

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

JANDERSON CRISTIAN FERREIRA

VALORAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO BAGAGEM SOB A ÓPTICA
DOS MUNICÍPIOS DA CIDADE DE IRAÍ DE MINAS – MG

UBERLÂNDIA
2017

JANDERSON CRISTIAN FERREIRA

VALORAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO BAGAGEM SOB A ÓPTICA
DOS MUNICÍPIES DA CIDADE DE IRAÍ DE MINAS – MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a Aracy Alves de Araújo

Co-orientador:

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

F383v
2017 Ferreira, Janderson Cristian, 1984-
 Valoração ambiental da bacia do rio Bagagem sob a óptica dos
 municípios da cidade de Iraí de Minas – MG / Janderson Cristian
 Ferreira. - 2017.
 70 f. : il.

 Orientadora: Aracy Alves de Araújo.
 Coorientador: Claudionor Ribeiro da Silva.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
 Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
 Inclui bibliografia.

 1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Bagagem, Rio - Teses. 3.
 Processamento de imagens - Técnicas digitais - Teses. 4. Rios - Iraí de
 Minas (MG) - Teses. I. Araújo, Aracy Alves de. II. Silva, Claudionor
 Ribeiro da. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
 Graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 502.75

JANDERSON CRISTIAN FERREIRA

VALORAÇÃO AMBIENTAL DO RIO BAGAGEM SOB A ÓPTICA DOS
MUNICÍPIOS DA CIDADE DE IRAÍ DE MINAS – MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva
(co-orientador)

UFU

Prof. Dra. Maria Rita Raimundo e Almeida

UFU

Prof. Dr. Wagner Antônio Bernardes

UNICERP

Prof^a. Dr^a. Aracy Alves de Araújo
FAGEN – UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho...

***aos meus pais:** João dos Reis Ferreira e Joana Darc Ferreira que dedicaram suas vidas com muito trabalho e luta para nos dar educação, na maioria das vezes sob o sol escaldante ou sob a chuvas de verão, cavando a terra, plantando, colhendo, sempre me mostrando que da terra tudo tiramos e a ela devemos nosso amor e respeito;*

***ao meu irmão** e padrinho Sebastião Jânio Ferreira, no qual me espelhei pela busca do conhecimento, mesmo diante de tantas dificuldades financeiras, de ter de trabalhar desde criança para o sustento da família, por morar tão distante do colégio e ter de andar a pé por horas e horas até chegar na escola, e não bastasse as dificuldades ainda tinha de ouvir conselhos do restante da família a largar de estudar, porque escola era coisa pra rico e que jamais chegaríamos a algum lugar... Chegamos! Valeu a pena meu irmão!*

*...e finalmente dedico este trabalho com muito amor e carinho à minha querida **esposa** Kamila Pires de Carvalho que sempre me incentivou a lutar pelos meus sonhos, a ter fé em Deus e cuja dedicação com os estudos e a pesquisa também me estimulou a concluir mais esta etapa tão importante para nossas vidas.*

Dedico também àqueles que de um dia poderão se espelhar em nós, como nossos futuros filhos, sobrinhos, afilhados e amigos!

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, os seus anjos e santos que não cessam de interceder por mim e minha família, que me dão a cada dia o sopro da vida com as bênçãos de saúde, paz, discernimento e coragem para vencer todos os desafios.

Agradeço todos os professores que integram o quadro de docentes do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia que muito se dedicaram, transmitindo-nos seus conhecimentos e incentivando-nos à pesquisa.

Agradeço à Prefeitura Universitária da UFU e de modo especial ao meu gerente e amigo Emerson Luis e ao meu ex-diretor Wesley Marques que sempre incentivaram os seus funcionários à qualificação, ao aperfeiçoamento e nunca mediram esforços para me liberarem nos dias de aula, de provas e de pesquisas. Sem a compreensão de vocês seria impossível a conclusão dessa importante etapa da minha vida.

Agradeço também ao meu amigo Eunir Gonzaga que já cursava o mestrado neste programa e muito me incentivou a fazer a prova. Também pelas vezes que me convidava para participar na organização dos cursos de capacitação em meio ambiente os quais me renderam alguns décimos de pontos essenciais ao processo seletivo e sem os quais eu também não teria ingressado neste Programa.

Agradeço a cada um dos moradores da cidade de Iraí de Minas que me receberam em suas residências e se dispuseram a doar-me um pouco do seu tempo para responder aos questionários inerentes a este trabalho.

Agradeço à Prof^a Dr^a Aracy Alves de Araújo pela orientação em todos os momentos do meu trabalho, pela sua dedicação comigo e com todos os seus orientandos, bem como agradeço ao Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva pela co-orientação e paciência com as minhas dificuldades, principalmente nos programas de processamento digital das imagens, que, até então, eu jamais tivera contato.

Agradeço a meus amigos, minha família, meus pais, meu irmão e a minha esposa que sempre está comigo me auxiliando em tudo o que faço e me dando a base necessária para continuar percorrendo os caminhos da vida.

SUMÁRIO

	RESUMO.....	i
	ABSTRACT.....	ii
	CAPÍTULO 1.....	1
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO GERAL.....	3
2.1	Crise hídrica e bacia hidrográfica do Rio Bagagem.....	3
2.2	Geotecnologias aplicadas às questões ambientais.....	6
2.2.1	<i>Sensoriamento Remoto (SR)</i>	7
2.2.2	<i>PDI (Processamento Digital de Imagens)</i>	11
2.3	Economia Ambiental.....	13
2.3.1	<i>Valoração Ambiental</i>	14
2.3.1.1	<i>Valor econômico dos Recursos Ambientais – VERA</i>	14
2.3.1.2	<i>Métodos de valoração ambiental</i>	15
3	REFERÊNCIAS.....	18
	CAPÍTULO 2: ANÁLISE TEMPORAL DA DINÂMICA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE IRAÍ DE MINAS – MG.....	22
	RESUMO.....	22
	ABSTRACT.....	23
1	INTRODUÇÃO.....	24
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1	Área de estudo.....	26
2.2	Material.....	27
2.3	Método.....	28
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4	CONCLUSÃO.....	37
5	REFERÊNCIAS.....	39
	CAPÍTULO 3: VALORAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO BAGAGEM SOB A ÓPTICA DOS MUNICÍPIOS DA CIDADE DE IRAÍ DE MINAS – MG.....	41
	RESUMO.....	41
	ABSTRACT.....	42
1	INTRODUÇÃO.....	43

2	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.1	Área de estudo.....	47
2.2	Definição da amostra.....	48
2.3	Coleta dos dados.....	49
2.4	Método de Valoração Contingente.....	50
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1	Perfil socioeconômico dos moradores e percepção ambiental.....	53
3.2	Disposição a Pagar (DAP) dos moradores urbanos de Iraí de Minas.....	56
4	CONCLUSÕES.....	63
5	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICE A – Questionário aplicado à população urbana de Iraí de Minas/MG.....	68
	APÊNDICE B – Cartão de pagamento elaborado para captação da DAP..	70

RESUMO

FERREIRA, JANDERSON CRISTIAN. **Valoração ambiental da bacia do Rio Bagagem sob a óptica dos municípios da cidade de Iraí de Minas – MG.** 2017. 70f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

A gestão eficiente de um recurso ambiental exige que seja realizado um diagnóstico da situação atual daquele recurso. Posteriormente, é necessário um planejamento que envolva ações mitigadoras dos problemas e que sejam desenvolvidas novas práticas sustentáveis. Assim, o objeto deste estudo foi o Rio Bagagem, que é um manancial hídrico importante para a comunidade de Iraí de Minas, Minas Gerais, uma vez que é o único rio que abastece a área urbana. Foram utilizadas as técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e as técnicas econométricas de Valoração Ambiental para traçar o diagnóstico atual do rio. O primeiro artigo desta pesquisa aborda o uso das técnicas de PDI, que objetivou analisar as mudanças de paisagem ocorridas entre os anos de 1984 e de 2015 no município de Iraí de Minas, Minas Gerais, com o uso de imagens orbitais. O segundo artigo deste trabalho aborda as técnicas da economia neoclássica de Valoração Ambiental por meio do Método de Valoração Contingente (MVC); ele objetivou depreender o valor econômico do Rio Bagagem por meio da Disposição a Pagar (DAP) dos municípios urbanos, além de avaliar a consciência, a percepção ambiental e as características que poderiam relacionar-se com a DAP. Os resultados mostraram que, nos últimos 30 anos, ocorreram as seguintes importantes alterações de uso e ocupação: houve intenso processo de expansão agropecuária com uso de pivô central; 10% da área total do município sofreu inundação pela lagoa hidrelétrica de Nova Ponte; pastagens plantadas e práticas agrícolas intensas substituíram pastagens naturais e rasteiras. Enquanto existe muita oferta de água na região norte do município, que foi inundada, existe uma crise hídrica na região sul, onde se localiza a zona urbana. Já o MVC identificou que a) a maioria dos habitantes entrevistados estava preocupada com a situação atual daquele recurso; b) os habitantes tinham a percepção de que a quantidade de água disponível havia diminuído nos últimos anos e que a poluição estava cada vez mais acentuada e c) os habitantes entrevistados apresentaram DAP para melhorar os níveis de quantidade e qualidade das águas do Rio Bagagem. O modelo *logit* utilizado demonstrou que pessoas mais jovens, que residiam mais próximas ao Rio, com maior renda familiar e maior consciência ambiental, teriam maior probabilidade de aceitar pagar algum valor ($DAP > 0$) para melhorar a situação. O valor médio atribuído à conservação do Rio Bagagem foi de R\$ 21,98, o que correspondeu a, aproximadamente, R\$1.827.593,04 anuais. Este valor pode ser levado em consideração para políticas públicas de gerenciamento do rio, seja para investimentos em ativos ambientais ou para compensação ambiental. Diante da crise hídrica e com base nos resultados desta pesquisa, é necessário que os gestores públicos considerem o apelo popular, que clama pela solução do problema; ainda, é importante que possam agir de forma precisa para restabelecer os níveis ótimos de qualidade e quantidade das águas do Rio Bagagem.

Palavras-chave: Processamento digital de imagens. Valoração ambiental. Rio Bagagem. Disposição a pagar.

ABSTRACT

FERREIRA, JANDERSON CRISTIAN. Environmental valuation of Bagagem River basin according to inhabitants of Iraí de Minas. 2017. 70f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

An efficient environmental resource management requires an assessment of its current situation. Planning actions to eliminate problems and developing new sustainable practices are necessary. Thus, Bagagem River was the object of this study. It is an important source of water for Iraí de Minas, in state of Minas Gerais, Brazil, as it is the only river that supplies the urban area. Techniques of Digital Image Processing (DIP) and the econometric techniques of Environmental Assessment were used to assess the river. The first article of this research is about the techniques of DIP, which aimed to analyze the landscape changes occurred from 1984 to 2015 in Iraí de Minas by orbital images. The second article of this study is about the techniques of neoclassical economics of Environmental Assessment through the Contingent Valuation Method (CVM). Urban inhabitants' willingness to pay (WTP) was used to assess the economic value of the river. Awareness, environmental perception and characteristics that could relate to the WTP were also assessed. Significant changes occurred in the last 30 years in use and occupation were found. They are the following: massive agricultural expansion with central pivot irrigation; Nova Ponte hydroelectric lagoon flooded 10% of the total area of the city; cultivated vegetation and intense agricultural practices replaced natural and undergrowth vegetation. The Northern region of the city, which has been flooded, has an abundant water supply, while the Southern region, the urban area of the city, faces a water crisis. The CVM identifies that a) most inhabitants interviewed were worried about the current situation of the river; they were aware that the amount of water available has been decreasing and that pollution has been steadily increasing in the last years; c) they were willing to pay to improve the levels of quantity and quality of Bagagem River water. The logit model used showed that younger people living nearer the river, with higher family income and greater environmental awareness, would be more likely to be willing to pay ($WTP > 0$) to improve the river situation. Inhabitants were willing to pay R\$ 21.98, in average, for river conservation, which sums approximately R\$ 1,827,593.04 per year. Public policies on river management may consider this amount for investments in environmental assets or for environmental compensation. Faced with the water crisis and considering these research findings, public managers should consider people's appeal, who call for the mitigation of the problem, besides precisely acting to re-establish the optimal levels of quality and quantity of the Bagagem River water.

Keywords: Digital image processing. Environmental assessment. Bagagem River. Willingness to pay.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A preocupação com o meio ambiente é cada vez mais presente nos nossos dias. Tal preocupação é pertinente uma vez que os efeitos das ações do homem são cada vez mais sentidos e das formas mais desagradáveis possíveis, como enchentes, elevação da temperatura, poluição do ar, do solo e águas, dentre outros. Assim, como é um problema que atinge a todos indiscriminadamente, as medidas para reduzir ou eliminar os problemas gerados partem de diversas áreas. Biólogos, engenheiros ambientais, geógrafos, sociólogos e economistas, dentre outros, estão engajados em tal missão e utilizam-se de diferentes metodologias e ferramentas, cada qual em sua área de atuação, para o diagnóstico dos problemas e, posteriormente, para oferecer uma possível solução a fim de mitigá-los ou dirimí-los.

Um dos grandes problemas enfrentados atualmente é o da escassez hídrica que afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas. Causado por fatores ambientais e climáticos, sabe-se que a ação antrópica tem uma grande parcela de culpa por essa escassez e ao mesmo tempo possui grande potencial para amenização do problema.

Os problemas ambientais como um todo são objetos de inúmeras pesquisas em diferentes ramos da ciência. O ramo das Geotecnologias é uma das que mais contribuem para o diagnóstico da situação ambiental de determinada área de estudo. Composta por *hardware*, *software* e *peopleaware*, as Geotecnologias são importantes ferramentas para coleta de dados, processamento, análise e disponibilização de informações georreferenciadas. Uma ferramenta importante das Geotecnologias é o Sensoriamento Remoto que, através de sensores remotos acoplados aos satélites, permite imagear uma ampla área de estudo. Através da análise temporal dessas imagens é possível realizar a comparação de mudanças ocorridas em determinados objetos/alvos presentes na área imageada, no decorrer do tempo. Para extração e análise desses objetos/alvos são utilizados *softwares* específicos de Processamento Digital de Imagens (PDI) que permitem aprimorar as informações coletadas, tornando-as mais interpretativas para o pesquisador.

Em um cenário local, regional ou mundial, as Ciências Econômicas também se utilizam de ferramentas e metodologias científicas para contribuir com a preservação do

meio ambiente. A Economia Ambiental, que se fundamenta na economia neoclássica, utiliza-se da técnica de Valoração Ambiental para determinar o valor econômico de um recurso ambiental e estimar o valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia.

Nesse contexto, o presente estudo utilizou-se de técnicas geotecnológicas, estatísticas e econométricas para traçar um diagnóstico da situação atual do Rio Bagagem, localizado no Município de Iraí de Minas – MG. Nos últimos anos esse rio teve uma perceptível queda na sua vazão e levou muita preocupação aos munícipes que têm o Rio Bagagem como sua única fonte de água para consumo humano.

Para melhor apresentação do trabalho, esta dissertação foi dividida em dois artigos, conforme apresentado a seguir:

1º Artigo: “Análise temporal da dinâmica da paisagem do Município de Iraí de Minas – MG”. Este artigo teve por objetivo a aplicação das técnicas de Geoprocessamento (Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens) em imagens do satélite Landsat 5 (ano de 1984) comparando-as com imagens do Landsat 8 (ano de 2015) a fim de comparar as mudanças fisiográficas ocorridas no Município de Iraí de Minas – MG e que podem, de certa forma, explicar os motivos da crise hídrica ali instalada.

2º Artigo: “Valoração ambiental da bacia do Rio Bagagem sob a óptica dos munícipes da cidade de Iraí de Minas – MG”. Este artigo teve por objetivo a verificação da percepção dos munícipes sobre os benefícios ambientais e sociais gerados pelo Rio Bagagem, identificando a disposição a pagar (DAP) para manter ou melhorar a qualidade do rio, além de analisar as características socioeconômicas da população, entendendo o papel fundamental do homem na construção de um cenário ambiental favorável à vida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO GERAL

2.1.1 Crise hídrica e bacia hidrográfica do Rio Bagagem

A partir da Revolução Industrial, o homem acelerou o processo de extração e exploração dos recursos naturais, seja para aumento da produção de alimentos, para confecção de vestuários, para geração de renda ou aumento da riqueza. No entanto, os recursos naturais começaram a se exaurir e paralelamente, ampliaram-se os problemas ambientais como o aumento significativo da geração de resíduos, poluição, mudanças climáticas e catástrofes ambientais que obrigaram a humanidade a olhar a natureza como uma fonte passível de esgotamento e que deveria ser explorada de forma racional (SEIFFERT, 2011).

Um dos problemas ambientais que precisam ser enfrentados com seriedade é o da escassez de água própria para consumo humano. O planeta Terra é formado por aproximadamente 70% de água, no entanto, 97% estão nos oceanos e somente 3% é formado por água doce, portanto, própria e salutar para consumo humano. Além disso, dos 3% de água doce, somente uma pequena parcela, aproximadamente 0,007%, é de fácil acesso ao consumo, o restante encontra-se subterrânea ou congelada (BASSO, 1999; TUNDISI, 2003; BRANCO, 2016;).

Desse percentual de 0,007, que é próprio para o consumo humano e que pode ser utilizado também para agricultura e dessedentação de animais, mais da metade sofreu ou sofre processo de poluição e, portanto, tornou-se inviável para tais fins, agravando ainda mais a situação de escassez da água. Basso (1999) já afirmava que a escassez da água seria o grande problema a ser enfrentado pela humanidade no século 21, mesmo já sendo recorrentes no mundo conflitos e problemas em geral deliberadamente causados pela escassez de água.

A esse respeito, Basso (1999) cita os conflitos no Oriente Médio, especificamente entre Israel, Jordânia e Palestina; os problemas urbanos causados pelo uso do lençol freático de maneira não planejada, no México; a escassez de água potável em Bombaim, na Índia, levando a rigorosos racionamentos; e os problemas gerados pelo desvio do Mar de Aral, como diminuição do volume e salinização dos solos.

O Brasil, segundo Rebouças (2016), é um país rico em água. A prova está no volume de aproximadamente 34 mil m³ de água *per capita*. Para comparar, tem-se que os Estados Unidos tem descarga (vazão) de 9.000 m³/ano e Israel apenas 350m³/ano, um

dos países mais pobres de descarga nos seus rios. Basso (1999) reitera a afirmação de Rebouças (2003) e afirma que o Brasil é uma “superpotência” em recursos hídricos. O autor enfatiza ainda que 20% de toda a água doce superficial da Terra estão no Brasil.

No entanto, como, sendo potência em água, ainda é recorrente no Brasil o tema escassez? Como, sendo potência, o país possui índices de desenvolvimento – estritamente ligados ao aproveitamento da água – bem abaixo dos EUA e Israel, ditos carentes de água? A resposta não é de todo difícil de encontrar. Rebouças (2003) diz que aproximadamente 110 milhões de brasileiros não têm esgotos tratados e, pelo menos, 11 milhões de pessoas não têm acesso à água limpa para beber. A outra parte do questionamento é respondida por Basso (1999) que afirma a existência de má distribuição da água no território nacional. Por exemplo, as regiões Norte e Centro-Oeste possuem 89% das águas superficiais do país e, em contrapartida, apenas 14,5% da população encontra-se nessa região. Por outro lado, o restante do país é detentor de apenas 11% dos recursos hídricos superficiais e possuem mais de 85% da população.

Reconhecendo o dilema que se encontrava, o Brasil, de acordo com Porto e Porto (2008), estabeleceu em 1976 o acordo de Gestão de Bacias Hidrográficas entre o Ministério das Minas e Energia e o governo de São Paulo. A partir dessa experiência foi criado o comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas, em 1978. Na década de 80 viram surgir outras experiências que se apoiavam na gestão das bacias hidrográficas no Espírito Santo, Rio Grande do Sul, dentre outros.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 1992), foram aprovados os Princípios de Dublin, que consolidou a gestão de recursos hídricos no formato territorial das bacias hidrográficas. O documento aprovado baseou-se em quatro princípios: a) reforça a característica da finitude e da importância dos recursos hídricos para a vida e preconiza que a gestão dos recursos hídricos deve ser feita de forma holística que consiga aliar o aspecto econômico e social e a proteção dos ecossistemas; b) enfatiza que haja participação de todas as esferas na gestão dos recursos hídricos: sociedade, governo e setor privado; c) atribui à mulher papel fundamental na gestão, e, por fim d) afirma que a água tem valor econômico para todos os seus usos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

O quarto princípio é reforçado no documento da Conferência sobre Segurança Hídrica no Século 21, em Haia, que ocorreu em março de 2000, como um dos principais desafios a serem alcançados: valorar a água, considerar no gerenciamento da água o seu

valor econômico, social, ambiental e cultural para todos os usos (DECLARAÇÃO..., 2016).

Segundo o CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH, 2003), em face de se adequar ao primeiro princípio de Dublin, o Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas: Região Hidrográfica Amazônica, Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba, Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, Região Hidrográfica Atlântico Leste, Região Hidrográfica do São Francisco, Região Hidrográfica do Paraguai, Região Hidrográfica do Paraná, Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, Região Hidrográfica Atlântico Sul, Região Hidrográfica do Uruguai

Tal divisão obedece às diferenças existentes no país tanto no quesito ambiental quanto nos aspectos socioeconômicos. Após a divisão macro, os Estados do Brasil também procederam a divisão para melhorar a gestão dos recursos hídricos. Assim, por exemplo, São Paulo foi dividido em 22 unidades de gestão hidrográficas; o Estado do Paraná, em 15; o Estado de Minas Gerais, em 36 (PORTO; PORTO, 2008).

