INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE
DIRETORIA ACADÊMICA DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM USO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS NATURAIS

VINICIUS MERESSIEV MELO DE OLIVEIRA

SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN: PROPOSTA DE INDICADORES E ÍNDICE

NATAL-RN
2016

VINICIUS MERESSIEV MELO DE OLIVEIRA

SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN: PROPOSTA DE INDICADORES E ÍNDICE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (PPGUSRN/IFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: **Prof.ª. Dra.** Leci Martins Menezes Reis
Linha de Pesquisa: Sustentabilidade de Recursos Naturais

NATAL-RN

2016

VINICIUS MERESSIEV MELO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (PPGUSRN/IFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovado em: 06 / 10 / 2016.

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof.ª Dra. Leci Martins Menezes Reis (Presidenta da Banca)
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

_____

Prof. Dr. José Américo de Souza Grilo Júnior (Avaliador interno)
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

_____

Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida (Avaliador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

NATAL-RN

2016

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), e em específico, ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPGUSRN) e todos os seus professores e funcionários, pelo apoio e oportunidade de aprendizado com um corpo docente de alta qualidade e qualificação em uma instituição de grande importância no contexto da educação e da pesquisa no Estado do Rio Grande do Norte.

A minha orientadora Professora Doutora Leci Martins Menezes Reis, primeiramente pela gentileza em me acolher como seu orientando e pelo respeito ao meu projeto de pesquisa. Em segundo lugar, pela humildade e empenho como conduziu a orientação desse estudo de dissertação, sempre com paciência e excelentes considerações que engrandeceram o trabalho.

A banca examinadora de qualificação e de defesa de dissertação, representada pelos Professores Doutores Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto (Avaliador interno/IFRN), José Américo de Souza Grilo Júnior (Avaliador interno/IFRN) e Lutiane Queiroz de Almeida (Avaliador Externo/UFRN), pelas excelentes contribuições dadas ao trabalho.

A todos os colegas de curso, pelo companheirismo, contribuições, e os bons momentos vividos dentro e fora da sala de aula, em especial, à Ozenildo Gil, Ana Valéria, Andreia Nunes, Robson Garcia, Fausto Pereira, Marcelo Santiago e Sylbenia Alves.

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Gestão das águas do Rio Grande do Norte (IGARN), Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH) e Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) pela disponibilização de dados de grande importância para a pesquisa.

A minha família, Rosângela, Marilia, Tatiana e Victor, pelo apoio fundamental em todos os desafios enfrentados.

A minha noiva, Anna Paula Araújo Dumaresq, pela paciência, companhia, e por sempre está do meu lado apoiando as minhas decisões, e me mostrando que sou capaz de alcançar os meus objetivos.

Por fim, aos meus amigos Miquéias Rildo, Hiram Bayer, Sol Cunha, Rafael Xavier e primo Mateus Guilherme, pelo apoio, convivência, conselhos e ajuda nos mapas e nas traduções de textos.

RESUMO

SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN: PROPOSTA DE INDICADORES E ÍNDICE

Esta dissertação tem como objetivo geral propor um índice de sustentabilidade de bacia hidrográfica, validando empiricamente na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, nos anos de 2000 e de 2015. Para tanto, foram definidos indicadores de sustentabilidade e suas respectivas escalas de desempenho, bem como, proposto e validado o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP). A coleta de dados foi realizada através de processamento digital de imagens (PDI), levando em consideração um período seco e chuvoso, a partir da utilização de imagens de satélite Land Sat 7 (maio e novembro de 2000) e Land Sat 8 (maio e novembro de 2015), e aplicação de técnicas de geoprocessamento, através do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.3. Também foram utilizados dados da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), e informações geradas pelo censo demográfico de 2000 e de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), assim como, legislações federais, estaduais e municipais. Como resultado, apresenta-se a proposta do ISBP, composto por 19 indicadores, que juntos integram 11 temas. Por sua vez, estes temas formam as dimensões ambiental, social, econômica e institucional, que articuladas, representam os subsistemas natureza e sociedade. A partir da aplicação da metodologia apresentada, foi constatado um pequeno avanço do ISBP no ano de 2015, classificado como intermediário, com relação ao ano de 2000, considerado potencialmente insustentável. Porém, pode-se concluir que apesar dessa pequena evolução, principalmente na dimensão institucional e de alguns indicadores sociais e econômicos, o ISBP ainda é insatisfatório, não atendendo aos anseios das gerações atuais e com provável repercussão negativa para as gerações futuras.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Indicadores de sustentabilidade. Bacia do rio Pitimbu-RN.

