios brasileiros. Em vista disso, a organização, análise e síntese dos dados de infraestrutura básica da cidade, são um desafio ao pesquisador.

Deste modo, indaga-se neste trabalho: de que modo a qualidade urbana da cidade, em vista do seu processo de ocupação, pode revelar as heterogeneidades denotadas pela paisagem de seu sítio urbano em conformidade com sua atual conjuntura? Dentre as variáveis mais adotadas para aferir a qualidade urbana do município estão a cobertura vegetal, o grau de urbanização, a densidade de oferta de serviços básicos e os padrões demográficos.

Entre as principais alterações introduzidas no espaço construído, as mais comuns são a retirada da cobertura vegetal, a construção de novas formas de relevo, o aumento da área edificada, o acréscimo de escoamento superficial, a rugosidade da superfície, o lançamento concentrado e acúmulo de partículas e gases na atmosfera e a produção de energia artificial, modificando elementos naturais, como o clima, o ar, a vegetação, o relevo e a água (FUJIMOTO, 2002).

Portanto, a escolha pelo tema de realização do estudo deu-se, principalmente, em virtude da ausência de estudos anteriores sobre avaliação da qualidade urbana no município de Uruguaiana, bem como a grande demanda por planejamento urbano dos municípios da região oeste do Rio Grande do Sul.

Assim sendo, estabeleceu-se como objetivo geral, compreender a distribuição espacial da qualidade urbana do perímetro urbano do município de Uruguaiana – RS, tendo em vista a oferta de serviços básicos, como o abastecimento de água, coleta de lixo, e esgotamento adequado, além da densidade demográfica, índice de vegetação e índice de construção dessa cidade.

A fim de atender ao objetivo geral, foram elencados alguns objetivos específicos:

- Compreender a distribuição espacial da oferta de serviços básicos com dados do Censo Demográfico;
- Mensurar espectralmente a vegetação e as construções urbanas;
- Ponderar as variáveis estudadas de acordo com análise multicritério;
- Calcular o Índice de Qualidade Urbana – IQU do município de Uruguaiana - RS.

2 REVISÃO DE LITERATURA

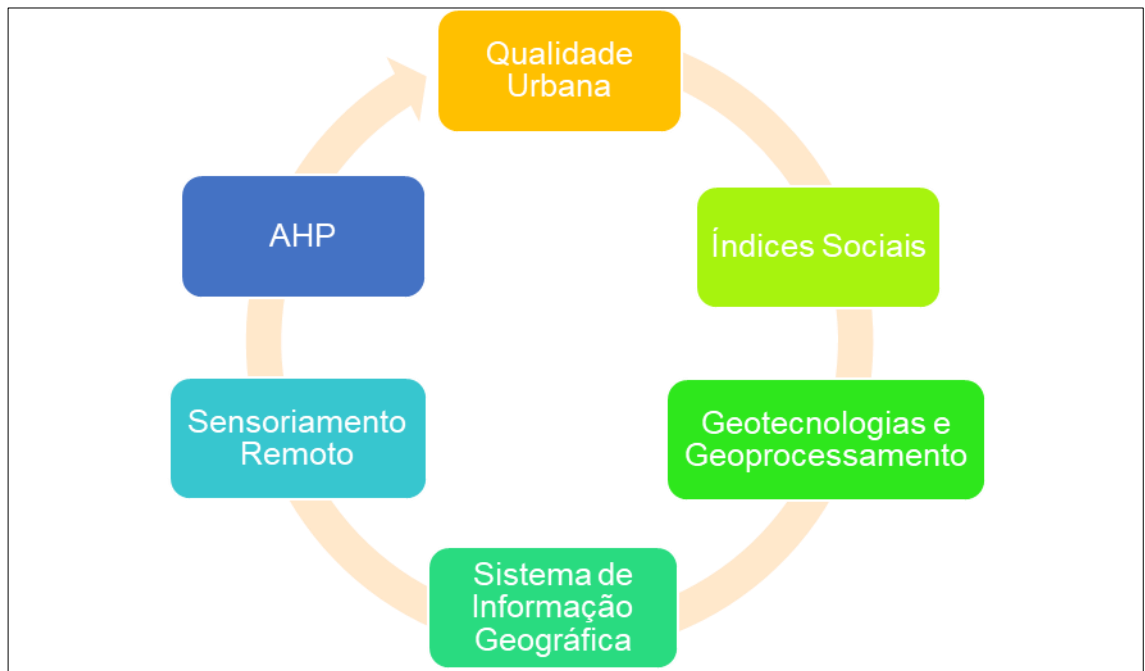
Durante a realização da pesquisa, foi necessário buscar conhecimento de conceitos-chaves devido ao desconhecimento do tema a ser estudado, na busca por metodologias aplicáveis para o mapeamento do Índice de Qualidade Urbana. Primeiramente, analisou-se a metodologia utilizada por Ribeiro (2008), o qual considera três grandes dimensões para a construção de um Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana, as quais são: infraestrutura, socioeconômica e ambiental.

Paralelamente, o estudo de Santos (2017) diz respeito às relações estabelecidas entre o processo histórico de ocupação da cidade como fator influente na paisagem e na qualidade ambiental em contexto urbano. Naquele caso objetivou-se compreender o arranjo espaço-temporal da qualidade ambiental do perímetro urbano do município de Imperatriz – MA.

Após o avanço nos estudos, buscou-se agregar conhecimento em outros trabalhos relacionados especificadamente ao mapeamento de índice de qualidade urbana como em estudos de Bastos e Fonseca (2013), Ribeiro e Mendes (2015) ou ainda sobre análise urbana por sensoriamento remoto de Deus et al. (2015) e Costa et. al (2017).

Sendo assim, devido à infinidade de significados que os termos-chaves deste estudo podem possuir, realizou-se a discussão sobre os principais conceitos utilizados na realização do mapeamento do índice de qualidade urbana, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Termos em destaque para o referencial teórico.



Fonte: MELOS (2018)

2.1 QUALIDADE URBANA

Cidades nascem a partir de comunidades, crescem através de desenvolvimento, ora ordenado, ora desordenado. Essa expansão inerte a um planejamento reestruturador pode representar uma ameaça à qualidade de vida nos centros urbanos, principalmente nas áreas periféricas, ocupadas majoritariamente por parcelas da população socioeconomicamente menos favorecidas.

No conjunto dos estudos dedicados à temática da qualidade de vida, é notória uma focalização crescente em torno da realidade urbana, em esfera social, ambiental e econômica. Conceitos e formulação de indicadores de qualidade urbana giram em torno da qualidade ambiental e qualidade de vida, onde ambos complementam a discussão da realidade urbanista.

Em 1960 é consolidado o conceito de Qualidade de Vida Urbana, que passou a ser utilizado como contraposição a avaliações de nível de desenvolvimento estritamente econômico dos países (Nahas, 2009). Somente nas décadas de 1970 e

80 o conceito sofre influências de novas transformações sociais, oriundas da questão ambiental foram prosperadas. A qualidade de vida então passa a ser discutida a partir da questão urbana, onde é o resultado do desenvolvimento das cidades, dos problemas socioambientais e da necessidade de monitoramento em nível local.

Entretanto, para a efetivação desse monitoramento é necessário o desenvolvimento de instrumentos que forneçam subsídios ao planejamento local, como o caso de um sistema de indicadores de qualidade de vida urbana. Para Mansilla (2001), existem fatores essenciais para fundamentar índices de qualidade, como a disponibilidade de serviços básicos e de necessidade da população local.

De acordo com Guimarães (2005), foi a partir da Revolução Industrial que se começou a perceber o cenário de miséria e exclusão social marcada pela intensa poluição, refletindo em baixa qualidade de vida. Portanto, quando se trata a temática ambiental, o pensamento dominante não deve estar centrado apenas na alteração da paisagem provocada por tal poluição, mas também nos prejuízos para quem vive nesse ambiente.

Portanto, quando se pretende estudar a qualidade de vida urbana e qualidade ambiental urbana, deve-se ter em mente quais são as variáveis possíveis para auxiliar a compor o conceito ou os conceitos. Por exemplo, ao construir indicadores para se analisar a qualidade urbana, o estudioso deve ter em mente o conjunto de variáveis que poderão dar subsídios para essa análise, como indicadores demográficos e características do local, área verde e área construída.

2.2 ÍNDICES SOCIAIS

A era neoliberalista trouxe consigo a desigualdade social, pois expurga elementos progressistas do cenário da sociedade. Abandona-se a referência à igualdade dos seres humanos, como justificativa da consequência da liberdade humana, entendida como liberdade para a propriedade e acumulação privada. Para compreender a sociedade mundial, Ianni (1996) identifica a necessidade de criar análises e conceitos dentro das ciências sociais, para caracterizar movimentos de integração, fragmentação, nacionalismo, regionalismo, geoeconomia e geopolítica.

Os índices sociais foram criados em 1960 nos Estados Unidos, e são entendidos como construções baseadas em observações, normalmente quantitativas,

que nos dizem algo a respeito de um aspecto da vida social no qual estamos interessados ou a respeito das mudanças que nelas estão acontecendo (HACIA, 1975).

Somente em 1975, os índices sociais no Brasil foram utilizados como instrumentos de planejamento. O governo brasileiro, no período entre 1975 e 1979, através do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), reconheceu o agravamento da problemática social e propôs uma política de redução das desigualdades socioeconômicas (SIRIS, 1980). A equipe do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE é a responsável por elaborar e publicar os resultados dos indicadores sociais, dentre os quais o mais conhecido nacionalmente é o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

Os resultados dos indicadores sociais, são geralmente publicados em formato de mapas e gráficos, através da utilização de recursos de geoprocessamento para facilitar o entendimento populacional, além de tornar os dados informatizados e de fácil acesso digital.

2.3 GEOTECNOLOGIAS E GEOPROCESSAMENTO

Conforme a afirmação de Lacoste (2009, p.254), “O mundo é ininteligível para quem não tem um mínimo de conhecimento geográfico”. Com base neste argumento e na busca pelo conhecimento sobre os processos físicos que ocorrem na natureza, a geotecnologia demonstra-se como necessária para entender fenômenos de grande magnitude.