O Estado de Minas Gerais está inserido nas regiões hidrográficas do Rio São Francisco, Paraná, Atlântico Leste e Atlântico Sudeste. A Bacia do Paraná é a principal geradora de energia no estado de Minas Gerais e se subdivide em três outras bacias menores: do Rio Paranaíba, do Rio Grande e do Piracicaba/Jaguari. A Bacia do Rio Paranaíba se estende pelo norte do triângulo mineiro e um dos rios que está inserido nessa bacia é o Rio Bagagem (PROJETO..., 2013).

O Rio Bagagem, que está inserido na Bacia do rio Paranaíba, é o objeto de estudo desse trabalho. Localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, o rio nasce no município de Patrocínio, e passa pelos municípios de Iraí de Minas, Romaria, Monte Carmelo, Estrela do Sul, Cascalho Rico e desemboca na lagoa da Represa Emborcação no Rio Paranaíba, somando 95 km de extensão do leito à foz e uma área de aproximadamente 70.709 km² (SILVA; ASSUNÇÃO, 2016).

Segundo Christofidis (2003) citado por Silva e Assunção (2016), a maior parte da água utilizada pelo homem é destinada à agricultura, cerca de 70,2%, (aproximadamente 3.695 km³). Ocorre que tal uso não é controlado, o que provoca impactos ambientais chegando inclusive a alterar a vazão de rios, além dos problemas socioeconômicos que isso pode ocasionar. Silva e Assunção (2016) ressaltam que na Bacia do rio Paranaíba, no ano de 2005, cerca de 11 mil hectares eram utilizados por pivô central.

Considerando o estudo de Silva e Assunção (2016), infere-se que há uma demanda crescente de instalação de pivôs na Bacia do Rio Bagagem e que tal demanda pode ocasionar problemas de escassez hídrica para os usuários urbanos da cidade de Iraí de Minas que dependem da única e exclusivamente da água do rio Bagagem para satisfação das necessidades básicas de consumo e saneamento urbano.

O município de Iraí de Minas possui uma população estimada para o ano de 2016 de 6.842 pessoas e sua área territorial é de 356,254 km². A principal atividade econômica do município de Iraí de Minas baseia-se em atividades agropecuárias: produção de leite, gado de corte, plantação de milho, soja, trigo, feijão, batata, cebola e outras plantações de entressafra menos importantes, além de algumas áreas com atividades de agricultura familiar voltada para a subsistência (IBGE, 2016). O município depende diretamente do Rio Bagagem como fonte hídrica para o consumo humano da população urbana e também para irrigação de lavouras com uso de pivô central. Observa-se que nos últimos anos o nível do Rio Bagagem vem diminuindo gradativamente e provocando uma situação preocupante aos moradores da área urbana e também aos agricultores que fazem uso do referido recurso hídrico para irrigação das lavouras.

Assim, esse trabalho utilizou-se de duas ciências diferentes (tecnológicas e econômicas) para que juntas pudessem apresentar resultados que, de alguma forma, pudessem auxiliar os gestores ambientais a tomarem medidas a fim de mitigar o problema da escassez hídrica do Rio Bagagem no município de Iraí de Minas/MG.

2.2 Geotecnologias aplicadas às questões ambientais

É perceptível e inquestionável que a tecnologia é essencial para todas as áreas de estudo. Segundo Rosa (2009), a Geotecnologia é uma ciência que usa técnicas matemáticas e computacionais para realizar análises de informações geográficas através de um sistema de coordenadas, ou seja, informações com posição bem definida na superfície terrestre. As principais tecnologias que se inter-relacionam na coleta, armazenamento, gerenciamento e análises dos dados geográficos são a Cartografia, Sensoriamento Remoto, Topografia, Fotogrametria, Geodésia e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

As imagens fornecidas por sensores, acoplados em satélites, constituem-se em uma importante fonte de dados para estudos ambientais, tanto em escalas locais como

em escalas globais (JACINTHO, 2003). A obtenção e manipulação dessas imagens, armazenadas e representadas em ambiente computacional, é feita através das técnicas de Sensoriamento Remoto e das técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), que são as principais tecnologias utilizadas pelas Geotecnologias.

Devido ao grande desenvolvimento da área espacial nos anos de 1960, conhecida como década da corrida espacial, período no qual foram espalhados muitos foguetes lançadores de satélites, foi possível colocar no espaço satélites artificiais para várias finalidades. Desde o lançamento do Satélite Meteorológico TIROS-1 (*Television IR Operational Satellite*), pelos Estados Unidos no ano de 1960, que possibilitou pela primeira vez a visualização de algumas feições terrestres, este ramo tecnológico é alvo de estudos de muitos cientistas pelo mundo todo. Inovações foram sendo agregadas à essa tecnologia com o intuito de captar imagens com a melhor resolução possível. As imagens mais utilizadas para gestão ambiental são obtidas através de sensores imageadores que possuem a capacidade de imagear em curto espaço de tempo toda a superfície do planeta e de uma maneira sistemática. Esta forma de cobertura repetitiva permite obter imagens periódicas de qualquer parte do planeta e permite detectar e monitorar mudanças ocorridas no decorrer do tempo (MENESES; ALMEIDA, 2012).

2.2.1 Sensoriamento Remoto

O termo Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como sendo a obtenção de informações sobre objetos ou fenômenos, sem que haja contato direto com eles, utilizando-se de sensores para captar tal imagem (NOVO, 1992). Em outra definição, é a coleta de informações de algum objeto, área ou fenômeno obtidas através de um aparelho que não esteja em contato direto com o objeto, área ou fenômeno em investigação (LILLESAND e KIEFER, 1994). Segundo Meneses e Almeida (2012) o Sensoriamento Remoto é uma ciência que tem como objetivo o desenvolvimento das técnicas para a obtenção de imagens da terra devido às interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (alvos), cujas respostas podem ser detectadas e medidas quantitativamente.

Historicamente, os primeiros relatos do uso de SR foram através da invenção das câmeras fotográficas que eram utilizadas para uso militar. Tais câmeras eram fixadas no peito de pombos-correio, que sobrevoavam áreas inimigas. Durante o percurso, as câmeras fotografavam automaticamente as áreas ocupadas pelos inimigos e constituíam

de valioso material informativo para o reconhecimento da posição e infraestrutura de forças inimigas. Posteriormente, as câmeras foram adaptadas em balões e anos depois em aviões. Com o advento dos satélites após a década de 1960 as imagens começaram a ser coletadas através de sensores que possuíam a capacidade de coletar imagens separadas em bandas espectrais e em formato digital. Assim, tanto imagens obtidas por câmeras, quanto imagens obtidas por satélites são consideradas como Sensoriamento Remoto (FIGUEIREDO, 2005).

Segundo Figueiredo (2005), atualmente o Sensoriamento Remoto é alimentado com imagens provenientes, em sua grande maioria, da tecnologia dos satélites orbitais, dos quais alguns são comumente utilizados para monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres, como por exemplo os satélites LANDSAT, SPOT, IKONOS, CBERS e QUICKBIRD. Outros são destinados principalmente aos estudos climáticos e atmosféricos, apesar de também fazer parte do SR, como é o caso do satélite NOAA.

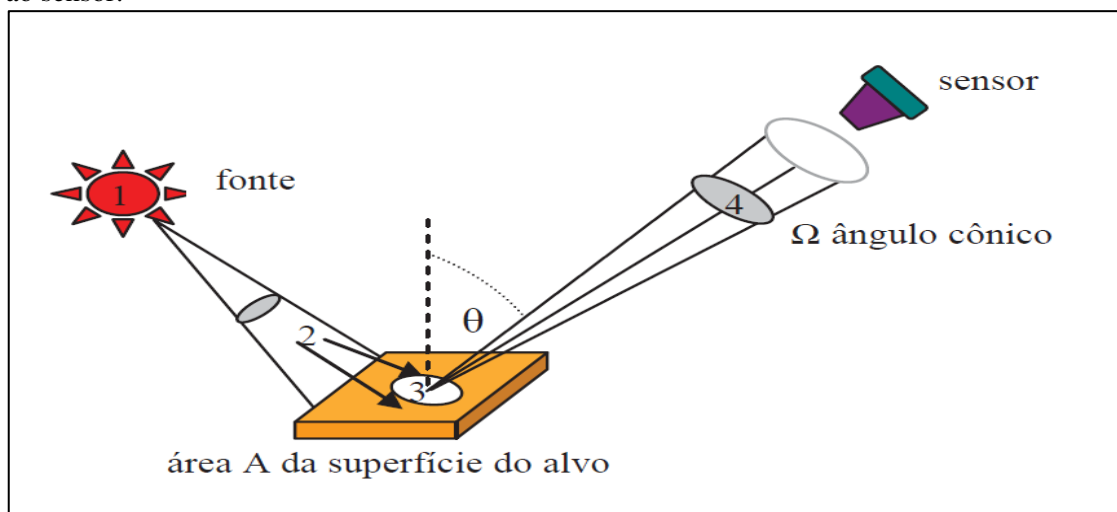
A formação das imagens só é possível porque os sensores desses satélites conseguem captar as ondas eletromagnéticas, chamadas de Radiações Eletromagnéticas (REM), que são refletidas dos alvos ou objetos em estudo. A radiação solar interage de modo diferente em cada alvo: as diferentes composições físico-químicas dos objetos ou feições terrestres, a sua geometria, os efeitos atmosféricos e as superfícies adjacentes fazem com que cada alvo tenha sua própria assinatura ou comportamento espectral, ou seja, cada alvo absorve, emite ou reflete de modo diferente cada uma das faixas do espectro da luz incidente ao longo do espectro eletromagnético (SOUSA; KUX, 2005).

A principal fonte de Radiação Eletromagnética (REM) é o sol, com temperatura de superfície próxima a 6.000°C, e também a Terra, com temperatura média de 27°C. No entanto, elas não conseguem emitir radiação de todos os comprimentos de onda, assim foi necessária a construção de fontes artificiais que emitem altas intensidades em comprimentos de onda, como na região do micro-ondas. As imagens do Sensoriamento Remoto dependem da qualidade do sensor, da qualidade e da intensidade das fontes de REM (MENESES; ALMEIDA, 2012). Segundo Serrano, Filella e Peñuelas (2000), os sensores que captam a energia refletida pelo sol são chamados de sensores passivos, enquanto aqueles que possuem fonte própria de energia são classificados como sensores ativos.

Ainda segundo Meneses e Almeida (2012), a imagem formada no sensor é uma imagem da radiância que é convertida em valores digitais, gerando uma imagem digital.

A formação da imagem depende da fonte da radiação eletromagnética que comumente é o sol, das características do alvo e do tipo de sensibilidade do sensor (Figura 1). O menor elemento dessa imagem é denominado de pixel, onde é armazenado o valor digital medido na área correspondente no terreno. Devido às diferentes constituições químicas dos átomos e moléculas, um objeto tem absorções e reflectâncias diferentes, resultando em imagens com diferentes tonalidades de cinza.

Figura 1 – Componentes radiométricos da trajetória da radiação eletromagnética, da fonte ao sensor.



Fonte: Meneses e Almeida (2012)

Grande parte dos estudos relacionados ao meio ambiente é feita graças às análises das imagens (cenas) obtidas pelos sensores da série Landsat, especialmente do satélite Landsat 5 (Sensores TM), que ficou em atividade por um longo período, entre os anos 1984 e 2011 e o Landsat 8, com dados atuais. Cada imagem desse sensor cobre uma área de 185 x 185 km e cada pixel tem uma resolução espacial de 30 metros, com exceção da banda 6 que tem uma resolução espacial de 120 metros. O tempo de revisita a um determinado ponto da terra é de 16 dias (INPE, 2016). Já o Landsat 8 (sensores OLI e TIRS), lançado no ano de 2013, possui 8 bandas multiespectrais com resolução de 30 metros, 1 banda pancromática com resolução de 15 metros e 2 bandas térmicas úteis ao fornecimento de temperaturas de superfície com pixel de 100 metros (ENGESAT, 2016).

Conforme dito, as imagens de cada banda separadamente são visualizadas em tons de cinza, no entanto, através de softwares de Processamento Digital de Imagens, é

possível fazer a composição de cores tricromáticas RGB (*red, green e blue*) para facilitar a interpretação feita pela visão humana.

Na tabela 1 podem ser observadas as características espectrais e a resolução espacial de cada faixa do Satélite Landsat 5.

Tabela 1 - Características das bandas do sensor *Landsat Thematic Mapper (TM)* do Satélite Landsat 5.

Banda	Faixa espectral	Resolução espacial
1	0,45 a 0,52 μm - azul	30 metros
2	0,52 a 0,60 μm - verde	30 metros
3	0,63 a 0,69 μm - vermelho	30 metros
4	0,76 a 0,90 μm - infravermelho próximo	30 metros
5	1,55 a 1,75 μm - infravermelho médio	30 metros
6	10,4 a 12,5 μm - infravermelho termal	120 metros
7	2,08 a 2,35 μm - infravermelho distante	30 metros

Fonte: INPE (2016).

Segundo o *Geological Survey* (USGS, 2016) as características espectrais e a resolução espacial de cada faixa do Satélite Landsat 8 podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 -Características das bandas dos sensores *Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)* do Satélite Landsat 8 .

Banda	Faixa espectral	Resolução espacial
1	0,43 a 0,45 μm – Costeiro, aerossol*	30 metros
2	0,45 a 0,51 μm – azul	30 metros
3	0,53 a 0,59 μm – verde	30 metros
4	0,64 a 0,67 μm – vermelha	30 metros
5	0,85 a 0,88 μm – Infrav. Próximo	30 metros
6	1,57 a 1,65 μm – Infravermelho médio 1 (SWIR 1)	30 metros
7	2,11 a 2,29 μm – Infravermelho médio 2 (SWIR 2)	30 metros
8	0,50 a 0,68 μm – Pancromática	15 metros
9	1,36 a 1,38 μm – Cirrus**	30 metros
10	10,60 a 11,69 μm – Infr. Termal 1	100 metros
11	11,50 a 12,51 μm – Infr. Termal 2	100 metros

*utilizada para estudo de aerossol e ambiente costeiro; ** estudar as nuvens

Fonte: USGS (2016).

2.2.2 *Processamento Digital de Imagem*

Segundo Crósta (1992) o Processamento Digital de Imagens (PDI) facilita a extração das informações contidas na imagem, cujos softwares têm a finalidade de processá-las, traduzindo as informações para o intérprete ou extraindo das imagens apenas a parte essencial para os fins determinados.

Visando facilitar a interpretação visual das imagens que são em tons de cinza os softwares de PDI dispõe de inúmeras ferramentas para tratamento de imagens. De forma geral, Jacintho (2003) divide as técnicas de PDI em atividades de Pré-Processamento e de Processamento. As etapas de pré-processamento são importantes para fazer correções geométricas, radiométricas e diminuir os efeitos atmosféricos. Já a etapa de Processamento realça o comportamento espectral ou textural de um objeto ou fenômeno.

Meneses e Almeida (2012) explicam que o processamento digital de imagens consiste na execução de operações matemáticas dos dados e é configurado por algoritmos especializados que tratam matematicamente a imagem como um dado diretamente relacionado ao processo físico que o criou. Como o processamento matemático da imagem não representa com total precisão o acontecimento no mundo real, cabe ao usuário fazer a interpretação dos dados, observando os resultados numéricos dos algoritmos pré-configurados. Ainda, segundo os autores, para se obterem os melhores resultados, as imagens devem ser, primeiramente, pré-processadas (com as devidas correções de ruídos atmosféricos e geométricos) e, posteriormente, devem ser processadas através das técnicas como de realce, de filtragens ou através de técnicas de classificação (supervisionada ou não supervisionada) ou segmentação.

Segundo Crósta (1992) o pré-processamento referente à correção geométrica da imagem deve seguir as seguintes etapas:

- a) relacionar exatamente os pontos da imagem com o sistema de coordenadas de um mapa confiável que contenha as feições usadas como pontos de controle, utilizando-se de mesa digitalizadora, bases cartográficas ou GPS;
- b) estabelecer um conjunto de pontos, definindo os centros dos pixels na imagem corrigida;
- c) proceder ao cálculo dos números digitais (DN's) dos pixels na imagem corrigida, por interpolação dos DN's dos pixels na imagem original.

Após esta etapa de pré-processamento a imagem pode passar por diferentes análises, dependendo do objetivo do estudo. Uma das análises possíveis e que é bastante utilizada para comparação de modificações ocorridas em algum objeto ou cena no decorrer do tempo (análise temporal) é a técnica de aritmética de bandas, podendo ser utilizadas as operações de soma, subtração, multiplicação e divisão, ou seja, o uso de índices.

A operação de soma realça similaridades entre as imagens de diferentes bandas ou datas; a operação de multiplicação é a menos usada e serve para realçar informações texturais do relevo com a informação espectral; a operação de subtração é importante para detectar mudanças temporais dos alvos e é amplamente utilizado para análise de impactos ambientais e a operação de divisão de bandas é utilizada para destacar sutis variações de reflectância de alvos específicos, como um tipo de litologia, solo, ou tipos de vegetação (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Outra técnica importante para estudos ambientais que visam detectar variações na cobertura vegetal é o “*Normalize Difference Vegetation Index – NDVI*”. Esse índice, proposto por Rouse et al. (1974), é calculado através da Equação 1.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que,

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*,

NIR = Banda referente ao Infravermelho Próximo

RED = Banda referente ao Vermelho.

O NDVI apresenta resultado que varia entre -1 e 1, onde valores mais próximos de 1 indicam vegetação mais densa, com maior massa foliar, e valores mais próximos de 0, ou numeração negativa, indicam ausência de vegetação.

Visando o monitoramento e a educação ambiental, este trabalho apresenta no capítulo 02 o artigo intitulado “*Análise temporal da dinâmica da paisagem do Município de Iraí de Minas – MG*”. Foram utilizadas imagens do Landsat 5 e do Landsat 8. O trabalho ilustrou as mudanças fisiográficas que ocorreram no decorrer entre os anos de 1984 e 2010 devido a intervenção antrópica.

2.3 Economia Ambiental

Até o final da década de 1960 a análise econômica praticamente ignorava as relações existentes entre a economia e o meio ambiente. Os fluxos econômicos eram fechados e de circulação contínua, ligando empresas e famílias sem que a natureza apresentasse limitações ao funcionamento do sistema econômico (MUELLER, 1998). No entanto, Georgescu-Roegen (1975) já criticava esse pensamento afirmando que a atividade econômica não perduraria sem que houvesse trocas contínuas com o meio ambiente.

Ainda segundo Mueller (1998) no início dos anos 1970 foram divulgados os primeiros modelos neoclássicos de equilíbrio geral considerando as inter-relações entre a economia e o meio ambiente. O advento de vários problemas ambientais como a poluição do Primeiro Mundo, a crise do Petróleo e o relatório do Clube de Roma “*The limits to growth*”, publicado em 1972, estimularam o surgimento de organizações não-governamentais preocupadas com o meio ambiente e foi essencial no desenvolvimento da economia ambiental.

Segundo Cavalcanti (2010), a economia do meio ambiente é considerada como um ramo da microeconomia, a qual procura encontrar preços corretos para a alocação ótima de recursos, com custos mínimos e máximo benefício. Segundo o autor, é comum o equívoco de pensarem a economia ambiental como se fosse a mesma coisa de economia ecológica, quando na verdade a economia ecológica tem como propósito dizer em que medida o uso da natureza pode ser feito de forma sustentável, enquanto a economia ambiental fundamenta-se em aplicar ferramentas da economia neoclássica aos problemas ecológicos, procurando internalizar o meio ambiente no cálculo econômico, ou seja, se preocupa em dar preço à natureza.

A economia ambiental, ligada à escola neoclássica, trata dos efeitos da atividade econômica sobre o meio ambiente, da importância dos recursos naturais para a economia e da forma pela qual devem ser reguladas as atividades econômicas, tendo em vista um equilíbrio entre objetivos ambientais, econômicos e sociais (COSTA, 2005).

A economia ambiental concebe instrumentos operacionais para resolver alguns tipos de problemas concretos, como no caso deste estudo em que foi utilizada a ferramenta conhecida como Valoração Ambiental.

2.3.1 Valoração Ambiental

Segundo Costa e outros (2015) uma das ferramentas que a economia utiliza para mensurar a alteração da qualidade e da quantidade de um determinado recurso natural disponível e sua relação com o bem-estar das sociedades são as análises de custo e benefício, ou as técnicas de valoração ambiental.

A valoração ambiental é importante pelo fato da mesma ser essencial para criar um valor de referência que indique uma sinalização de mercado, possibilitando, assim, o uso racional dos recursos ambientais. Através do uso de tal instrumento, tanto agentes públicos quanto privados, poderão ter subsídios para avaliação econômica de tomadas de decisões sobre a utilização eficiente desses ativos, pois passam a possuir parâmetros, em termos monetários, que justifiquem as tomadas de decisões (SILVA, 2003).

2.3.1.1 Valor econômico dos Recursos Ambientais

Segundo Silveira (2011) o Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA) deve ser definido por uma função de seus atributos e pode ser classificado em duas categorias: Valor de Uso e Valor de Não Uso.