ABSTRACT

SUSTAINABILITY EVALUATION OF THE PITIMBU RIVER HYDROGRAFIC BASIS

This dissertation has the general objective to propose a watershed sustainability index, empirically validating the basin of the river Pitimbu-RN, in 2000 and 2015. For this purpose, defined sustainability indicators and their performance scales well as proposed and validated the sustainability index of river basin Pitimbu-RN (ISBP). Data collection was performed by digital imaging (PDI), taking into account a dry and rainy season, from the use of Land Sat 7 satellite images (May and November 2000) and Landsat 8 (May and November 2015), and application of GIS techniques, through geographic information system (GIS) ArcGIS 10.3. Were also used data from the Company of Water and Sewers of Rio Grande do Norte (CAERN), Management Institute of Rio Grande do Norte Water (IGARN), and information generated by the census of 2000 and 2010, conducted by the Brazilian Institute of geography and Statistics (IBGE), as well as federal, state and local laws. As a result, we present the proposed ISBP, composed of 19 indicators, which together comprise 11 subjects. In turn, these issues form the environmental, social, economic and institutional dimensions, articulated represent subsystems nature and society. From the application of this methodology, it was found a small advance ISBP in 2015, classified as an intermediary with respect to 2000, considered potentially unsustainable. However, it can be concluded that despite this small development, especially in the institutional dimension and some social and economic indicators, ISBP is still unsatisfactory, not meeting the aspirations of the present generation and likely negative repercussions for future generations.

Key Words: Sustainability. Sustainability Indicators. Pintimbu river Basis.

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	Mapa de distribuição do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015	96
Apêndice B	Mapa de distribuição dos locais de coleta de amostras de IQA, 2001 e 2015	97
Apêndice C	Valores de IQA por ponto de coleta no período seco do ano de 2001	98
Apêndice D	Valores de IQA por ponto de coleta no período chuvoso do ano de 2001	99
Apêndice E	Mapa de distribuição dos locais de assoreamento do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015	100
Apêndice F	Mapa de distribuição dos locais de solo exposto na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015	101
Apêndice G	Mapa de distribuição dos locais de impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015	102
Apêndice H	Mapa de distribuição de número de pessoas alfabetizadas na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	103
Apêndice I	Mapa de distribuição de número de domicílios com abastecimento de água na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	104
Apêndice J	Mapa de distribuição de número de domicílios com resíduos sólidos coletados na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	105
Apêndice L	Mapa de distribuição de número de domicílios com rede geral de esgoto na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	106
Apêndice M	Mapa de distribuição de número de domicílios com fossa séptica na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	107
Apêndice N	Mapa de distribuição do rendimento mensal dos residentes na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	108
Apêndice O	Mapa de distribuição das pessoas desempregadas na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	109
Apêndice P	Mapa de distribuição do produto interno bruto *per capita* na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010	110
Apêndice Q	Mapa de distribuição das áreas de proteção ambiental na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015	111
Apêndice R	Mapa de distribuição das áreas de conflito nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015	112

Apêndice S Mapa de distribuição da cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015 113

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Regras de publicação do periódico da Revista Sustentabilidade em Debate	114
Anexo B	Comprovante de submissão de artigo no periódico da Revista Sustentabilidade em Debate	118
Anexo C	Ofício de solicitação de dados de IQA ao Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte	119
Anexo D	Valores de IQA no período seco do ano de 2015 fornecidos pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN)	120
Anexo E	Valores de IQA no período chuvoso do ano de 2015 fornecidos pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN)	121

