

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS,
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ÍNDICE DE USO DO SOLO POR HABITANTE (IUSH):
PROPOSTA E APLICAÇÃO**

Rafael Parras
Engenheiro Agrônomo

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS,
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ÍNDICE DE USO DO SOLO POR HABITANTE (IUSH):
PROPOSTA E APLICAÇÃO**

Rafael Parras

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2018

P258i Parras, Rafael
Índice de uso do solo por habitante (IUSH) : proposta e aplicação /
Rafael Parras. -- Jaboticabal, 2018
iii, 38 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Banca examinadora: Vera Lúcia Abdala, Valdemir Rodrigues
Bibliografia

1. Governança de solos. 2. Serviços ecossistêmicos. 3. Gestão de
produção. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.47

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Jaboticabal/SP - Karina Gimenes Fernandes - CRB 8/7418



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ÍNDICE DE USO DO SOLO POR HABITANTE (IUSH): PROPOSTA E APLICAÇÃO

AUTOR: RAFAEL PARRAS

ORIENTADORA: TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. VALDEMR ANTONIO RODRIGUES
Departamento de Agronomia-FCA/UNESP / Botucatu/SP

Profa. Dra. VERA LUCIA ABDALA
Laboratório de Geoprocessamento / IFTM - Uberaba/MG

Jaboticabal, 30 de julho de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RAFAEL PARRAS – Nascido na cidade de São Carlos em 21 de fevereiro de 1989 e formado Engenheiro Agrônomo na Universidade Estadual Paulista UNESP – Campus de Jaboticabal em dezembro de 2012 é atualmente Gestor em Novos Modelos de Negócios na incubadora de base tecnológica Inova.jab, Consultor em Educação a Distância na Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão – Funep e mestrando no programa de pós-graduação em Produção Vegetal, com projetos voltados a indicadores e gestão de sustentabilidade.

Durante a graduação executou diversas atividades que incluiu voluntariado (cursinho pré-vestibular), extensão (projetos, educação ambiental e sustentabilidade), iniciação científica e estágio em genética e melhoramento vegetal.

Após este período iniciou estagio na BASF na área de Desenvolvimento de Mercado e Vendas, focado nas culturas de soja e cana-de-açúcar. Após este período foi contratado como Analista de Projetos Marketing Pleno (Novos Negócios), primeiramente atendendo o Brasil e posteriormente os Países da América Latina, focando em projetos de Marketing Digital, Conectividade, Inovação, Agricultura de Precisão, Treinamentos, Pesquisa de Mercado, Análise de Dados e Gestão de Canais Digitais.

EPÍGRAFE

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

Paulo Freire

Dedico,

A todos que compartilharam um pedaço desse eterno caminho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. Uso e Ocupação do Solo.....	7
2.2. Divisão do território brasileiro.....	9
2.3. Serviços ecossistêmicos.....	11
2.4 Indicadores de gestão de uso e ocupação do solo.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. Local.....	15
3.2. Fluxograma, Fatores e Índice.....	16
3.3. Dados	19
3.4. Análise	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

ÍNDICE DE USO DO SOLO POR HABITANTE (IUSH): PROPOSTA E APLICAÇÃO

RESUMO – O sistema de produção vegetal compreende a informação sobre os sistemas representativos das explorações agrícolas. A observação do comportamento do uso e da ocupação do solo indica a dinamização agropecuária associada à “pressão” que os habitantes e a agricultura exercem sobre os recursos ambientais de uma unidade político administrativa, e é um importante fator para os tomadores de decisão. As mudanças antropogênicas do uso do solo causam um desequilíbrio ecológico no ambiente e são capazes de interferir no sistema de produção agrícola, pois os fatores necessários para a manutenção dos sistemas de produção podem ser consumidos limitando sua capacidade. Partindo do exposto, propõe-se o cálculo e a aplicação de um índice que permite comparar o comportamento do desenvolvimento de uma sociedade no que tange ao uso e ocupação do solo em uma unidade política administrativa. O Índice de uso do solo por habitante (IUSH) consiste da relação entre o uso e a ocupação do solo (área) de uma unidade política administrativa e o número de habitantes desta mesma unidade em um determinado momento. Ao observar os resultados obtidos na análise multivariada de componentes principais, nota-se que os recursos naturais demandados diretamente pela população da unidade político administrativa, como por exemplo, a água consumida, o esgoto coletado e o esgoto tratado, se agruparam separadamente dos relacionados ao comportamento de uso e ocupação do solo, como fragmentos florestais e áreas urbanizadas com acesso pavimentado. Esta separação indica a insustentabilidade. Estes dados comprovam que o IUSH mensura a pressão exercida por um determinado número de habitantes sobre os recursos naturais de uma unidade política-administrativa. Ao analisar, ao longo do tempo, este índice indica o aumento ou a diminuição da demanda sobre os recursos naturais disponíveis. Estes valores poderão auxiliar os tomadores de decisão para uma gestão mais sustentável em sistemas de produção vegetal. Posteriormente o IUSH poderá ser usado para comparar unidades político administrativas quanto a gestão sustentável de suas áreas.

Palavras-chave: Governança de solos, serviços ecossistêmicos, gestão de produção.

LAND USE HUMAN INDEX (LUHI): PROPOSAL AND APPLICATION

ABSTRACT – The observation of the behavior of the use and occupation of the soil associated to the "pressure" that the inhabitants exert on the environmental resources of an administrative political unit is an important point for the decision makers. Anthropogenic changes in land usage cause an ecological imbalance in the environment and are able to interfering with the agricultural production system. The factors necessary for the maintenance of production systems can be consumed by limiting their capacity. Based on this, it is proposed the calculation and the application of an index that allows comparing the behavior of the society development regarding the occupation of land use in a political administrative unit. The Land Use Human Index (LUHI) consists of the relationship between the use and occupation of the soil (area) of a unit administrative political and the number of inhabitants, of this same unit, at a given moment. When analyzing, over time, this index is able to indicate the increase or decrease of the demand on the available natural resources. These values can help to take decisions towards more sustainable management. When observing the results obtained in the multivariate analysis of the main components, it can be observed that the natural resources demanded directly by the population of the administrative political unit, such as the water consumed, collected sewage and treated sewage, they can grouped separately from those related to the behavior of use and occupation of the soil, such as forest fragments and urbanized areas with paved access. These data show that the LUHI measures the pressure exerted by a certain number of inhabitants on the natural resources of a political-administrative unit. Subsequently the LUHI can be used to compare political administrative units regarding the sustainable management of their areas.

Key words: soil governance, ecosystem services, production manager.

1. INTRODUÇÃO

Ações antropogênicas ou fatores antropogênicos são aqueles causados pela ação do homem, divergindo das ações naturais no planeta quando ausente. Devido a esta ação no uso e ocupação do solo, diversos documentos, estudos, acordos e encontros norteiam as decisões sobre a gestão sustentável do uso do solo e demonstram a preocupação de diversos países e organizações com esta temática, como demonstrado pelos encontros promovidos na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano e Documentos Resultantes em Estocolmo 1972 e Rio de Janeiro 1992 e recentemente o encontro Rio+10.

Ao alterar o uso e ocupação do solo nos sistemas de produção agrícola, e conseqüentemente sua ecologia, os benefícios ou serviços que obtemos dos ecossistemas de forma direta ou indireta – serviços ecossistêmicos – como água, temperatura e minerais – são alterados, o que resulta em problemas, impossibilitando os usos destes recursos pelas populações futuras (Keesstra et al. 2012, Brevik et al. 2015, Valera et al, 2016). No Brasil, com o intuito de preservar os serviços ecossistêmicos às populações futuras, promulgou-se a lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 nomeada de Código Florestal, que em seu primeiro artigo, em parágrafo único dispõe sobre seus princípios, sendo o primeiro deles:

“I - afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras” (BRASIL, 2012).

Vê-se que analisar o comportamento de uso e ocupação do solo subsidia a interpretação dos fluxos ecossistêmicos da área analisada (LAWLER et al., 2014), o que possibilita estimar as alterações na disponibilidade e na, qualidade dos serviços ecossistêmicos, como demonstrado nos trabalhos de Foley et al. (2005) e Kändler et al. (2017) que apresentaram resultados comprovando a alteração na qualidade da água em diferentes usos e ocupações. Já nos trabalhos de Almeida et al (2018) e Carlesso et al. (2011), é possível observar que diferentes coberturas e manejos do solo influenciam o escoamento superficial e a infiltração de água no solo, conseqüentemente alterando o armazenamento de água no sistema.

A própria Constituição Federal, lei maior do país, impõem ao poder público e de resto a toda sociedade o dever de preservar e restaurar os processos ecológicos:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;”.

Devido ao grande número de fatores que fazem parte das tomadas de decisões referentes à gestão do uso e ocupação do solo agrícola, diversas instituições de governança buscam indicadores que auxiliem os gestores de unidades político administrativas a tomarem decisões quanto à alteração da disponibilidade dos serviços ecossistêmicos com base em informações técnicas que levem a uma gestão mais sustentável (Smith, 2016).

Importante pontuar, ainda, o conceito de meio ambiente vai além da dimensão natural já apontada no dispositivo constitucional acima citado e engloba, dentre outras, o conceito de meio ambiente artificial, ou seja, as questões de ordem urbanísticas, as quais são tratadas na Lei Federal 10257/2001 – Estatuto das Cidades – o qual também preconiza o planejamento e o uso e ocupação racional do solo na área urbana.

Para institucionalizar as normativas e atender as diretrizes das Organizações das Nações Unidas, o Estado Brasileiro assinou no ano de 1994 a Agenda 21, instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social, eficiência econômica e destaca a necessidade da criação de indicadores que estabeleçam critérios para avaliar a sustentabilidade (FAO, 1994; MMA, 2014).

Embora o material legal e conceitual direcione para a sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e manutenção dos serviços ecossistêmicos, a transposição de conceitos a nível tático/técnico é complexa, pois necessita conciliar as diversas esferas de gestão existentes, considerando diferentes históricos e atividades desenvolvidas pelo homem, de modo a garantir a qualidade e a

disponibilidade dos serviços ecossistêmicos para as populações futuras (DINIZ et al., 2013; FAO, 2014; Valera, 2017).