O Valor de Uso (ou do usuário) é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso natural pelo seu uso no presente ou seu uso potencial no futuro, podendo atribuir preços de mercado praticados ou substitutos, ou seja, sob a ótica da economia ambiental, o valor de um bem ambiental associado a uma utilidade presente, é chamado de valor de uso. Os elementos do meio ambiente podem não estar gerando utilidades no presente, mas podem gerar no futuro (SILVEIRA, 2011).

Já o valor de não uso (VNU) ou valor de existência (VE) se refere ao valor dissociado do uso, expressando o valor intrínseco do uso e refletindo, desta forma, o seu valor de existência (IBAMA, 2002; SILVEIRA, 2011). Representa o desejo do indivíduo de manter certos recursos ambientais para as gerações as gerações futuras. Silveira (2011) reitera a ideia de que esse valor está dissociado do uso e está relacionado à satisfação pessoal em saber que o objeto está lá, sem que o indivíduo tenha vantagem direta ou indireta dessa presença.

Segundo Motta (2006), o valor econômico dos recursos ambientais pode ser expresso conforme a Equação 2.

$$VERA = VUD + VUI + VO + VE \quad (\text{Equação 2})$$

Assim, o Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA) é a soma do valor de uso direto (VUD) que representa benefícios que podem ser consumidos diretamente, do valor de uso indireto (VUI) que referem-se aos benefícios funcionais, mesmo de forma indireta, do valor de opção (VO) que refletem os valores futuros diretos e indiretos e o valor de existência (VE) que referencia o valor de existência de um bem, mesmo que jamais irá ter contato com esse recurso.

2.3.1.2 Métodos de Valoração Ambiental

Diversas são as formas utilizadas para valorar um bem ambiental. De maneira geral, podem ser divididas em métodos da função de demanda (métodos diretos) que partem do princípio de que mudanças na disponibilidade de um recurso ambiental modificam o bem-estar dos indivíduos e métodos da função de produção (métodos indiretos) onde a qualidade ou quantidade de um recurso ambiental em estudo se relaciona diretamente com a produção de outro produto que tenha um preço já definido no mercado (MOTTA, 1997).

Ainda segundo Motta (1997), a adoção do método da função de demanda ou do método da função de produção dependerá do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade de dados e do conhecimento da dinâmica ecológica do objeto que está sendo valorado.

Os conceitos básicos de cada método da função de demanda (métodos diretos) são discutidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Conceito dos métodos da função de demanda (diretos)

Métodos da função de demanda (diretos)	Conceitos
Método de bens complementares	Estima o valor dos recursos naturais por intermédio do valor de outros bens e serviços com preço no mercado de bens substitutos. Exemplo: Poluição sonora que influencia o preço das residências em uma região.
Método de preços hedônicos	Segundo Tavares, Ribeiro e Lanna (1998) este método envolve o uso de curvas de demanda para bens e serviços cujos preços podem ser afetados por condições ambientais. Esta variação de preços seria um

	indicador do valor da variação destas condições.
Método Custo de Viagem	Estima a demanda por um bem ou por um serviço ambiental, como, por exemplo, para valoração de sítios naturais de visitação pública. Segundo Maia, Romeiro e Reydon (2004) esse método decorre dos benefícios econômicos, atribuídos pela população a um patrimônio natural, a partir dos gastos efetivos dos visitantes para se deslocar até o local, o que inclui transporte, tempo de viagem, taxas de entrada, hospedagem, alimentação, entre outros gastos complementares, e os dados são obtidos através de questionários.
Método da Valoração Contingente (MVC)	O Método de Valoração Contingente tenta apreender o valor que um consumidor estaria disposto a pagar (DAP) pelo aproveitamento de um bem natural (qualidade do ar, da água, etc.) e, segundo Silva e Lima (2004), tal avaliação se dá através de <i>surveys</i> - entrevistas pessoais - de forma direta sobre suas preferências a um determinado bem ou serviço ambiental. Para execução do método são criados mercados hipotéticos onde o entrevistado é interrogado sobre suas disposições a pagar para evitar ou corrigir algum dano ambiental, ou disposição a aceitar (DAA) para aceitar a alteração de um bem e serviço ambiental, mesmo que nunca tenha utilizado antes. Após a aplicação dos questionários os resultados são tabulados e submetidos a uma análise econométrica de maneira a derivar valores médios dos lances de disposição a pagar (SILVA, 2003). As metodologias para aplicação do questionário são bastante variadas, sendo que as mais usuais e citadas na literatura são os jogos de leilão, escolha dicotômica (sim/não), jogos de <i>trade-off</i> e até mesmo a junção de dois ou mais métodos.

Fonte: Motta, (1997), adaptado.

Os conceitos básicos dos métodos da função de produção (métodos indiretos) podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Conceito dos métodos da função de produção (indiretos)

Métodos da função de produção (indiretos)	Conceitos
Produtividade Marginal	É baseado em relações de causa e efeito ou relações de dose-resposta onde a qualidade ou quantidade de um recurso ambiental em estudo se relaciona diretamente com a produção de outro produto que tenha um preço já definido no mercado.
Mercado de bens substitutos	A valoração ambiental feita através do mercado de bens substitutos é menos usual e enquadram-se os métodos de custos de reposição, custos evitados, custos de controle e custos de oportunidade, que de maneira geral, segundo Silva (2003), assumem a existência de substitutos privados, que, por apresentarem mercados que se relacionam de alguma maneira com o ativo ambiental, podem ser utilizados para fornecer uma avaliação do valor econômico desse ativo.

Fonte: Motta, 1997, adaptado.

Considerando que a mudança na qualidade e na quantidade de água de um manancial tem relação direta com o bem estar dos indivíduos que dela usufruem, este trabalho utilizou-se do método direto de Valoração Contingente. O objetivo da aplicação do método foi mensurar a Disposição à Pagar (DAP) para melhorar as condições atuais do Rio Bagagem e garantir que a população continue recebendo os benefícios provindos da água . O estudo feito na zona urbana da cidade de Iraí de Minas/MG procurou levantar, além da DAP, a consciência ambiental dos moradores urbanos que dependem diretamente da água do Rio Bagagem para satisfação de todas as suas necessidades. O resultado do estudo encontra-se no capítulo 03 deste trabalho, intitulado como “Valoração ambiental do Rio Bagagem sob a óptica dos munícipes urbanos da cidade de Iraí de Minas – MG”.

3 REFERÊNCIAS

BASSO, L. A crise dos recursos hídricos. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, p. 141-153, jun.1999.

BRANCO, P. M. **Coisas que você deve saber sobre a água**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Coisas-Que-Voce-Deve-Saber-Sobre-a-Agua-1084.html>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Revista Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 53-67, 2010.

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. **Revista Bahia Análise & Dados**, Salvador, v.13, n. especial, p. 371-382, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (BRASIL). Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional, em regiões hidrográficas, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 2003, n.245, seção 1, p. 142.

COSTA, M. E. L et al. Respostas de protesto na disposição a pagar espontânea e induzida nas técnicas de lances livres e referendo pelo método de valoração contingente. **Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 14, n. 1, p. 117-144, 2015.

COSTA, S. S. T. Introdução à Economia do Meio Ambiente. **Análise**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 301-323, 2005.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 3ª ed. Campinas, SP: IG/UNICAMP. 1992. 170 p.

DECLARAÇÃO MINISTERIAL DE HAIA SOBRE SEGURANÇA HÍDRICA NO SÉCULO 21. 2000. Documentos Internacionais. Disponível em: <<http://www.clickagua.com.br/noticias/docs/haia.asp>> Acesso em: 25 mar. 2016.

ENGESAT. **Landsat 8**. [2016]. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>>. Acesso em 01 ago. 2016.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

GEOLOGICAL SURVEYS (U.S). **Frequently Asked Questions about the Landsat Missions**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>. Acesso em 22 set. 2016.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Energy and economic myths. **Southern Economic Journal**, Chapel Hill, p. 347-381, 1975.

IBAMA. **Modelo de valoração econômica dos impactos ambientais em unidades de conservação**: Empreendimentos de comunicação, rede elétrica e dutos, estudo preliminar. 2002. 66 p. Disponível em:
<<http://pt.slideshare.net/henriquebarreirosalves/modelo-de-valorao-econmica-dos-impactos-ambientais-em-unidades-de-conservao>>. Acesso em 12 dez 2016.

IBGE. **Cidades@**. [2016]. Disponível em:
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313160&search=minas-gerais|irai-de-minas>>. Acesso em 15 mar. 2016.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais **Divisão de geração de imagens**. Disponível em:<http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LandSat.php#>. Acesso em 01 ago. 2016.

JACINTHO, L. R. C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação**: O caso da área de proteção ambiental (APA) dos Capivari-Monos, São Paulo – SP. 2003. 121 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LILESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 3^a ed. New York: John Wiley & Sons, 1994, 750 p.

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais: metodologias e recomendações. **Texto para Discussão, IE/UNICAMP**, Campinas, n. 116, mar. 2004. Disponível em:
<<http://www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=1833&tp=a>>. Acesso em 01 ago. 2016.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: UnB/CNPq. 2012. 266 p.

MOTTA, R. S.. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997. 241 p.

_____. **Economia Ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2006. 228 p.

MUELLER, C. C. Avaliação de duas correntes da economia ambiental: a escola neoclássica e a economia da sobrevivência. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 66-89, 1998.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: Princípios e aplicações. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992, 308 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração de Dublin sobre água e desenvolvimento sustentável**. 1992. Disponível em:

<<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html>> Acesso em 12 dez. 2016.

PORTO, M. A; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 6, n. 22, p. 43-60, 2008.

PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS. **Regiões hidrográficas**. 2013. Disponível em: <<http://brasildasaguas.com.br/educacional/regioes-hidrograficas/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 341-345, 2003.

_____. **As águas subterrâneas e a crise da água**. [2016]. Disponível em: <<http://www.abas.org/abasinforma/123/paginas/03.htm>>. Acesso em 25 mar. 2016.

ROSA, R. Geomática no Brasil: histórico e perspectivas futuras. **GeoFocus (Informes y comentarios)**, n. 9, p. 29-40, 2009.

ROUSE, J. W; HAAS, R. H. J; SCHELL, J. A; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA special publication**, Texas, v. 351, p. 309, 1974. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf>> Acesso em 12 dez. 2016.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão Ambiental**: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011, 328 p.

SERRANO, L; FILELLA, I; PEÑUELAS, J. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. Madison, **CropSci**, v. 40, n. 3, p. 723-731, 2000.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L. **O uso da água na bacia hidrográfica do rio Bagagem – MG**. Disponível em: <http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/Washington_Luiz_Assuncao2_O_USO_DA_AGUA_NA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_BAGAGEM_MG.pdf> Acesso em: 25 mar. 2016.

SILVA, J. R. **Métodos de valoração ambiental**: uma análise do setor de extração mineral. 2003, 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 2003.

SILVA, R. G.; LIMA, J. E. Valoração contingente do parque “Chico Mendes”: uma aplicação probabilística do método Referendum com bidding games. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p.685-708, 2004.

SILVEIRA, V.C. **Valoração econômica e percepção ambiental da área de proteção ambiental estadual cachoeira das andorinhas**: sub-bacia do Rio das Velhas – MG. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

SOUSA, R. C. A.; KUX, H. J. H. Comportamento Espectral e Alvos Urbanos: simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1099-1106.

TAVARES, V. E.; RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. A valoração ambiental e os instrumentos econômicos de gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado. **Anais...** Gramado: SINGRH, 1998. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228455199_A_valoracao_ambiental_e_os_instrumentos_economicos_de_gestao_dos_recursos_hidricos>. Acesso em 01 jun. 2016.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura online**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 31-33, 2003.

CAPÍTULO 2

Análise temporal da dinâmica da paisagem do Município de Iraí de Minas/MG

Janderson Cristian Ferreira^{1(*)}, Claudionor Ribeiro da Silva² Aracy Alves de Araújo³

RESUMO

O município de Iraí de Minas, Minas Gerais, passou por intenso processo de expansão agropecuária nos últimos anos e, mais recentemente, por uma crise hídrica, ocorrida devido à redução da vazão do Rio Bagagem, que abastece a cidade. Como se trata de uma área relativamente grande, as imagens orbitais são ferramentas úteis para a análise desse tipo de fenômeno. Elas têm uma grande extensão de cobertura e relativo baixo custo; ademais, há inúmeras técnicas existentes para processamento desses dados, como os índices criados a partir da aritmética de bandas, como o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI). Nesse contexto, propõe-se uma metodologia com base na aritmética de bandas para estudo da dinâmica da paisagem do município em questão no período de 1984 a 2015. Foram calculados os índices NDVI de duas cenas dos sensores TM - Landsat5 (1984) e Oli - Landsat 8 (2015). Os resultados mostraram que a) cerca de 10% do município (3572,55 hectares) foi inundado pela lagoa da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte; b) há implantação de práticas agrícolas intensivas na região norte do município, com a presença de 22 pivôs (88% do total); c) a quantidade de solo exposto e de vegetação rasteira, que era de 85,56%, em 1984, diminuiu para 19,22%, em 2015; d) a presença de vegetação primária e secundária aumentou muito nas últimas décadas, passando de 14,01% para 70,78%, mostrando a tendência da substituição de pastagens naturais e rasteiras, características do cerrado, por pastagens plantadas e práticas agrícolas cada vez mais intensas. As imagens orbitais mostraram-se eficientes na geração de informações importantes para a eficácia da gestão de recursos naturais.

Palavras-chave: NDVI, Landsat, Iraí de Minas.

¹ Biólogo; Mestrando no Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, UFU; Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Prefeitura Universitária, bloco 3P, Cx postal 593, CEP: 38408-100, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil; E-mail: janderson@ufu.br

² Dr.; Eng. Agrimensor; Professor na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo; Endereço: Rua Goiás, 2000, Vila Nova, Monte Carmelo/MG; E-mail: crs@ufu.br

³ Dra.; Economista; Professora na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica; Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia / MG; E-mail: aracy.araujo@gmail.com

Temporal analysis of the landscape dynamics of Iraí de Minas, in the state of Minas Gerais

Janderson Cristian Ferreira^{1(*)}, Claudionor Ribeiro da Silva² Aracy Alves de Araújo³

ABSTRACT

Massive agricultural expansion and a water crisis, occurred due to water level reduction of Bagagem River, impacted Iraí de Minas (Minas Gerais, Brazil), whose water supply is obtained from this river. As the studied area is relatively large, orbital images are useful tools for the analysis of this type of phenomena. They can tackle a great area at a relatively low cost, and innumerable techniques can process their data, such as the indexes created from a band arithmetic function, such as the normalized difference vegetation index (NDVI). A methodology based on band arithmetic function was used to study the landscape dynamics of the city from 1984 to 2015. NDVIs of two scenes of the TM Landsat 5 (1984) and Oli from Landsat 8 (2015) sensors were calculated. The results showed that a) Nova Ponte hydroelectric lagoon flooded about 10% of the city (3572.55 hectares); b) the northern region of the city presents an intensive agricultural activity, with 22 pivots (88% out of the total); c) the amount of exposed soil and undergrowth vegetation, which was of 85,56%, in 1984, decreased to 19,22%, in 2015; d) the presence of primary and secondary vegetation increased in the last decades from 14.01% to 70.78%, showing cultivated vegetation and agricultural activities have the tendency to replace natural and undergrowth vegetation, which are typical vegetation in *cerrado*. Orbital images have proved to be efficient in generating important information for an efficient management of natural resources.

Keywords: NDVI , Landsat, Iraí de Minas.

¹ Biólogo; Mestrando no Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, UFU; Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Prefeitura Universitária, bloco 3P, Cx postal 593, CEP: 38408-100, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil; E-mail: janderson@ufu.br

² Dr.; Eng. Agrimensor; Professor na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo; Endereço: Rua Goiás, 2000, Vila Nova, Monte Carmelo/MG; E-mail: crs@ufu.br

³ Dra.; Economista; Professora na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica; Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia / MG; E-mail: aracy.araujo@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, que ocupa 21% do território nacional e representa o segundo maior bioma brasileiro, superado apenas pela Amazônia, é considerado a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002). Esse bioma vem sendo explorado pelo homem, de forma insustentável, para práticas de agricultura e pecuária intensivas. Estudos apontam o Cerrado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, isto é, apesar de ser um dos biomas mais ricos do planeta também é um dos mais ameaçados (MYERS et al., 2000; DA SILVA e BATES, 2002).

Mais da metade do Cerrado foi transformado em pastagens plantadas e/ou utilizado para outros tipos de ocupação do solo. Estudos realizados no ano de 2002 já mostravam que 54,9% da área do Cerrado havia sido desmatada ou transformada pela ação antrópica. Atualmente, as taxas anuais de desmatamento variam entre 22.000 e 30.000 km² (MACHADO et al., 2004). Segundo Klink e Machado (2005), pouco mais de 11% do bioma é utilizado para práticas agrícolas, enquanto cerca de 41,56% é constituído de áreas de pastagens. Os autores demonstram ainda que, as transformações ocorridas no Cerrado provocam grandes danos ambientais, como alterações climáticas de âmbitos regionais provocadas pelo desequilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, além de fragmentar os habitats dos animais, de extinguir a biodiversidade, de permitir que espécies exóticas substituam as nativas, de acelerar a erosão do solo e ainda pode ocasionar a poluição de aquíferos.

O sensoriamento remoto e as ferramentas de processamento digital de imagens são um importante instrumento que serve para mensurar alterações ambientais em nível local, regional ou global. Segundo Novo (1989) e Richards (1986), o sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a utilização conjunta de sensores e equipamentos para processamento e transmissão de dados objetivando o estudo do ambiente terrestre por meio da análise interativa entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes da superfície terrestre.

Todos os objetos, alvos ou fenômenos presentes na atmosfera ou na superfície da Terra refletem, absorvem e transmitem a radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda analisado, de acordo com as características biofísicas e químicas desses objetos. Graças a essas variações, é possível distinguir os objetos presentes na superfície terrestre e imageados com imagens de sensores remotos (FLORENZANO, 2011).

De acordo com Rosa (1990), as imagens de sensoriamento remoto podem ser aplicadas em estudos relacionados à análise de comportamento da vegetação, agricultura e uso da Terra. Segundo o autor a antropização, ou uso da Terra, é entendida como a forma de ocupação do espaço pelo homem e cuja importância se dá na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente. Krug (1999) destaca a importância das tecnologias espaciais para a exploração de informações de diferentes áreas de estudo e cujas análises das imagens digitais constituem-se de importantes fontes de informação necessárias ao manejo, gerenciamento e gestão dos recursos naturais, como água, solo e vegetação. Destaca ainda que para países com dimensões continentais, como o Brasil, o uso dessa tecnologia espacial é imprescindível e de suma importância.

As imagens são captadas por sensores específicos e sensíveis a uma determinada faixa espectral e são acoplados em satélites orbitais, como os TM, ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) e o OLI da série Landsat, produzidos pela NASA. O sensor TM, acoplado no Landsat 5, gerou imagens com seis bandas espectrais, com resolução espacial de 30 metros; por outro lado, o sensor OLI, acoplado no Landsat 8, gera oito imagens com mesma resolução (30 metros). São imagens capazes de mostrar detalhes na superfície terrestre (DE IMAGENS, 2016).

Segundo Meneses et al. (2012), a imagem gerada pelo sensor é proveniente do armazenamento da radiação eletromagnética amostrada por uma área unitária (pixel). O valor armazenado no pixel (a amplitude, intensidade ou nível de cinza) pode ser puro (se referir a um único objeto) ou misturado (dois ou mais objetos). É com base nesses valores dos pixels que as várias técnicas de processamento atuam no sentido de melhorar a percepção dos detalhes dos objetos presentes nas cenas. A aritmética de bandas (subtração, soma, divisão e multiplicação) é uma dessas técnicas e ganhou destaque especialmente com o surgimento dos índices espectrais, como o de vegetação NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*).

Meneses et al. (2012) afirmam que a subtração de bandas – conhecida como “*change detection*”, permite detectar mudanças temporais dos alvos presentes em uma área e tem amplo uso na detecção de impactos ambientais e na avaliação de desmatamentos florestais. Para realizar essa operação, são necessárias duas imagens de datas diferentes, da mesma banda, preferencialmente do mesmo sensor/satélite. Para que seja evitada a detecção de mudanças irreais, é necessário equalizar a radiação das duas imagens. Outra forma de amenizar esse problema é fazendo uso de índices como o

NDVI, que normaliza a radiância no intervalo $[-1 \ 1]$, minimizando erros como a interferência atmosférica. O NDVI, proposto por Rouse et al. (1974), é um índice que permite analisar a cobertura vegetal de determinada região. Os valores de NDVI mais elevados (próximo e igual a um) estão relacionados às áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa. Os pixels com valores NDVI mais baixos, próximo de zero e negativos, estão relacionados às áreas com menor atividade fotossintética (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010).