APRESENTAÇÃO

A dissertação aqui apresentada tem como título “Sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN: proposta de indicadores e índice”. Assim sendo e conforme padronização estabelecida pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPGUSRN/IFRN), o conteúdo submetido neste documento se encontra composto por: introdução, referencial teórico, metodologia geral, referências, e por duas secções compostas pelos artigos científicos intitulados “Sustentabilidade: uma proposta de indicadores para bacia hidrográfica” e “Avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN”. Os mesmos encontram-se formatados de acordo com o padrão de publicação do periódico da Revista Sustentabilidade em Debate, cujas normas podem ser acessadas no endereço do site informado no anexo A. No anexo B encontra-se o comprovante de submissão do artigo intitulado “Conflitos em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN: proposta de um indicador institucional sustentável”, fruto desta pesquisa de dissertação, em atendimento ao Artigo 29º e Parágrafo 5º do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	11
1.1	CONTEXTUALIZANDO O TEMA E O PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2	PREMISSA	15
1.3	OBJETIVO	15
1.4	JUSTIFICATIVA	16
2	**REFERENCIAL TEÓRICO**	18
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	18
2.2	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	21
2.3	SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	22
2.4	INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	25
2.5	TRABALHOS ANTERIORES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN	29
3	**METODOLOGIA GERAL**	34
3.1	DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
3.2	MÉTODO DE ABORDAGEM DA PESQUISA	39
	REFERÊNCIAS	42
SECÇÃO 01	**SUSTENTABILIDADE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA BACIA HIDROGRÁFICA**	47
SECÇÃO 02	**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN**	67
	APÊNDICES	96
	ANEXOS	114

1 **INTRODUÇÃO**

A parte introdutória dessa dissertação visa contextualizar o tema e a problemática de pesquisa que norteou a sua elaboração, além de apresentar a sua justificativa, premissa, objetivos gerais e específicos.

1.1 CONTEXTUALIZANDO O TEMA E O PROBLEMA DE PESQUISA

O modelo de desenvolvimento atual, centralizado praticamente no crescimento econômico, vem contribuindo para o aumento dos impactos realizados pelas atividades humanas sobre o meio ambiente, a partir da exploração dos recursos naturais. Esses podem ser entendidos nessa dissertação como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível, ou esteja sendo usado direta ou indiretamente pelo homem, como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais, em determinado tempo e espaço, dentre eles: água, vegetação, solo e ar (BRAGA et al., 2005; VENTURI, 2006).

Paralelamente a essa demanda antrópica sobre os recursos naturais, também vem crescendo o discernimento sobre a degradação ambiental, causada pelo modelo de vida conflitante com a resistência e resiliência do meio ambiente, necessitando, dessa forma, uma reflexão sobre conceito de desenvolvimento e desenvolvimento sustentável (BELLEN, 2004).

Por essa lógica, no Simpósio das Nações Unidas sobre as inter-relações entre recursos, ambiente e desenvolvimento, ocorrida em Estocolmo na Suécia, no ano de 1979, surge o conceito de desenvolvimento sustentável, só se consolidando na realização da Conferência da Organização das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992, através da Comissão Mundial para o Meio Ambiente, ficando definido como a capacidade de satisfazer a necessidade do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades (SASAHARA, 2009).

Porém, mesmo havendo um consenso entre diversos estudiosos sobre a importância do desenvolvimento sustentável para a sobrevivência das próximas gerações humanas, os recursos naturais ainda permanecem sendo explorados de forma insustentável, causando intensa degradação ambiental, a exemplo do que se tem realizado com os recursos hídricos, que, apesar da sua incontestável importância para a vida humana, também vêm sendo utilizados de forma insustentável, comprometendo

sobremaneira a sua qualidade e disponibilidade e trazendo consequências negativas à própria sociedade (MORAES; JORDÃO, 2002). Corroborando com este pensar, Herculano (2000) expõe que a água é um recurso natural que permite a vida no planeta Terra, e a qualidade de vida humana também esta diretamente influenciada pela disponibilidade e qualidade da mesma.