No Brasil, as tecnologias que permitem automatizar a análise espacial são conhecidas como: Geomática, Geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica e mais recentemente Geotecnologias. Embora cada termo apresente um conceito diferente, abordam mais ou menos a mesma temática. O termo Geoprocessamento é usado quase que exclusivamente no Brasil, provavelmente fruto de rivalidades de intelectuais entre as correntes europeias e americanas.

Geotecnologias – conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica, são compostas por soluções de hardware, software e “peopleware” que juntas constituem-se em poderosos instrumentos como suportes às tomadas de decisão. Dentre as

geotecnologias podemos destacar: a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema global de posicionamento, o sistema de informação geográfica, e os aplicativos gráficos disponíveis na WEB (Google Maps, o Google Earth, o Microsoft Virtual Earth, Google Street View, etc.) (ROSA, 2011).

A utilização da geotecnologia é muito ampla, devido à possibilidade da localização da informação. Atualmente, diversos tipos de profissionais apoiam-se nessa poderosa ferramenta para tomada de decisão, utilizando principalmente para aquisição da informação, o sensoriamento remoto, e muito recentemente a aerofogrametria, usando drones.

As principais mudanças territoriais e da paisagem podem ser assim definidas: a expansão do capitalismo monopolista; o planejamento econômico e o territorial já se definiam sob a ação do Estado, interferindo na organização do espaço; a urbanização se expandia de forma acelerada e desordenada; no campo, a industrialização e a mecanização das atividades agrícolas em várias partes do mundo se concretizavam no fenômeno da modernização da agricultura; o êxodo rural, em função da modernização do campo, contribuía para o crescimento das cidades e com ele a preocupação de oferta de serviços básicos (SANTOS, 2000).

Diante desse quadro, o instrumento de pesquisa da Geografia tornou-se defasado implicando em uma crise das técnicas tradicionais de análise. Estas não conseguiam descrever, nem representar os fenômenos da superfície terrestre. Com isto, surgiu também uma crise de linguagem, isto é, de metodologia de pesquisa (MORAES, 2007). Novos instrumentos como o sensoriamento remoto, as imagens de satélite e o computador substituíram os trabalhos de campo, característicos da Geografia Tradicional. Portanto, havia uma “crise” tanto no método de interpretação quanto no método de pesquisa.

Segundo Buzai (1999), no século XXI, a tecnologia passa cada vez mais a fazer parte da vida e também das necessidades cotidianas dos seres humanos. O computador, *smartphone*, *tablet* e a internet não são mais artigos de luxo ou de uso restrito, mas sim essenciais para quem entra na era da tecnologia da informação digital. Estão presentes nas casas, nos carros, nas ruas, no comércio, no trabalho, em quase todas as situações e nos mais variados equipamentos, das mais variadas formas, de acesso para quase todos os padrões aquisitivos, desde a educação a segurança pública por exemplo.

2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (CAMARA et al., 2001). Atualmente, o SIG é a principal ferramenta utilizada para a análise dos dados de distribuição espacial com grande número de informações, elaborando mapas dos mais diversos atributos, com a finalidade de compreender a variabilidade espacial existente nas áreas (SHIRATSUCHI, 2001).

Segundo Druck et al. (2004), o termo SIG define sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. É um conjunto de ferramentas computacionais que manipulam objetos e seus atributos por meio de seu relacionamento espacial.

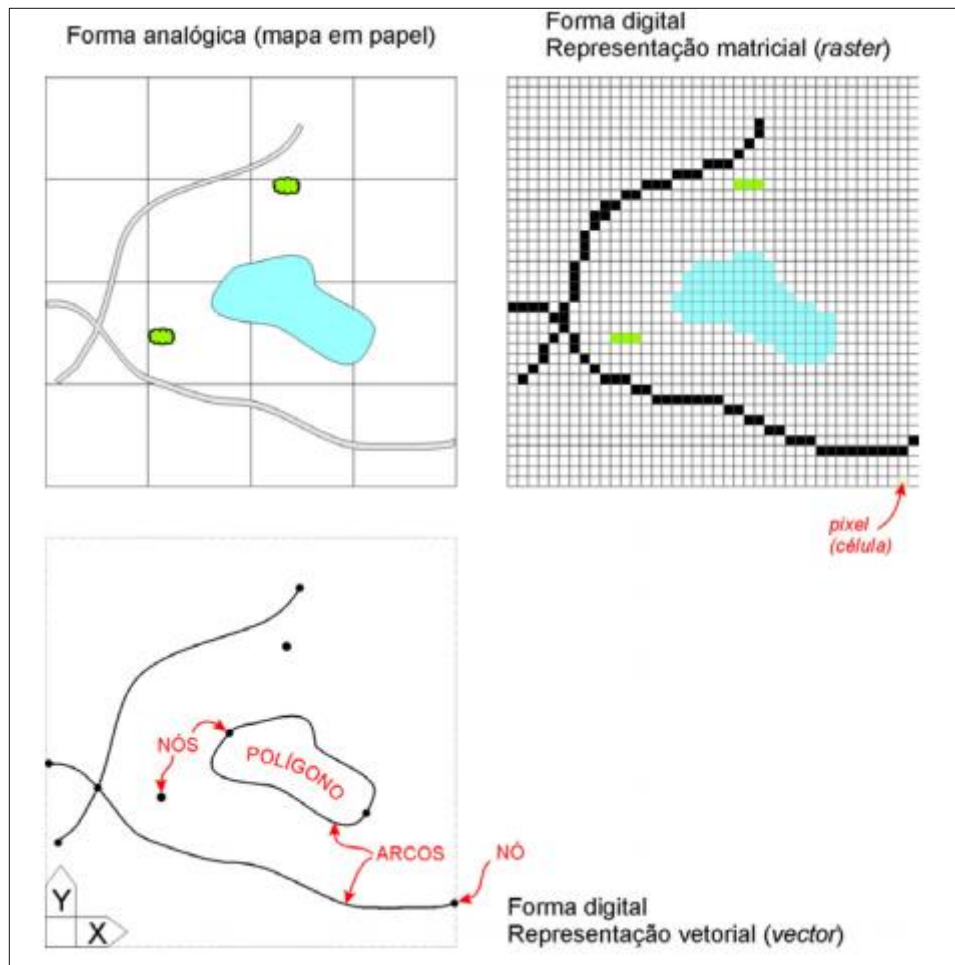
Trata-se de uma forma particular de sistemas de informação, aplicados a dados geográficos, que permitem armazenar, analisar, recuperar, manipular e manejar grandes quantidades de dados espaciais, produzindo informações úteis na tomada de decisões (SILVA, 2007). Possuem como principais componentes a interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados.

Silva (2003) subdivide os dados de um SIG em dois grandes grupos: 1) dados gráficos, espaciais ou geográficos; 2) dados não gráficos, alfanuméricos ou descritivos. Os dados gráficos descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição), podendo ser representados de duas formas distintas: raster ou matricial, e vetorial (Figura 2).

Para Fontes (2001), na representação matricial, o objeto espacial é representado por uma malha de células denominadas pixels, que associada aos valores numéricos podem representar algum aspecto do ambiente da área em estudo. A resolução espacial, tamanho da célula (pixel), define o nível de precisão da informação.

Na estrutura de representação vetorial, os dados espaciais são expressos na forma de vetor, definida graficamente através de nós (pontos), linhas definidas por segmentos de reta interligando pontos (arcos), e áreas delimitadas por segmentos de reta (polígonos). Os pontos possuem coordenadas (x,y) relacionadas ao sistema de referência definido no ambiente SIG (DRUCK, 2004).

Figura 2 - Representação de dados espaciais.



Fonte: Naruo (2003)

2.5 SENSORIAMENTO REMOTO

O Sensoriamento Remoto ou detecção remota pode ser entendido como um conjunto de técnicas que permite a obtenção de informações dos objetos que

compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos (Moreira, 2001). Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos.

É de fundamental importância o acompanhamento da forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, devido a necessidade de busca por estratégias de planejamento ordenado da expansão urbana, por isso as técnicas de sensoriamento remoto têm grande valia para planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, uma vez que manipula dados relativamente atuais e confiáveis, além da relação custo-benefício ser consideravelmente baixa.

Segundo Forster (1994), o sensoriamento remoto atua como uma alternativa econômica de bastante eficácia na avaliação do processo de desenvolvimento urbano, uma vez que há disponibilidade de dados gratuitos com resolução espacial de boa qualidade para os variados tipos de aplicação. Também, quando unido a outras ferramentas tecnológicas, como SIG e dados de campo, proporciona um ambiente onde é possível monitorar todo o crescimento urbano, além de ser capaz de mensurar os problemas ambientais que podem ocorrer em consequência dessa expansão da mancha urbana.

Um mapeamento atualizado sobre determinada localidade auxilia na identificação e localização dos agentes responsáveis pelas condições ambientais da área (MENDONÇA, 1999). Portanto, há a necessidade de incrementar em estudos, dados de NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), índices popularmente conhecidos por mapear áreas construídas e áreas de vegetação, respectivamente.

Imagens de satélite com resolução espacial de 10 metros a 100 metros, dependendo da sua missão, podem ser obtidas gratuitamente pela internet mediante cadastro no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para acessar seu catálogo de imagens, o que incentiva usuários de diversos tipos aplicar metodologias de pesquisa que trabalhe com imagens orbitais com qualidade de resolução espacial e temporal, sem custo adicional.

2.6 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP)

A realização de uma análise empírica sobre os fatores ou variáveis, comparando-as entre si de forma pareada, permitindo a estipulação de um valor que represente a relação entre elas, é o que representa uma análise multivariada. Sendo assim, o AHP – Analytic Hierarchy Process – Processo Analítico Hierárquico consiste na criação de uma hierarquia de decisão que permite obter uma visão global das relações inerentes ao processo. É o método de análise multicritério mais empregado e conhecido no apoio às tomadas de decisão na resolução de problemas com múltiplos critérios

O método Analytic Hierarchy Process (AHP), desenvolvido por Tomas L. Saaty em 1977, cujo princípio é o da racionalidade com embasamento matemático, permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e mensurar a consistência dos julgamentos (CARDOSO, 2009). Dá suporte primordialmente a estudos de cunho ambiental, como em Pinese e Rodrigues (2012), que utilizaram o método para ponderação de fatores aplicados à obtenção da vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas.