A elaboração de índices para compreender a dinâmica do uso do solo ao longo do tempo, em especial no uso agrícola, requer a compreensão de indicadores utilizados para a gestão. Estes valores refletem quais são as consequências de ações tomadas no passado no que tangencia o tópico de interesse para entender o processo de ocupação do solo agrícola. Assim sendo, a proposição de um indicador de governança que suporte os tomadores de decisão de unidades político administrativas, focados no uso e ocupação do solo e no número de habitantes em um dado momento, auxiliará nas decisões pautadas em base técnica, visando uma gestão mais sustentável dos recursos ecossistêmicos, como visto um imperativo constitucional e infraconstitucional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uso e Ocupação do Solo

Ações antropogênicas ou fatores antropogênicos são aqueles causados pela ação do homem, divergindo das ações naturais no planeta. Estas ações, no uso e ocupação do solo, causam alterações nos fluxos dos serviços ecossistêmicos modificando sua disponibilidade e qualidade no longo do tempo (Valera, 2017).

As alterações no uso e na ocupação do solo iniciaram concomitantemente ao estabelecimento da raça humana como sociedade, partindo da interpretação da natureza e do desenvolvimento da agricultura e da pecuária, deixando o comportamento nômade e estabelecendo o comportamento sedentário.

No Brasil, devido ao comportamento nômade dos nativos antes do processo de colonização portuguesa, que ocorreu em 1500 d.C. observa-se pouca ou nenhuma alteração na superfície, como exemplificado no texto de uma das cartas de de Pero Vaz de Caminha ao império Português:

“Porque os corpos seus são tão limpos, e tão gordos e tão formosos, que não pode mais ser. Eles não lavram, nem criam, nem há aqui boi, nem vaca, nem cabra, nem ovelha, nem galinha, nem outra nenhuma alimária, que costumada seja ao viver dos homens. Nem comem senão desse inhame, que aqui há muito, e dessa semente e frutos, que a terra e as árvores de si lançam. E com isso andam tais, e tão rijos, e tão nédios, que o não somos nós tanto, com quanto trigo e legumes” (CAMINHA, 1500).

Após esse primeiro contato, os portugueses iniciaram o estabelecimento de povoados na nova colônia. Sendo que os primeiros registros do uso e ocupação do solo apontam a cultura de cana-de-açúcar e gado em 1531 na cidade de São Vicente e 1534 na cidade de São Paulo (AMARAL, 1954).

Após o estabelecimento da cultura da cana-de-açúcar no litoral brasileiro e da pecuária no interior do país, em torno do ano 1730 a cultura do café inicia sua ocupação pelos estados do Rio de Janeiro e posteriormente em direção a São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo. Devido às especificidades da cultura do café,

que acaba por necessitar de mais mão-de-obra durante todo o processo de cultivo e beneficiamento, levou por suas áreas de dispersão o desenvolvimento urbano e o comercial, refletindo no estabelecimento das primeiras cidades do interior do Brasil (Araújo, 2002).

A cultura do café continuou sua expansão territorial ocupando grande parte do estado de São Paulo até seu auge no início do século XX, quando a crise conhecida como “a grande depressão” de 1929, levou a quebra bolsa de valores de Nova York, evento conhecido como “*crash* da bolsa” ou “terça-feira negra”. Após a crise de 1929 diversos produtores de café se endividaram ou perderam suas fazendas, que em seguida foram ocupadas por outras culturas, como laranja, cana-de-açúcar, grãos e frutas diversas.

Em meados do século XX, a cana-de-açúcar se estabelece no estado de São Paulo, inicialmente para atender ao mercado de açúcar e depois o de etanol combustível, que com o advento do desenvolvimento tecnológico de veículos automotores ocupou grande fatia do mercado e levou o desenvolvimento a diversas cidades do interior do estado de São Paulo, como Ribeirão Preto e Campinas.

Atualmente o território brasileiro esta ocupado majoritariamente por 61% vegetação nativa, seguidas de 20% pecuária, 10 % outros usos (indústria, urbano, rodovias, entre outros) e 9% com agricultura, como demonstrado na Figura 1 (IBGE, 2017).

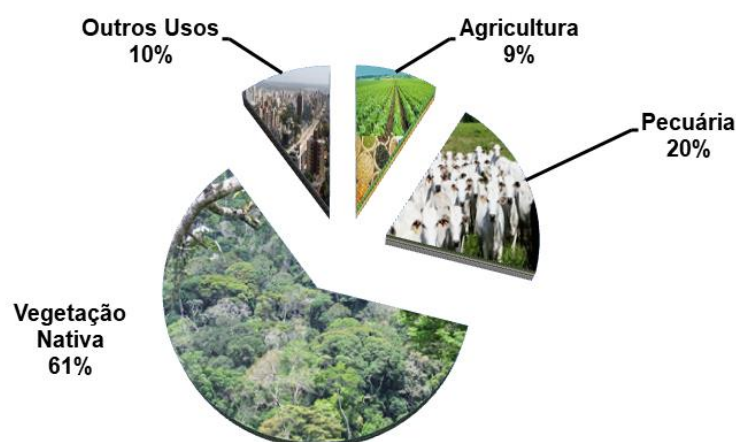


Figura 1. Uso e ocupação atual do território brasileiro.

2.2. Divisão do território brasileiro

A primeira divisão do território brasileiro aconteceu por meio de um instituto jurídico português, denominado sesmaria, que normatizava a distribuição de terras destinadas à produção agrícola. Neste instituto jurídico o Estado, representado pelo império Português, delega no ano de 1530 a organização e gestão destas áreas aos particulares. Essa forma de organização das terras perdurou até início do século XIX, quando ocorre a independência do Brasil (1822) e consequente redistribuição do território nacional. O território brasileiro apresenta diversas normativas que norteiam sua distribuição e gestão, sendo que algumas delas estão voltadas a gestão político-administrativas e outras voltadas a gestão ambiental.

2.2.1 Divisão político-administrativa

A divisão político-administrativa do Brasil é regida pelo DECRETO-LEI Nº 311, de 2 de março de 1938 e está configurada em unidades de federação, onde se encontram os Estados e o Distrito Federal, e Municípios. Sendo suas dimensões espaciais e hierárquicas as principais diferenças (BRASIL, 1938).

2.2.2 Divisão Ambiental

No âmbito da gestão ambiental, o território nacional é dividido tanto no Código Florestal, LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012 (BRASIL, 2012) como na lei da política nacional de recursos hídricos LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997 (BRASIL, 1997).

O código florestal dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis números 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis números 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, traz em seu primeiro artigo:

“Art. 1º-A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.”

A Lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989 traz em seu primeiro Artigo os seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Além do Art. 1º, onde a LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997, define como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, vê-se destacada esta informação no Art. 8º:

“Art. 8º Os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País”.

2.3 Serviços ecossistêmicos

Os ecossistemas fornecem bens e serviços que subsidiam a vida do homem na Terra (COSTANZA, 1998). Esses serviços recebem o nome de serviços ecossistêmicos e estão divididos em serviços de abastecimento, suporte, regulação e cultura. Os serviços de abastecimento são retirados diretamente dos ecossistemas, como água, peixes ou animais selvagens utilizados na alimentação. Os serviços de suporte ajudam a manter outros serviços ecossistêmicos como a ciclagem de nutrientes. Os serviços de regulação ajudam a manter os ciclos do planeta de maneira benéfica para as pessoas, como na regulação climática. Os serviços culturais são os valores que os ecossistemas desempenham nas culturas humanas, como valores recreativos ou espirituais (HANNAN, 2015).

Os serviços ecossistêmicos e os estoques de capital natural que os produzem são de extrema importância para o funcionamento do sistema de suporte à vida da Terra. Os serviços ecossistêmicos contribuem para o bem-estar humano, tanto direta quanto indiretamente, e, portanto, representam parte do valor econômico total do planeta, que em 1998 foi estimado em 33 trilhões de dólares (COSTANZA, 1998).

No Brasil, a importância dos serviços ecossistêmicos está transcrita na própria Constituição Federal, lei maior do país, que impõem ao poder público e de resto a toda sociedade o dever de preservar e restaurar os processos ecológicos:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;”.

2.4 Indicadores de gestão de uso e ocupação do solo

Indicadores são valores utilizados para representar algo ou alguma ação no longo do tempo, e auxiliam a direcionar decisões estratégicas e importantes no presente e no futuro.

No que tange o uso de indicadores para a gestão de sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos a resolução número 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de-22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento, nomeada Agenda 21, que pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, destaca a necessidade da criação de indicadores que estabeleçam critérios para avaliar a sustentabilidade (BRASIL, 1995). A proposta é definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que considerem aspectos das dimensões ambiental, econômica, social, ética e cultural (MMA, 2004).

Torna-se necessário, portanto, definir indicadores que permitam avaliar e monitorar a sustentabilidade e os serviços ecossistêmicos. No entanto, o debate sobre o tema prossegue, pois a análise do conjunto de indicadores e os respectivos resultados alcançados ainda estão sendo validados, não existindo até o momento um padrão sobre o que é sustentável e quais os indicadores deverão ser utilizados para monitorar a sustentabilidade (DEPONTI & ALMEIDA, 2001, FAO, 2014).

Com o objetivo de orientar estrategicamente a esta questão, a Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (CDS-ONU) iniciou, em 1995, um projeto para a criação de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, no prazo de cinco anos (1995-2000), envolvendo organizações do sistema das Nações Unidas, organizações governamentais e não governamentais. O foco principal da iniciativa foi a elaboração de indicadores de desenvolvimento sustentável para o apoio a processos de tomada de decisões, no âmbito de países. Esse processo incluía a definição e elaboração de metodologias e o treinamento e capacitação para profissionais que atuavam em sua validação. Os principais destaques da iniciativa são o caráter pioneiro na proposição de indicadores de sustentabilidade para apoio à

tomada de decisão no âmbito de governos de países e a coordenação institucional e territorial para alavancar e disseminar a utilização de indicadores de sustentabilidade (MALHEIROS et al., 2008).

Embora o material legal e conceitual direcione para a sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e manutenção dos serviços ecossistêmicos, a transposição conceitos a nível tático/técnico é complexa, pois necessita conciliar as diversas esferas de gestão existentes, considerando diferentes históricos e atividades desenvolvidas pelo homem de modo a garantir a qualidade e disponibilidade dos serviços ecossistêmicos para as populações futuras (DINIZ et al., 2013; VALERA et al., 2017).