Ademais, levando em consideração que os primeiros membros da espécie humana (*homo sapiens*) apareceram há cerca de 250 mil anos, alguns estudos têm destacado que o processo significativo de degradação dos corpos hídricos é relativamente recente, mas extremamente intenso, principalmente a partir da operação das primeiras indústrias. Esse fato ocorre, principalmente, a partir do momento em que a população se concentra nas cidades, desrespeitando as dinâmicas geoambientais inerentes a esses locais. Esse processo de urbanização se intensificou em paralelo, e/ou até por consequência, da primeira revolução industrial, fato que aumentou sobremaneira a degradação ambiental, e em específico, do recurso hídrico (ALMEIDA, 2010).

Dessa forma, o recurso hídrico vem sofrendo todo o tipo de degradação, por consequência da exploração insustentável dos recursos naturais e da apropriação indiscriminada do solo urbano em áreas específicas (CUNHA; GUERRA, 2010).

Nesse contexto, de acordo com Almeida (2010), os rios urbanos, principalmente os localizados em países pouco desenvolvidos, se caracterizam como locais desvalorizados e negados pela sociedade, tornando-se espaços de atração de um contingente populacional de baixa renda, que vê nesses locais uma oportunidade de acesso a moradia, influenciando diretamente na sua ocupação mal planejada e consequentemente na sua degradação ambiental.

Por esse viés, a disponibilidade dos recursos naturais hídricos é afetada principalmente através da alteração do ciclo hidrológico, por consequência de diversos fatores, como o mau uso da terra, desmatamento e impermeabilização do solo, que terminam por influenciar um maior escoamento superficial, diminuindo a infiltração, comprometendo a recarga dos aquíferos e causando outros problemas, como os processos erosivos (CUNHA; GUERRA, 2010). Por sua vez, a sua qualidade também é comprometida pela influência das atividades humanas, como agricultura, concentração urbana, falta de saneamento, atividades industriais e uso excessivo da água (ANDRADE et al., 2007).

Com o objetivo de adequar a utilização da água de modo a não influenciar negativamente a sua qualidade e disponibilidade, os planejadores de gestão dos recursos

hídricos vêm adotando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, devido, principalmente, à multidimensionalidade presente na sua definição, que transcende aspectos puramente hidrológicos, envolvendo também contextos sociais e econômicos.

Seguindo esse ponto de vista integrador, pode-se compreender uma bacia hidrográfica como sendo um local de interação do recurso hídrico com o meio físico, o meio biótico e as atividades humanas (YASSUDA, 1993). Dessa forma, as bacias hidrográficas representam uma unidade integradora entre as dinâmicas naturais e as atividades humanas que nela se desenvolvem (GUERRA E CUNHA, 2011).

Com isso, as bacias hidrográficas são unidades geográficas ideais para estudos sobre os impactos causados pelo homem sobre o meio ambiente, que podem ocasionar prejuízos à qualidade e disponibilidade da água, devido principalmente aos fatores relacionados ao uso do solo (CARMO; SILVA, 2010). Juridicamente, esse entendimento é sustentado pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, podendo ser observado no Art. 1º que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Desse modo, é possível a compreensão de que o uso sustentável do recurso hídrico é altamente influenciado pelo uso sustentável da bacia hidrográfica como um todo. Então, a qualidade e disponibilidade da água estão diretamente relacionadas com as formas de uso do solo e os níveis de controle sobre os locais de degradação da bacia hidrográfica (GUERRA, 2011).