A utilização do AHP tem início pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios mais facilmente analisáveis e comparáveis de modo independente. A partir do momento em que essa hierarquia lógica estiver construída, os tomadores de decisão podem avaliar sistematicamente as alternativas por meio da comparação, de duas a duas, dentro de cada um dos critérios. Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou julgamentos humanos como forma de informação subjacente (VARGAS, 2011).

Antes de aplicar o AHP, é necessário que todas as variáveis usadas estejam reclassificadas e que a cada classe seja atribuído um peso, conforme o objetivo proposto porque basicamente, o AHP consiste na criação de uma hierarquia de decisão, composta por níveis ou classes de importância que permitem uma visão global das relações inerentes ao processo. Para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia, são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, onde os resultados das matrizes são ponderados entre si (SILVA e NUNES, 2009).

Mediante a atribuição dos pesos na comparação par a par, o AHP pondera os critérios e calcula um valor de razão de consistência (RC), que permite verificar a

confiabilidade dos pesos atribuídos. Para que os pesos do modelo sejam aceitáveis, deve-se atingir um valor menor que 0.1. Para enfim, ser aplicada a álgebra de mapas, em que são multiplicados os pesos pela sua respectiva matriz, resultando em uma matriz que identifica o objetivo proposto de acordo com os critérios estabelecidos

Essa metodologia baseia-se na lógica de comparação par a par – *pairwise comparison* - dos atributos e permite uma avaliação da importância relativa dos critérios usados. O processo básico de aplicação da AHP consiste em priorizar a importância relativa de “n” elementos de tomada de decisão em relação a um objetivo, mediante avaliações parciais destes elementos, dois a dois, facilitando a análise pelos avaliadores. Além disso, por intermédio de um índice de consistência de julgamento, verifica-se se os valores atribuídos a cada par de critérios estão coerentes (RAFAELI, 2007).

Nesse sentido, Cardoso (2009, p. 90) afirma que o AHP é a técnica de múltiplos critérios de decisão mais usada e que muitos trabalhos vêm sendo publicados baseados nesse método, o qual pode ser aplicado para diferentes fins, como o planejamento, a seleção de melhor alternativa, a alocação de recursos e a solução de conflitos. Tendo isso em vista, esta pesquisa utilizou a técnica AHP, por facilitar o manuseio e a compreensão dos dados e também por permitir a atribuição de pesos aliada à diminuição da subjetividade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo 3, são apresentados os materiais e os métodos utilizados para formar a base de dados necessária para aplicar o cálculo do Índice de Qualidade Urbana, objetivo maior deste estudo.

3.1 AREA DE ESTUDO

O município de Uruguaiana tem uma população de 129.652 habitantes e uma área territorial de 5.703,586 km², sendo o quarto maior do Estado (IBGE, 2010), localizado na região fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 3) entre as coordenadas geográficas 57°15'00" O, 29°43'00" S e 56°55'00" O, 29°48'00" S.

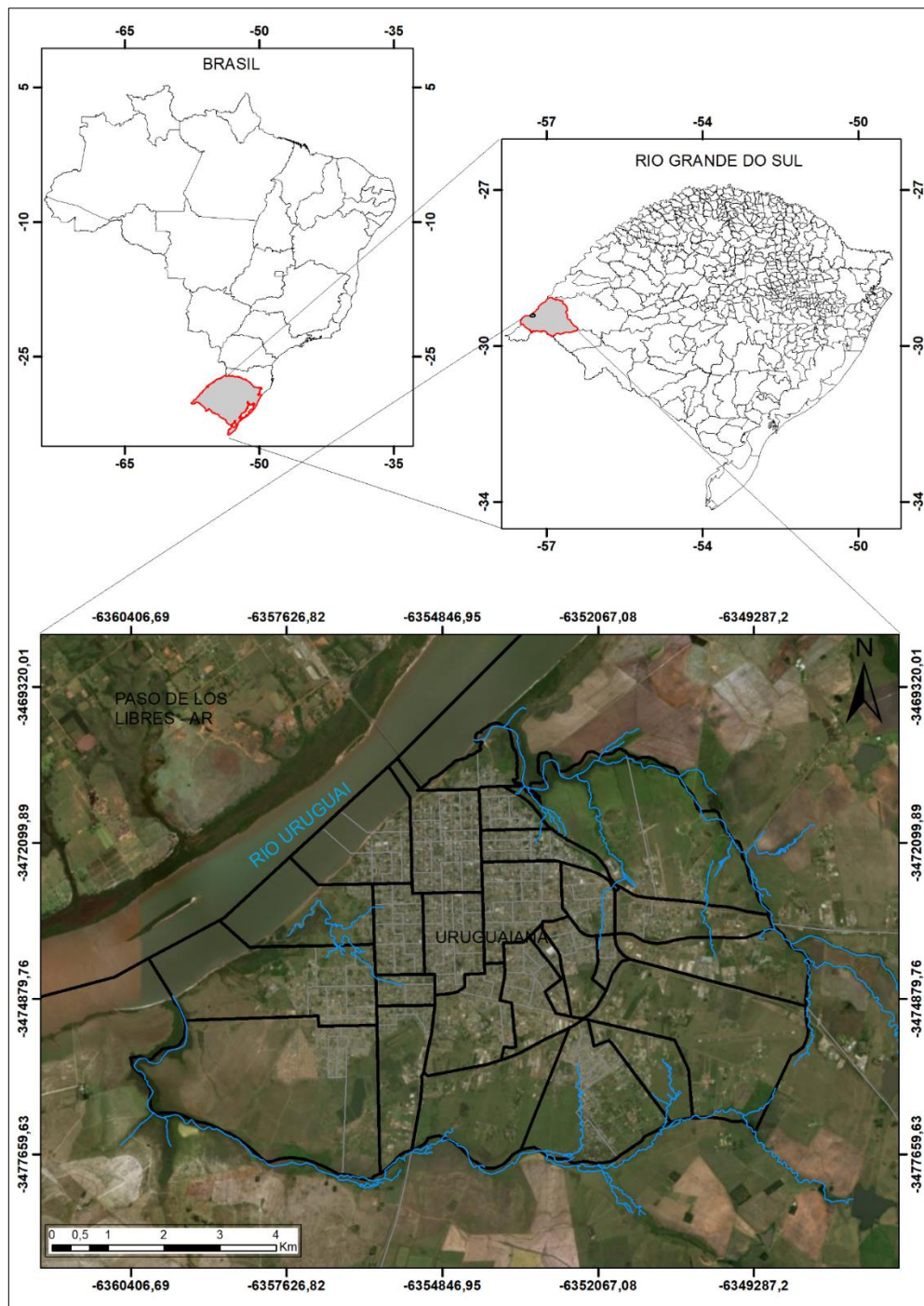
A área urbanizada de Uruguaiana, correspondente a menos de 1% (aproximadamente 13 km²) do território do município e está diretamente relacionada à proximidade com a fronteira com a Argentina e à presença das infraestruturas de transporte regional e internacional (ferrovia e rodovia). Destas, a rodovia é a que possibilita maiores alterações na paisagem, devido, principalmente, à indução de ocupação antrópica, mesmo que notadamente pouco dispersa

É um dos principais municípios desta região, pois atualmente é considerado a maior porta de entrada de turista da Argentina e Uruguai no estado gaúcho, além de possuir o maior porto seco da América Latina, responsável por 80% da exportação nacional. São encontrados também quartéis das três principais forças armadas, um aeroporto de pequeno porte e 24 postos de atendimentos à saúde.

Data sua existência, em seus 175 anos de emancipação desenvolveu-se fortemente na agropecuária, nos campos de coxilhas há predomínio da criação de gado, principalmente ovinos. Em relação à produção agrícola, Uruguaiana se destaca com uma área colhida de mais de 71.000 hectares da cultura do arroz, causando crescimento territorial e econômico (Righi, 2016).

Nas últimas décadas, também foi possível identificar como um fator positivo para o crescimento da cidade a instalação, no ano de 2008, da Universidade Federal do Pampa, que induz a migração de jovens de todo o Brasil para a cidade.

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de AIMON, 2017.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Foram utilizadas diferentes fontes de informação para a realização do estudo, as quais constituem um banco de dados dos tipos vetorial e *raster*. Para a elaboração da base de dados foram utilizados dados demográficos disponíveis em nível de setores censitários provenientes do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010, o qual é o último levantamento minucioso de todos os domicílios do país feito no nível de setor censitário, para os demais anos recentes são dados estimados estatisticamente, o que não convém utilizar neste estudo para não aumentar o fato de incongruência nos dados, além de também utilizar como fonte de informação dados advindos de sensoriamento remoto orbital.

Os dados utilizados foram:

- Censo demográfico 2010 do IBGE - dados socioeconômicos e relativos à infraestrutura básica;
- Imagem do Satélite Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*) – índices NDVI e NDBI;
- Arquivo geoespacial dos setores censitários do IBGE.

3.3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

Devido aos diferentes formatos de dados, foram utilizados os seguintes softwares:

- Microsoft Excel 2013 – elaboração de tabelas e gráficos;
- ArcGis ESRI 10.1 – mapeamento das variáveis;
- QGis (ex-Quantun GIS) 2.18.10 – técnica AHP;
- Google Earth – Street view.

3.3.1 Preparação dos dados

Os dados demográficos foram retirados da Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário, onde em novembro

de 2011 foi divulgado esses dados para acesso público pelo portal do IBGE, na sessão de download, nomeado como Características da população e dos domicílios: resultados do universo.

Através do programa ArcGis 10.1 foram espacializadas cada uma das variáveis socioeconômicas provenientes do levantamento do Censo Demográfico, as quais são elas: Densidade Demográfica Normalizada (DDN), Porcentagem de Domicílios com Abastecimento de Água da Rede Geral (DAA), Porcentagem de Domicílios com Coleta de Lixo (DCL) e Porcentagem de Domicílios com Esgotamento Sanitário Adequado (DEA). Assim, os dados em formato “cadastral” foram convertidos para dados numéricos (grades regulares – 30 por 30) pela função *Feature to Raster* do ArcToolBox no ArcGis 10.1, para seguir com a análise das variáveis propostas.