Marzall e Almeida (2000) ressaltam que para conseguir avaliar sustentabilidade, os índices devem auxiliar a tomadas de decisões nas seguintes condições: a) alertar para situações de risco em suas diversas dimensões; b) prever situações futuras; c) informar e guiar decisões políticas; d) corrigir eventuais desvios; e) definir ou monitorar a sustentabilidade de uma realidade; f) facilitar o processo de tomada de decisão em diversos níveis; g) quantificar e simplificar as informações; h) detectar distúrbios ou desvios do planejamento; e i) ajudar a identificar tendências ou ações relevantes para a melhoria da sustentabilidade.

Dentro deste contexto e considerando a complexidade da amplitude do conceito de sustentabilidade, vê-se que a escolha de um índice que suporte as decisões de sustentabilidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos devem levar em consideração diversos fatores, sendo eles: Sociais, econômicos e ambientais.

Devido à complexidade e números de fatores necessários para o desenvolvimento de um único índice de sustentabilidade, é proposto o uso de modelos complexos de análises de dados digitais que auxiliem o processamento dessas informações.

Exemplos de modelos que utilizam diversos índices no suporte a tomada de decisão em ambientes de produção agropecuária são o SAFA – *Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems* – e o RISE - Response-Inducing Sustainability Evaluation. O SAFA é uma iniciativa da FAO, que elaborou um protocolo de avaliação de sustentabilidade para as cadeias agroalimentares (SAFA,

2013) o RISE, desenvolvido pela School of Agriculture, Forest and Food Science da Universidade de Berna (Suíça) desde 1998, utiliza processamentos digitais para avaliação holística das operações agropecuárias na propriedade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

A área de desenvolvimento da pesquisa é a unidade político administrativa – município – de Ribeirão Preto (Figura 2), localizada na região sudeste do Brasil, na porção nordeste do estado de São Paulo. A área do município é de 650,916 km² e suas coordenadas geográficas são 21°10'30"S e 47°48'38"W.

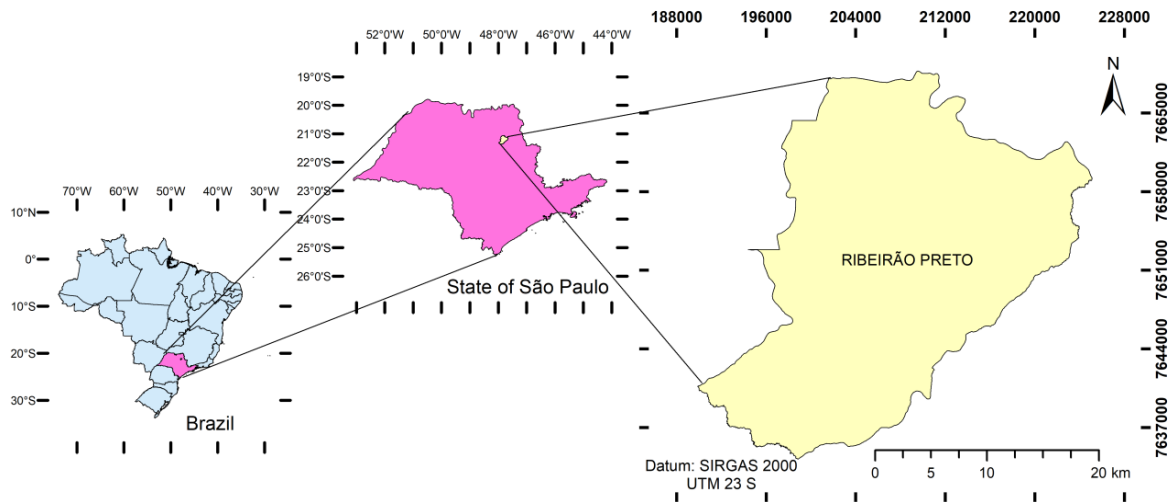


Figura 2. Local de estudo – Município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, Brasil.

As unidades geológicas pertencem ao Grupo São Bento: Formação Serra Geral, Formação Botucatu e, em menor extensão, a formação Pirambóia, cujos principais grupos de solos são: Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada, Latossolo Vermelho-Escuro textura média, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e Litólico. A área apresenta predominantemente relevo suave ondulado, com Colinas Amplas, Morros Amplos e Morros Arredondados e a altitude varia de 510m até 800m. O clima é considerado tropical semiúmido, segundo a classificação de Köppen-Geiger. Sua vegetação original predominante é a Mata Atlântica, sendo os remanescentes florestais compostos de floresta estacional semidecidual, a floresta paludosa e a floresta estacional decidual (HENRIQUES, 2003).

3.2 Fluxograma, Fatores e Índice

A cobertura do solo é compreendida pela ocupação estabelecida naturalmente ou por atividades antrópicas na superfície terrestre. Essa cobertura pode ser de origem natural nativa, natural antropizada (homem interfere no que já existe), natural antrópica (homem recupera ou restaura) ou não natural (material passou por processo de industrialização). No decorrer da História, ao considerar o uso e a ocupação do solo e as diversas políticas e culturas que são desenvolvidas para a condução do comportamento dos atores sociais, é possível concluir que cada região apresenta um comportamento diferente de ocupação, podendo observar como a superfície está sendo ocupada atualmente. Esse processo é de extrema importância, pois possibilita entender quais processos e fenômenos naturais acontecem nesta área.

A metodologia para determinar o Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH), *Land Use Human Index (LUHI)*, está descrita no fluxograma (Figura 3), que representa os fatores de entrada que influenciam o uso do solo, associados à pressão que a população exerce sobre os recursos naturais e a capacidade de resiliência ambiental de uma unidade político administrativa.

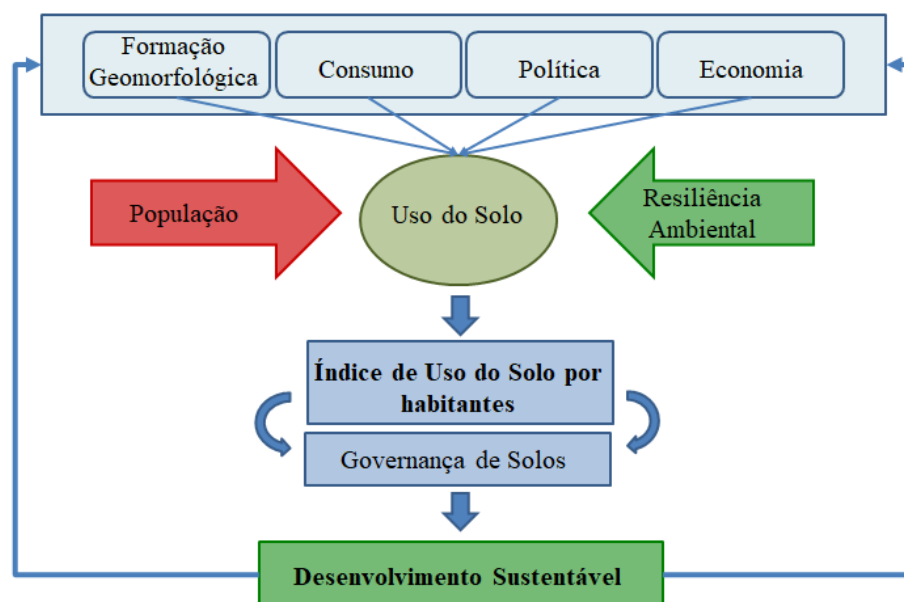


Figura 3. Fluxograma demonstrativo dos fatores que compõem o Índice de Uso do Solo por Habitante.

A partir da formação do Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH), *Land Use Human Index (LUHI)*, que irá compor a governança de solos, objetivando um desenvolvimento sustentável.

O uso do solo é influenciado pela formação geomorfológica, necessidade de consumo dos habitantes, política de uso adotada e reflexos econômicos, e é pressionado pela demanda a partir do crescimento demográfico e pela capacidade de resiliência do ambiente.

A **formação geomorfológica** é o resultado de um processo geológico e histórico, que reflete diversos elementos do ambiente, como clima, material de origem e hidrologia. A necessidade de **consumo** dos habitantes é entendida pela demanda de recursos para a produção de produtos de consumo direto dos habitantes de uma unidade político administrativa, como a água tratada, combustíveis e tratamento de esgoto. A **política** é a arte ou a ciência de organizar, de direcionar e de administrar assuntos relacionados à organização, direção e administração de unidades político-administrativas. A partir dos interesses da sociedade e da política se fazem a ocupação e o uso do solo, caracterizando a política de uso do solo da unidade, com os principais representantes - os atores sociais - que irão zelar, desenvolver e sustentar estes usos e ocupação.

A **economia** se caracteriza pela ciência que estuda os fenômenos relacionados com a obtenção e a utilização dos recursos monetários, necessários ao bem estar. É um fator de entrada no que tange à mudança dos padrões e das alterações do uso e ocupação do solo, pois as exigências do homem se alteram no decorrer do tempo, conseqüentemente suas necessidades e o seu consumo são modificados. Com essa alteração de consumo, os reflexos econômicos modificam a condução dos processos produtivos, que caminham concomitantemente para atender a necessidade do mercado, tendo como resultado as modificações no comportamento de uso e ocupação do solo. Exemplo: no período em que os produtos oriundos da cana-de-açúcar são valorizados, as áreas de plantio de cana-de-açúcar se expandem.

O crescimento demográfico caracteriza a **população**, que é formada pelos grupos ou pessoas que vivem e executam suas atividades civis em uma unidade política administrativa. Ao observar o comportamento do homem e sua história, pode-se deduzir que o consumo e o uso da quantidade de serviços ambientais estão presentes em um dado mercado, durante um dado período de tempo, acarretando a demanda de um uso específico. No início eram apenas coletores e a cobertura se mantinha estável. Com a observação dos processos naturais, iniciou-se o pensamento reflexivo na produção de alimentos culminando na estabilidade do homem ao uso do solo, como exemplo a agricultura e a posterior industrialização. Tal evolução, associada aos fatores como a saúde, o desenvolvimento tecnológico, entre outros, possibilitou que a população humana aumentasse exponencialmente, e, conseqüentemente, a necessidade de bens de consumo crescesse. Assim, a demanda de superfície/área se tornou diretamente proporcional às necessidades de bens de consumo. Quando ocorre um aumento na produção de bens de consumo, haverá também um aumento na demanda, alterando, desta forma, o uso/ocupação da superfície anterior.