Seguindo essa conjuntura, a bacia hidrográfica do rio Pitimbu, localizada na mesorregião leste do Estado do Rio Grande do Norte (RN), vem sendo ocupada desordenadamente, conforme destacado por estudos anteriores. Apesar do rio Pitimbu-RN desempenhar importante função quanto ao equilíbrio ambiental do seu entorno, assim como abastecer comunidades rurais dos municípios de Macaíba-RN e Parnamirim-RN e 30% da população de Natal-RN, este, ao longo dos anos, vem sendo alvo de intensa degradação socioambiental (BORGES, 2002; OLIVEIRA, 2012).

Empiricamente, essa bacia vem sofrendo, ao longo de décadas, modificações da sua composição vegetal, em decorrência das atividades antrópicas, como o avanço da expansão urbana, principalmente dos municípios de Natal-RN e Parnamirim-RN, e desflorestamento para implantação de cultivos agrícolas e pastagens no município de Macaíba-RN. Vale destacar ainda que a forma mal planejada do uso do solo dessa bacia

vem comprometendo as reservas hídricas e colocando em risco o abastecimento urbano da cidade de Natal-RN (COSTA, 1995).

Inserido nesta problemática, também é observada, ao longo das margens direita e esquerda do rio Pitimbu-RN, a deposição irregular de resíduos industriais e domésticos e os efluentes sanitários e focos de assoreamento, podendo influenciar diretamente na contaminação da água subterrânea e de superfície, assim como gerar questões de saúde pública, a partir de veiculação hídrica de doenças (EGITO, 2006).

Além do exposto, estudo tem constatado, ao longo do rio Pitimbu-RN, diversos barramentos irregulares construídos por agricultores, assim como uso excessivo e indiscriminado de agrotóxicos nos cultivos e retirada ilegal de madeira. Pode ser destacado também que grande parte das propriedades situadas na bacia em questão não respeita os 20% de vegetação nativa prevista em lei (BARBOSA, 2006).

Como consequência disso, tem apontado baixos valores de oxigênio dissolvido e altas quantias de demanda bioquímica de oxigênio, denotando lançamento excessivo de matéria orgânica no leito do rio, assim como altos teores de fósforo total e fosfato, o que pode influenciar diretamente na eutrofização dos corpos hídricos e consequente mortandade da fauna aquática e impossibilidade da utilização da água para abastecimento público (SENA, 2008).

Outro pesquisador dessa área, objeto deste estudo, Kobayashi (2009) ressalta a grande ocorrência de processos erosivos nas margens do rio Pitimbu-RN, devido à falta de controle sobre o uso do solo na bacia, de modo que, se a ocupação e expansão urbana, assim como as atividades agrícolas, continuarem a se desenvolver desta forma, a qualidade da água em médio e longo prazo estará comprometida.

Destaca-se também o grande lançamento de resíduos sólidos a céu aberto no bairro do Pitimbu, em Natal-RN. Com relação a essa problemática, dissertando sobre os resultados de entrevistas realizadas com os moradores desta área, Maciel e Castro (2015, p. 474) afirmaram que “59% dos entrevistados elencam os lixões como o principal problema do bairro e 41% afirmam ser os insetos o principal problema”, de modo que a ocorrência de insetos é diretamente influenciada pela deposição irregular de resíduos sólidos.

No tocante à questão institucional, com relação à integração dos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN, enquanto Região Metropolitana e integrantes da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, a pesquisadora Pessoa (2010) destaca a inexistência da variável socioambiental na governabilidade, estrutura

organizativa e norteadora de políticas públicas desses municípios, assim como, de uma forma geral, a falta de consciência e mobilização da sua população na proteção do meio ambiente.

Quanto a essa problemática socioambiental, a pesquisadora citada também expõe indicadores sociais importantes para essa condição, mostrando que os referidos municípios se encontram em vulnerabilidade social, principalmente nos quesitos renda e taxa de analfabetismo. Foi destacado que 41, 6% da população de Natal-RN, 44,9% dos residentes de Parnamirim-RN e 73,9% dos citadinos de Macaíba-RN têm rendimentos de apenas 0 a 3 salários mínimos. Com relação à taxa de analfabetismo, seu estudo mostrou que o município de Macaíba-RN variou entre 44,39% e 30,55% de população analfabeta, entre os anos de 1991 e 2000, respectivamente (PESSOA, 2010).