Para prover uma representação completa das condições territoriais do Índice de Qualidade Urbana, foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8, bandas espectrais do Sensor OLI, órbita-ponto 225-081 datadas de 09/09/2018. Com os dados de sensoriamento remoto, foi possível, também no ambiente ArcGis 10.1, calcular o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que é uma razão entre as bandas da faixa espectral do vermelho e infravermelho, conforme a Equação 1. A partir da magnitude desta razão, é possível fazer inferências sobre a biomassa verde, teor de clorofila na vegetação e, ainda, vigor e crescimento da vegetação verde (JENSEN, 2007; PONZONI, 2001).

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

onde *NIR* equivale à faixa do infravermelho próximo (banda 5 da imagem Landsat 8) e *R*, à do vermelho (banda 4). O resultado da equação varia de -1 a 1, em que valores próximos a 1 inferem o alto vigor vegetativo.

Além do NDVI, foi calculado no mesmo software o NDBI (*Normalized Difference Built-Up Index*), método baseado na abordagem dos estudos de NDBI desenvolvidos por Zha et al. (2003). Para o cálculo do NDBI foram utilizadas as bandas do Infravermelho Próximo B5 (0,76 - 0,90 µm) e do Infravermelho Médio B6 (1,55 – 1,75 µm), conforme a seguinte fórmula (Equação 2):

$$NDBI = (NIR - MidIR) / (NIR + MidIR) \quad (2)$$

onde NIR representa a faixa do infravermelho próximo e MidIR, a faixa do infravermelho médio. O resultado da razão das bandas do Infravermelho Próximo e Infravermelho Médio produz uma imagem com valores de -1 a 1, onde espera-se que os maiores valores representem os pixels contidos em áreas construídas e os valores negativos representem pixels contidos em áreas não construídas, como, por exemplo, superfícies com vegetação.

Com as variáveis devidamente espacializadas, foi necessário ponderar sobre o modelo inferencial que nortearia as decisões a serem tomadas. Para tanto, foi escolhida, para explicar os pesos das variáveis para a equação do Índice de Qualidade Urbana, a técnica de Processo de Análise Hierárquica (AHP).

3.3.2 AHP - Analytic Hierarchy Process

A necessidade de adotar métodos que auxiliem nas tomadas de decisão complexas levam à escolha de aplicar análise multicritério, implementado em ambiente SIG incluindo a Combinação Linear Ponderada o Processo Analítico Hierárquico – AHP é o mais empregado e conhecido. É um modelo inferencial o qual permite estimar os pesos, isto é, a contribuição relativa de cada uma das variáveis estudadas com base na lógica da comparação pareada (SAATY, 1978).

Uma vez delimitados os elementos a serem empregados no método, é possível construir a Matriz de Comparação Pareada. Para isso, emprega-se uma escala de pesos definida por Saaty (1977), conforme ordem de importância, variando de uma nove e que descrevem a importância de um atributo em relação ao outro. O valor 1 expressa “igual importância”, ao passo que o valor 9 é atribuído àqueles fatores que possuem “extrema importância” sobre o outro, conforme apresentado na Quadro 1.

Quadro 1 - Escala de comparadores com os seus respectivos pesos.

Valores	Importância Mútua
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos

Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

Transferindo as variáveis do estudo para a escala de comparação com seus respectivos pesos, tem-se a Quadro 2.

Quadro 2 - Comparação pareada entre as variáveis.

Variável	Escala Verbal	Variável
NDVI	Igualmente importante	NDBI
% de domicílios com abastecimento de água	Moderadamente importante	Densidade Demográfica normalizada
% de domicílios com coleta de lixo	Igualmente importante	% de domicílios com esgotamento adequado
% de domicílios com abastecimento de água	Igualmente importante	% de domicílios com coleta de lixo
NDVI	Extremamente importante	Densidade demográfica normalizada

Fonte: MELOS, 2018.

A partir da escala de pesos para comparar as variáveis seguindo seu grau de importância, constrói-se a matriz de comparação estabelecendo as importâncias mútuas. Para isso, utilizou-se o *plugin Easy AHP*, implementado no software QGIS

2.18.10, para ponderar os pesos a serem dados para cada Plano de Informação, com seus graus relativos de importância, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Cálculo dos índices de consistência *AHP*.

	DAA	DEA	DCL	DDN	NDVI	NDBI	AHP Indicadores
DAA	1	1,0	1,0	0,333	0,5	0,2	$\lambda = 6,353$
DEA	1,0	1	1,0	0,333	0,5	0,2	
DCL	1,0	1,0	1	1,0	0,333	0,5	CI = 0,071
DDN	3,0	3,0	1,0	1	1,0	0,333	
NDVI	2,0	2,0	3,0	1,0	1	0,2	CR = 0,057
NDBI	5,0	5,0	2,0	3,0	5,0	1	

Fonte: MELOS. 2018.

Após o cálculo da matriz, esse estágio demanda a verificação de consistências dos resultados obtidos, conforme critérios estabelecidos por Saaty (1977). A verificação do resultado final da matriz é feita por meio do cálculo do Índice de Consistência (IC) e da Razão de Consistência (RC).

O Índice de Consistência (IC) é utilizado para obter uma boa estimativa em relação aos pesos estatísticos resultantes do AHP, sendo necessário verificar se o valor do λ_{\max} está próximo do número de indicadores utilizados para o cálculo. Para essa verificação, utiliza-se a fórmula abaixo (Equação 3):

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (3)$$

Após o cálculo dos pesos de cada fator, é necessária a avaliação de sua aceitabilidade ou Razão de Consistência, que de acordo com Saaty (1980) deve apresentar valor menor que 0,10, ou seja, o resultado desta razão deve ser menor que 10 %. O cálculo da Razão de Consistência (RC) é obtido pela seguinte fórmula (Equação 4):

$$RC = IC / RI \quad (4)$$

O valor do Índice Randômico (IR) é extraído da tabela de valores para matrizes quadradas de ordem n estabelecida pelo Oak Ridge National Laboratory, EUA, fornecido de acordo com o número de indicadores utilizados para o cálculo AHP (Tabela 3). Para este estudo foram utilizados 6 indicadores e, por essa razão, o valor do IR é 1,24.

Quadro 4 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n .

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: SAATY (1980) apud PINESE JÚNIOR (2010)

Após essa comparação pareada o software gerou um *script* base, que determina os pesos a serem dados para cada variável, conforme Quadro 5.

Quadro 5 - Pesos atribuídos pelo Processo Analítico Hierárquico.

Variável	Peso	Variável	Peso
NDVI	0,166	DAA	0,076
NDBI	0,409	DCL	0,110
DDN	0,163	DEA	0,076

Fonte: MELOS. 2018

No quadro acima, é possível notar pesos altos para as variáveis NDBI e NDVI, e os pesos mais baixos são para DDA e DEA.

3.3.3 Cálculo do Índice de Qualidade Urbana – IQU

Por meio dos pesos fornecidos pelo algoritmo do *plugin Easy AHP* implementado no software QGIS 2.18.10, foi desenvolvida a Equação 5 para o cálculo do IQU.

$$\text{IQU} = 0,166\text{NDVI} + 0,110\text{DCL} + 0,076\text{DAA} + 0,076\text{DEA} - 0,163\text{DDN} + 0,409\text{NDBI} \quad (5)$$

Conforme Bastos e Fonseca (2013), os fatores que contribuem positivamente para uma boa qualidade ambiental urbana foram considerados aditivos, enquanto os que contribuem negativamente foram considerados subtrativos. Através da função *Raster Calculator* do ArcToolBox no ArcGis 10.1 essa operação foi realizada, resultando no mapa IQU em formato *raster*, classificado em cinco classes temáticas. São elas: Muito alta, Alta, Média, Baixa e Muito baixa. A próxima etapa apresenta os resultados obtidos pela espacialização das variáveis que caracterizam a mancha urbana do município de Uruguaiana – RS.

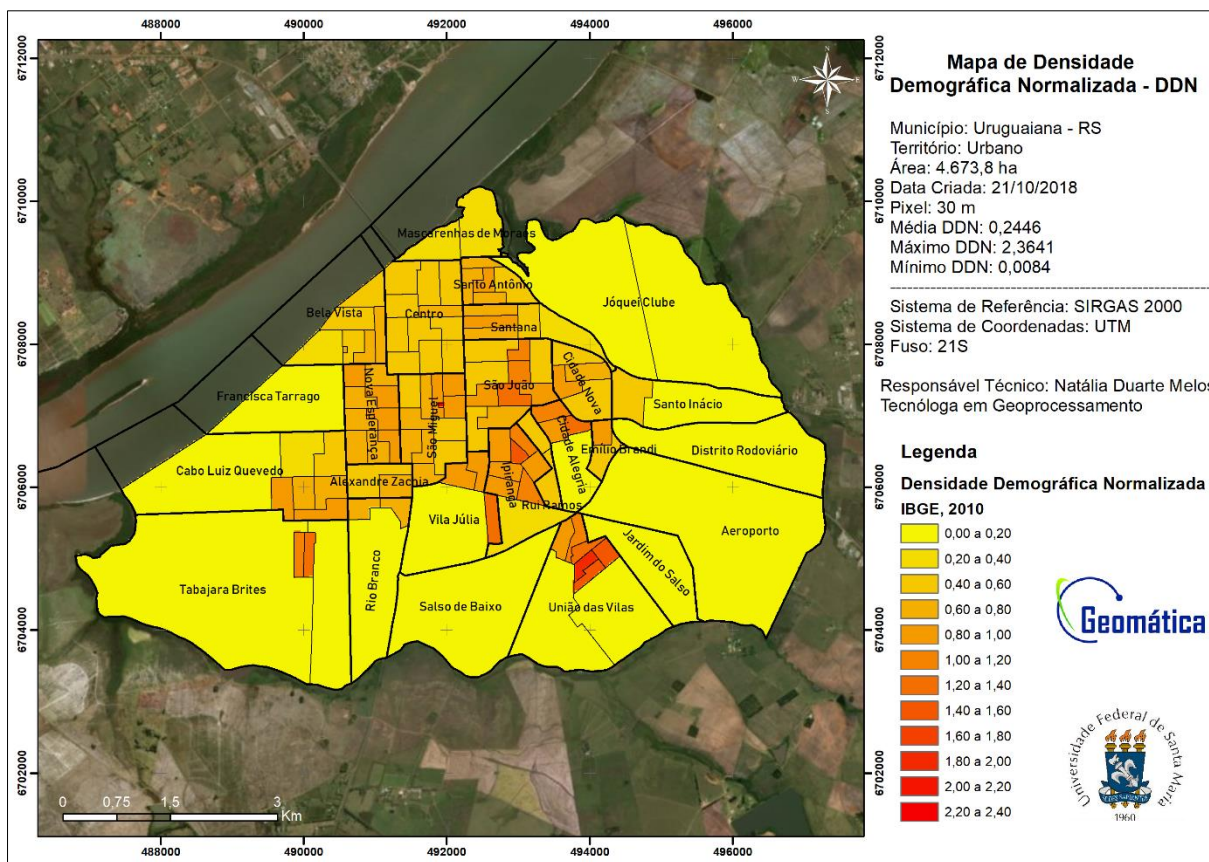
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o estabelecimento da metodologia, e dos procedimentos operacionais, o Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com a pesquisa.