Devido às necessidades do homem, que busca recursos necessários para atender seus requerimentos (água, alimentos, minérios entre outros), o meio ambiente acaba sendo pressionado, podendo, ou não, atender a tais necessidades sem resultar em danos que podem ser controlados, caso seu uso seja sustentável, ou entrar em um processo insustentável, cuja característica seria o “tempo limitado”.

A **resiliência ambiental** é a capacidade que o meio ambiente tem para suprir os materiais, de forma a garantir os recursos necessários para a atividade foco, no decorrer do tempo. Os processos naturais são os principais responsáveis por indicar a capacidade máxima ou o uso e a recuperação do recurso natural.

Partindo do exposto, e com o intuito de entender a pressão imposta pela população de uma unidade político administrativa em seus recursos naturais e na alteração do uso do solo, o **Índice de Uso do Solo por Habitante (IUSH)**, *Land Use Human Index (LUHI)* é proposto.

O **IUSH** é entendido pela razão entre o somatório das áreas obtidas do uso/ocupação do solo pelo número de habitantes, de uma mesma unidade político administrativa (NHPA), podendo ser representada pela equação abaixo:

$$\text{IUSH}(n) = \Sigma P_n / \text{NHPA},$$

Onde ΣP_n representa o somatório dos polígonos (P) de um mesmo uso e ocupação do solo de uma unidade político administrativa e NHPA representa o número de habitantes da unidade político administrativa.

A partir da observação e comparação dos IUSHs, [IUSH(AE)], [IUSH(FF)], [IUSH(AC)], [IUSH(AM)] e [IUSH(AA)], os gestores de uma unidade político administrativa poderão executar de forma mais satisfatória as funções de **governança do solo**, que envolvem os mecanismos de liderança estratégia e controle e, ao ser utilizado, auxilia os gestores na busca de **desenvolvimento sustentável**.

Os Índices de Consumo por habitante (ICs) é constituído do volume consumido do objeto analisado na razão do NHPA, representado pela fórmula: ICs = $\Sigma O_n / \text{NHPA}$;

onde O equivale ao objeto e NHPA o número de habitantes da unidade político administrativa.

3.3 Dados

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos a partir de interpretações visuais de imagens orbitais, na técnica de fotointerpretação, que identifica e determina os objetos por meio de imagens, produzindo informações qualitativas, e a partir de técnicas de fotogrametria, com as quais foram obtidas as medidas precisas dos objetos oriunda das informações geométricas e quantitativas, de acordo com a metodologia de Panizza e Fonseca (2011). A interpretação visual das imagens foi realizada no software *Google Earth Pro*, com a ferramenta do programa “adicionar polígono”, sendo contornadas todas as áreas de Fragmentos Florestais (FF) e Áreas Edificadas com Acesso Pavimentado (AE) para os anos de 2010, 2013 e 2016, nas

imagens históricas que foram consultados na ferramenta – mostrar imagens históricas (Figura 4, Figura 5 e Figura 6).

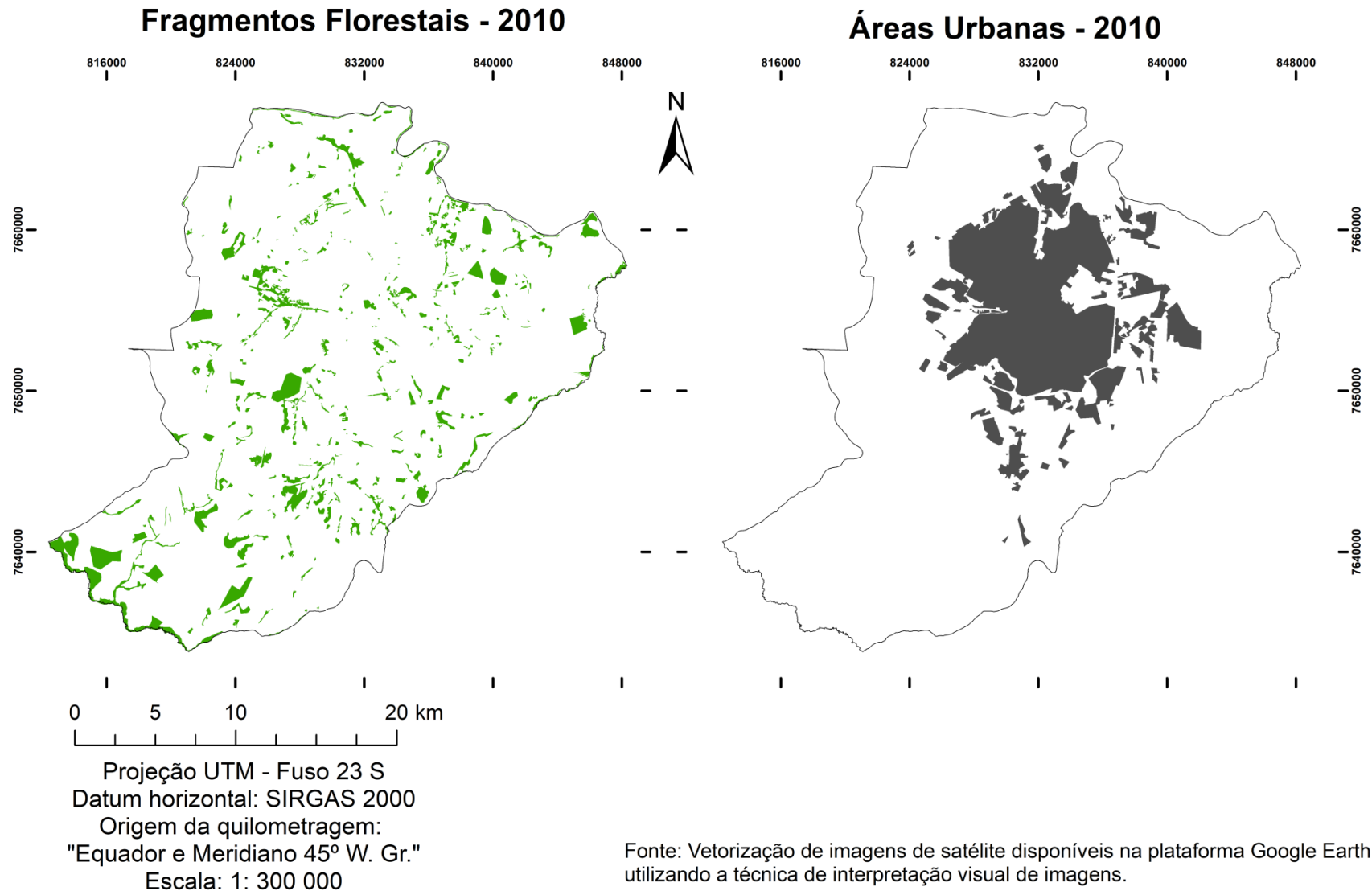


Figura 4. Mapas dos Fragmentos Florestais (FF), na coloração verde; e Áreas Edificada de Acesso Pavimentado (AE) na coloração cinza, para o ano de 2010.

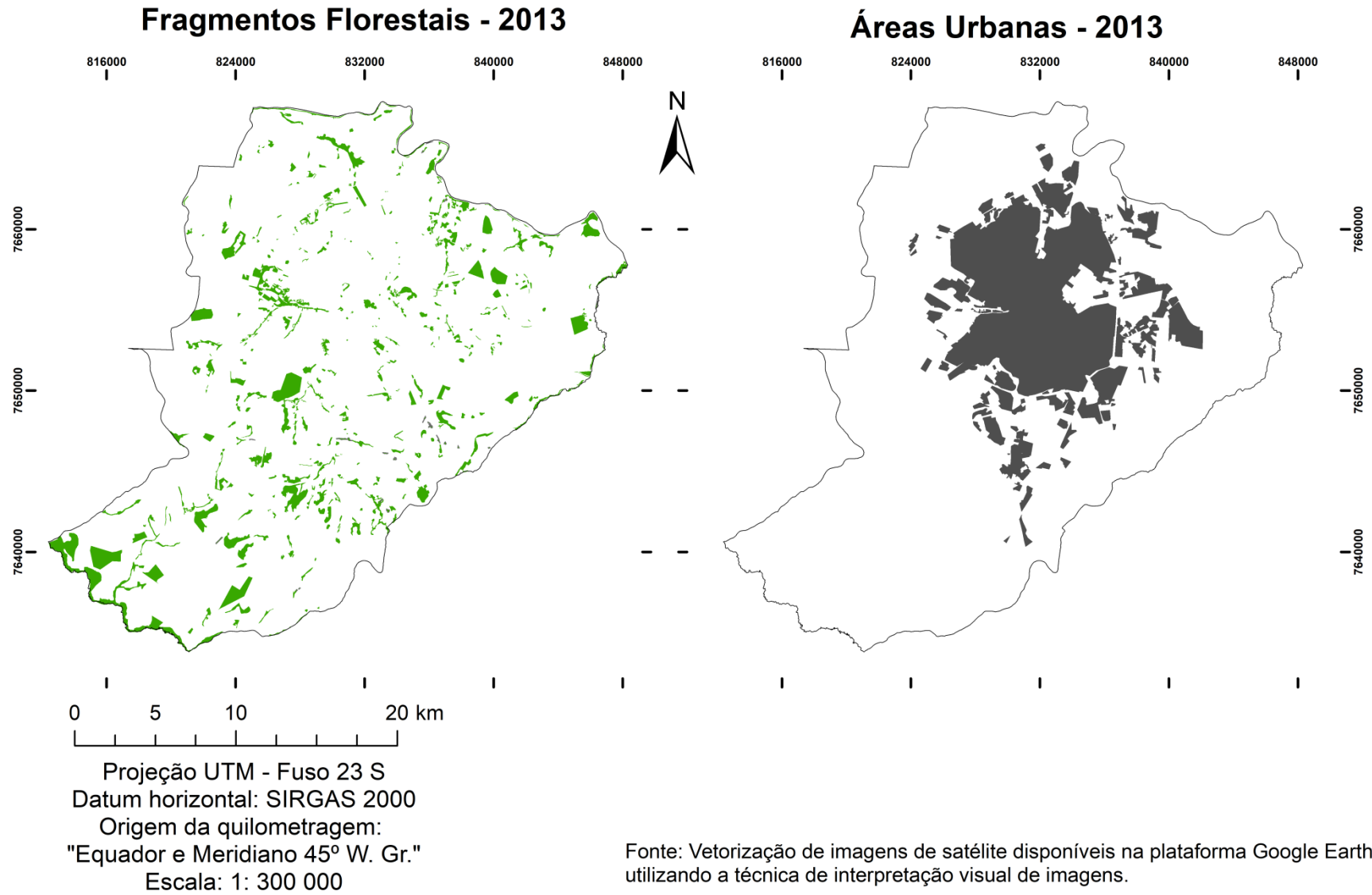


Figura 5. Mapas dos Fragmentos Florestais (FF), na coloração verde; e Áreas Edificada de Acesso Pavimentado (AE) na coloração cinza, para o ano de 2013.