Mesmo com os problemas elencados por pesquisas dessa temática, percebe-se que nenhuma delas foi realizada no sentido de propor indicadores e índice para se avaliar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, levando em consideração as dimensões ambiental, social, econômica e institucional, como forma de contribuir no planejamento tendo como foco o controle e uso dos recursos hídricos.

Diante de tal problemática, a pesquisa foi norteada pelos questionamentos: que indicadores devem ser definidos e aplicados em um índice de sustentabilidade proposto para bacia hidrográfica? Em que medida este índice pode ser validado empiricamente na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, levando em consideração as dimensões ambiental, social, econômica e institucional, nos anos de 2000 e de 2015?

1.2 PREMISSA

Este estudo partiu da premissa de que a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, ao longo do período de 2000 a 2015, se desenvolveu rumo à insustentabilidade, quando avaliado por meio do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP), considerando as dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

1.3 OBJETIVOS

Para responder o questionamento central da pesquisa, o objetivo geral foi o de propor indicadores e índice de sustentabilidade de bacia hidrográfica, validando empiricamente na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, nos anos de 2000 e de 2015.

Para tanto, os objetivos específicos adotados foram:

- Definir indicadores e um índice de sustentabilidade de bacia hidrográfica, mediante as dimensões ambiental, social, econômica e institucional;
- Validar o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP);
- Contribuir com a gestão do recurso hídrico local, tanto na esfera pública quanto na privada.

1.4 JUSTIFICATIVA

A elaboração da presente pesquisa é justificada pela inexistência de estudos anteriores sobre mensuração da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN. Seus resultados serão de extrema importância para o planejamento e a gestão da bacia, dentro de uma visão multidimensional: ambiental, social, econômica e institucional. Dessa forma, os tomadores de decisão, em posse dos resultados que se pretende apresentar, poderão ter ciência de qual indicador, tema ou dimensão do índice proposto está contribuindo, em maior ou menor grau, para a sustentabilidade da bacia. A partir dessa informação, o poder público e a sociedade, poderão direcionar programas, ações e atividades de intervenção mais eficientes e restritivos.

Vale salientar também que o sistema de indicadores e o modelo de mensuração proposto poderá ser utilizado tanto para outros trabalhos acadêmicos, quanto pelo comitê de bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, que será capaz de continuar avaliando a sua sustentabilidade. Justifica-se ainda que a aplicação de indicadores de sustentabilidade e a descrição do comportamento dos problemas ambientais existentes são de extrema importância para um gerenciamento adequado de bacias hidrográficas (KEMERICH et al., 2013). Porém, para se determinar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, estudiosos destacam que se faz necessário calcular um índice que varia em função de indicadores, de modo que, segundo Siche et al. (2007, p. 140) o índice é “o valor agregado de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam indicadores como variáveis que o compõe”.

Dessa forma, estes indicadores necessitam ser bem definidos, de acordo com a realidade da bacia objeto de estudo. Nessa perspectiva, os indicadores são parte de um sistema de informação sobre o desenvolvimento sustentável, no qual são integrados dados de natureza social, econômica e ambiental (BELLEN, 2005).

Os indicadores de sustentabilidade são essenciais para avaliar e conduzir atitudes sustentáveis, representando as diversas dimensões, ambiental, social, econômica e

institucional (POLAZ; TEIXEIRA, 2008). Sendo assim, bons indicadores devem atender a algumas características principais, tais como: compreensível; quantificável; e representativo quanto à realidade do fenômeno analisado (MUELLER et al., 1997).