4.1 DADOS DEMOGRÁFICOS

A densidade demográfica normalizada foi estabelecida pela simples razão do número total de moradores do setor censitário e sua área territorial expressa em m². Abaixo é apresentado o mapa da DDN (Figura 4), onde é possível notar que a região do centro do município é responsável por valores altos de DDN, o que já era esperado, corroborando a realidade do município.

Figura 4 - Mapa de Densidade Demográfica Normalizada.

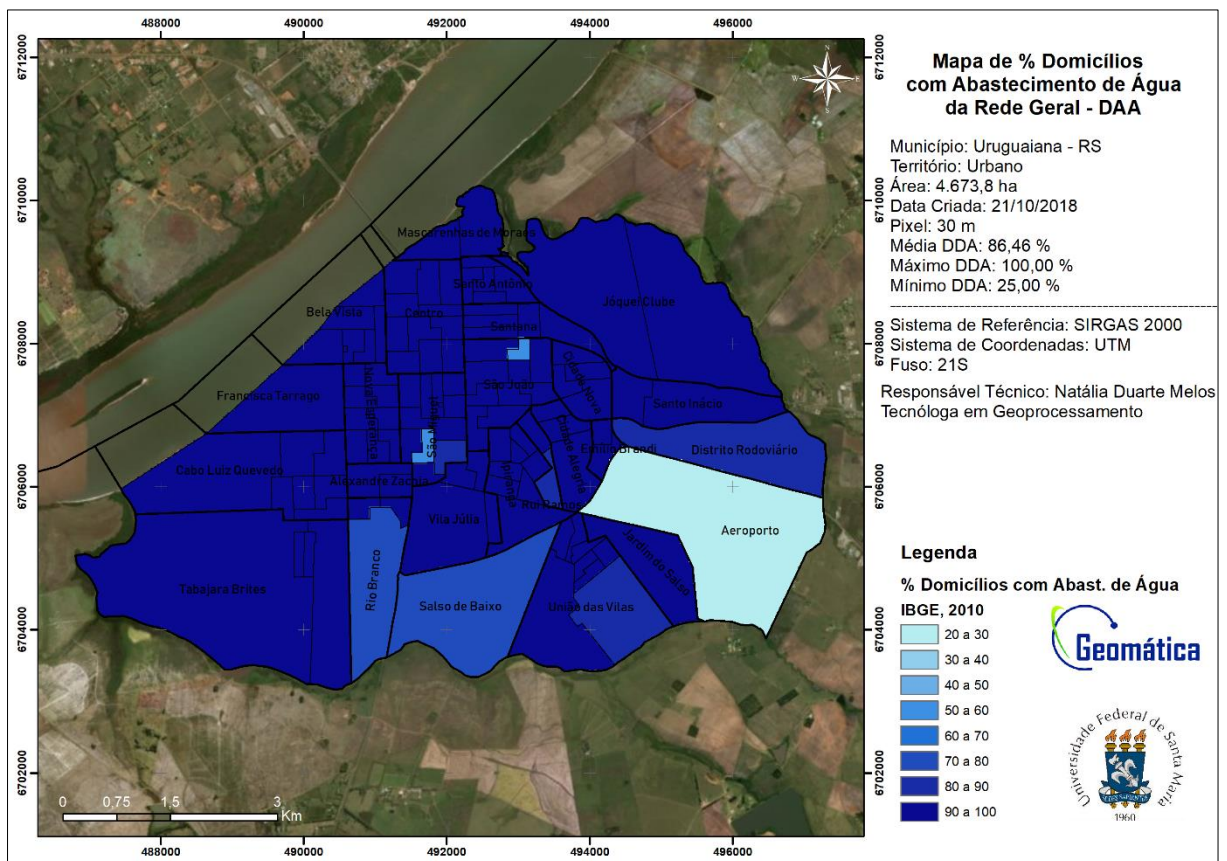


Fonte: MELOS. 2018.

Neste sentido, o setor 117 – São Miguel apresentou valor de 2,36 moradores por m² (máximo DDN), justificado pela área territorial de 4.399,09 m² e total de 104 moradores. Já no setor 043 – Aeroporto, o valor de DDN é 0,0084 (mínimo DDN), com 4.553.774,66 m² de área e 386 moradores, o que justifica o valor muito baixo para DDN.

A variável Porcentagem de Domicílios com Abastecimento de Água (DAA) da rede geral (Figura 5), considera quando o domicílio ou o terreno, ou a propriedade onde estava localizado, estava ligado a uma rede geral de distribuição de água.

Figura 5 - Mapa de % de Domicílios com Abastecimento de Água da Rede Geral.



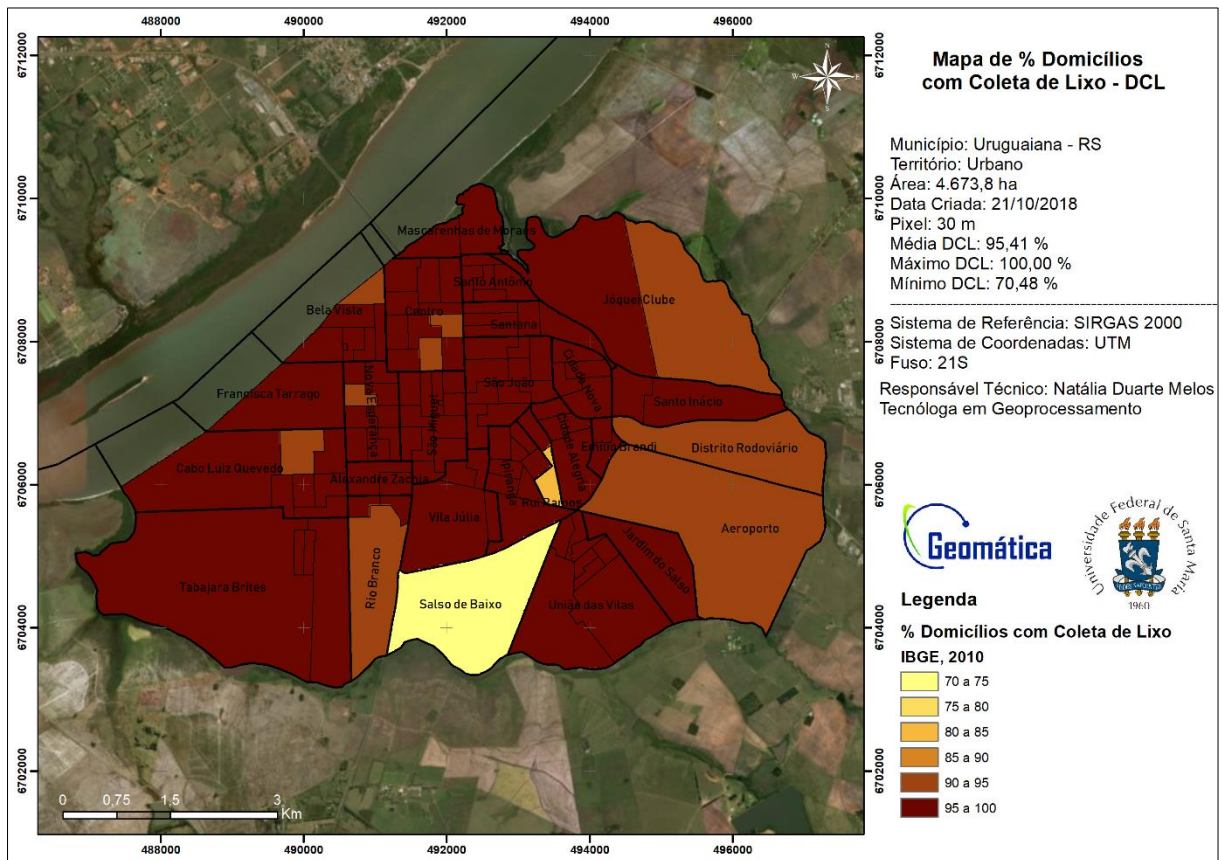
Fonte: MELOS. 2018

O mapa %DAA demonstra que 109 setores amostrados pelo censo demográfico têm mais de 90% de domicílios com abastecimento de água de forma adequada. Portanto, cerca de 9 setores têm entre 25% a 89,99% de domicílio com

abastecimento de água de forma adequada. O setor 043 – Aeroporto deu a menor porcentagem, somente 25% dos domicílios recebem abastecimento de água pela rede geral, o que não configura que os demais domicílios não tenham abastecimento de água, pois outras formas de abastecimento de água foram classificadas como: Poço ou nascente na propriedade; Água de chuva armazenada em cisterna e Outra. Porém, neste estudo, considerou-se forma adequada somente o abastecimento pela rede geral pois, em relação à potabilidade, o abastecimento por rede geral de distribuição é o mais apropriado para o consumo humano, pois consiste na captação (retirada de água bruta da natureza), tratamento (adequação de sua qualidade), transporte e fornecimento à população (Landau, et al., 2016).