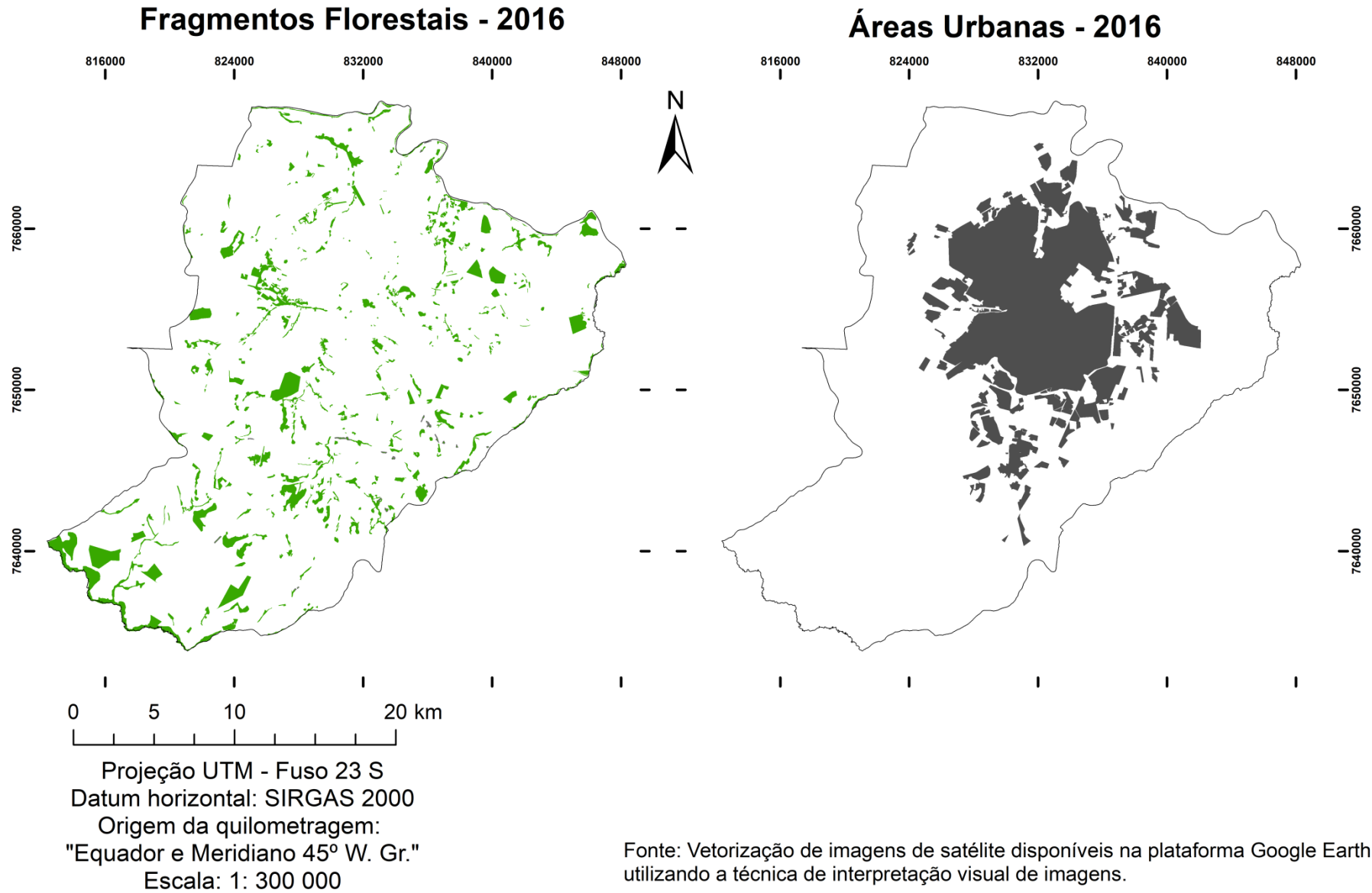


Figura 6. Mapas dos Fragmentos Florestais (FF), na coloração verde; e Áreas Edificada de Acesso Pavimentado (AE) na coloração cinza, para o ano de 2016.

Os dados obtidos foram exportados para o sistema de informação geográfica – SIG/ArcGis, para obter os valores de área e perímetro de cada polígono e para a confecção dos mapas temáticos de dispersão temporal de fragmentos.

Os dados referentes às áreas de cana-de-açúcar foram coletados da base de dados de monitoramento anual oferecida publicamente em conjunto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR e Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta – LAF, por meio da plataforma digital CANASAT (CANASAT 2017). As demais bases de dados uso e ocupação do solo, referentes às culturas agrícolas de amendoim e milho estão disponíveis na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, dentro dos dados municipais de Produção Agrícola - Lavoura Temporária (IBGE 2017). As informações históricas de consumo e tratamento de água e esgoto (água consumida- AC; esgoto coletado-EC; esgoto tratado - ET) foram obtidos na plataforma digital do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. (SNIS, 2017), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Uso e ocupação do solo, com as respectivas áreas, nos três períodos: 2010, 2013 e 2016.

	Sigla	Unidade	2010	2013	2016	Fonte
Uso e ocupação do solo			Área de Uso e Ocupação do Solo			
Fragmentos Florestais	FF	km ²	5185,63	5224,53	5432,32	Google Earth Pro
Áreas Edificadas com Acesso Pavimentado	AE	km ²	12681,37	13100,59	13441,84	Google Earth Pro
Cana-de-açúcar	CA	ha	32227,00	30895,00	37104,00	Canasat
Amendoim	AA	ha	500,00	500,00	500,00	IBGE
Milho	AM	ha	650,00	650,00	650,00	IBGE
Consumos de Água			Consumo de Água			
Volume de Água Consumida	AC	1000 m ³	51712,00	66396,00	67273,00	SNIS
Volume de Esgoto Coletado	EC	1000 m ³	42275,00	52520,00	49368,00	SNIS
Volume de Esgoto Tratado	ET	1000 m ³	41430,00	52520,00	49368,00	SNIS
População			Número de Habitantes			
Número de Habitantes	Pop	Habitante	604682	649556	674405	IBGE

3.4 Análise

Para comparar e interpretar os índices gerados, foram utilizados modelos estatísticos multivariados. A análise de Cluster foi realizada empregando-se o

programa para análises estatísticas ESTATÍSTICA 7.0, que tem como estratégia de agrupamento o método *ward's method* e a distância euclidiana média como coeficiente de similaridade. Como os dados foram determinados em unidades e/ou escalas incomparáveis, realizou-se uma standardização dos caracteres tornando-os adimensionais. Os resultados finais foram apresentados na forma de fenogramas. Para a realização dessa análise foi utilizado o Programa Estatístico (Statsoft, 2007).

Método de agrupamento hierárquico: a análise do agrupamento permite classificar em subgrupos excludentes, onde se pretende maximizar a homogeneidade dentro dos grupos. A estrutura simplificada da análise de agrupamento são as relações de similaridade e diferenças não antes reveladas.

Funções de padronização:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}}{S_j}$$

onde $j=1, 2, \dots, p$ atributos e $i=1, 2, \dots, n$ objetos, Z_{ij} o valor padronizado de x e S_j a média e o desvio padrão da coluna j . As variáveis assim padronizadas tem média nula e variância unitária.

Coefficientes de semelhança para variáveis métricas: sendo a mais utilizada a distância geométrica num espaço multidimensional. O cálculo da distância entre dois objetos A e B nesse espaço é feito a partir da fórmula:

$$d_{AB} = \sqrt{(x_{1A} - x_{1B})^2 + (x_{2A} - x_{2B})^2 \dots (x_{mA} - x_{mB})^2}$$

Método de Ward: Neste método a distância entre dois grupos é definida como a soma de quadrados entre os dois grupos feita sobre todas as variáveis. Em cada estágio do procedimento de agrupamento, a soma interna de quadrados é minimizada sobre todas as partições que podem ser obtidas pela combinação de dois grupos do estágio anterior. Este método tende a combinar grupos com um

pequeno número de observações e também tende a produzir grupos com aproximadamente o mesmo número de observações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos na unidade político administrativa de Ribeirão Preto, foi possível a analisar os valores de [IUSH(AE)], [IUSH(FF)], [IUSH(AC)], [IUSH(AM)] e [IUSH(AA)], que são apresentados nos gráficos a seguir.