Seguindo essa tendência, foram construídas diversas ferramentas que avaliam a sustentabilidade através do emprego de indicadores, com o objetivo principal de apoiar os planejadores quanto a tomada de decisão, criando referências para planejar futuras ações (BELLEN, 2005). Porém, muitas dessas ferramentas precisam ser adaptadas para aplicação em objetos de análise específicos, como no caso da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN. Isso ocorre muitas vezes pelo fato dos indicadores utilizados numa região não servirem para outras. Da mesma forma, alguns dados de certa região podem não estar disponíveis para outras, impossibilitando a sua aplicação (MARQUES, 2003). Com isso, certa ferramenta pode ser utilizada a partir de adequação a realidade específica do local analisado (CARVALHO; SILVA, 2013).

Concomitantemente, a definição da escala temporal de estudos sobre desenvolvimento sustentável de territórios é de extrema importância. Isso se dá pelo fato de que pesquisas como estas requerem comparações. A comparação do nível de sustentabilidade pode ocorrer entre dois territórios distintos, ou entre um mesmo território ao longo de um período, denominado de per si. Tratando-se desta última alternativa, Sepúlveda (2008, p. 25) afirma que o ideal seria “analisar o grau de desempenho de uma região determinada nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional para um período de 20 anos”. Nessa perspectiva, os resultados da pesquisa poderão determinar em que medida dado território, ao longo desse período ideal, caminhou rumo ao desenvolvimento sustentável.

2 **REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção, são apresentados e discutidos os conceitos que fundamentam teoricamente a pesquisa aqui apresentada. Dessa forma, são explorados os conceitos de desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade, sustentabilidade de bacias hidrográficas, instrumentos de avaliação de sustentabilidade de bacias hidrográficas, assim como, sobre trabalhos anteriores desenvolvidos no mesmo local objeto de estudo.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O início do século XX foi marcado por significativas mudanças estruturais na sociedade capitalista mundial, em que o intenso desenvolvimento tecnológico mostrou-se contraditório. Por um lado, esse desenvolvimento aumentou a expectativa de vida dos seres humanos, mas, por outro, aumentou também a capacidade humana de autoextinção (BELLEN, 2004). Isso ocorre pelo fato de o desenvolvimento capitalista ser sustentado pela degradação ambiental, através da exploração sem limites dos recursos naturais, indispensáveis para as suas atividades, e pela degradação social, através da reprodução das desigualdades, em prol do lucro de uma pequena parcela da sociedade.

Em meio a essa problemática, apontam-se que não é o planeta Terra que poderá ser extinto devido aos impactos ambientais negativos causados pelas atividades humanas, mas sim a espécie humana, que se encontra em risco de um acelerado processo de extinção prematuro. Isso se deve ao fato de que o desenvolvimento humano vem se baseando em um crescimento econômico que se reduz à transformação de recursos naturais de grande importância e de baixa entropia em resíduos que se caracterizam por alta entropia (VEIGA, 2010).

Dessa forma, vale destacar, segundo Sachs (2008, p. 13), a diferença entre crescimento econômico e desenvolvimento. O crescimento econômico, “é uma condição necessária, mas de forma alguma suficiente, para se alcançar a vida melhor, mais feliz e mais completa para todos”. Porém, o desenvolvimento aproxima a ética da economia e da política e não se reduz à reprodução da riqueza material, envolvendo as noções de igualdade, equidade e solidariedade em seu conceito. Com isso, Saradón e Flores (2014) afirma que umas das dificuldades predominantes quanto à execução do conceito de desenvolvimento sustentável é a sua contradição com os objetivos econômicos hegemônicos.

Vale salientar também que a sociedade moderna parte do pressuposto de que não é elemento do meio ambiente, e que este, através da tecnologia, pode ser dominado e

regulado a partir dos desejos humanos. Nesse mesmo caminho de pensamento, os economistas tradicionais compreendem a natureza como apenas um setor da economia, que se traduz na disponibilidade de insumos em forma de recursos naturais (florestas, solos, água, ar), quando, na verdade, é a economia e os seres humanos que fazem parte de um sistema maior, denominado de ecossistema. Desse modo, a interação das atividades humanas deve respeitar os ciclos da natureza, como já faziam de forma correta as sociedades denominadas de primitivas (CAVALCANTI, 2004).