A coleta de resíduos sólidos engloba as atividades de remoção de resíduos sólidos provenientes da ação humana em residências, estabelecimentos comerciais ou de prestação de serviços, indústrias, instituições públicas ou privadas, unidades de serviços de saúde, e outras, além dos resíduos resultantes das atividades de limpeza pública (Moura et al., 2016). Para avaliar o número de domicílios com coleta de resíduos sólidos (Figura 6), foi considerado duas formas de coleta de lixo, coletado por serviço de limpeza e coletado por caçamba de serviço de limpeza.

Figura 6 - Mapa de % de Domicílios com Coleta de Lixo.



Fonte: MELOS. 2018

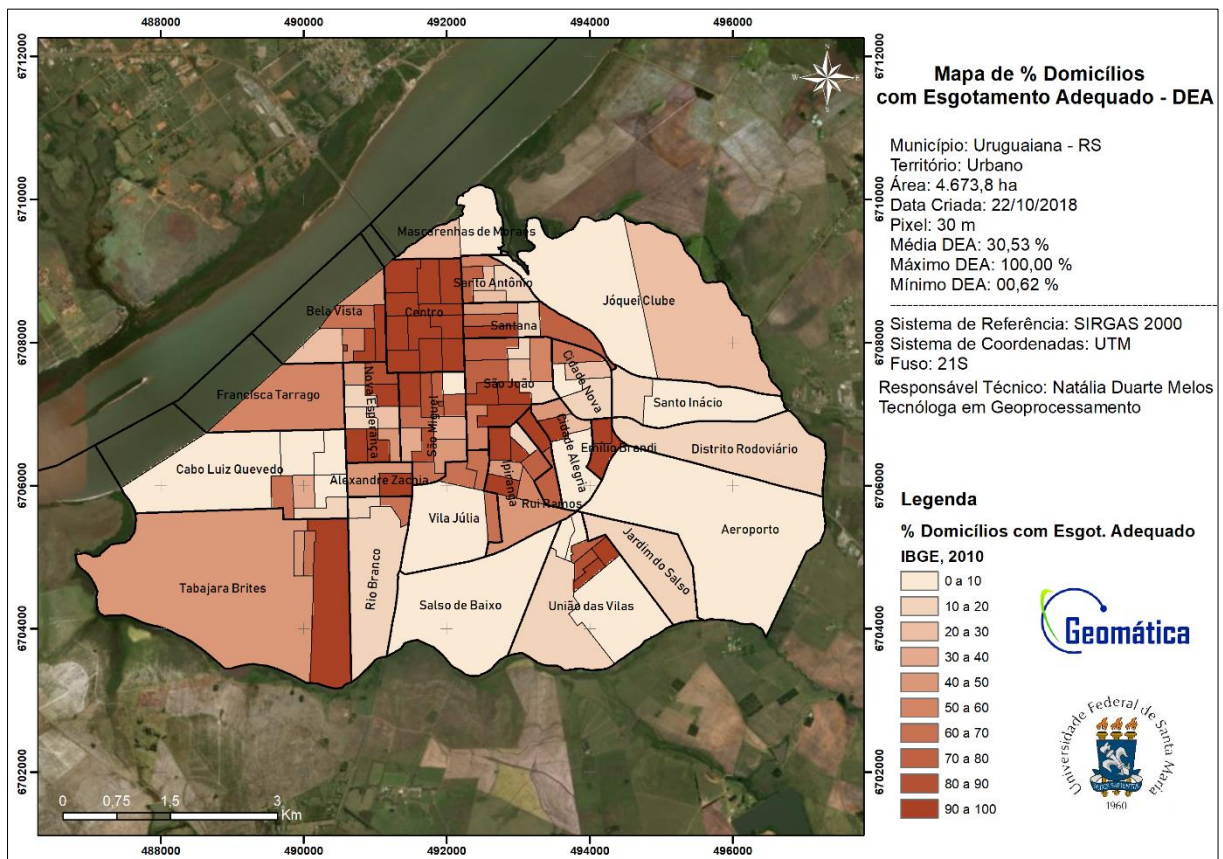
O mapa %DCL apresenta 107 setores com mais de 90% de domicílios com coleta de lixo e 11 setores urbanos do município têm entre 70% a 89,99% de domicílio com coleta de lixo. O setor 053 – Salso de Baixo deu a menor porcentagem, 70,48% dos domicílios recebem coleta de lixo. Retratando que os demais domicílios descartam seus resíduos sólidos de maneira incorreta, seja queimando, enterrando no solo, lançando em terreno baldio, logradouro, beira de córrego e outros destinos.

Serviços de esgotamento sanitário podem ser definidos como o “conjunto de obras e instalações destinadas a coleta, transporte, afastamento, tratamento e disposição final das águas residuárias da comunidade, de uma forma adequada do ponto de vista sanitário” (IBGE, 2011b). Aqui, tratamos esgotamento adequado como o da Rede geral de esgoto ou pluvial, que é quando a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, estava ligada a um sistema de

coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada. Outros tipos de esgoto classificados são: Fossa séptica, Fossa rudimentar, Vala, Rio, lago ou mar, Outro e Sem esgotamento sanitário.

O mapa %DEA (Figura 7) é bastante variável em relação aos outros fatores, onde 16 setores com menos de 10% de domicílios com esgotamento adequado e somente 34 setores, dos 118 têm mais de 90% de domicílio com esgotamento adequado. O setor 103 – Cabo Luiz Quevedo apresentou a menor porcentagem, com 0,63% dos domicílios têm esgotamento adequado

Figura 7 - Mapa de % de Domicílios com Esgotamento Adequado.



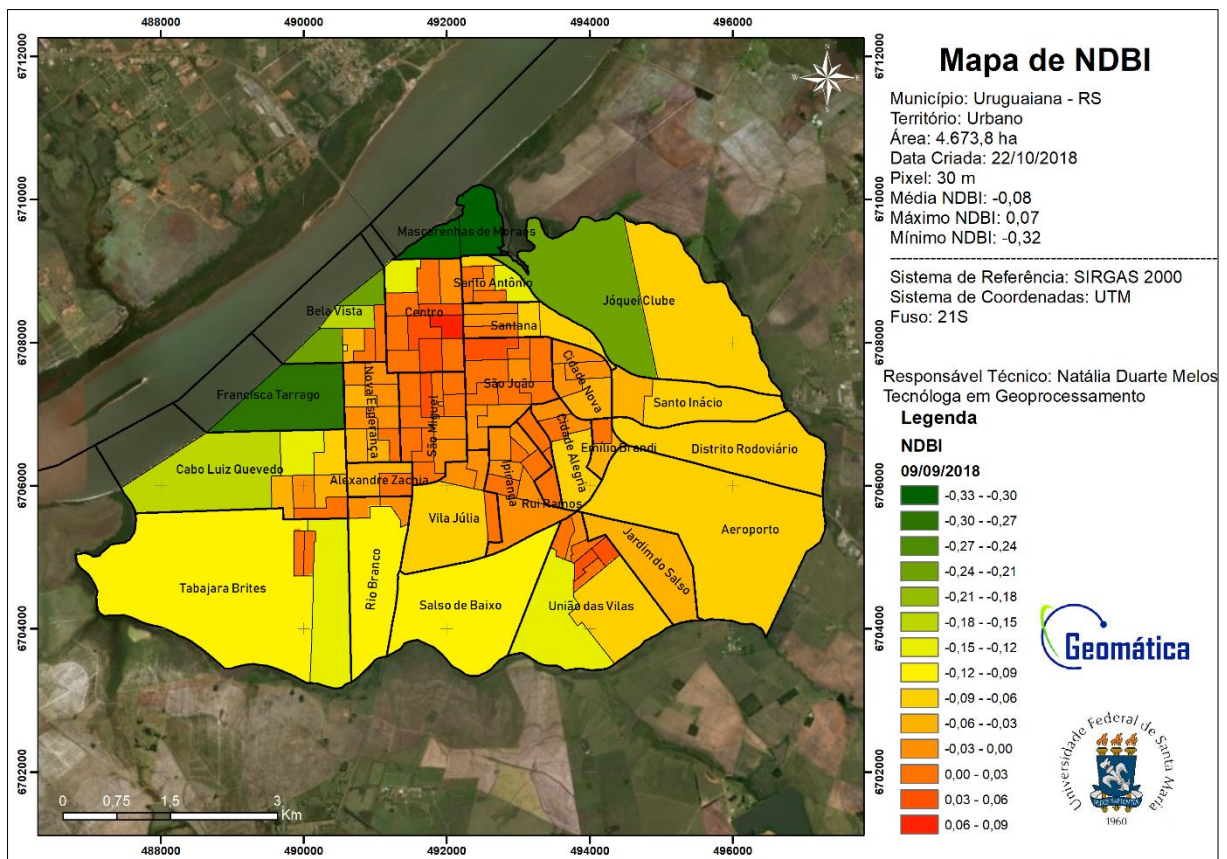
Fonte: MELOS, N.D., 2018

4.2 DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Abordagem realizada aqui é no sentido de que se trabalha com o valor médio dos dados de sensoriamento remoto por setor censitário, a fim de homogeneizar estes dados para a unidade espacial padrão que foi utilizada.

Para melhor análise dos dados foi formulado o NDBI (*Normalized Difference Built-Up Index*), com objetivo de quantificar áreas construídas, principalmente para urbanização. Este índice é aplicado quando é preciso fazer mapeamento rápido de mancha urbana além de auxiliar nos estudos sobre ilhas de calor, expansão urbana e avaliação da qualidade urbana (DEUS, et al., 2015). O mapa do resultado do NDBI apresentado abaixo (Figura 8), varia de -1 a 1 com gradiente de verde ao vermelho.

Figura 8 - Mapa de NDBI.