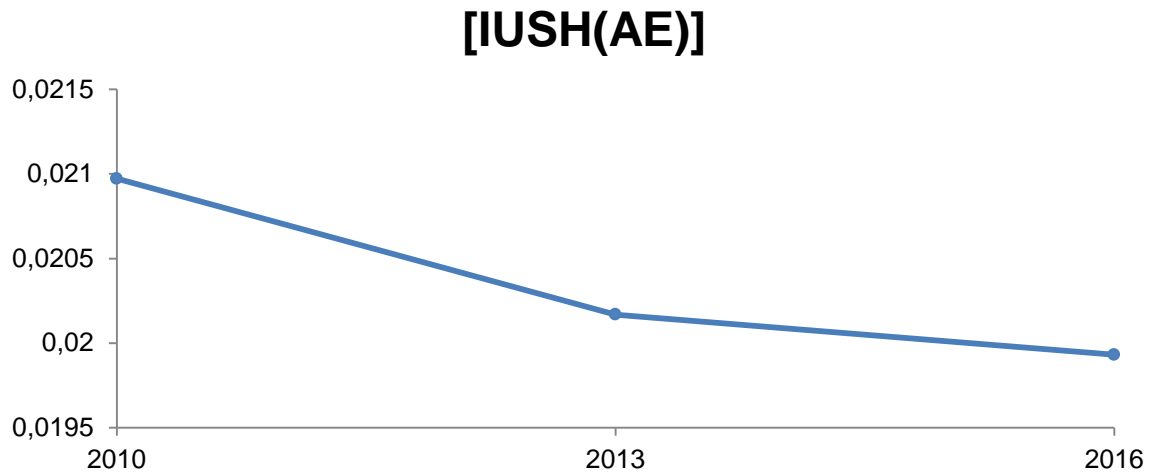


Gráfico 1. Evolução dos valores [IUSH(AE)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

No Gráfico 1, os valores do [IUSH(AE)] foi decrescente, sendo 0,0210 em 2010, 0,0202 em 2013 e 0,0199 em 2016, indicando que a área da superfície impermeabilizada apresentou menor crescimento que o número de habitantes ao longo do tempo. Esse comportamento decorre de incremento populacional de 8,7%, e menor expansão de áreas edificadas 6,66%, explicado pelo aumento de habitações verticais, como exemplo prédios e edifícios conforme citado nos trabalhos de Beker (2015) e também devido a desaceleração econômica, corroborando à pesquisa do Centro de Estudos de Conjuntura e Política Economica – IE/UNICAMP, de Rossi; Mello (2017).

[IUSH(FF)]

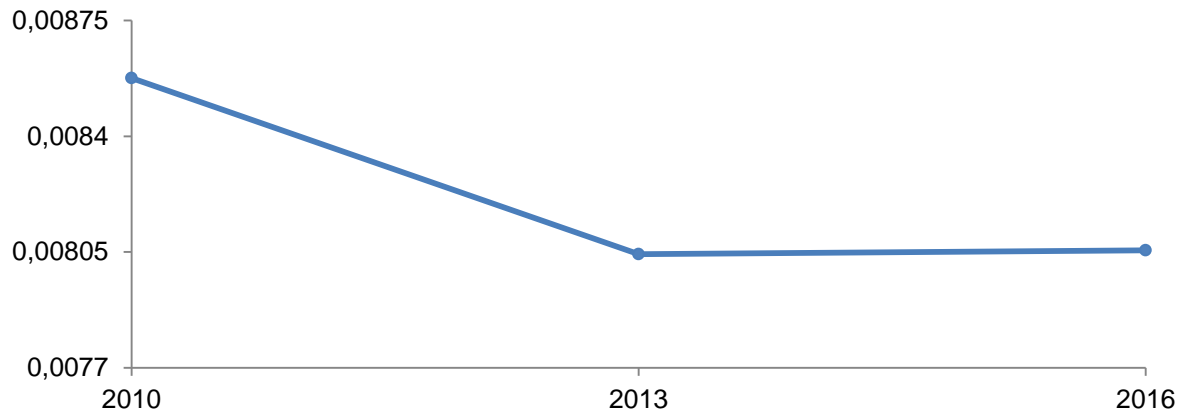


Gráfico 2. Evolução dos valores [IUSH(FF)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

Quando observado os valores do índice [IUSH (FF)] (Gráfico 2), tem-se que, em 2010, 2013 e 2016, os valores inicialmente decrescem 0,0086, 0,0080, 0,0081, respectivamente, demonstrando que no primeiro período avaliado 2010/2013, ocorre um aumento populacional em detrimento da manutenção de áreas com FF. Já no segundo período, 2013/2016, o crescimento populacional desacelerou e devido à fiscalização e a aplicação de normas ambientais as áreas contendo fragmentos florestais tiveram um leve incremento, saindo de 5224,53 km² para 5432,32 Km².

No período indicado iniciou-se a grave crise econômica que ainda assola o país o que ensejou a desaceleração do crescimento populacional e via de consequência diminuiu-se a pressão antrópica e, ainda em 2012, foi promulgada a Lei Federal 12651/12 denominada Novo Código Florestal.

A referida lei federal – afora alguns retrocessos socioambientais como, por exemplo diminuição dos limites das áreas de preservação permanente e dos percentuais de áreas de reserva legal, é fruto da atuação massiva da denominada bancada ruralista, a qual é integrada por um grande número de Deputados Federais e Senadores.

Em razão da legislação ser fruto e obra dos interesses dos ruralistas fato aliado a melhora nas ações de fiscalização dos órgãos integrantes do Sistema

Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA os índices referentes aos fragmentos florestais tiveram uma pequena melhora.

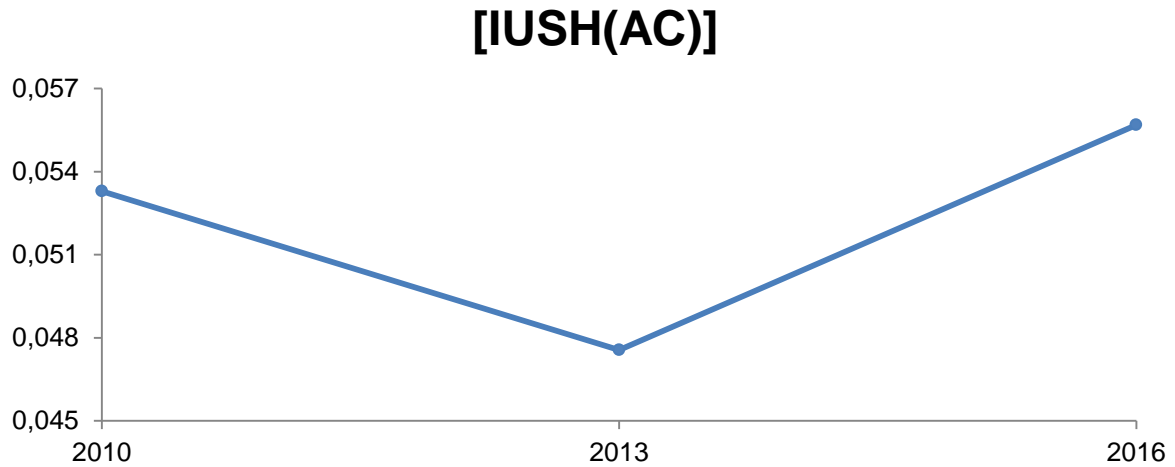


Gráfico 3. Evolução dos valores [IUSH(AC)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

No Gráfico 3, vê-se que o comportamento no primeiro período, compreendido entre 2010 e 2013, foi similar aos [IUSH (FF)] e [IUSH (AE)], saindo de um valor de 0,053 para 0,048, divergindo dos demais IUSHs de forma significativa no segundo período. Este fato é explicado no contexto do mercado de combustíveis e na valorização da *commoditie* agrícola (ANP, 2018), no incremento da área plantada e consequente aumento no valor do [IUSH (AC)] que chegou a 0,055, superando o primeiro índice apresentado.

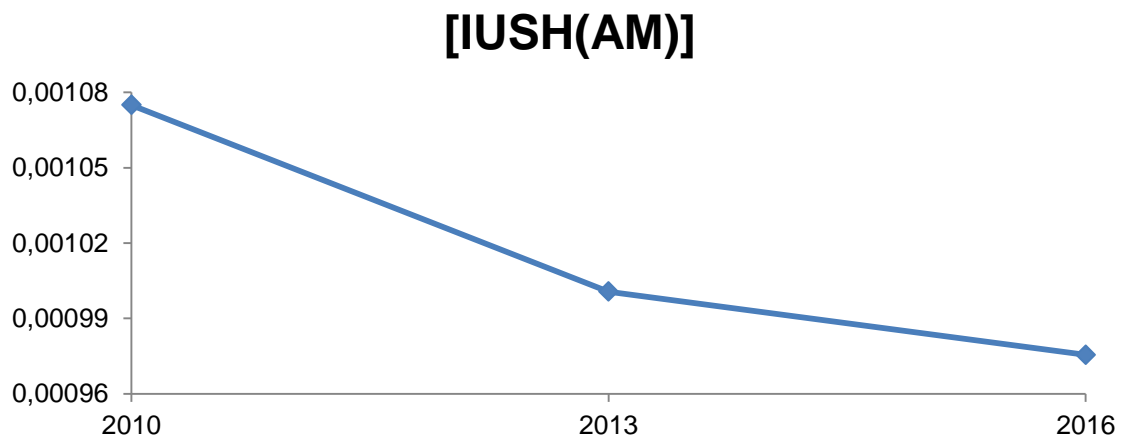


Gráfico 4. Evolução dos valores [IUSH(AM)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

[IUSH(AA)]

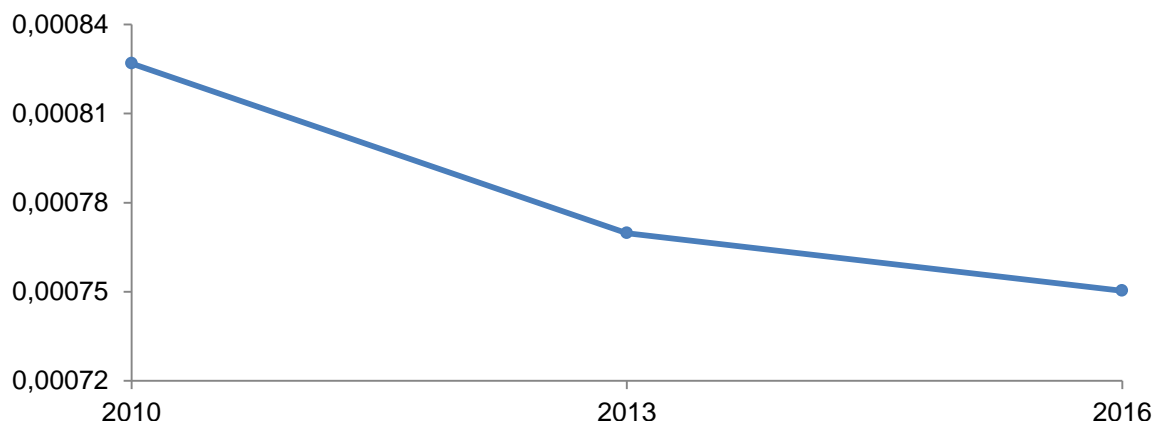


Gráfico 5. Evolução dos valores [IUSH(AA)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

Os demais Índices de Uso do Solo por Habitante, Gráfico 4 e Gráfico 5 [IUSH(AM)] e [IUSH(AA)] respectivamente, apresentaram comportamento semelhante, sendo uma redução mais acentuada no primeiro período. Este fato pode ser explicado basicamente, na observação dos valores de habitantes, pois a área plantada destes cultivos (milho e amendoim) praticamente não foi alterada durante o período analisado.