O município de Iraí de Minas / MG, que se encontra inserido no bioma Cerrado, corresponde à área de estudo dessa pesquisa. Nas últimas décadas a área desse município passou por inúmeras alterações de uso do solo decorrentes das atividades agropecuárias locais, além de uma grave crise hídrica do Rio Bagagem que abastece a zona urbana. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar as mudanças de paisagens ocorridas em um determinado lapso temporal, no município de Iraí de Minas / MG, com uso de imagens orbitais. Ressalta-se que estudos como esse são imprescindíveis para um monitoramento ambiental eficiente, e são capazes de fornecer subsídios reais para uma educação ambiental, focada em mostrar resultados concretos em nível local ou regional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

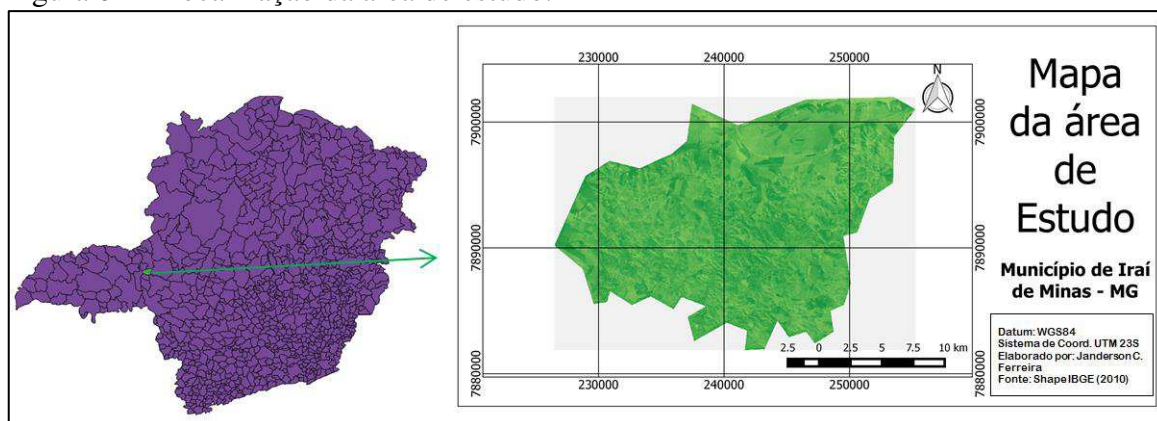
2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Iraí de Minas – MG (Figura 01). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o município de Iraí de Minas, localizado na região do Triângulo Mineiro, a sudoeste do Estado de Minas Gerais, possui uma população estimada para o ano de 2016 de aproximadamente 6929 habitantes e uma área territorial que se aproxima de 356,264 Km². Fundado em 1962, o município encontra-se completamente no Bioma Cerrado. Localizado entre as coordenadas geográficas 18°59'23" e 47°28'33" S, o município limita-se a leste com Romaria e Nova Ponte, a oeste com Patrocínio e Perdizes, a norte com Monte Carmelo e a sul com o município de Pedrinópolis (GENARO, 2016).

Historicamente, Iraí de Minas tem forte ligação com o Rio Bagagem, que constitui o principal recurso hídrico da região. Devido à exploração de jazidas minerais e da descoberta do diamante estrela do sul, em 1852, uma grande quantidade de

garimpeiros aglomeraram-se em torno do rio e ali deixavam suas bagagens, o que levou à denominação de Rio Bagagem. No ano de 1943, o pequeno povoado também recebeu o nome de Distrito de Bagagem e somente em 1953 definiu-se o nome atual, cujo significado, na linguística tupi-guarani, é Rio de Mel. Em 1962, pela Lei Municipal nº 2764 de 30/12/1962, Iraí de Minas foi desmembrado de Monte Carmelo e reconhecido como município. A principal atividade econômica baseia-se em atividades agropecuárias como a produção de leite, gado de corte, plantação de milho, soja, trigo, feijão, batata, cebola e outras plantações de entressafra menos importantes, além de algumas áreas com atividades de agricultura familiar, voltada para a subsistência (IBGE, 2016).

Figura 01 – Localização da área de estudo.



Fonte: Os autores, 2016.

2.2 Material

Para analisar a dinâmica da paisagem que ocorreu na região nas últimas três décadas foram utilizadas duas cenas, sendo uma do satélite Landsat 5 do ano de 1984 e outra cena do Landsat 8 do ano de 2015. As imagens foram baixadas através do catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, (DE IMAGENS, 2016). Ambas as imagens estavam em projeção UTM, Zone 23S, resolução espacial de 30 metros, Datum WGS 84. As características das imagens obtidas são descritas na Tabela 01.

Tabela 01. Descrição das imagens obtidas dos satélites Landsat 5 e 8.

SATÉLITE	LANDSAT 5 (8 bits)	LANDSAT 8 (16 bits)
Data Aquisição	07/08/1984	10/06/2015
Ponto/Órbita	220/073	220/073
Intervalo espectral (Bandas 01 a 07)	0,45 – 2,35 μm	0,43 – 2,29 μm

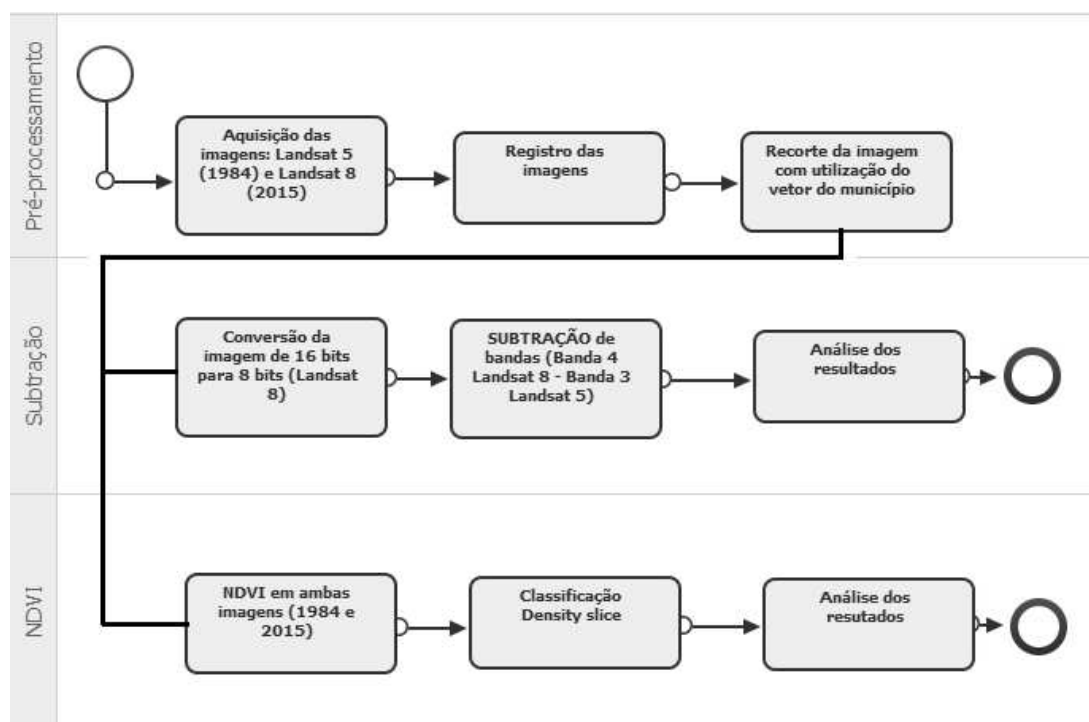
Fonte: INPE (DE IMAGENS, 2016).

O *shape* de limite dos municípios foi obtido gratuitamente no site do IBGE. O processamento das imagens foi realizado com o software Envi 4.8®, disponível no Laboratório de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Campus Monte Carmelo – UFU.

2.3 Método

O método proposto pode ser dividido em três fases: pré-processamento, subtração de bandas espectrais e cálculo do índice NDVI. Para melhor entendimento da metodologia proposta, é apresentado um fluxograma na Figura 02.

Figura 02 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Os autores, 2016.

Iniciando a primeira etapa da metodologia, foi recortada a imagem de forma que o recorte contivesse a área de estudo. Em seguida, para realizar o registro das duas imagens (Landsat 5 e 8) foram criadas duas composições coloridas: 3R4G2B (Landsat 5) e 4R5G3B (Landsat 8), usando a imagem do Landsat 8 como base. O registro foi realizado com um total de 30 pontos de controle, coletados com distribuição adequada dentro da área de estudo, com erro menor que um pixel. Ambas as imagens foram

recortadas usando um arquivo vetorial (*shape*) que delimita a área representada na Figura 01.

Na segunda etapa da metodologia foi realizada a aritmética de bandas, operação de subtração, com intuito de quantificar as mudanças mais expressivas ocorridas na paisagem. Segundo Meneses et al. (2012) essa técnica necessita de duas imagens de datas diferentes ($g1$ e $g2$), mas da mesma banda. A imagem gerada da subtração resulta em uma diferença mínima negativa de -255 e máxima positiva de +255. Uma vez que não existe radiância de energia negativa, o algoritmo adiciona 255 e o intervalo digital passa a ter uma amplitude que varia entre 0 a 511. Esses valores são divididos por 2 e assim resulta em uma imagem reescalada entre 0 e 255, conforme Equação 2. Os valores intermediários próximos a 128 indicam ausência de mudança, já os valores próximos de zero ou de 255 indicam mudanças ao longo do período analisado.

$$g_{dif} = \frac{(g1 - g2) + 255}{2} \quad (2)$$

Inicialmente, a imagem do Landsat 8 foi convertida em 8 bits para ficar compatível com as imagens do Landsat 5. Como elemento $g1$, do processo de subtração, foi utilizada a imagem da banda 4 (banda vermelha “*red*”, intervalo espectral de 0,64 a 0,67 μ m), do Satélite Landsat 8, referente ao ano de 2015, e, como $g2$, foi utilizada a imagem gerada na banda 03 (banda vermelha “*red*”, intervalo espectral de 0,63 a 0,69 μ m) do Satélite Landsat 5, referente ao ano de 1984. Estas duas bandas foram utilizadas porque, segundo o INPE (2016), a banda do vermelho apresenta características importantes para este tipo de estudo, como o bom contraste entre as áreas verdes ocupadas com vegetação e com os diferentes tipos de cobertura vegetal (ex: campo, cerrado, floresta), além de permitir com facilidade a visualização dos entalhes de cursos dos rios, de áreas agrícolas e é bastante utilizada para delimitar a mancha urbana.

O resultado da subtração é uma imagem onde são destacados os principais locais com diferenças significativas na paisagem. Por meio da imagem subtraída foram identificados os pivôs centrais localizados no município. Tendo selecionados aqueles pivôs que faziam captação de água diretamente dos afluentes do Rio Bagagem utilizou-se a ferramenta de medição de figuras do software Envi 4.8 ® para calcular suas respectivas áreas e a demanda total de água para uma safra anual. Segundo Sano et al.

(2007) a demanda hídrica total (Dt) em m³, pode ser obtida através do somatório de todas as áreas(α) calculadas pela ferramenta do Envi 4.8 ® e multiplicadas pela constante 0,6, que representa a demanda hídrica média anual por safra, conforme Equação 3.

$$Dt = \sum(\alpha * 0,6) \quad (3)$$

Por fim, na terceira etapa, foi calculado o NDVI, utilizando as bandas 3 (vermelho - R) e 4 (Infravermelho próximo - NIR) da imagem de 1984 e bandas 4 (vermelho - R) e banda 5 (Infravermelho próximo - NIR) da imagem de 2015. Menezes et al. (2012) afirmam que o NDVI é mais apropriado para analisar mudanças ocorridas ao longo do tempo, já que sofre menos interferência das condições atmosféricas. De acordo com Rouse et al. (1974), o NDVI é calculado pela Equação 4.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (4)$$

Posteriormente, essa imagem foi classificada através do método Densidade de Corte (*Density slice*) em cinco classes de uso, conforme a Tabela 02.

Tabela 02. Tabela de classes de uso e intervalo espectral dos NDVI's de 1984 e de 2015.

Classe de uso	Intervalo espectral do NDVI (1984)	Intervalo espectral do NDVI (2015)
Água	-0.550 a -0.122	-0.173 a -0.025
Solo exposto e áreas urbanas	-0.122 a 0.163	-0.025 a 0.224
Solo com vegetação rasteira	0.163 a 0.306	0.224 a 0.272
Solo com cobertura de vegetação pouco densa (intermediária)	0.306 a 0.448	0.272 a 0.390
Solo com cobertura de vegetação densa (grande área foliar)	0.448 a 0.589	0.390 a 0.569

Fonte: Os autores, 2016.

Segundo ESRI (2015), a classificação de imagens através do método Densidade de Corte (*Density slice*), aplicada a uma imagem monocromática (banda única), serve para destacar as áreas que parecem ser uniforme no tom, mas não são. Nesse método,

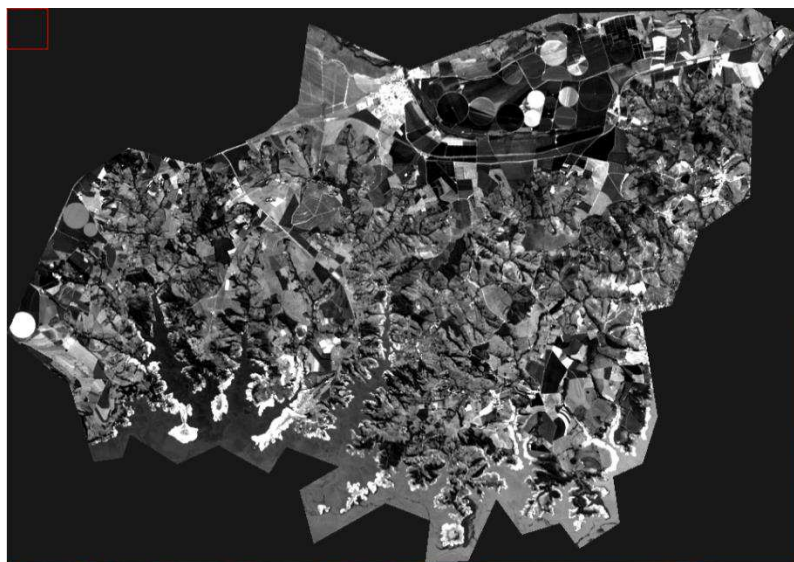
valores de escala de cinza (0-255) são convertidos numa série de intervalos, ou fatias, e cores diferentes são atribuídas a cada fatia, muitas vezes usadas para realçar as variações na vegetação.

Por meio da ferramenta estatística *Generate Random Sample- Using Ground Truth Classification Image*, implementada no Envi 4.8 ®, foi possível comparar, em termos percentuais, quanto houve de mudança em cada classe de uso, o que permitiu comparar a dinâmica de mudanças ocorridas na paisagem em estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do processo de subtração de bandas foi possível verificar as diferenças espectrais entre as imagens do ano de 1984 e as imagens do ano de 2015. Tais diferenças podem ser observadas na Figura 03, as quais, segundo Menezes et al. (2012) demonstram que os tons de cinza mais escuros correspondem às áreas que sofreram maior mudança.

Figura 03 – Imagem subtraída (banda 4 Landsat 8 - banda 3 Landsat 5).



Fonte: Os autores, 2016.

As áreas mais escuras da Figura 03 concentram-se principalmente na região nordeste do município, próximas à cabeceira do Rio Bagagem. Estas áreas representam, *in loco*, a região com maior quantidade de práticas agrícolas intensivas dentro do município. No ano de 1984, essas áreas provavelmente tinham acabado de passar por

um processo de desmatamento, por isso apareciam com solo descoberto. Ao contrário, no ano de 2015, utilizando de uma classificação supervisionada, *in loco*, pode-se afirmar que essas áreas eram cultivadas durante o ano inteiro, graças à prática de irrigação, que se dá por uso de pivô central, e outras áreas de café que utilizam práticas de gotejamento. Algumas áreas escuras em regiões mais centralizadas no município demonstram que houve desmatamento no período em estudo, ocorrendo a substituição da vegetação original (cerrado *sensu lato*, *sensu strictu* e cerradão) por culturas exóticas, como café, eucalipto ou culturas forrageiras para criação de gado bovino, utilizando-se principalmente a *Brachiaria spp* (braquiária).

A imagem subtraída permite também observar áreas esbranquiçadas, localizadas mais ao norte da imagem representando a mancha urbana e retratando que houve um pequeno aumento do tamanho da cidade. Outros pontos brancos retratam ausência de vegetação, seja por gradeamento para novos cultivos ou áreas próximas à lagoa hidrelétrica de Nova Ponte, cujo nível da água baixou, deixando o solo descoberto.

Destaca-se que essas áreas escuras indicam a evolução agrícola a montante do Rio Bagagem. Enquanto no ano de 1984 inexistiam culturas irrigadas, no ano de 2015 observa-se que 25 áreas agrícolas utilizam-se da prática de irrigação por pivô central, sendo que 22 deles (88 %) localizam-se na cabeceira do Rio Bagagem, mostrando que atualmente a atividade agrícola no município é altamente dependente deste recurso hídrico. Em 2015, as áreas irrigadas que captavam água diretamente do Rio Bagagem e seus afluentes somaram uma área irrigada de aproximadamente 1.009 ha, conforme a Tabela 03.

Tabela 03. Áreas irrigadas com pivô central na cabeceira do Rio Bagagem

Pivô	Área (ha)	Pivô	Área (ha)
1	28.2600	12	40.6944
2	28.2600	13	40.6944
3	113.0400	14	113.0400
4	78.5000	15	12.5600
5	78.5000	16	28.2600
6	40.6944	17	50.2400
7	33.1663	18	45.3416
8	33.1663	19	70.8463
9	15.8963	20	63.5850
10	15.8963	21	23.7463
11	15.8963	22	39.2500

Soma total: 1009.5339 ha

Fonte: Os autores, 2016.

Em visitas de campo constata-se que a maioria dos cultivos agrícolas dessas áreas, em específico, é constituída de plantações de trigo e outros grãos, como feijão, milho e soja. Segundo Sano et al (2007), esses tipos de culturas demandam cerca de 500 mm³ de água em períodos secos e 100 mm³ de água em períodos de veranico, totalizando uma demanda de água para irrigação de pivô central de 600 mm³ por safra. Assim, considerando a área irrigada a montante do Rio Bagagem no ano de 2015 e fazendo as devidas conversões de unidades, o consumo de água desses equipamentos foi estimado em 6,06 milhões de m³ por ano.

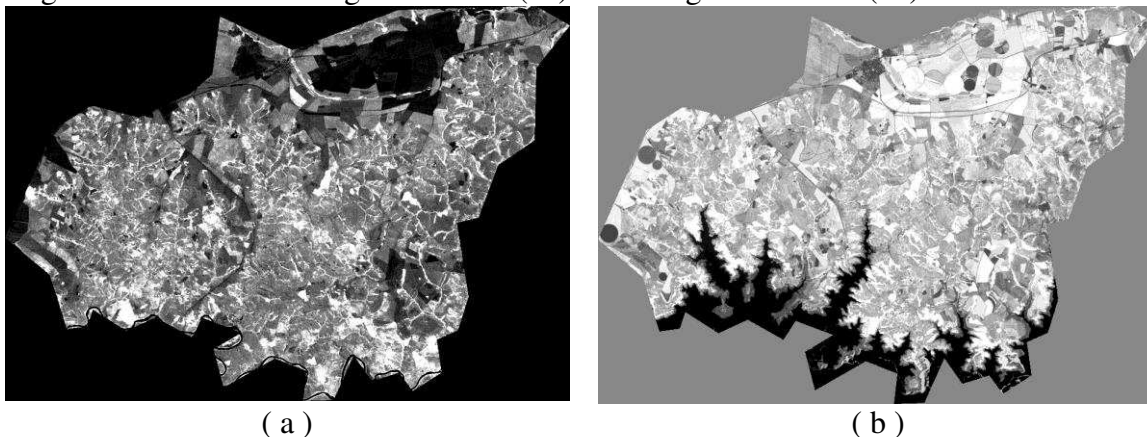
Segundo o Relatório 6 da Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte (CPRM, 2014), a vazão mínima medida no Rio Bagagem em Iraí de Minas até o ano de 2013 era de 0.25 m³/segundo ou de 7,88 milhões de m³ anuais. Considerando esses valores, observa-se que praticamente 77% da vazão do Rio era utilizada no funcionamento dos pivôs. Ressalta-se ainda que, em casos de estiagem prolongada, como a ocorrida no ano de 2014, período em que muitos rios da região sudeste tiveram seus níveis e vazões mínimas muito abaixo da série histórica, o Rio Bagagem chegou a níveis de vazão próximos de zero e faltou água para o abastecimento da população urbana. Segundo o mesmo relatório, o valor mínimo do Rio Bagagem foi de 0.15m³/segundo, valores estes insuficientes para manter o abastecimento urbano e a irrigação das lavouras da região.

Em suma, a utilização das bandas 3 e 4 para o processo de subtração se mostrou eficiente no tocante em que o contraste dos alvos permitiu a análise visual do desenvolvimento da mancha urbana (destacada em branco), algumas áreas com baixo valor de índice de vegetação (tonalidades escuras) e uma grande diferença na região sul do município, com o alagamento de áreas rurais pela lagoa hidrelétrica de Nova Ponte. Além disso, a subtração de imagens tornou possível a análise das áreas que nos últimos anos passaram a ser introduzidas por práticas de culturas intensas e mecanizadas.