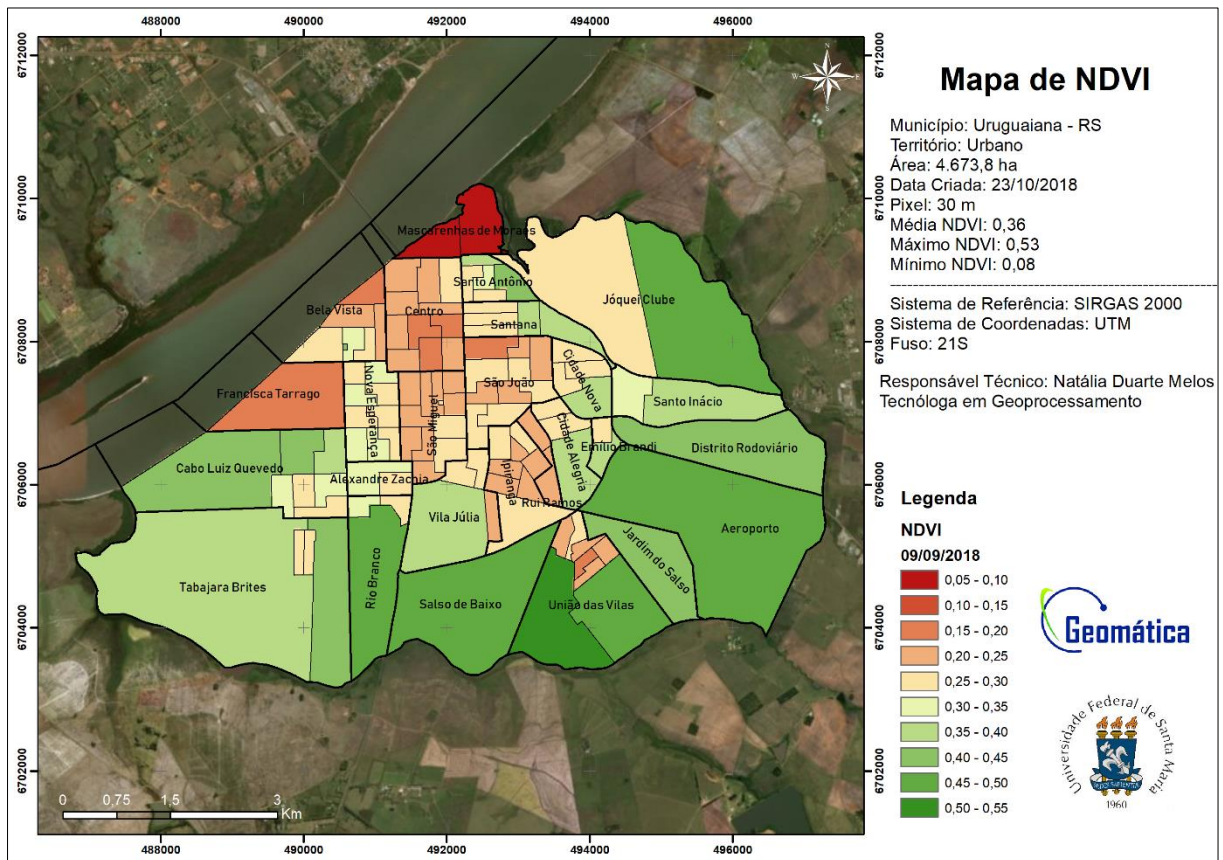


Fonte: MELOS. 2018

É possível observar claramente a mancha do centro urbano do município com destaque para o setor 010 – Centro com valor de NDBI igual a 0,078. O índice, além de detectar as áreas construídas, classificou também as regiões com solo exposto e vegetação seca como sendo áreas construídas, porém com valores negativos, não excluindo automaticamente essas áreas.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), relaciona valores mínimos a cor vermelha e valores altos a cor verde, afim de ressaltar as características fotossintéticas da vegetação sadia. Por mensurar a atividade fotossintética, pode ser associado à capacidade de minimização de ilhas de calor, além de absorção de CO₂ pela vegetação (Ribeiro, 2008). No mapa de NDVI (Figura 9), identifica médias entre 0,35 a 0,55 de NDVI para setores que se aproxima da região rural do município, porém, destaque-se na região urbana o setor 040 – Bela Vista com valor de NDVI igual a 0,40 e o setor 016 – Santo Antônio, com NDVI = 0,41.

Figura 9 - Mapa de NDVI.

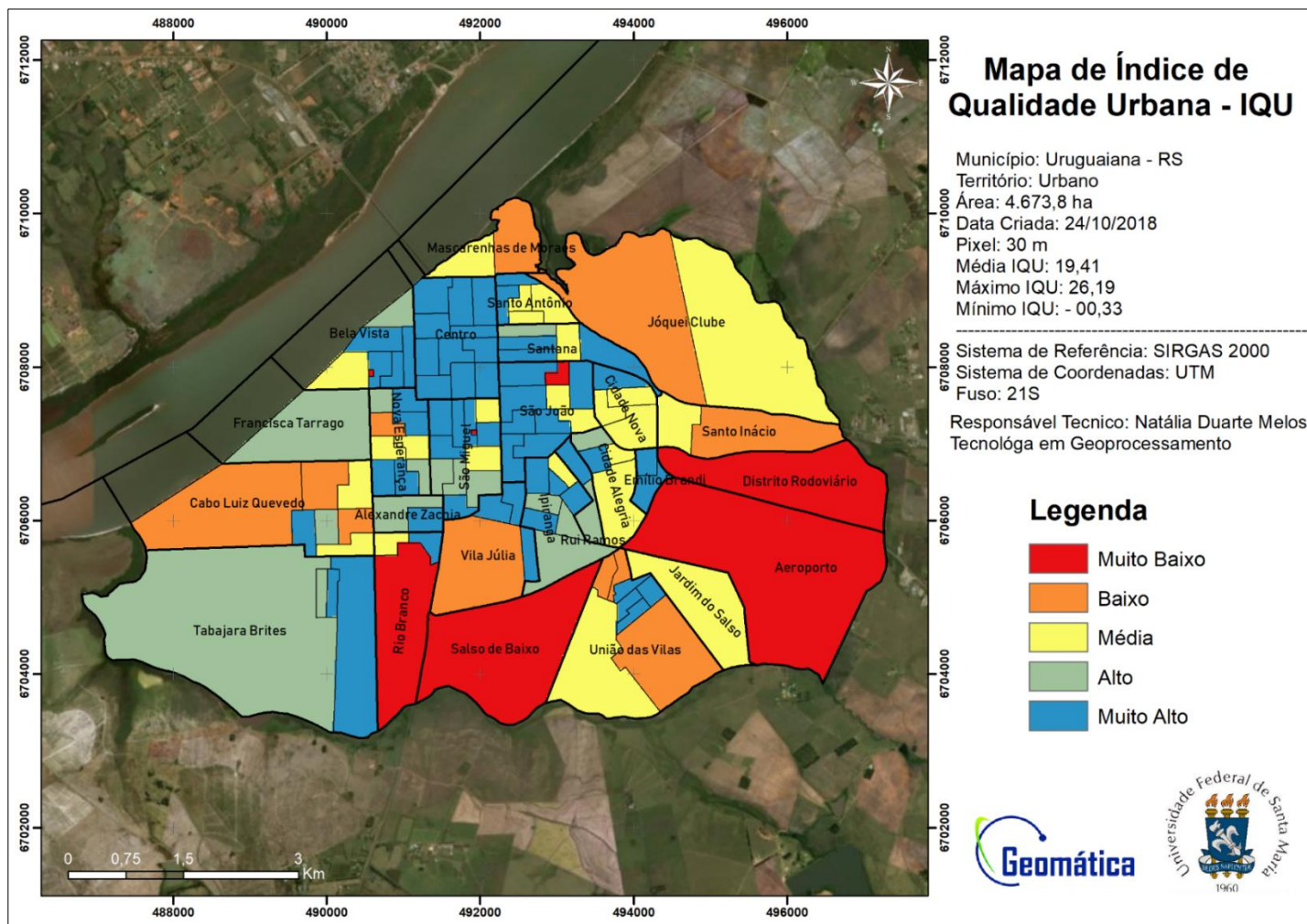


Fonte: MELOS. 2018.

4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA

O Índice de Qualidade Urbana - IQU (Figura 10) é resultado da aplicação da equação 5, com os pesos de cada variável desenvolvida na aplicação da técnica AHP. O mapa abaixo ilustra os resultados obtidos após todo o procedimento, é importante ressaltar que ele não é a verdade absoluta, pois não houve validação a campo, mas sim uma das possíveis representações do fenômeno, definida de acordo com os critérios de um analista em geoprocessamento, que ressalta ou não certos aspectos de acordo com seus estudos bibliográficos.

Figura 10 - Mapa de Índice de Qualidade Urbana – IQU



Fonte: MELOS, N.D., 2018

Outro ponto importante a ressaltar é que esse mapa contém incongruências, uma vez que os dados do qual o produto foi derivado também possuem falhas devido a origem dos dados. Por exemplo, o NDVI já apresenta deficiências que devem ser consideradas, como sua sensibilidade a efeitos como ruídos atmosféricos, sua alta sensibilidade às variações do substrato do dossel e sua saturação quando o índice de área foliar é muito alto o que o torna pouco sensível à detecção de variações na biomassa (JENSEN, 2000).

Para o NDBI, sua precisão está entre 92% (ZHAO et al., 2003), e também possui supostos erros advindos do imageamento pelos atenuantes atmosféricos. Porém, a coerência desse índice é justificada pela grande disparidade espectral das variadas coberturas de solo; as áreas construídas e o solo exposto sofrem um drástico incremento da faixa do NIR para a do MidIR, enquanto a vegetação tem uma variação muito pequena entre a banda do NIR e MidIR.

Outra fonte que ocasiona distorção de informação são os dados socioeconômicos, uma vez que são baseados na coleta de dados do censo demográfico, por amostragem para representação do setor censitário, ou seja, são resultados condicionados à metodologia utilizada para a coleta das informações que servem como base do estudo. O olhar do analista também está condicionado a induzir falhas, pois a consideração incorreta da importância de uma variável pode levar a práticas de planejamento totalmente equivocadas e inexpressivas.

Quanto à técnica utilizada no mapeamento, ela supõe que as variáveis são linearmente relacionadas, no sentido de que todos os mapas, por mais diferentes pesos que a AHP determinou, eles estão correlacionados entre si, o que não é necessariamente a realidade, mas sim uma simplificação, muitas vezes homogeneizando o resultado.

A forma para análise dos resultados obtidos no mapa IQU foi o uso do Google Earth com a função *Street View*, onde localizou os bairros correspondentes aos setores e realizou-se uma avaliação visual, para isto foram escolhidos os bairros Aeroporto, Joquei Clube, Santana e Centro.