Os Índices de Consumo por habitante (ICs), relacionados à água consumida (AC), esgoto coletado (EC) e esgoto tratado (ET) estão apresentados nos gráficos 6 e 7.

[IC(AC)]

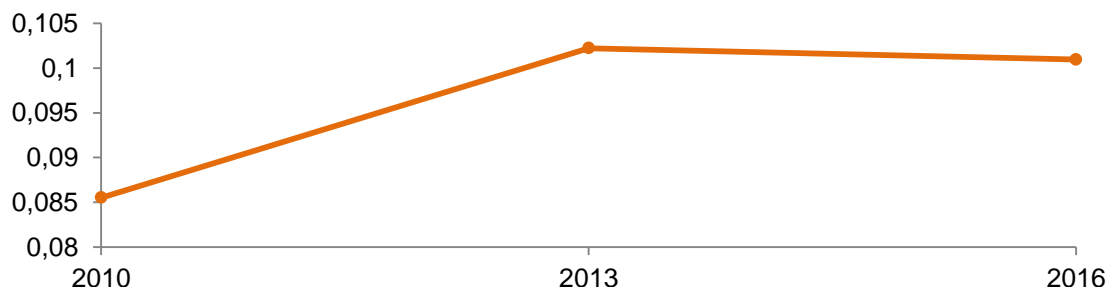


Gráfico 6. Evolução dos valores [IC(AC)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

Diferente do comportamento do IUSH, pode-se observar no Gráfico 7, [IC(AC)] o consumo da água por habitante na unidade política administrativa, que aumentou de 16,34% no primeiro período avaliado, e reduziu 1,18% no segundo período. Esses valores encontram explicação no comportamento de consumo e situação climática. No primeiro período, o município estava em crescimento e expansão da indústria e mercado, como demonstrado pelo PIB, que apresentou crescimento de 36%, saindo de pouco mais de 18 milhões de reais para valores na ordem de 25 milhões de reais. Já no segundo período, a redução ocorreu devido à diminuição do ritmo de crescimento do PIB, que cresceu pouco mais de 11%, acompanhado da crise hídrica que levou o município à realizar diversas campanhas de redução de consumo e racionamento (IBGE 2017).

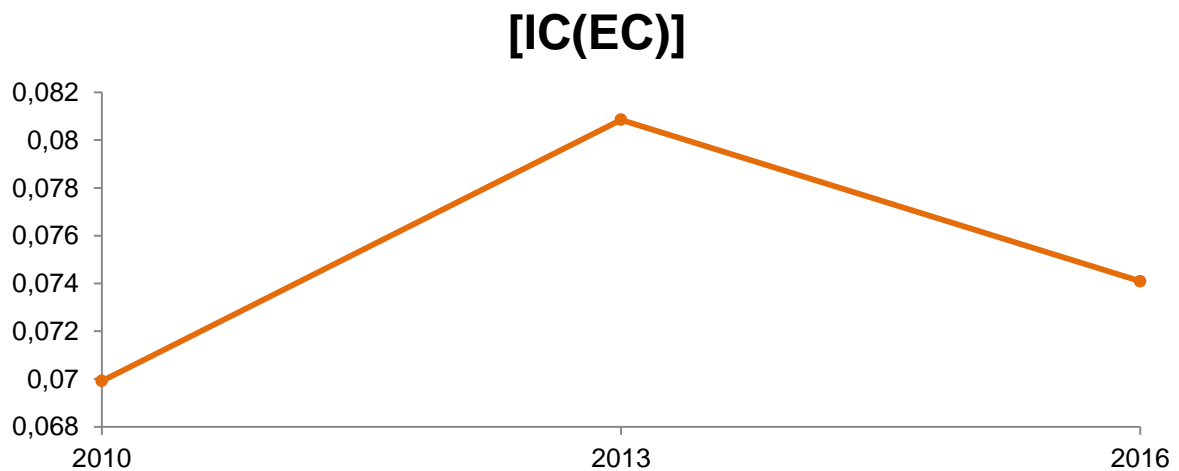


Gráfico 7. Evolução dos valores [IC(AC)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

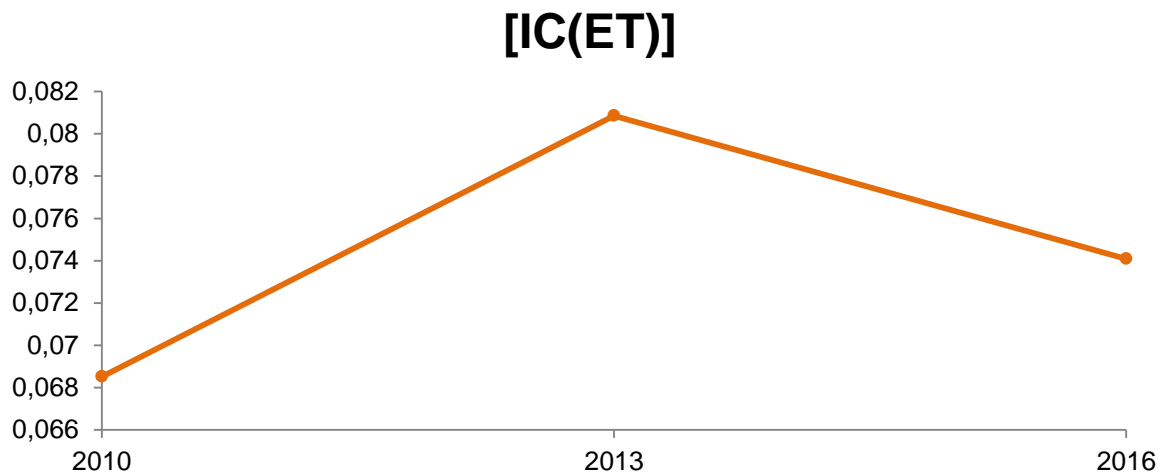


Gráfico 8. Evolução dos valores [IC(ET)] para os anos de 2010, 2013 e 2016 respectivamente.

Acompanhando o [IC(AC)] os [IC(EC)] e [IC(ET)], os valores aumentaram no primeiro período e reduziram no segundo, indicando a menor necessidade de coleta e tratamento de esgoto por habitante, pois os volumes totais reduziram e o número de habitantes aumentou.

Ao analisar os valores dos IUSHs e ICs, vemos que os ICs tendem a crescer conforme a demanda da população, enquanto o IUSHs tende a diminuir quanto maior o número de habitantes. Essa constatação comprova que as alterações no uso e ocupação do solo não acontecem da mesma forma que as alterações nas demandas dos serviços ambientais, como exemplificado pelo consumo de água neste estudo.

Para que os serviços ecossistêmicos se mantenham disponíveis ao longo do tempo, é necessário equilibrar os fatores de entrada e de saída. Sendo o uso do solo um dos principais fatores responsável pela manutenção dos serviços ecossistêmicos (VALERA et al., 2017), ao alterar a demanda de um serviço ecossistêmico, deve-se também alterar o uso e ocupação do solo para que o ambiente entre em equilíbrio.

Na Figura 7 encontra-se a análise de fatores principais e análise de *Cluster* para os índices de uso e consumo, [IUSH(AE)], [IUSH(FF)], [IUSH(AC)], [IUSH(AM)], [IUSH(AA)], [IC(AC)] os [IC(EC)] e [IC(ET)].

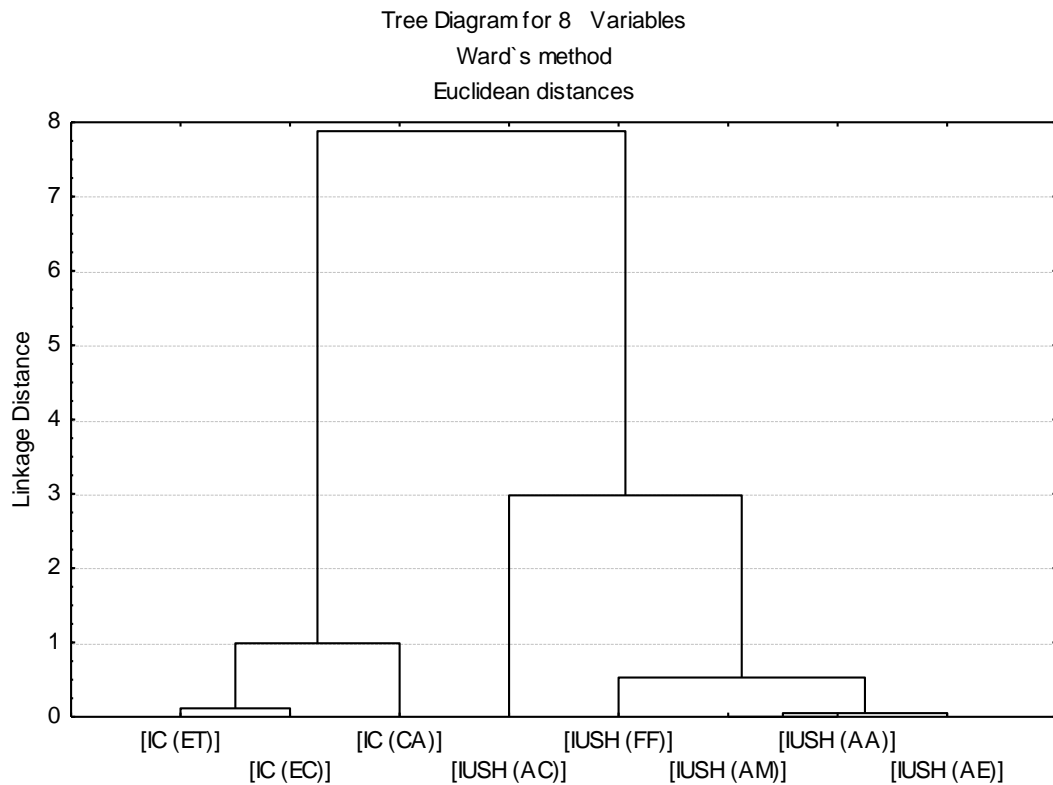


Figura 7. Análise de *Cluster* para os índices de uso e consumo, [IUSH(AE)], [IUSH(FF)], [IUSH(AC)], [IUSH(AM)], [IUSH(AA)], [IC(AC)] os [IC(EC)] e [IC(ET)].