O processamento das imagens pelo método de NDVI mostrou as diferenças no índice de vegetação ocorridas entre o ano de 1984 e o ano de 2015 (Figura 04). Observa-se grande diferença nos tons de cinza, que segundo preconizado por Rosendo (2005), valores mais próximos de 1 (tons mais claros) indicam uma vegetação mais densa e valores mais próximos de 0 (zero) indicam superfície menos vegetada ou com ausência total de vegetação (corpos d'água, rochas etc...). A Figura 04 (a) apresenta tons de cinza mais escuros e algumas áreas com tons muito próximos de 0 (zero). Essa ocorrência é explicada pelo fato de que naquela época existiam poucas práticas

agrícolas na região. A maioria da vegetação era composta por pastagens naturais, gramíneas e vegetação nativa do Cerrado. Já no período contemporâneo (Figura 04 b), observa-se tons de cinza mais claros devido a grande expansão agrícola, substituição das pastagens nativas por pastagens cultivadas e tais modificações nas estruturas morfofisiológicas das plantas, as quais apresentam maior biomassa foliar, podem ser perfeitamente captadas pelos sensores dos satélites.

Figura 04 – NDVI da imagem de 1984 (a) e da imagem de 2016 (b)

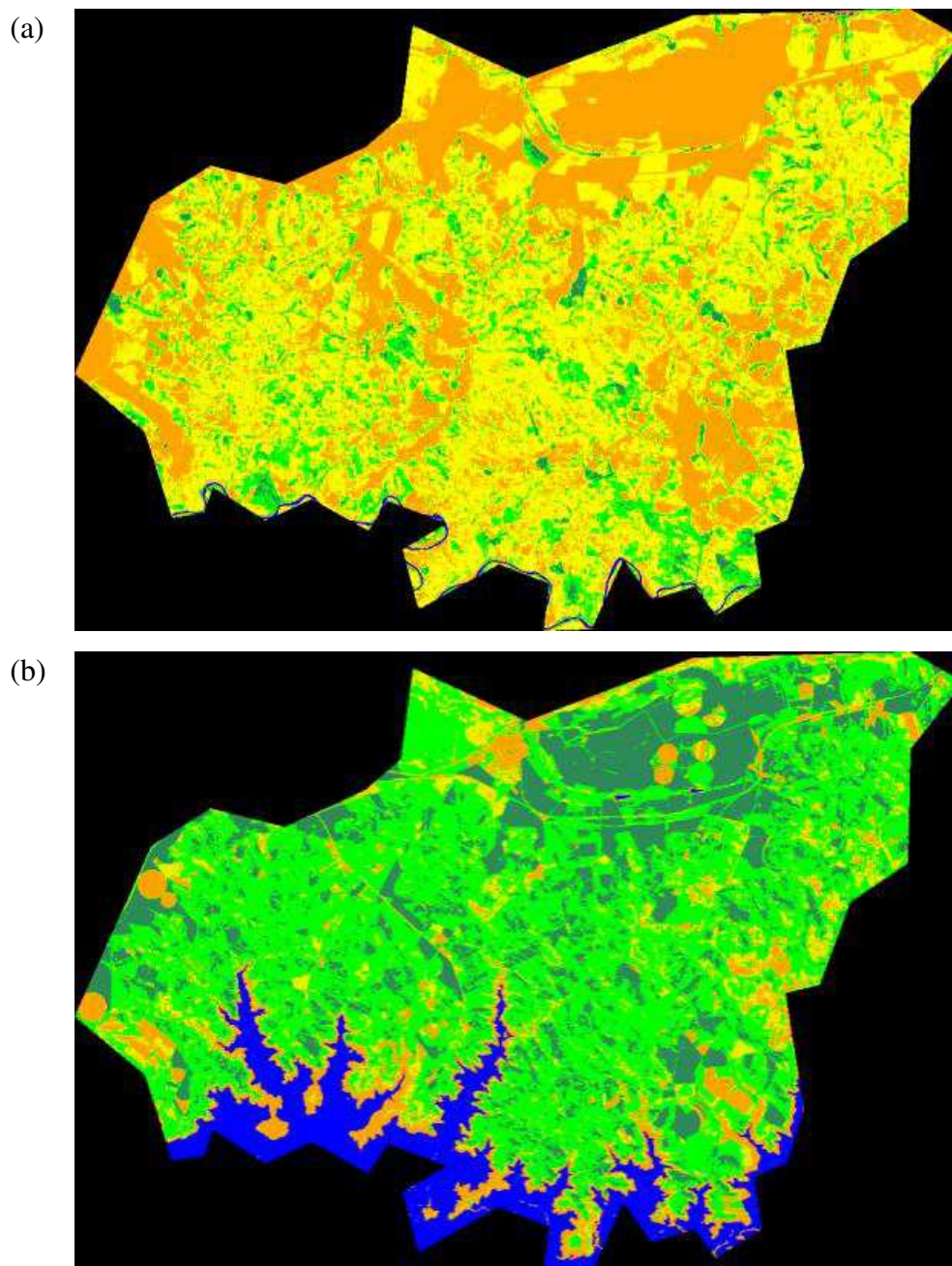


Fonte: Os autores, 2016.

Apesar das imagens de NDVI, em tons de cinza, já expressarem diferenças espectrais dos alvos, a classificação das imagens é uma ferramenta importante que torna possível rotular o uso do solo e realizar comparações estatísticas de cada área classificada, bem como facilitar a análise visual da área, uma vez que o olho humano é mais sensível ao colorido.

Com a utilização da ferramenta “Densidade de Corte” foi possível definir cinco classes, como seguem: cor azul (valores negativos), corresponde à feição corpos d’água; cor alaranjada (valores próximos a zero), corresponde aos solos expostos presentes na região; cor amarela, mostra áreas de vegetação rasteira e de pequena área foliar (ex: campo cerrado) ; cor verde clara, representando a vegetação cujas áreas foliares podem ser consideradas intermediárias; e, coloração verde escura, representando vegetação com grande densidade e área foliar (Figura 05 (a) e (b)).

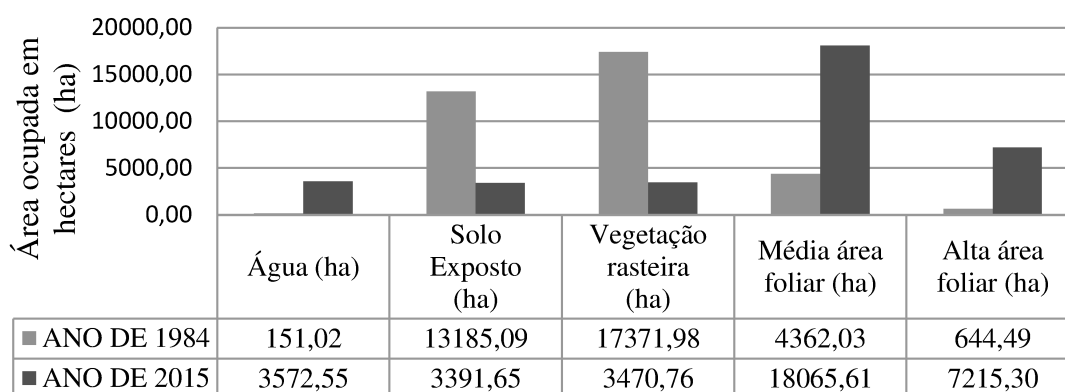
Figura 05 – NDVI classificado conforme uso do solo - Imagem de 1984 (a) e 2015 (b)



Fonte: Os autores, 2016.

Através do gráfico 01 é possível verificar a mudança de uso do solo no período estudado, considerando a área, em hectare (ha), ocupada por cada classe no ano de 1984 e no ano de 2015.

Gráfico 01 - Uso do solo nos anos de 1984 e 2015.



Fonte: Os autores, 2016.

A comparação entre os anos de 1984 e 2015 permite afirmar que ocorreram mudanças em todas as classes de ocupação. A água, antes presente apenas nos rios e córregos e que ocupava menos de 0,5% (151,02 ha) da área total do município, passou a ocupar cerca de 10% (3572,55 ha) devido a ação antrópica que realizou o represamento de água na lagoa da hidrelétrica de Nova Ponte. Uma simples análise sobre esse atributo pode apresentar uma falsa impressão de que existe água em abundância nessa região, no entanto, ao norte do município onde se localiza a área urbana com densidade demográfica de aproximadamente 80% da população (IBGE, 2016) existe uma crise hídrica, já que ali o Rio Bagagem é a única fonte hídrica para o consumo humano, para as necessidades de saneamento básico, bem como para atender a grande demanda da irrigação feita por pivô central dos cultivares agrícolas do município. Percebe-se, então, um desequilíbrio espacial na distribuição da água dentro do município com grande abundância ao sul e pouco abundante ao norte.

Quanto ao tipo de ocupação do solo, percebe-se através da classificação do NDVI (Figura 05 (a) e (b)) e também através do gráfico 01, que a quantidade de solo exposto e de vegetações características do campo cerrado, como as de campo limpo que, juntas, ocupavam originalmente 85,56% (30.557,07 ha) em 1984, diminuiu para 19,22% (6.862,41 ha) no ano de 2015. A substituição dessa fisionomia original se deu, em sua maior parte, pela plantação de pastagens que possuem maior densidade e área foliar.

Na figura de 1984 (Figura 5 (a)) as áreas classificadas em tons de verde representavam a vegetação de campo sujo ou cerradão com a presença de árvores e arbustos, já a de 2015 essas áreas representam a maior proporção do município e são constituídas principalmente por pastagens, como as do gênero *Brachiaria spp* (braquiária). Vale ressaltar o aumento da área vegetada em tons de verde escuro do ano

de 2015 (Figura 5 (b)) que representam grande cobertura do solo por plantações agrícolas altamente fotossintetizantes. Algumas áreas em tons de verde escuro representam também as APP's e áreas de reserva legal da região. Não é possível, no entanto, que somente através da técnica do NDVI possa ser afirmado o tipo de vegetação de cada área do mosaico.

Os resultados corroboram com as informações da EMBRAPA (2014), cujos estudos, feitos desde o Censo Agropecuário de 1970, afirmam que as áreas de pastagens naturais no Brasil têm sido substituídas por pastagens plantadas (capins exóticos mais produtivos – maior biomassa), por lavouras e por outras atividades agrícolas. As áreas classificadas na cor verde, representando vegetação mais densa de 1984 (maior biomassa e características do cerrado *Stricto Sensu*) foram substituídas quase que em sua totalidade pelas vegetações primárias na imagem de 2015, enquanto outras localizadas mais na região sul e sudoeste, provavelmente áreas de APP – Áreas de Preservação Permanente - e matas ciliares, foram suprimidas pela lagoa da Hidrelétrica de Nova Ponte, alterando significativamente o cenário da região de estudo.

Por meio do resultado das análises e considerando a carência hídrica na zona norte do município, infere-se que ocorreram grandes alterações no uso do solo nas últimas décadas advindas da tecnologia e da mecanização, que de certa forma trouxe crescimento, em termos econômicos, para a região. No entanto, o desenvolvimento sustentável não foi observado e não houve uma gestão eficiente dos recursos hídricos cujos problemas acabaram se agravando. Assim, é necessário que o poder público invista em tecnologias, em fiscalização, em conscientização ambiental e que os agricultores utilizem práticas adequadas de manejo visando otimizar o sistema de irrigação e minimizar os problemas causados pela crescente demanda hídrica. Além disso, novas pesquisas devem ser desenvolvidas a fim de oferecer subsídios técnicos para a resolução desse problema.

4 CONCLUSÃO

Por meio do presente estudo foi possível concluir a eficiência da utilização de técnicas de geoprocessamento como o Sensoriamento Remoto e Processamento Digital

de Imagens (PDI), a fim de comparar alterações temporais ocorridas em determinada área de estudo.

Através das técnicas empregadas conclui-se que mais de 10% da área territorial do município de Iraí de Minas - MG foi inundada pela lagoa hidrelétrica de Nova Ponte. Além disso, ocorreram alterações significativas no uso do solo nos últimos anos, acompanhando a expansão da agricultura ocorrida em todo o Brasil. Essas alterações suprimiram a vegetação natural existente na década de 1980, dando lugar às pastagens com maior biomassa foliar e às práticas agrícolas intensas, que acabaram por agravar a crise hídrica no abastecimento da população urbana. Ressalta-se que o município (centro urbano) carece das águas do Rio Bagagem para consumo humano e para demais necessidades inerentes ao saneamento básico.

BORLAUG, Norman E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. **Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 38, n. 2, p. 221-228, 2002.

CPRM. Acompanhamento da estiagem na região sudeste do Brasil. **Relatório 6**. Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2015/01/6%C2%BA-Relat%C3%B3rio-de-Acompanhamento-da-Estiagem-na-Regi%C3%A3o-Sudeste-do-Brasil-2014-CPRM.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2015.

EMBRAPA. Diagnóstico das pastagens no Brasil 2014. **Documentos**. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>> Acesso em 04 dez. 2015.

ESRI. **Densite slicing**. [2015]. Disponível em: <<http://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary/term/density%20slicing>>. Acesso em 04 dez. 2015.

FLORENZANO, Teresa G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GENARO, Felipe. **A campesinidade em Iraí de Minas – MG: estratégias de reprodução social no Cerrado mineiro**. 2016. 136f. Dissertação (mestrado em geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

DE IMAGENS, Divisão de Geração. **Catálogo de Imagens**. [2016]. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em 04 set. 2016.

INPE. Divisão de Geração de Imagens. **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. [2016] Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em 21 set. 2016.

IBGE. **Cidades**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313160&search=minas-gerais|irai-de-minas>>. Acesso em 20 set. 2016.

KRUG, Thelma. Tecnologia espacial como suporte à gestão dos recursos naturais. **Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, v. 4, n. 7, p. 211-226, 1999.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

MACHADO, Ricardo B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservação Internacional, Brasília, 2004. Disponível em: <<http://cmbbc.cpac.embrapa.br/RelatDesmatamCerrado%20CIBrasil%20JUL2004.pdf>>. Acesso em 15 set. 2016.

MENESES, Paulo R. et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33333156/MENESES___ALMEI>

DA_2012_INTRO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGEM.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1484686504&Signature=JaPersvu08bccIOOp tH9PRqGg34%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMENESES_and_ALMEIDA_2012_INTRO_AO_PROCES.pdf>. Acesso em 10 set. 2016.

MYERS, Norman et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NOVO, Evelyn M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

PONZONI, Flávio J.; SHIMABUKURO, Yosio E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São Jose dos Campos: Editora Parêntese, 2007. 127p.

RICHARDS, John A. **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction**. Berlin: Springer-Verlag, 1986.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia EDUFU, 1990.

ROSENDO, Jussara dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território), Uberlândia, 2005.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA special publication**, Texas, v. 351, p. 309, 1974. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2016.

SANO, Edson E. et al. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 12, p. 2739-2752, 2007.

DA SILVA, José M. C.; BATES, John M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot The Cerrado, which includes both forest and savanna habitats, is the second largest South American biome, and among the most threatened on the continent. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-234, 2002.

CAPÍTULO 3

VALORAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO BAGAGEM SOB A ÓPTICA DOS MUNICÍPIES DA CIDADE DE IRAÍ DE MINAS/MG

Janderson Cristian Ferreira¹, Aracy Alves de Araújo², Claudionor Ribeiro da Silva³.

RESUMO

A valoração ambiental é uma ferramenta da economia neoclássica que procura atribuir um valor monetário aos serviços e recursos da natureza. Um dos métodos de valoração mais utilizados é o Método de Valoração Contingente (MVC), que é capaz de avaliar a Disposição a Pagar (DAP) para evitar ou corrigir algum dano ambiental diante da criação de um cenário hipotético. Este trabalho utilizou-se desse método para captar o valor que os munícipes urbanos de Iraí de Minas, Minas Gerais, atribuem ao rio Bagagem. Este rio é responsável pelo abastecimento e saneamento urbano, além de ser utilizado para práticas intensivas de irrigação agrícola com uso de pivô central. Objetivou-se, também, fazer o levantamento das características socioeconômicas e identificar a consciência e a percepção ambiental da amostra pesquisada. Durante o mês de abril de 2016, foram feitas 198 entrevistas residenciais e georreferenciadas na zona urbana de Iraí de Minas. Os principais resultados apontaram que mais de 50% dos entrevistados conhecia e já havia visitado alguma Área de Preservação Permanente (APP); mais de 90% conhecia o Rio Bagagem e sabia de sua importância, sendo que praticamente 70% das pessoas já havia visitado o rio diversas vezes por curiosidade ou lazer. Ainda, a maioria afirmou que a quantidade de água no leito do rio diminuiu nos últimos anos, que ele estava poluído física e quimicamente, e também que passava por problemas de desmatamento das suas APPs. Além disso, 87,37% dos entrevistados responderam que estavam dispostos a pagar para melhorar a qualidade do rio; e o valor médio mensal da DAP foi de R\$ 21,98. O modelo *logit* mostrou que a DAP está diretamente relacionada com a renda familiar e com a consciência ambiental e inversamente proporcional à idade e à distância da residência até o rio. O resultado deste estudo pode ser utilizado como subsídio para tomada de decisões em políticas públicas de gestão ambiental.

Palavras-chave: Valoração Ambiental, Rio Bagagem, Disposição a Pagar (DAP), Percepção ambiental, Valoração Contingente.

¹ Biólogo; Mestrando no Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, UFU; Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Prefeitura Universitária, bloco 3P, Cx postal 593, CEP: 38408-100, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil; E-mail: janderson@ufu.br

² Dra.; Economista; Professora adjunto IV na Faculdade de Gestão e Negócios na Universidade Federal de Uberlândia; Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia / MG; E-mail:

³ Dr.; Eng. Agrimensor; Professor associado I na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo; Rua Goiás, 2000, Vila Nova, Monte Carmelo / MG; E-mail: crs@ufu.br

ENVIRONMENTAL VALUATION OF BAGAGEM RIVER BASIN ACCORDING TO INHABITANTS OF IRAÍ DE MINAS

ABSTRACT

Environmental valuation is a neoclassical economics tool that assigns a monetary value to environmental goods and services. One of the most used valuation methods is the Contingent Valuation Method (CVM), which identifies the people's willingness to pay (WTP) to avoid or correct an environmental damage in a hypothetical scenario. This research used the CVM to identify the economic value of Bagagem River for the urban inhabitants of Iraí de Minas, in the state of Minas Gerais, Brazil. Bagagem River is the source for urban water supply and sanitation, and it is used for intensive irrigation activities with central pivots. This research aimed to identify the socioeconomic characteristics and the environmental awareness and perception of the studied sample. In April 2016, 198 interviews were carried out with inhabitants georeferenced in the urban area of Iraí de Minas. The main findings indicate more than 50% of the inhabitants interviewed knew and had already visited a Permanent Preservation Area (PPA); more than 90% knew the Bagagem River and knew its importance; almost 70% had visited the river several times out of curiosity or leisure; most stated that the water level in the riverbed has been declining in recent years and that the river was physically and chemically polluted; most of them also stated that the PPA of the river has been deforested. In addition, 87.37% of the interviewees answered that they were willing to pay to improve the quality of the river. Inhabitants were willing to pay, in average, R\$ 21.98 per month. The logit model showed that WTP is directly related to family income and environmental awareness and inversely proportional to age and distance from the residence to the river. These research findings may base decision makings in public policies on environmental management.

Keywords: Environmental Assessment, Bagagem River, Willingness to Pay (WTP), Environmental Perception, Contingent Valuation.

¹ Biólogo; Mestrando no Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia, UFU; Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Prefeitura Universitária, bloco 3P, Cx postal 593, CEP: 38408-100, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil; E-mail: janderson@ufu.br

² Dra.; Economista; Professora adjunto na Universidade Federal de Uberlândia; Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, Uberlândia / MG; E-mail: aracy.araujo@gmail.com

³ Dr.; Eng. Agrimensor; Professor na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo; Rua Goiás, 2000, Vila Nova, Monte Carmelo / MG; E-mail: crs@ufu.br

1 INTRODUÇÃO

As questões relacionadas ao meio ambiente vêm sendo discutidas com mais afinco a partir da Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra durante o século XVIII, em que a produção, antes artesanal, passou a ser produzida em grande escala com a introdução de máquinas e tecnologias. A partir daí aumentou-se a produção e começaram a surgir problemas como o aquecimento global, lançamento de substâncias tóxicas no ambiente, aumento da demanda por madeira, carvão e novas áreas para plantio que acabaram deflagrando o desmatamento desenfreado a nível global. Todos os problemas ambientais ocasionados pela crescente industrialização atrelada à economia exploratória e extrativista deram início ao dilema da humanidade que era de desenvolver a economia de forma sustentável.

Segundo Mota *et. al* (2008), o marco inicial para mudança do comportamento econômico iniciou-se através de um encontro ocorrido em Roma no ano de 1968, promovido pelo economista e empresário Aurélio Peccei e outros 30 pesquisadores de diversos países. Desse encontro surgiu o Clube de Roma que produziu o documento intitulado *The Limits to Growth* – Limites do Crescimento (Meadows *et al.*, 1972) que sugeria medidas para diminuir o consumo dos recursos, já que a sociedade industrial estava excedendo a maioria dos limites ecológicos. Tal encontro desencadeou outras várias conferências e tratados que fizeram com que alterasse significativamente o pensamento econômico tradicional.

Cavalcanti (2010) afirma que a economia tradicional trata apenas das relações entre produção e consumo. Esse modelo econômico típico focaliza somente os laços formados entre famílias e empresas (laço fechado), deixando de lado as questões ambientais e tratando-as como externalidades. Desta maneira o meio ambiente é incluído no modelo econômico na forma de um apêndice conhecido como economia ambiental e é considerado normalmente como um ramo da microeconomia. O foco da economia ambiental é internalizar o meio ambiente no cálculo econômico, ou seja, valorar monetariamente os serviços e recursos da natureza. Para o cálculo da valoração, ela utiliza-se das ferramentas da economia neoclássica conhecidas como métodos de valoração ambiental.