O bairro Aeroporto apresentou IQU muito baixo, o que condiz com a realidade; justifica-se por ser um bairro mais afastado do centro da cidade, bem arborizado, com NDVI igual à 0,47. Porém, o fator aditivo %DAA contribui para o decréscimo do índice nesta área, uma vez que conteve a menor percentagem (25%) para abastecimento de

água pela rede geral, entretanto avalia-se o fator de no local instalado o Aeroporto as salas comerciais não possuir abastecimento de água por rede geral.

O bairro Joquei Clube caracterizou IQU baixo para um setor censitário e médio para outro, acredita-se que esse resultado é consequência de um somatório de fatores, como %DEA (porcentagem baixa), NDVI (média e alta) e NDBI (médio), além de também estar afastado do grande centro da cidade.

E por fim, os bairros Santana e Centro qualificam-se em sua grande parte com IQU alto e muito alto. Os bairros são os mais valorizados da cidade, a forte presença de áreas construídas dentro dos setores censitários, a baixa arborização, assim como uma densidade populacional considerável contribuíram para essa classificação, uma vez que o NDBI e o NDVI tiveram maior peso na ponderação dada pela AHP.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta-se por intermédio das problemáticas advindas do espaço urbano da cidade de Uruguaiana, visto que tal espaço ainda necessita de estudos complementares, que busquem entender os aspectos históricos e se proponham a realizar análises espaciais. Uma cidade com grande potencial em diversos setores, tal como Uruguaiana, precisa estar com oferta de serviços básicos à população bem suprida a fim de melhorar a qualidade de vida da população.

A Qualidade de Vida Urbana é uma área de estudo bem desenvolvida nacionalmente e internacionalmente, onde organizações e governos baseiam-se nessas estimativas para implementações de políticas públicas voltadas as necessidades da população, como tratado no trabalho e com isso as tecnologias de informação e as geotecnologias contribuem para tamanha caracterização do território a nível social.

Através da realização do estudo e do mapeamento prévio do IQU, foi possível observar a grande dificuldade para aquisição e quantificação de informações detalhadas sobre a população residente no município de Uruguaiana. Considera-se que ainda é possível a melhoria do método, agregando-se outras variáveis mensuráveis para a caracterização detalhada da qualidade de vida urbana

O cálculo do Índice de Qualidade Urbana foi estimado graças ao acesso livre de dados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE, e também a gratuidade das imagens de satélite, portanto fica evidente a importância desses recursos para implementação de metodologias de avaliação urbana a fim de dar suporte a planejamento e ordenamento urbano.

Dentre as dificuldades, a ausência de dados precisos e atualizados merece destaque, sendo a etapa da análise dos dados para filtragem de erros oriundos do levantamento do Censo 2010 que demandou maior dedicação, relevando a carência de bancos de dados abertos relacionados à temática.

Os objetivos do trabalho foram alcançados e é possível concluir que as análises de fatores urbanos são de fundamentais importâncias para a questão de vulnerabilidade social.

REFERÊNCIAS

- AIMON, J. G. S. **Análise espaço-temporal do risco à inundação na área urbana do município de Uruguaiana/RS**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Naturais e Exatas, 2017.
- BASTOS, V.S.B.; FONSECA, L. M. G. **Utilização de ferramentas de geoprocessamento para a construção de um índice de qualidade urbana**. Anais do 16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. p. 1159-1166.
- BUZAI, G. D. **Geografía Global: el paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI**. Buenos Aires: Lugar, 1999. 224 p.
- CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2ª ed. São José dos Campos, INPE. 2001.
- CARDOSO, F. S. **Análise das áreas suscetíveis à inundações e escorregamentos na bacia do Rio Forquilhas, São José – SC**. 2009. 226 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- COSTA, E. C. P.; AUGUSTO, R. C.; SEABRA, V. S. **Análise da eficiência dos índices Built-up e NDBI para classificação de áreas urbanas em imagens Landsat 8 OLI**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos, SP, Brasil, p. 6632-6639.
- DEUS, R. A. S. G.; RAMOS, R. P. S.; COSTA, S. O. S.; GOMES, D. D. M. **Análise Multitemporal da Expansão Urbana do Município de Garanhuns - PE, Através do Sensoriamento Remoto**. REVISTA ELETRÔNICA EM GESTÃO, EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL, v. 19, p. 1535-1544, 2015.
- DRUCK, S. et al. **Análise espacial de dados**. Brasília, EMBRAPA, 2004.
- FORSTER, B. C. **An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms**. International Journal of Remote Sensing, v.06, n.01, p.139-151, 1994.
- FONTES, A. T. **Sistemas de Informações Geográficas: Digitalização**. V. 2. EESC, USP: São Carlos, 2001.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. **Implicações ambientais na área metropolitana de Porto Alegre – RS: Um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana**. In: GEOUSP – Espaço e Tempo. Revista da Pós-Graduação em Geografia. São Paulo: FFLCH/USP, 2002. p. 141-177.

GUIMARÃES, S.T.L. **Nas trilhas da qualidade: algumas ideias, visões, e conceitos sobre a qualidade ambiental e de vida.** In Geosul – Florianópolis, v. 20, nº 40, 2005. (7-26)

HART, Cherie. **Génesis del informe del desarrollo humano.** Desarrollo mundial. New York: 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 01 nov. 2018.

IBGE. **Censo demográfico 2010:** características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro, 2011b. 270 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf>. Acesso em: 22 out. 2018.

IANNI, Octavio. **Teorias da globalização.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1996. 228p.

JENSEN, J.R. **Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective.** New Jersey: Prentice Hall, 2000.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: An earth resource perspective.** 2ª ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2007. 592p.

LACOSTE, Yves. **A geografia:** isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra. Tradução Maria Cecília França. 15. ed. Campinas: Papirus, 2009.

LANDAU, E. C., MOURA, L., LUZ, W. V. **VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL EM 2010: DOMICÍLIOS URBANOS E RURAIS** **Cap. 3: Abastecimento de Água nos Domicílios Urbanos e Rurais do Brasil em 2010.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2016. ISBN 978-85-7035-672-7.

MANSILLA, S. L. **Diferenciación socio-espacial en San Miguel de Tucumán. El paisaje urbano como indicador de calidad de vida.** Anais 8ª EGAL Santiago, Chile, 2001.

MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica.** 20.ed. São Paulo: Annablume, 2007. 150 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

MOURA, L., LANDAU, E. C., LUZ, W. V. **VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL EM 2010: DOMICÍLIOS URBANOS E RURAIS** **Cap. 5: Destino de Resíduos Sólidos nos Domicílios Urbanos e Rurais do**

Brasil em 2010. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2016. ISBN 978-85-7035-672-7.

NAHAS, M. I. P. **Indicadores intra-urbanos como instrumentos de gestão da qualidade de vida urbana em grandes cidades: uma discussão teórico-metodológica.** 2009

NARUO, M. K. **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas.** Dissertação de Mestrado, ESSC, USP: São Paulo, 2003. 287 p.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP).** 2ª ed. – Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.; il.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. **O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA AHP COMO AUXÍLIO NA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIEDADE (MG).** Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 23, p. 4-26, 2012.

PONZONI, F.J. **Comportamento espectral da vegetação.** In: MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. (Org.). Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB; Embrapa Cerrados, 2001. cap. 5, p. 157-222

RAFAELI, L.; MÜLLER, C. J. **Estruturação de um Índice Consolidado de Desempenho Utilizando o AHP.** Produção, v.14, n.2, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n2/12.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. **Índice de Qualidade Ambiental Urbana: uma proposta metodológica aplicada a áreas urbanas de ocupação irregular.** Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa, PB, Brasil. p. 6550-6557.

RIBEIRO, B. M. G. **Identificação de Ocupações Irregulares em Áreas Urbanas Utilizando Imagens WorldView-2 e o Classificador por Árvore de Decisão - C4.5.** In: XVI Simposio Internacional SELPER, 2014, Medellín, Colômbia. Disponível em: <<http://www.selpercolombia2014.com/papers/Fotogrametria-PDI-Fusion-de-datos/FP17-Identificacao-deOcupacoes-Irregulares-em-Areas-Urbanas.pdf>>

RIBEIRO, R. J. C. **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana – Aspectos de Configuração Espacial, Socioeconômicos e Ambientais Urbanos.** Brasília - DF, Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação, 2008.

RIGHI, E. **Metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais.** Porto Alegre – RS. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências, 2017.

- ROSA, R. **Análise espacial em geografia**. Revista da ANPEGE, v. 7, n. 1, p. 275 – 289, 2011.
- SAATY, T.H. **A scaling method form priorities in hierarquical structures**. Journal of Mathematical Psychology, v.15, n. 3, p. 234-281, 1977.
[https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- SAATY, T.L. Exploring the interface between hierachies, multiple objectives and fuzzy sets. **Fuzzy Sets and Systems**, v.1, n.1, p.57-68, 1978.
- SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: planning, prioritysetting, resource allocation**. New York: Mcgraw-hill, 1980. 287 p.
- SANTOS, J. F. **O que é pós-moderno**. 3 ed. São Paulo: Brasiliense, 2000. 165 p.
- SANTOS, L. R. **Dinâmica e qualidade ambiental urbana da paisagem no município de Imperatriz (MA)**. Goiânia – GO. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais, 2017.
- SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Georreferenciados: Conceitos e Fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003. 236p.
- SILVA, C. A. da; NUNES, F. P. **Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE**. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, INPE, 2009. pp. 5435-5442.
- SILVA, R. M., **Introdução ao geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações**. Novo Hamburgo: Feevale, 2007. 176 p.
- SIRIS, **Sistema Regional de Indicadores Sociais**. Recife: SUDENE/ Coord. Planejamento, 1980. 76p.
- SHIRATSUCHI, L. S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com utilização de ferramentas da agricultura de precisão**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2001.
- VARGAS, R. **Utilizando a programação Multicritério (Analystic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na Gestão de Portfólio**. Publicado em 11 out. 2011. Disponível em:
<http://pt.slideshare.net/ricardo.vargas/ricardo_vargasahpprojectselectionpt> Acesso em: 09 dez. 2018.
- ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. **Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery**. International Journal Of Remote Sensing, China, v. 24, n. 3, p.583-594, 23 out. 2001.