Ao analisar as variáveis na árvore diagramática originada da análise de Cluster, a partir das distâncias euclidianas, vê-se a formação de dois grandes grupos. O primeiro grupo foi composto por todos os IUSHs, que apresentaram um comportamento temporal e espacial diferente dos ICs. Esse comportamento pode ser explicado ao observar que os índices de água coletada, esgoto coletado e esgoto tratado tentem a atender diretamente o crescimento populacional, o que faz a compreensão do sistema de demanda pelos serviços ecossistêmicos (WANG, 2016). Já o uso do solo, grande responsável pela manutenção dos fluxos ecossistêmicos, quase não se altera com o crescimento populacional.

O índice indica de forma indireta a pressão exercida pelo ser humano sobre os recursos naturais e estima os serviços ecossistêmicos disponíveis para a população. A partir do uso do solo pode-se estimar a dinâmica dos fluxos de entrada e saída, o que caracteriza os serviços ambientais necessários para o desenvolvimento humano, corroborando com os trabalhos de Bordonal et al (2017),

que indica que a alteração na qualidade e na quantidade do carbono estocado no solo em diferentes usos. A partir desta análise pode-se buscar os processos que irão acontecer e a partir da ótica da sustentabilidade, e otimização do uso do recurso natural.

A unidade político administrativa avaliada, Ribeirão Preto em São Paulo, Brasil, se encontra sobre a área de recarga do segundo maior reservatório subterrâneo de água doce do mundo, o aquífero guarani. Como esta unidade não possui suficiente quantidade de água superficial para abastecer seus habitantes e indústrias, se faz necessário o uso da retirada subterrânea de água (DAERP, 2018). Ao observar que o crescimento da demanda de água pela população acompanha o crescimento populacional, deve-se também observar o comportamento do uso e ocupação do solo. Quando o uso é alterado, modifica-se também o fluxo hídrico. Esta afirmação também tem sido discutida na ótica da sustentabilidade por pesquisas desenvolvidas por Muerdter et al. (2018) e Simedo et al. (2018), que afirmam que coberturas florestais são capazes de contribuir com o incremento de água no sistema, e pelos estudos de Morel et al. (2015) que afirmam que as superfícies edificadas e/ou pavimentadas diminuem a infiltração de água, o que leva a um aumento da velocidade de escoamento e do carregamento de partículas (Pissarra et al., 2004). O entendimento destes indicadores relacionados ao uso e ocupação do solo e ao comportamento de consumo da população de unidades político administrativas é de extrema importância, pois é por meio destes índices que será possível tomar decisões que sejam mais sustentáveis e que busquem o equilíbrio entre os fatores de entrada e os demandados pela população, e indicar variáveis quantitativas para determinar os valores equivalentes aos serviços ecossistêmicos.

5. CONCLUSÕES

O índice humano de uso do solo – IUSH mensura a pressão exercida por um determinado número de habitantes sobre os recursos naturais de uma unidade política-administrativa.

A partir do IUSH é possível estudar as unidades político-administrativas quanto ao uso e ocupação do solo e às necessidades de sua população, o que indica a melhoria e a otimização de processos, ou até mesmo a alteração do comportamento de uso e ocupação do solo e os processos produtivos com relação ao meio ambiente natural e meio ambiente antrópico.

Cada região apresenta um comportamento diferente de ocupação, e esse processo é de extrema importância, pois possibilita entender os fatores de entrada e de saída no sistema de uso do solo, o que é caracterizado pelo índice humano de uso do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L. História da agricultura brasileira: no tríplice aspecto político-social-econômico. São Paulo, Companhia Editora Nacional.Brasiliana, Serie Grande Formato, v. 2. 385 p. 1958.

ALMEIDA, W. S., PANACHUKI, E., DE OLIVEIRA, P. T. S., DA SILVA MENEZES, R., SOBRINHO, T. A., & DE CARVALHO, D. F. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 130–138, 2018.

BECKER, L., ARCHITECTS, H. L., CHEN, J., PLANNER, U., ARCHITECTS, H. L., BECKER, L., ARCHITECTS, H. L. A Tale of Towers and Cities : A Contextual Approach to Vertical Urbanism. The Middle East: A Selection of Written Works on Iconic Towers and Global Placemaking. 2015.

BORDONAL, R. DE O., LAL, R., RONQUIM, C. C., DE FIGUEIREDO, E. B., CARVALHO, J. L. N., MALDONADO, W., LA SCALA, N. Changes in quantity and quality of soil carbon due to the land-use conversion to sugarcane (*Saccharum officinarum*) plantation in southern Brazil. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 240, p. 54–65, 2017

BRASIL. (1995). Agenda 21. Conferência Das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992: Rio de Janeiro), v. 1, 472 p. 1995

BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Código Florestal**, Brasília,DF, maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm>. Acesso em: 25 de abril de 2018.

BREVIK, E. C., CERDÀ, A., MATAIX-SOLERA, J., PEREG, L., QUINTON, J. N., SIX, J., & VAN OOST, K. The interdisciplinary nature of SOIL. **Soil**, v.1 n.1, p.117–129. 2015.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260. 1998.

DAERP. 2018. Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto. Disponível em <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/daerp/i04deondevem.php>. Acesso em: 06 mai. 2018 .

DINIZ, F. H., HOOGSTRA-KLEIN M. A., KOK K., and ARTS B. Livelihood strategies in settlement projects in the Brazilian Amazon: determining drivers and factors within the agrarian reform program. **Journal of Rural Studies**. v. 32. p. 196-207. 2013

FAO. FAO Global Land Cover (GLC-SHARE) Beta-Release 1.0 **Database**. **Food and Agric. Organ. of the UN**, p. 1-39, 2014.

FOLEY, J. A., DEFRIES, R., ASNER, G. P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S. R., SNYDER, P. K. Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. 2005.

HANNAH, L. Ecosystem Services. **Climate Change Biology**, 281–300. 2015.

HÄNI, F., BRAGA, F., STÄMPFLI, A., KELLER, T., FISCHER, M., & PORSCHE, H. RISE, A tool for holistic sustainability assessment at the farm level. **International Food and Agribusiness Management Review**. 2003.

INPE. Mapeamento de cana via imagens de satélite de observação da terra – CANASAT. **Tabelas de produção por município do Estado de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>>.

MARZALL, K. & ALMEIDA, J. Indicadores de Sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 17, n 1, p. 41-59, Jan/abr. 2000

MALHEIROS, T. F., PHILIPPI JR, A., & COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. *Saúde e Sociedade*, v. 17, n. 1, p. 7-20. 2008.

MMA. Agenda 21 Brasileira: ações prioritárias/Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da **Agenda 21** Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 158 p. 2004.

MUERDTER, C., WONG, C. K., & LEFEVRE, G. H. 2018. Emerging investigator series: The Role of Vegetation in Bioretention for Stormwater Treatment in the Built Environment: Pollutant Removal, Hydrologic Function, and Ancillary Benefits. **Environmental Science: Water Research & Technology**.

PANIZZA, A. D. C., & FONSECA, F. P. TÉCNICAS DE INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS, p. 30-43. 2011

KÄNDLER, M., BLECHINGER, K., SEIDLER, C., PAVLŮ, V., ŠANDA, M., DOSTÁL, T., ŠTICH, M. Impact of land use on water quality in the upper Nisa catchment in the Czech Republic and in Germany. *Science of the Total Environment*, p. 1316–1325. 2017.

KEESSTRA, S. D., GEISSEN, V., MOSSE, K., PIIRANEN, S., SCUDIERO, E., LEISTRA, M., & VAN SCHAİK, L. 2012. Soil as a filter for groundwater quality. Current Opinion in **Environmental Sustainability**, p. 507-516. 2012.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O. Caracterização da vegetação natural em Ribeirão Preto , SP : Bases para conservação. **Biologia**, p. 270. 2003.

ROSSI, P., & MELLO, G. Choque recessivo e a maior crise da história: a economia brasileira em marcha à ré. Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica, n. 1, p. 1-5. 2017.

SAFA. SAFA **Indicators**. FAO/Rome. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018

SIMEDO, M. B. L., MARTINS, A. L. M., PISSARRA, T. C. T., LOPES, M. C., COSTA, R. C. A., CAMPANELLI, L. C., ... FINOTO, E. L. Effect of watershed land use on water quality: a case study in Córrego da Olaria Basin , São Paulo State , Brazil, 6984, p. 1-11. 2018.

SMITH, P., COTRUFO, M. F., RUMPEL, C., PAUSTIAN, K., KUIKMAN, P. J., ELLIOTT, J. A., ... SCHOLE, M. C. Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. **Soil**, v.1, n. 2, p. 665-685. 2015.

SMITH, P., HOUSE, J. I., BUSTAMANTE, M., SOBOCKÁ, J., HARPER, R., PAN, G., ... PUGH, T. A. M. Global change pressures on soils from land use and management. **Global Change Biology**, v. 22 n.3, p. 1008-1028. 2016

STATSOFT, INC. **Statistica** (data analysis software system), version 7. 2007. Disponível em: <www.statsoft.com>

VALERA, C. A., JUNIOR, R. F. V., VARANDAS, S. G. P., FERNANDES, L. F. S., & PACHECO, F. A. L. Science of the Total Environment The role of environmental land use on effects in soil fertility : A study on the Uberaba River basin , Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 463-473. 2016

VINICIUS, C., MARMONTEL, F., & RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n.2 , p. 171-181. 2015.

WANG, X., ZHANG, J., SHAHID, S., GUAN, E., WU, Y., GAO, J., & HE, R. Adaptation to climate change impacts on water demand. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 21, n.1 p. 81-99. 2016