Segundo Mattos & Mattos (2004), os métodos de valoração ambiental são importantes para demonstrar custos e benefícios decorrentes da expansão da atividade

humana, além de dimensionar alterações ou impactos ambientais internalizando-os à economia. Em se tratando dos impactos, ocorridos por ação antrópica, estes podem ser positivos ou negativos, valorizando ou desvalorizando o ativo ambiental respectivamente.

O valor econômico do ambiente relaciona-se ao valor de uso de bens e serviços da natureza (valor imediato ou serviço prestado), ao valor pela utilização futura ou ainda relaciona-se com a não utilização do bem ou serviço ambiental (PILLET, 1993).

Segundo Turner (1991) e Munasinghe (1992) *apud* Figueroa (1996) o Valor Econômico Total (VET) de um recurso é constituído pela soma dos Valores de Uso (VU) e os valores de Não Uso (VNU) (Equação 1), que por sua vez podem ser desmembrados conforme a equação 2.

$$VET = (VU) + (VNU) \quad (\text{Equação 1})$$

$$VET = (VUD + VUI + VO) + (VE + VL) \quad (\text{Equação 2})$$

Assim, o Valor Econômico Total (VET) é representado pela soma do VUD (Valor de Uso Direto) – que representa benefícios que podem ser consumidos diretamente, VUI (Valor de Uso Indireto) – que referem-se aos benefícios funcionais, mesmo de forma indireta, VO (Valor de Opção) – valores de uso futuro direto e indireto, VE (Valor de Existência) – valor referenciado pelo conhecimento da existência de um bem, mesmo que jamais irá ter contato com esse recurso, e por fim o VL (Valor de Legado) – que representa o Valor de Uso e Não Uso cujos benefícios devem perpetuar para a próxima geração (Turner (1991) e Munasinghe (1992) *apud* Figueroa (1996)).

Diversas são as formas utilizadas para valorar um bem ambiental, e a técnica aplicada deve ser aquela que melhor se adequa aos objetivos da pesquisa. Segundo Motta (1997), os Métodos de Valoração Ambiental podem ser divididos basicamente em Métodos Diretos (Função de Demanda) e em Métodos Indiretos (Função de Produção). Os Métodos Diretos partem do princípio de que mudanças na disponibilidade de um recurso ambiental modificam o bem-estar dos indivíduos, já os Métodos Indiretos remetem a ideia de que a qualidade ou quantidade do recurso ambiental em estudo se relaciona diretamente com a produção de outro produto que tenha um preço já definido no mercado.

Considerando a água como um dos recursos ambientais essenciais à vida e cuja mudança na disponibilidade, seja quantitativa ou qualitativa, afeta diretamente o bem-estar dos indivíduos, é possível que seja aplicada a técnica de valoração para mensurar o

valor que o seu benefício representa para a população que dela utiliza-se. Assim, pode ser utilizado o Método de Valoração Contingente (MVC), que capta a Disposição a Pagar (DAP) para evitar ou corrigir algum dano ambiental ou Disposição a Aceitar (DAA) para aceitar a alteração de um bem ou serviço ambiental (SILVA, 2003) em valores monetários (MOTTA, 1997).

No Método de Valoração Contingente (MVC) o entrevistado é indagado quanto a sua Disposição a Pagar (DAP) ou Disposição a Aceitar (DAA) baseado em cenários hipotéticos, os quais simulam cenários que devem ser os mais próximos possíveis da realidade e que seriam perfeitamente possíveis de ocorrer. Neste caso, se o mercado hipotético se transformasse em um mercado real, as respostas do entrevistado frente ao mercado hipotético refletiriam suas respostas reais (MOTTA, 1997).

Esse método é bastante utilizado na literatura para valoração de recursos hídricos e como exemplo cita-se o estudo de Souza & Junior (2006) que usou o Método de Valoração Contingente para obtenção do valor econômico do Rio Paraibuna, que é um importante recurso hídrico para a cidade de Juiz de Fora/MG e para outras cidades do seu curso e cujas propriedades naturais encontravam-se degradadas. Valendo-se de um mercado hipotético em que os indivíduos respondiam se estavam dispostos a pagar para melhorar a qualidade do Rio Paraibuna, foram aplicados 400 questionários na cidade de Juiz de Fora/MG, cuja estruturação também procurava depreender a consciência ambiental dos indagados. Utilizou-se do modelo *logit* para estimação do valor total do ativo. O estudo mostrou que as pessoas estavam conscientes da importância do rio, porém a maioria não estava disposta a pagar por qualquer melhoria dos serviços ambientais.

Da mesma maneira, Silveira (2011) aplicou o método de valoração contingente sobre uma amostra de 766 pessoas que residiam nos distritos pertencentes aos municípios de Itabirito/MG e Ouro Preto/MG. O estudo buscou valorar a Área de Proteção Ambiental da Cachoeira das Andorinhas, que além de possuir alto valor biológico, paisagístico e turístico, ainda é responsável pela qualidade das nascentes de rios importantes, como o Rio das Velhas que abastece a região metropolitana de Belo Horizonte/MG. Os problemas enfrentados por aquele ativo ambiental eram devidos à antropização que causava graves degradações e também a falta de respaldo dos órgãos gestores para o seu efetivo manejo.

Através dos resultados obtidos, Silveira (2011) concluiu que os entrevistados possuíam bons conhecimentos acerca do meio ambiente e entendiam que suas atitudes

pessoais influenciavam no ambiente que viviam. Além disso, através do modelo logit, o estudo mostrou a disposição a pagar (DAP) dos entrevistados para a manutenção e a conservação dos recursos naturais com valores mensais de R\$ 15,43/habitante.

Um estudo realizado por Mattos *et al.* (2007) aplicou o mesmo método de valoração à população de Viçosa/MG para manter ou melhorar as condições das APP's da microbacia do Ribeirão de São Bartolomeu que passava por problemas de uso indevido nas margens dos rios e no entorno das nascentes. O autor afirma que tais áreas não possuíam valor econômico para o produtor e, assim, era necessário estabelecer alguma forma de benefício econômico para que esses proprietários rurais mantivessem a vegetação nativa e preservada, gerando benefícios para toda a sociedade, cuja solução seria encontrar um valor monetário para pagar pela proteção. Utilizou-se, então, o Método de Valoração Contingente para determinar o valor monetário das APP's por meio do valor de existência. Foram aplicados 280 questionários e obteve-se uma DAP média de R\$ 27,98/mês ou um valor de existência de R\$3.616,52 por hectare/ano.

Já Brant (2011) realizou um estudo de valoração do rio Macaé no município de Macaé de Cima/RJ. Segundo o autor, o rio é de suma importância para o abastecimento, pecuária, agricultura e turismo e vinha passando, também, por problemas de uso indevido que traziam riscos à qualidade dos bens e serviços ambientais naquela região. O valor médio da DAP encontrada por Brant (2011) foi de R\$ 48,45/mês.

Nesse contexto, este estudo visou obter um valor econômico para os serviços ambientais prestados pelo Rio Bagagem no município de Iraí de Minas – MG, que dependia diretamente do referido recurso para consumo humano, para as necessidades de saneamento básico, bem como para atendimento da grande demanda da irrigação, feita por pivô central, dos cultivares agrícolas do município. Os objetivos foram depreender a Disposição a Pagar (DAP) dos munícipes urbanos, analisar a consciência ambiental da população, avaliar a percepção das pessoas em relação aos problemas do Rio Bagagem e analisar as características socioeconômicas que poderiam, de alguma maneira, relacionar-se com a DAP.

Para uma melhor compreensão esse artigo foi dividido em cinco capítulos, sendo eles: Capítulo 1 - Introdução; Capítulo 2 - Materiais e Métodos; Capítulo 3 – Resultado e discussão; Capítulo 4 – Conclusões; e Capítulo 05 – Referências bibliográficas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na área urbana do município de Iraí de Minas – MG, que possui uma população estimada para o ano de 2016 de aproximadamente 6929 habitantes e uma área territorial aproximada de 356,264 Km² (IBGE, 2016).

Situada na região do Triângulo Mineiro, a sudoeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1) o município encontra-se na formação florestal do bioma Cerrado e limita-se a leste com Romaria e Nova Ponte, a oeste com Patrocínio e Perdizes, a norte com Monte Carmelo e a sul com o município de Pedrinópolis (GENARO, 2016).

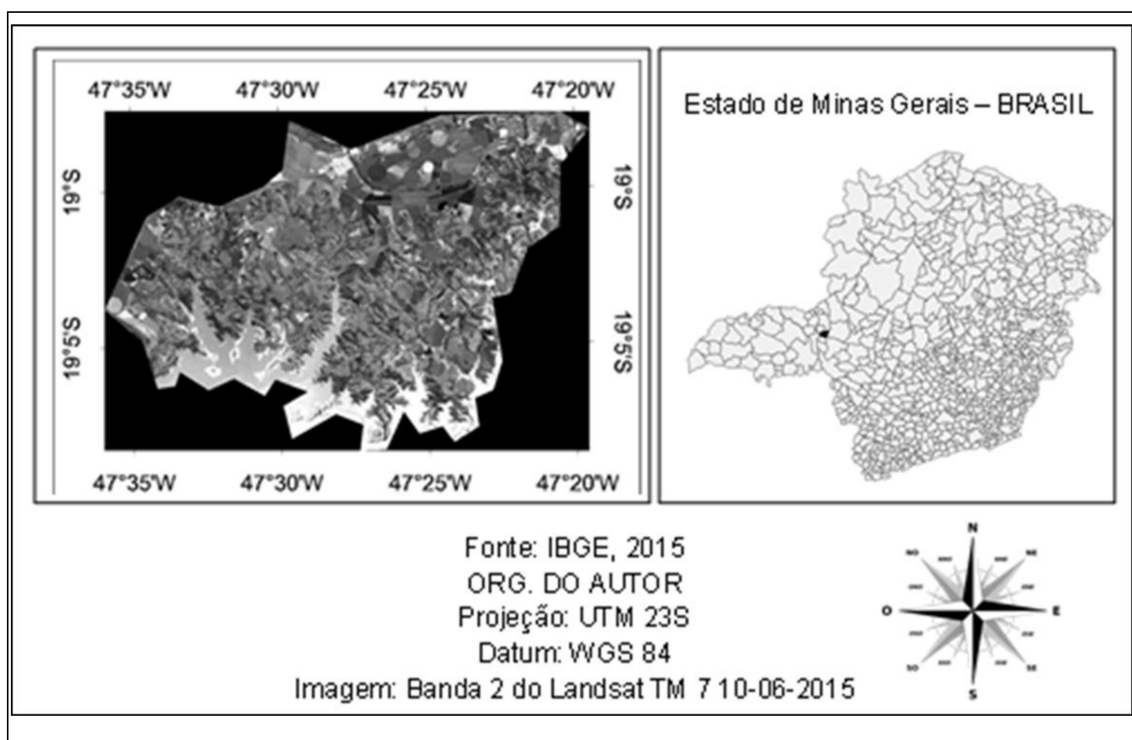


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo – Município de Iraí de Minas / MG.
Fonte: Os autores, 2016.

Historicamente Iraí de Minas tem forte ligação com o Rio Bagagem que localizado ao nordeste do município constitui o principal recurso hídrico da região. Devido à exploração de jazidas minerais e da descoberta do diamante estrela do sul em 1852 uma grande quantidade de garimpeiros aglomeraram-se em torno do rio e ali deixavam suas bagagens o que levou à denominação do Rio Bagagem. No ano de 1943 o pequeno povoado também recebeu o nome de Distrito de Bagagem e somente em 1953 definiu-se o nome atual, cujo significado, na linguística Tupi-Guarani, é Rio de

Mel. Em 1962, pela Lei nº 2764 de 30/12/1962 Iraí de Minas foi desmembrado de Monte Carmelo e reconhecido como município. A principal atividade econômica baseia-se em atividades agropecuárias como a produção de leite, gado de corte, plantação de milho, soja, trigo, feijão, batata, cebola e outras plantações de entressafra menos importantes, além de algumas áreas com atividades de agricultura familiar voltada para a subsistência (IBGE, 2016).

2.2 Definição da amostra

O tamanho da população urbana (N = 6347 moradores) foi levantado através de dados da Secretaria Municipal de Saúde e disponibilizado pelo Centro de Controle de Zoonoses do Município (CCZ), ano de 2016, o qual realizava visitas mensais a todas as residências da cidade e do município. Através desses dados a cidade foi dividida em três setores diferentes, sendo o setor A constituído dos bairros Bagagem e Visão 01 era o bairro mais próximo ao leito do Rio Bagagem. O setor B foi constituído pelos bairros Centro, Campestre e Liberdade e representa a zona central e comercial da cidade, além de serem os bairros mais tradicionais e ocupação mais antiga. Já o setor C foi constituído pelos bairros Brasil, Novo Horizonte 1 e Novo Horizonte 2 e representaram os bairros mais distantes do Rio Bagagem e com ocupação recente, menor que 10 anos.

Após a divisão dos setores, onde seriam aplicados os questionários, utilizou-se as Equações 3 e 4, sugerida por BARBETTA (2002) com nível de significância de 95% (0,95) e margem de erro amostral tolerável de 7% (0,07), o qual resultou em um tamanho de amostra n= 198 pessoas/questionários.

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} = \quad \text{(Equação 3)}$$

$$n = \frac{N \times n_0}{N + n_0} \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que: N= Tamanho da população urbana; E₀= Erro amostral tolerável = 7,0% (0,07);

n₀= Primeira aproximação do tamanho da amostra; n= Tamanho da amostra

A Tabela 01 apresenta os Bairros, quantidades de residências e de moradores da cidade de Iraí de Minas/MG.

Tabela 01: Setores, bairros, quantidade de residência e habitantes de Iraí de Minas/MG, 2016.

Setor	Bairros	Número de Residências (1)	Habitantes (2)	% Residências por Setor (3)	Nº de Questionários (4)
A	Bagagem	441	1.384	26	51
	Visão 01	121	384		
B	Centro	715	2.006	60	119
	Campestre	239	662		
	Liberdade	340	1.020		
C	Brasil	65	199	14	28
	Novo Horizonte 1	184	564		
	Novo Horizonte 2	41	128		
Total		2.146	6.347	100%	198

Fonte: Centro de Controle de Zoonoses - Secretaria de Saúde de Iraí de Minas – MG, 2016.

(1) Número de residências Urbanas estratificadas por Bairro.

(2) Número de habitantes por bairro.

(3) A população foi estimada em 2.146 residências. Dividindo a quantidade total de residências de cada setor por essa quantidade, obteve-se a porcentagem relativa de residências por setor.

(4) Multiplicando a porcentagem da coluna (3) pela quantidade total da amostra (198 questionários) obteve-se a quantidade de questionário que deveria ser aplicado em cada Setor da área urbana de Iraí de Minas.

2.3 Coleta dos dados

Para que a coleta de dados ocorresse de forma homogênea, as residências da amostra foram selecionadas aleatoriamente da seguinte maneira: em cada setor foi observada a quantidade de residências e a quantidade de questionários que deveriam ser aplicados. Dividindo-se esse número obteve-se o intervalo de residências em que foram feitas as coletas. Assim fazia-se a primeira entrevista e saltava-se a quantidade de residências determinada para cada setor e procedia-se a entrevista na casa alvo. Quando o domicílio alvo estava fechado, a casa seguinte era entrevistada, caso também não fosse possível proceder a entrevista na casa seguinte, a entrevista era feita na casa anterior à casa alvo. Para aplicação de cada questionário gastou-se em média de 15 a 20 minutos.

A posição geográfica de cada residência alvo foi obtida por meio do GPS profissional Garmin Map 64®. Com essa informação foi feita a correlação da DAP e a distância da residência até o Rio Bagagem. Para análise da distância da residência em relação ao recurso ambiental em estudo foi utilizado o software Envi 4.8®, disponível no Laboratório de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Campus Monte Carmelo– UFU. Por meio desse software, construiu-se um *buffer* delimitando a área próxima ao ponto de captação da água do rio e relacionando-o com cada ponto georreferenciado.

2.4 Método de valoração contingente

Para estimar o valor econômico dos serviços ambientais dos moradores do município de Iraí de Minas, foi utilizado o Método de Valoração Contingente (MVC), ressaltado por Nogueira & Medeiros (1999) como importante método, por apresentar facilidade de aplicação a uma grande variedade de bens e serviços que não são transacionados no mercado real.

O método estima o valor de existências de bens e serviços ambientais de acordo com a preferência individual, uma vez que as pessoas possuem diferentes graus de preferência ou gosto por diversos bens ou serviços. Mas, diferente dos outros métodos que utilizam de mercados de recorrência, que transacionam bens e serviços privados para derivar a preferência associada ao uso de recursos ambientais, o método de valoração contingente busca chegar a um valor de existência de determinado produto por meio da criação de cenário hipotético que se aproxime às condições do real (MOTTA, 1997).

Para estimar o mercado hipotético, Obara *et al.* (1999) sugere a utilização de questionários e/ou entrevistas com os usuários ou beneficiários de determinados serviços ambientais para que, na criação de um cenário hipotético próximo da realidade, seja possível estimar o quanto os indivíduos estão dispostos a pagar ou a receber para a preservação ou não dos serviços ambientais.

O questionário estruturado (Apêndice A) foi elaborado abrangendo 5 grupos de questões: identificação, condição socioeconômica, consciência ambiental, conhecimento sobre o Rio Bagagem e Disposição a Pagar (DAP) para manter ou melhorar a qualidade do recurso ambiental.

A fim de encontrar os valores de Disposição à Pagar (DAP) foi criado um cenário hipotético em que seria constituída uma associação de moradores de Iraí de Minas para gerir os recursos hídricos do Rio Bagagem. Tal Associação seria a responsável legal para exercer fiscalização efetiva do recurso e desenvolveria as seguintes ações ou serviços: Conferência dos limites, *in loco*, da quantidade de água outorgada aos agricultores da região, confrontando com os limites reais que são captados; cercamento de arame e reflorestamento das matas ciliares; despoluição física do rio e controle da qualidade da água através de análises químicas, a fim de garantir a inexistência de poluentes advindos de agrotóxicos e ainda a construção de um parque linear propiciando um local adequado para atividades físicas e de lazer da população. O veículo de pagamento foi definido como um carnê através do qual cada pessoa pagaria uma taxa mensal àquela Associação.

Após ter explicado o cenário hipotético, de forma detalhada, a pessoa era indagada se estava disposta a pagar para que tais serviços ambientais fossem efetivados. Caso a resposta fosse positiva (DAP positiva), perguntava-se em seguida qual valor ele estaria disposto a pagar. No primeiro momento, os lances foram livres a fim de serem captados os principais valores/ofertas e, para tanto, foi escolhido, como piloto, o Setor C, onde foram aplicados 28 questionários. Com o intuito de uniformizar as ofertas utilizaram-se os valores ofertados para elaboração de um cartão de pagamento (Apêndice B).

O cartão de pagamento é uma técnica na qual os valores são dispostos aleatoriamente em um cartão e apresentados ao entrevistado para que faça a escolha do valor máximo que estaria disposto a pagar para preservação dos bens e serviços ofertados (OBARA *et al.*, 1999). Assim, nas demais residências, após o entrevistado responder que estava disposto a pagar, era apresentado o cartão de pagamento com os valores pré-estabelecidos e a pessoa indicava qual valor máximo pagaria para preservação e melhoria do Rio Bagagem.

Para compreender os efeitos das variáveis dos distintos grupos no seu padrão de DAP foi utilizado o método de função de probabilidade logística acumulada (*Modelo Logit*) (PINDYCK & RUBINFELD, 2004). Por esse modelo, a variável dependente é dicotômica, ou seja, assume valores 0 e 1. A chance de ocorrência do evento, neste caso, seria a chance de um indivíduo não contribuir (0) e contribuir (1). E, dessa forma, a disposição a pagar foi avaliada como uma função das variáveis quantitativas e qualitativas que foram extraídas do questionário.

Na Tabela 02 pode ser observada a variável dependente (Disposição a Pagar – DAP) e a descrição que cada valor dummy assumiu no modelo logit.

Tabela 02 – Valor dummy da variável dependente (DAP) e seus significados

Variável Dependente	Valor dummy	Descrição
DAP	0	Indivíduo optou por não contribuir para preservação do recurso ambiental.
	1	Indivíduo contribui com algum valor para preservação do recurso ambiental.

Fonte: O autor (2016)

A probabilidade logística acumulada - *Modelo Logit simples* – pode ser definida conforme as Equações 5 e 6, propostas por Pindyck & Rubinfeld (2004):

$$P_i = F(Z_i) = F\left(a + \sum_j \beta_j \cdot X_{ij}\right) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} = \frac{1}{1 + e^{-(a + \sum_j \beta_j \cdot X_{ij})}} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que P_i representa a probabilidade de ocorrência de um evento dada a ocorrência de X_{ij} na observação i ; $F(\cdot)$ é a função distribuição acumulada; β_j é o coeficiente da variável independente feita por máxima verossimilhança; X_{ij} e Z_i é um índice contínuo teórico determinado pelas variáveis explicativas X_{ij} ; j é cada indivíduo que respondeu ao questionário; "e" representa a base logarítmica, que é aproximadamente igual a 2,718. Enquanto X representa o vetor das variáveis explicativas, α e β representam os parâmetros/coeficientes do modelo.

A partir de algumas transformações algébricas elementares sobre a equação 5 obtemos:

$$\text{Li} = \left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = Z_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (\text{Equação 6})$$

A partir dessa equação foi ajustado o modelo econométrico desse estudo, constituído pelas variáveis explicativas da Tabela 03 (Equação 7).

$$Z_i = \alpha + \beta_1 Sx - \beta_2 Id + \beta_3 Rf + \beta_4 Ap + \beta_5 ConAPP + \beta_6 ConRB + \beta_7 dim + \beta_8 Dist. \quad (\text{Equação 7})$$

Em que, Sx (sexo); Id (idade); Rf (Renda familiar); Ap (Atitudes pessoais); $ConAPP$ (conhece alguma APP?); $ConRB$ (conhece o Rio Bagagem?); dim (Ocorreu diminuição da quantidade de água no rio?); $Dist$ (Distância da residência até o rio Bagagem).

A tabela 03 apresenta as variáveis explicativas com o sinal esperado que foram utilizadas no modelo *logit* e que acreditava-se exercer influência positiva ou negativa na DAP dos indivíduos.

Tabela 03 - Descrição das variáveis e sinais esperados na regressão logística “logit” para a DAP

Variável Explicativa	Descrição	Sinal esperado da variável explicativa
Sexo	Variável <i>dummy</i> que assumiu valor 1 se o entrevistado fosse do gênero masculino e 0 para o gênero feminino	Negativo
Idade	Idade do entrevistado	Negativo
Renda familiar	Renda da família em valores reais	Positivo
Atitudes pessoais	Variável <i>dummy</i> que assumiu valor 1 se o entrevistado confirmasse que suas atitudes pessoais do dia-a-dia influenciassem na conservação do recurso hídrico e 0 caso discordasse.	Positivo
Conhece alguma APP?	Variável <i>dummy</i> que assumiu valor 1 se o entrevistado conhecesse, <i>in loco</i> , alguma APP e 0 caso contrário	Positivo
Conhece o Rio Bagagem?	Variável <i>dummy</i> que assumiu valor 1 se o entrevistado soubesse responder corretamente qual rio fornecia água para a cidade de Iraí de Minas e 0 caso contrário	Positivo
Ocorreu diminuição de água no leito do Rio?	Variável <i>dummy</i> que assumiu valor 1 se o entrevistado afirmasse que o rio diminuiu a vazão nos últimos anos e 0 caso sua percepção fosse contrária	Positivo
Distância residência ao Rio	Distância, em metros, da residência alvo da entrevista ao ponto de captação de água do Rio Bagagem	Negativo

Fonte: O autor, 2016.

Foi utilizado o Software *Excel*, da *Microsoft Corp*® para tabulação e execução da estatística descritiva dos dados e o software *STATA* (versão 12) da *STATA Corp*® para estimação do modelo *Logit*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perfil socioeconômico dos moradores e percepção ambiental

Foram entrevistadas 198 pessoas, sendo 83 (41,92%) do sexo masculino e 115 (58,08%) do sexo feminino. Quanto à distribuição etária foram pesquisadas pessoas entre 15 e 81 anos de idade, apresentando uma média etária de 40,3 anos. Mais da metade (53,53%) apresentavam idade entre 15 e 40 anos, 30,81% tinham entre 41 e 54 anos e 15,66% estavam na faixa de 55 a 81 anos.

A respeito do tempo em que residiam na cidade de Iraí de Minas, 151 pessoas (76,26%) responderam que moravam a mais de doze anos na cidade. Apenas 6,57% das pessoas entrevistadas residiam a menos de três anos em Iraí de Minas. Logo, a maioria

dos entrevistados eram moradores antigos e conheciam o histórico das crises hídricas pelo qual o Rio Bagagem passou nos últimos anos.

Quanto à escolaridade dos indivíduos que responderam o questionário, observa-se que em comparação com os dados do IBGE (2014) a amostra da pesquisa conseguiu representar todos os grupos, sendo que a maioria dos indivíduos possuía entre 1 a 7 anos de estudo, ou seja, apesar de alfabetizados não possuíam sequer o ensino fundamental completo (Gráfico 1). Em contrapartida o número de pessoas analfabetas (sem instrução e menos de 1 ano de estudo) foram abaixo da média nacional que é de 11,7%.

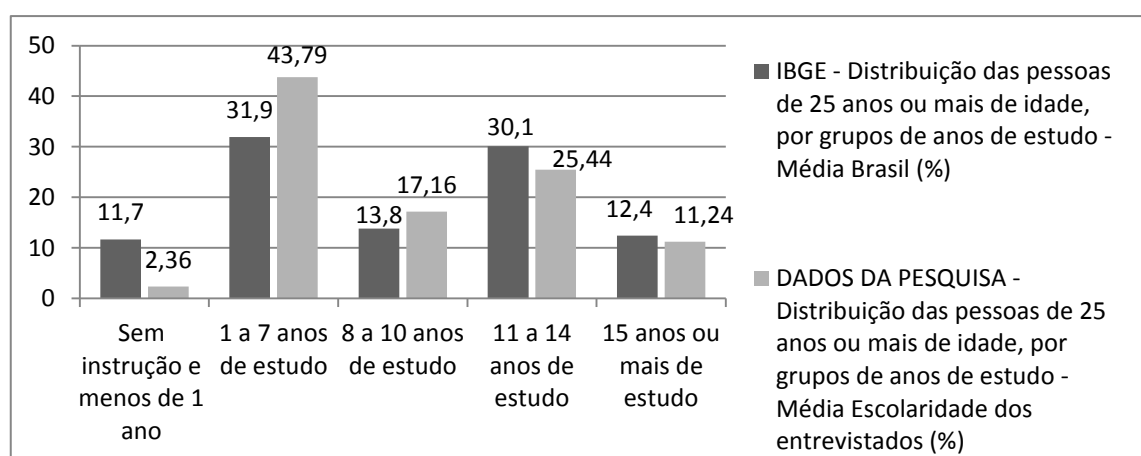


Gráfico 01 – Grau de escolaridade dos indivíduos entrevistados – Iraí de Minas/MG comparados com dados do IBGE(2014).
Fonte: Os autores, 2016.

Apesar da renda pessoal de 127 pessoas (64,14%) ter sido de no máximo um salário mínimo (R\$880,00 na época da pesquisa), a renda familiar foi estimada em torno de R\$2.622,22 e a renda média per capita foi de R\$1.195,56. Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2016) a média do rendimento nominal mensal domiciliar, per capita, da população residente no estado de Minas Gerais é de R\$ 1.128,00 e no Brasil é de R\$ 1.113,00. Logo, as médias salariais das pessoas pesquisadas nesse trabalho são comparáveis à média estadual e federal. A amplitude salarial da amostra variou entre 0 e 5 salários mínimos mensais.

As respostas referentes às questões que mensuraram a consciência ambiental geral da população em estudo e as suas percepções sobre a qualidade das águas do Rio Bagagem podem ser analisadas através da Tabela 04.

Tabela 04 – Resultado dos questionários de percepção ambiental do Rio Bagagem em Iraí de Minas/MG.

Percepção ambiental geral	SIM Valor Absoluto e (%)	NÃO Valor Absoluto e (%)
Acha importante assuntos relacionados ao Meio Ambiente, sobre a preservação da água e em relação à proteção de florestas, rios e lagos?	197 (99.5%)	01 (0.5%)
Sabe o que é uma APP?	118 (59.6%)	80 (40.4%)
Conhece/Já visitou, <i>in loco</i> , alguma APP?	106 (53.5%)	92 (46.5%)
Sabe de onde vem a água que abastece Iraí de Minas?	194 (98%)	04 (2%)
Conhece o Rio Bagagem?	193 (97.5%)	05 (2.5%)
Já visitou o Rio Bagagem?	189 (95.5%)	09 (4.5%)
Quantas vezes já visitou o Rio Bagagem?		
a) 1 vez	09 (4,54%)	----
b) 2 a 5 vezes	42 (22,21%)	
c) 6 vezes ou mais	138 (69,7%)	
d) Nenhuma	9 (4,54%)	
Qual o motivo das visitas?		
a) Passeio/curiosidade	176 (88,9%)	----
b) Outros motivos	22 (11,1%)	
Percebe que a água no Rio Bagagem diminuiu nos últimos anos?	183 (92.4%)	15 (7.6%)
O Rio Bagagem passa algum outro problema?	163 (82.3%)	35 (17.7%)
Qual o principal problema do Rio Bagagem?		
a) Poluição	94 (57.7%)	
b) Agrotóxico	60 (36.8%)	
c) Desmatamento	09 (5.5%)	
Suas atitudes influenciam na qualidade e quantidade de água do Rio Bagagem?	171 (86.4%)	27 (13.6%)

Fonte: Os autores, 2016.

Percebe-se que, de modo geral, as pessoas pesquisadas entendiam que era importante a discussão sobre assuntos que envolviam a preservação ambiental. Apesar dos dados anteriores (gráfico 01) terem mostrado que a maioria das pessoas entrevistadas possuíam menos de 7 anos de estudo, as respostas que envolviam conhecimentos ambientais como o conceito básico de Área de Preservação Permanente (APP) foi respondida de forma correta por praticamente 60% dos indivíduos e quase a metade dos entrevistados já haviam conhecido pessoalmente uma área de APP. Tal conhecimento deve-se provavelmente ao fato de que a atividade econômica da cidade de Iraí de Minas / MG é estritamente ligada às atividades agropecuárias e muitas pessoas trabalham ou já trabalharam em fazendas que possuem APPs.

Percebe-se que mais de 95% dos entrevistados sabiam de onde vinha a água que abastecia a cidade de Iraí de Minas / MG e já visitaram pelo menos uma vez o local onde é feito a captação das águas. Destaca-se que praticamente 70% das pessoas visitaram o local por mais de 6 vezes, ou seja, além do benefício direto advindo da água para o consumo humano, dessedentação animal e saneamento urbano, a população utiliza-se do Rio Bagagem como uma forma de lazer, apesar de não haver ali nenhuma

estrutura adequada para receber os visitantes. Vale ressaltar ainda o uso para práticas religiosas, onde algumas Igrejas Cristãs levavam seus fiéis para serem batizados nas águas do rio.

Tendo em vista que a maioria dos entrevistados morava em Iraí de Minas há mais de 12 anos e visitava regularmente o Rio Bagagem, a percepção de que a quantidade de água do rio veio diminuindo nos últimos anos foi latente, já que mais de 90% dos entrevistados afirmaram que o rio vem passando por uma crise hídrica sem precedentes e demonstraram preocupação com esse fato.

Além da diminuição na quantidade de água disponível para o consumo, mais de 80% dos pesquisados responderam que o Rio Bagagem ainda passava por outros problemas como poluição física/biológica causada principalmente pela população ribeirinha que construíram suas residências muito próximas ao leito do Rio, poluição química causada por lixiviação dos agrotóxicos das lavouras que contornam o rio desde a nascente até bem próximo ao ponto de captação, além do problema de desmatamento da APP do Rio Bagagem, que a população entende ser um agravo à qualidade das suas águas. Nota-se também que 171 pessoas (86,4%) responderam que as suas atitudes do dia-a-dia influenciavam na qualidade e na quantidade de água do Rio e possuíam consciência da sua responsabilidade, enquanto cidadão, no zelo com o recurso hídrico.

3.2 Disposição a Pagar (DAP) dos moradores urbanos de Iraí de Minas

Como dito anteriormente, o MVC exige que seja criado um mercado hipotético para mensurar valores de um ativo ambiental em estudo. Assim, após a explanação de como seria esse cenário, os serviços oferecidos e a forma de pagamento, as pessoas entrevistadas responderam se estariam dispostas a pagar para que melhorasse a qualidade ambiental do Rio Bagagem.

Do total de 198 pessoas entrevistadas, 173 (87,37%) responderam que estavam dispostas a pagar, enquanto 25 (12,63%) se negaram a pagar algum valor. O valor médio da disposição a pagar da população foi de R\$ 21,98 (Vinte e um reais e oitenta e um centavos).

Considerando o valor médio apurado da DAP e multiplicando pela população residente de Iraí de Minas/MG seria possível obter uma receita de R\$ 152.299,42 mensal e R\$ 1.827.593,04 anual para a gestão do Rio Bagagem. Este valor equivale a aproximadamente 8% do valor da receita anual do município, cujo valor total de

receitas no exercício de 2015 foi de R\$ 22.964.397,43, segundo dados do Tesouro Nacional (SICONFI, 2016).

Esse valor é bastante significativo e pode servir como base em ações de governança ambiental. Primeiramente, esse percentual pode ser considerado na aplicação de despesas referentes a investimentos em ativos ambientais, que, segundo Costa (2012), pode ser entendido como investimentos em pesquisa, equipamentos, insumos, acessórios e outros meios com o intuito de minimizar os impactos ambientais. Estes valores podem ser considerados também em casos de compensação por passivos ambientais, em casos de infrações incorridas ao recurso hídrico e que podem ser cobradas através de multas, indenizações e compensações à sociedade (CARVALHO, 2008).

Outros estudos de valoração que envolveram atributos ligados a recursos hídricos apresentaram diferentes valores médios de DAP. Souza & Júnior (2006) valorou o Rio Paraibuna em Juiz de Fora e encontrou uma DAP média de R\$ 18,07* por habitante/mês. Já os habitantes dos distritos de Itabirito e Ouro Preto, ambos municípios de Minas Gerais, se dispuseram a pagar uma média mensal de R\$ 15,43** para conservação e manutenção da Área de Proteção Ambiental da Cachoeira das Andorinhas (SILVEIRA, 2011). Mattos *et al.* (2007) aplicou o método de valoração à população de Viçosa/MG que apresentou uma DAP média de R\$ 27,98/mês*** para manter ou melhorar as condições das APP's da microbacia do Ribeirão de São Bartolomeu e Brant (2011), realizou um estudo de valoração do rio Macaé no município de Macaé de Cima/RJ e obteve uma DAP média de R\$ 48,45/mês****, desconsiderando a inflação do período.

Nota-se que os valores encontrados no presente estudo estão próximos a alguns resultados de valoração envolvendo recursos hídricos. Já outros estudos, como aquele que fora realizado por Brant (2011) apresenta uma variação de valor um pouco mais acentuada. Segundo May *et al.* (2000), a variação existente entre os valores de DAP encontrados na literatura são resultantes da diversidade biológica de cada ecossistema, da forma como são abordados os problemas de valoração e também as distintas

Segundo Brasil (2017), os valores atualizados pelo IPCA-IBGE (Índice de Preço ao Consumidor Amplo) na base de Janeiro 2016 são:

* R\$ 32,43

** R\$ 21,97

*** R\$ 48,69

**** R\$ 68,98

unidades de medição utilizadas (por unidade de conservação, por hectare, por família, por pessoa etc.), o que dificulta proceder a uma comparação dos resultados.

Confrontando os valores de DAP para o gênero masculino e feminino, observou-se na Tabela 05 que entre os que se recusaram a pagar pela preservação do Rio Bagagem (DAP=0), os homens apresentaram 16,87% enquanto as mulheres apresentaram recusa de 9,57%.

Tabela 05: Tabela dos valores de DAP e comprometimento da renda por gênero em Iraí de Minas/MG

Gênero	Disposição a pagar mensal individual		Média DAP R\$	(¹) Renda pessoal mensal R\$	Comprometimento da renda pessoal mensal (%)
	DAP=0	DAP>0			
Feminino	11 (9,57 %)	104 (90,43)	23,65	922,31	2,56%
Masculino	14 (16,87 %)	69 (83,13%)	19,45	1.568,70	1,24%

Fonte: Os autores, 2016.

Legenda: (¹) considerando o total de pessoas que respondeu positivamente a DAP.

Interessante observar que entre as pessoas que se dispuseram a pagar (DAP>0) a renda pessoal mensal das mulheres é inferior à dos homens, no entanto, a média dos valores da DAP daquelas é superior, mostrando que as mulheres estão mais dispostas a comprometer sua renda pessoal do que os homens.

Considerando o tempo, em anos, que os indivíduos residem em Iraí de Minas verifica-se que os moradores mais novos apresentam menor disposição a pagar do que aqueles que moram a mais tempo na cidade e, conseqüentemente, possuem maior conhecimento sobre o recurso ambiental. Apesar de estarem mais dispostos a pagar, os moradores mais antigos ofertaram valores menores do que os residentes mais recentes (Tabela 06).

Tabela 06 – Tabela do tempo de residência em relação ao valor médio da DAP pelos benefícios advindos do Rio Bagagem em Iraí de Minas/MG.

Tempo de residência em Iraí de Minas/MG	Frequências	DAP >0	Freq. Perc.	Valor DAP
< 12anos	47	37 indivíduos	78,72%	R\$ 22,62
12 anos ou mais	151	136 indivíduos	90,06%	R\$ 21,80

Fonte: Os autores, 2016.

Em relação à escolaridade (Tabela 07), nota-se que todos aqueles que se declararam analfabetos estavam dispostos a pagar. Em seguida, é possível observar uma tendência de que quanto maior a escolaridade maior a DAP.

Tabela 07 – Tabela da escolaridade dos entrevistados de Iraí de Minas/MG em relação à DAP pelos benefícios advindos do Rio Bagagem em Iraí de Minas/MG.

Grau de escolaridade	Frequências encontradas	DAP>0	Freq. Perc. (%)
Analfabeto	04	04	100%
Fundamental completo	97	79	81,44%
Médio completo	58	52	89,66%
Graduação completo	28	27	96,43%
Pós-Graduação completo	11	11	100%
Total	198	--	--

Fonte: Os autores, 2016.

Como dito anteriormente, 12,63% da amostra não apresentaram disposição a pagar e elencaram alguns motivos para recusa, os quais são apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 – Tabela dos motivos de recusa da DAP do Rio Bagagem em Iraí de Minas/MG.

Motivos	Frequências	Freq. Perc.
Motivos econômicos	11	44
Porque não se interessa pelo assunto;	1	4
Porque acredita que não haveria uma melhora ambiental;	4	16
Porque já paga muitos impostos;	4	16
Porque a responsabilidade do meio ambiente é responsabilidade do poder público;	4	16
Não quis se pronunciar	1	4
TOTAL	25	100%

Fonte: Os autores, 2016.

Observa-se que 44% das recusas se devem a motivos econômicos, os quais relataram que não se comprometeriam a pagar nenhum valor, uma vez que suas condições financeiras não lhe permitiam. Apenas um participante da pesquisa respondeu que não se interessava por assuntos ambientais e um outro não quis dizer qual o motivo da indisposição a pagar. As demais respostas, cada uma com 16% de representatividade, se negaram a pagar alegando que não acreditava que poderia ocorrer uma melhoria nos níveis ambientais, ou que já pagava muitos impostos e outros que responderam que a única e exclusiva responsabilidade pelo meio ambiente era do poder público. Segundo Mattos *et al.* (2007), esses motivos demonstram o viés do subdesenvolvimento, mostrando que o baixo nível de renda e as altas taxas tributárias pagas ao governo influenciam na DAP.

Embora cada análise descritiva já demonstre a consciência ambiental da população e que a maioria das pessoas estava disposta a pagar para continuar tendo os benefícios provindos do Rio Bagagem, é importante mostrar estatisticamente como se comportaram algumas variáveis explicativas (variáveis respostas) que podiam, ou não, influenciar a variável dependente, que, neste caso, era a Disposição a Pagar. Assim, o modelo de probabilidade logística, ou simplesmente *logit*, foi gerado através da variável dependente (DAP) e das outras variáveis explicativas contidas no questionário aplicado.

O modelo foi ajustado conforme as variáveis da tabela 03 e apresentou quatro variáveis estatisticamente significativas, sendo elas (Idade, Renda familiar, Atitudes pessoais e Distância residência ao Rio). O resultado do modelo pode ser analisado através da Tabela 09.

Tabela 09. Resultados do modelo logit e efeito marginal para DAP do Rio Bagagem em Iraí de Minas/MG.

VARIÁVEL	COEFICIENTE	Z	P> Z	Efeito marginal
Sexo	(-) 0.6569027	(-) 1.27	0.204 ^{ns}	(-) 0.0570253
Idade	(-) 0.0290273	(-) 1.82	0.069*	(-) 0.0023926
Renda familiar	0.0003311	1.65	0.099*	0.0000273
Atitudes pessoais	1.189571	1.86	0.062*	0.1396819
Conhece alguma APP	(-) 0.3143821	(-) 0.57	0.566 ^{ns}	(-) 0.0257321
Conhece o Rio Bagagem	1.115066	1.24	0.216 ^{ns}	0.137635
Diminuição de água no leito	0.9837917	1.33	0.182 ^{ns}	0.1136791
Distância residência ao Rio	(-) 0.000982	(-) 1.82	0.069*	(-) 0.0000809
Constante	1.047418	0.75	0.456	-----
Total de 198 observações				

Fonte: Os autores, 2016.

Legenda: ^{ns} variável não significativa, * significativa a 10%.

Observa-se que a variável *Idade* (*Id*) foi significativa a 10% e apresentou coeficiente igual a -0,0290273, indicando que aumentando-se a idade o *logit* estimado diminui em média 0,029 unidades, o que sugere uma correlação negativa. O efeito marginal da variável (*Id*) indica que, mantendo-se as outras variáveis constantes, o aumento em um ano de idade provocará diminuição da probabilidade de pagamento em 0,0023 ou 0,23 pontos percentuais. Neste trabalho, esperava-se que quanto menor fosse a idade do indivíduo, maiores seriam as chances do mesmo se dispor a pagar – sinal negativo. Costa *et al.* (2004) também encontrou correlação negativa entre a idade e a DAP, embora com baixa influência da idade sobre a DAP (significante a 20%). Mattos *et al.* (2007) realizou um estudo de valoração das APP's da Microbacia do Ribeirão São

Bartolomeu no município de Viçosa/MG e também encontrou coeficiente negativo entre idade e DAP, com efeito marginal indicando um acréscimo de aproximadamente 0,38 pontos percentuais, valores esses próximos aos encontrados nesse estudo. Do ponto de vista ambiental, esse comportamento é interessante já que mostra que as pessoas mais novas estão mais preocupadas com as questões ambientais.

A variável *Renda Familiar (Rf)* foi significativa a 10% e seu coeficiente foi positivo, indicando que o aumento da renda familiar está diretamente ligado a Disposição a Pagar dos indivíduos. No caso do aumento de uma unidade monetária na renda familiar do indivíduo, o efeito marginal mostrou um pequeno aumento de 0,0027 pontos percentuais na probabilidade do mesmo responder positivamente à DAP. O resultado dessa variável veio de encontro ao sinal positivo que se esperava e o efeito marginal mostrou que elevando a renda em R\$ 1.000,00 a elevação sobre a probabilidade considerada seria de 2,7 pontos. Cirino & Lima (2008) encontraram influência positiva no estudo de Valoração Contingente da APA São José – MG com efeito marginal de 0,02 pontos percentuais. Costa *et al.* (2004) encontrou o mesmo sinal no estudo de valoração do Rio Passo Fundo, porém a variável não foi estatisticamente significativa. Segundo Costa *et al.* (2004), pessoas com maiores rendas estariam mais dispostas a pagar, no entanto, como elas pagam proporcionalmente mais impostos poderia haver maior indisposição a pagar por mais taxas. Souza (2006) encontrou sinal negativo no estudo de valoração do Rio Paraibuna em Juiz de Fora, indicando que o aumento na renda diminui a DAP dos indivíduos. Logo, observa-se que a renda pode assumir influência positiva e negativa dependendo das características econômicas e sociais da população e também do objeto a ser valorado.

Dentre as variáveis que representavam a consciência ambiental dos moradores de Iraí de Minas/MG, a única que apresentou relação significativa (significante a 10%) foi a variável *dummy Atitudes pessoais (Ap)*. Essa variável questionava se as atitudes pessoais de cada indivíduo exerciam algum tipo de influência na qualidade e na quantidade de água do Rio Bagagem. A relação apresentou coeficiente positivo, conforme o sinal esperado para esse trabalho, mostrando que quanto maior a consciência ambiental de que os seus atos, embora isolados, representavam papel importante na preservação no meio ambiente, maior seria a disposição a pagar para preservação do recurso hídrico em estudo. O efeito marginal dessa variável também possui efeito positivo, ou seja, o fato de terem consciência sobre o seu papel singular

para preservação do meio ambiente faz com que a probabilidade de se obter uma disposição a pagar positiva aumente em 13,97 pontos percentuais.

A variável *Distância* (*Dist*) foi significativa a 10% e representa a distância em linha reta entre a residência alvo, onde foi feita a entrevista com cada indivíduo, e o *buffer* criado em torno do Rio Bagagem no perímetro urbano de Iraí de Minas. O seu coeficiente foi negativo (-0.000982), indicando que quanto mais distante a residência menor a probabilidade do indivíduo responder positivamente a DAP. O efeito marginal negativo indica que para cada unidade de medida (metro) que se distancia do Rio Bagagem, a probabilidade do indivíduo negar a DAP aumenta em 0,008 pontos percentuais. Conforme era esperado – sinal negativo –, a proximidade espacial das pessoas com o problema ambiental acaba sensibilizando-as e tornando-as mais dispostas a pagar para amenizar tal problema e garantir a continuidade daquele serviço ambiental. O resultado vem de encontro com a proposição de Maia *et al.* (2004) ao afirmar que a distância de residência do entrevistado geralmente é inversamente proporcional à sua DAP, ou seja, a DAP diminui à medida que aumenta-se a distância aos serviços ambientais avaliados. Barbisan *et al.* (2009) também encontrou maior DAP em áreas mais próximas ao Rio Passo Fundo que passava por problemas de degradação. No estudo feito por Costa *et al.* (2004) a variável *Distância* não foi estatisticamente significativa, provavelmente devido ao reduzido número da amostra.

As análises do modelo *logit* mostraram que a probabilidade do indivíduo apresentar Disposição a Pagar para esta amostra foi de 90,93% e, através do comando *estat class* verificou-se que, de modo geral, o modelo conseguiu prever 87,37% das observações corretamente, mostrando que estes valores estão corretamente classificados.

Cabe ressaltar que outros estudos visando assegurar a qualidade da água são igualmente importantes, uma vez que foi latente a preocupação das pessoas com o fato de acreditarem que a água estava poluída física, biológica e quimicamente por lixiviação de agrotóxicos das lavouras da região. Também é necessário que sejam feitos estudos de análise de séries temporais da vazão do rio nas últimas décadas, para o diagnóstico dos níveis atuais e para confirmar, ou não, se está ocorrendo essa diminuição na quantidade de água disponível, conforme foi percebido pelos usuários entrevistados nesse trabalho.

Por último, ressalta-se que apesar do Método de Valoração Contingente ser o único método validado pelo painel do *National Oceanic and Atmospheric*

Administration (NOAA), muitos vieses podem tornar a pesquisa menos confiável (MOTTA, 1997). Conforme as orientações da NOAA, o presente estudo procurou aplicar o método com o mínimo de vieses possível, no entanto, poder-se-ia melhorar ainda mais o resultado caso aumentasse o tamanho da amostra, o entrevistador fosse treinado, utilizasse fotografias para avaliar se não estariam gerando impactos emocionais que poderiam enviesar respostas e ainda lembrar aos entrevistados da sua restrição orçamentária, ou seja, a sua DAP resultaria em menor consumo de outros bens. Desta maneira, é importante que novos estudos de valoração sejam realizados, resolvendo os vieses supracitados, e que possam, juntamente com esse estudo, constituir uma ferramenta de gestão pública apta a solucionar os problemas enfrentados pelo Rio Bagagem em Iraí de Minas/MG.

4 CONCLUSÕES

A amostra pesquisada foi bastante heterogênea e conseguiu expressar grande parcela da população. A maioria das entrevistas foi feita com pessoas do sexo feminino. Quanto à faixa etária da amostra obteve-se grande amplitude de idade (entre 15 e 81 anos). O tempo de residência mostrou que a grande maioria de pessoas residia em Iraí de Minas/MG a mais de 12 anos e possuíam níveis de escolaridade variados. A renda média per-capita apresentou-se pouco acima da média estadual e federal.

Quanto à consciência ambiental dos entrevistados, concluiu-se que as pessoas estavam preocupadas com o meio ambiente e achavam importante que assuntos relacionados à preservação ambiental estivessem cada vez mais em foco. A maioria conhecia termos relacionados ao meio ambiente, como por exemplo, o termo APP (Área de Preservação Permanente) e muitas delas já haviam visitado pessoalmente alguma dessas áreas.

Sobre a percepção ambiental local, depreende-se que os entrevistados conheciam bem de perto o Rio Bagagem, sendo que as visitas ao local eram feitas frequentemente, seja por curiosidade, passeio, pesquisa ou até mesmo por eventos religiosos onde eram realizados batizados. As pessoas sabiam da importância do Rio Bagagem no tocante ao abastecimento de suas residências e afirmaram que, segundo suas percepções, o nível de água vinha diminuindo gradativamente nos últimos anos.

Além disso, os entrevistados mostraram-se sensíveis a outros problemas latentes como poluição do rio, desmatamento das suas matas ciliares e lixiviação de agrotóxicos

para o leito do rio. Ainda sobre a percepção ambiental as pessoas afirmaram que suas atitudes isoladas possuíam influência direta na qualidade e na quantidade de água do rio.

Quanto à Disposição a Pagar (DAP) pela melhoria dos serviços ambientais ofertados pelo Rio Bagagem, observou-se que poucas pessoas se negaram a pagar, alegando motivos econômicos ou outros relacionados à descrença na gestão feita pelo poder público. O alto percentual de pessoas dispostas a pagar mostra a importância que dão ao rio e cujo valor médio mensal de R\$ 21,98 é bastante significativo, levando-se em consideração o valor das receitas do município.

Do modelo *logit*, conclui-se que uma das variáveis que media a consciência ambiental do entrevistado, bem como a variável referente à renda familiar, possuíam relações positivas com a DAP significando que pessoas com maior renda e maior consciência ambiental estavam mais dispostas a pagar. Ao contrário, o modelo *logit* mostrou que as variáveis idade e distância da residência até o rio apresentaram o sinal negativo de coeficiente, indicando que pessoas com mais idade e que moravam mais longe do rio tinham menor probabilidade de pagar para manutenção e melhoria dos serviços ambientais.

Logo, o modelo *logit* foi primordial para indicar quais variáveis explicativas possuíam interferência direta ou indireta na DAP dos munícipes de Iraí de Minas/MG e o efeito marginal mostrou como as variações unitárias dessas variáveis isoladas podiam aumentar ou diminuir a chance da DAP dos indivíduos.

O estudo mostrou que o Método de Valoração Contingente (MVC) pode ser bem aplicado em casos como esse, em que se observa um tipo de degradação ambiental que, embora atinja diretamente uma parcela significativa da população, não é gerida corretamente pelos órgãos ambientais responsáveis. O método mostrou-se eficiente em demonstrar que as pessoas tinham excelente percepção acerca dos problemas que o Rio Bagagem vem passando nas últimas décadas e também que elas estão dispostas a contribuir financeiramente ($DAP > 0$) para garantir que a quantidade e a qualidade das águas fossem restabelecidas a padrões ótimos para abastecimento e consumo. Além disso, a consciência ambiental da população mostrou-se presente na maioria das pessoas entrevistadas, independente do nível de escolaridade, revelando que já existe um pensamento crítico e comum de que cada indivíduo é detentor de mecanismos e potencialidades que podem interferir no meio em que vivem e, assim, seus anseios devem ser considerados nas decisões das políticas públicas ambientais.

5 REFERÊNCIAS

- BARBETTA, P. A. *Estatística Aplicada às Ciências Sociais*. Santa Catarina: UFSC, 5. ed., 2002.
- BARBISAN, A. O.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; MARTINS, M. S.; PANDOLFO, L. M.; GUIMARÃES, J.; ROJAS, J. W. J; Técnica de valoração econômica de ações de requalificação do meio ambiente: aplicação em área degradada. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.14, n.1, p. 119-128, 2009.
- BRANT, F. F. *Valoração econômica ambiental como estratégia de conservação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé*. Macaé (RJ), Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Fluminense/IFF, 2011. Disponível em: <<http://bd.centro.iff.edu.br/xmlui/handle/123456789/1134>>. Acesso em 11 jan. 2017.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Calculadora do Cidadão*. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>>. Acesso em 01 mar. 2017.
- CARVALHO, G. M. B. *Contabilidade ambiental: Teoria e Prática*. Curitiba: Juruá, 2008.
- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. *Estudos avançados*, v. 24, n. 68, p. 53-67, 2010.
- CIRINO, J. F.; LIMA, J. E . Valoração contingente da Área de Proteção Ambiental (APA) São José-MG: um estudo de caso. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, n. 3, p. 647-672, 2008.
- COSTA, C. A. G. *Contabilidade ambiental: Mensuração, Evidenciação e Transparência*. São Paulo: Atlas, 2012.
- COSTA, T. V. M.; FILHO, L. F. F.; FRITZ, K. B. B.; TEJADA, C. O. Economia e sustentabilidade: valoração ambiental do Rio Passo Fundo-RS. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v. 12, n. 22, p. 105-127, 2004.
- FIGUEROA, F.E.V. *Avaliação econômica de ambientes naturais - o caso das áreas alagadas - uma proposta para a represa do Lobo (Broa) - Itirapina - SP*. São Carlos (SP), Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1996.
- GENARO, F. *A campesinidade em Iraí de Minas – MG: estratégias de reprodução social no Cerrado Mineiro*. Uberlândia (MG), Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2016. Disponível em:<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16250/1/CampesinidadeIraiMinas.pdf>>. Acesso em 20 dez. 2016.

IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2007/2014: Brasil em Síntese*. 2014. Disponível em: <<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/educacao/anos-de-estudo.html>> Acesso em 02 dez. 2016.

_____. *Cidades*. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313160&search=minas-gerais|irai-de-minas>>. Acesso em 21 out. 2016.

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais—metodologias e recomendações. *Texto para Discussão, Instituto de Economia/UNICAMP*, n. 116, 2004.

MATTOS, A. D. M.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R.; SOUZA, A. L.; SILVA, M. L.; LIMA, J. E. *Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG*. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 347-353, 2007.

MATTOS, K. M. C.; MATTOS, A. *Valoração econômica do meio ambiente: uma abordagem teórica e prática*. São Carlos: RiMa, Fapesp, 2004.

MAY, P. H.; VEIGA, F. C.; CHEVEZ, O. *Valoração econômica da biodiversidade: estudos de caso no Brasil*. Brasília, DF: MMA, 2000.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. *The limits to growth*. New York: Universe Books 1972.

MOTA, J. A.; GAZONI, J. L.; REGANHAN, J. M.; SILVEIRA, M. T; GÓES, G. S. *Trajetoória da governança ambiental*. Ipea: Boletim Regional, Urbano e Ambiental, n. 1, p. 11-20, 2008.

MOTTA, R. S. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente. Brasília: *Cadernos de ciência e tecnologia*, v. 16, n. 3, p. 59-83, 1999.

OBARA, A. T. Valoração econômica de unidades de conservação: Método de valoração contingente. Caso de estudo: Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP). São Carlos (SP), Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, 1999. Disponível em: <http://www.lapa.ufscar.br/pdf/tese_doutorado_ana_obara.pdf>. Acesso em 11 jan. 2017.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. *Econometria: modelos & previsões*. Rio de Janeiro: ed. campos, 2004.

PILLET, G. **Economia ecológica**: uma introdução à economia do ambiente e recursos naturais. Lisboa: Instituto Piaget, 1993.

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. *PNAD Contínua*. 2016. Disponível em:
<http://http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pnad_continua/default_renda_percapita.shtm> Acesso em 02 dez. 2016.

SICONFI, Tesouro Nacional. *Contas Anuais*. Disponível em: <https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf>. Acesso em 20 dez. 2016.

SILVA, J. R. *Métodos de valoração ambiental: uma análise do setor de extração mineral*. Florianópolis (SC), Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84756>>. Acesso em 20 dez. 2016.

SILVEIRA, V. C. *Valoração econômica e percepção ambiental da Área de Proteção Ambiental Estadual Cachoeira das Andorinhas – sub-bacia do Rio das Velhas–MG*. Ouro Preto (MG), Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2011. Disponível em:
<<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/4092>>. Acesso em 20 dez. 2016.

SOUZA, R. F. P.; JÚNIOR, A. G. S. Valoração Econômica Ambiental: O Caso do Rio Paraibuna, Juiz de Fora–Mg. In: *Anais do XXXIV Encontro Nacional de Economia Proceedings of the 34th Brazilian Economics Meeting*. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics]. Salvador – BA, 2006.

APÊNDICE A - Questionário aplicado à população urbana de Iraí de Minas/MG.

Quest. Nº _____ Rua: _____ nº _____ GPS: _____

Bom dia/Boa tarde. Eu sou aluno da Universidade Federal de Uberlândia e estou fazendo uma pesquisa aqui na cidade sobre o Rio Bagagem. Gostaríamos que o(a) senhor(a) nos ajudasse respondendo algumas perguntas. Sua participação será de extrema importância para nosso estudo e desde já informamos que os seus dados pessoais serão mantidos em sigilo e não serão publicados.

- 1) Sexo: () Masculino () Feminino
- 2) A quanto tempo reside em Iraí de Minas?
() até 1 ano () > 1 a 3 anos () > 3 a 6 anos () > 6 a 9 anos () > 9 a 12 anos () > 12 anos
- 3) Idade:
- 4) Escolaridade:
1- () Analfabeto
2- () Ensino Fundamental Incompleto 3- () Ensino Fundamental Completo
4- () Ensino Médio Incompleto 5- () Ensino Médio Completo
6- () Ensino Superior Incompleto 7- () Ensino Superior Completo
8- () Pós –graduação Incompleto 9- () Pós-graduação Completo
- 5) Profissão:
- 6) Qual a sua renda pessoal por mês?
() Nenhuma () Até 1 SM () > 1 a 2 SM () > 2 a 3 SM () > 3 a 4 SM () > 4 SM
- 7) Quantas pessoas residem na sua casa, incluindo você? _____
- 8) Qual a soma do salário de todos da casa por mês?
() Nenhuma () Até 1 SM () > 1 a 2 SM () > 2 a 3 SM () > 3 a 4 SM () > 4 a 5 SM
() > 5 a 6 SM () > 6 a 7 SM () > 7 a 8 SM () > 8 a 9 SM () > 9 a 10 SM () > 10 SM
- 9) O(a) senhor(a) acha importante a discussão sobre:
a) Assuntos relacionados ao meio ambiente? () sim () não
b) E a discussão sobre a preservação das fontes de água para a qualidade de vida das pessoas?
() sim () não
c) E em relação a proteção de florestas, rios e lagos? () sim () não
- 10) O senhor(a) sabe o que é uma Área de Preservação Permanente (APP)? () sim () não
- 11) O senhor(a) conhece alguma Área de Preservação Permanente (APP)? () sim () não
- 12) O senhor(a) sabe de onde vem a água que abastece a cidade de Iraí de Minas? () sim () não
- 13) O senhor(a) conhece o Rio Bagagem? () sim () não
- 14) O senhor já visitou o Rio Bagagem? () sim () não
- 15) Quantas vezes?
() 1 vez () 2 a 3 vezes () 4 a 5 vezes () 5 a 6 vezes () mais de 6 vezes
- 16) Qual o motivo das visitas?
A- () Passeio/recreação
B- () Educativo

- C- () Pesquisa
- D- () Curiosidade
- E- () Interesse pelo local
- F- () Outros

- 17) As atitudes que você toma no seu dia-a-dia podem influenciar de alguma maneira na qualidade e na quantidade de água do Rio Bagagem? () sim () não
- 18) O(a) senhor(a) sabe que nos últimos anos o reservatório do Rio Bagagem diminuiu significativamente a quantidade de água e que se isso continuar acontecendo pode vir a faltar água para a população de Iraí de Minas? () sim () não

- 19) Além da diminuição da quantidade de água no leito do Rio, o(a) senhor(a) acha que o Rio Bagagem vem sofrendo mais algum problema? () sim () não

- 20) Qual o principal problema? _____

- 21) Já que o(a) senhor(a) agora está ciente da situação do Rio Bagagem, eu vou criar uma situação hipotética (imaginária) e depois vou fazer outras perguntas. A primeira situação é:

Imagine que uma associação de moradores aqui mesmo da cidade resolvesse dar uma solução para o Rio Bagagem. Essa associação faria várias intervenções para melhorar a situação do Rio. Primeiramente ela iria fiscalizar e faria valer a Lei que fala que em caso de rios a área de proteção ambiental é de 30 metros de cada lado e que essa faixa de 30 metros seria toda cercada para evitar presença de gado e de outros animais domésticos, além de reflorestar toda essa área em torno do rio com vegetação natural. Essa organização também faria a fiscalização de todo o município para que as áreas de proteção ambiental de cada fazenda fossem preservadas, cercadas e reflorestadas para manter a fauna e a flora que a cada dia entra em extinção no cerrado. Ela faria um trabalho contínuo de despoluição do rio, retirando dele todo o lixo e faria um trabalho minucioso para diagnosticar possíveis lavouras que poderiam estar contaminando o rio com agrotóxico e faria análise contínua da qualidade das águas. Além disso, faria um parque linear em volta do rio para que as pessoas pudessem fazer caminhadas respirando um ar puro e limpo em contato com a natureza.

Para que isso tudo fosse feito a população teria que contribuir pagando mensalmente uma quantia de dinheiro, através de um carnê, para essa organização. Essa taxa seria cobrada mensalmente e enviada para sua residência. Lembro que essa é uma situação hipotética (imaginária), então pergunto:

O senhor(a) estaria disposto a pagar alguma quantia para manter ou melhorar a situação do Rio Bagagem? () Sim () Não

Se a resposta for negativa pular para a questão número 23

- 22) Quanto o senhor(a) estaria disposto(a) a pagar? *Mostrar o cartão de pagamento.*

- 23) Por que o senhor(a) não aceitaria pagar nenhum valor?

- A- () Por falta de dinheiro;
- B- () Porque não se interessa pelo assunto;
- C- () Porque acredita que não haveria uma melhora ambiental;
- D- () Porque já paga muitos impostos;
- E- () Porque a responsabilidade do meio ambiente é responsabilidade do poder público;
- F- () Outras: _____

Muito obrigado por responder as perguntas e desejo a você um ótimo dia/ ótima tarde.

APÊNDICE B - Cartão de pagamento elaborado para captação da DAP.