Diante desse contexto, houve um crescimento da consciência entre estudiosos, tomadores de decisão e sociedade civil com relação às consequências ambientais e sociais desse modelo de desenvolvimento. Vale destacar alguns desastres ambientais que foram importantes alertas para se repensar o futuro do meio ambiente e da humanidade, tais como: o desastre ambiental na Baia de Minamata, no Japão; o acidente de Bhopal, na Índia, e na usina nuclear de Chernobyl, na extinta União Soviética; e o vazamento de petróleo do Exxon Valdez, nos Estados Unidos. Isto posto, o conceito de desenvolvimento sustentável começa a ser elaborado a partir da reformulação do conceito de desenvolvimento, antes relacionado somente à noção de crescimento econômico (BELLEN, 2004).

Com isso, vários eventos marcaram a construção e consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável, como o lançamento do livro Primavera Silenciosa (CARSON, 1962); o relatório sobre os limites do crescimento, em 1972, solicitado pelo Clube de Roma; o conceito de ecodesenvolvimento, que surgiu em 1973 em Estocolmo, na Suécia, publicado pelo francês Maurice Strong; a declaração de Cocoyok, em 1974, a qual afirmava que a pobreza contribuía para a degradação ambiental e que os recursos naturais tinham um limite máximo de exploração; o relatório da Fundação Dag-Hammarskjöld em 1975, em complemento ao de Cocoyok; a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) de Brundtland, culminando no relatório denominado de Nosso Futuro Comum; e a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, denominada de eco-92 ou Rio-92, culminando na elaboração da agenda 21 (BRUSEKE, 1995).

Além da consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável, que ficou definido como aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades, a Rio-92 foi muito importante no sentido de introduzir no discurso oficial dos países do mundo a

relação entre desenvolvimento socioeconômico e degradação ambiental (BELLEN, 2004).

Após a Rio-92, o conceito de desenvolvimento sustentável sofreu modificações, como na Cúpula Mundial em 2002, onde ficou definido como a procura da melhoria de qualidade de vida de todos os habitantes do mundo sem aumentar o uso de recursos naturais além da capacidade da terra. Vale salientar que para um desenvolvimento originalmente sustentável é preciso três tipos de ações prioritárias conjuntas: crescimento e equidade econômica, conservação de recursos naturais e do meio ambiente e o desenvolvimento social. Sendo assim, o desenvolvimento sustentável é aquele que, ao mesmo tempo em que promove a qualidade de vida dos seres humanos, respeita o meio ambiente e sua capacidade de suporte (MIKHAILOVA, 2004).

Com isso, de acordo com Veiga (2010), existem atualmente três correntes de pensamento sobre a sustentabilidade: convencional, ecológica e os que estão em busca de um terceiro caminho. A corrente convencional acredita que a sustentabilidade seria atingida a partir de uma condição econômica estacionária, ou seja, a qualidade de vida de uma sociedade seguiria melhorando, sem necessariamente exigir um crescimento econômico. A corrente ecológica defende que os países que já atingiram o crescimento econômico ideal deveriam realizar uma transição para um desenvolvimento sem crescimento econômico e contribuir para que os países que ainda necessitam crescer economicamente o façam de forma ambientalmente menos agressiva. A corrente de estudiosos que procuram uma terceira via acredita que a economia poderia crescer sem que os limites do meio ambiente fossem atingidos e, dessa forma, os recursos naturais não seriam esgotados. Isso seria possível através de uma remodelagem do processo produtivo em que a oferta de bens e serviços deveria se desmaterializar e consumir cada vez menos energia (ecoeficiência).

À vista disso, é importante destacar a inter-relação do conceito de sustentabilidade e da capacidade de carga de um ecossistema, de modo que esta seria a viabilidade da interação complexa entre os sistemas dinâmicos ecossistêmico e socioeconômico (CONSTANZA, 1994).

Corroborando com esse pensamento, Sachs (2008, p. 15), afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável deve ser baseado no “duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras”, assim como trabalhado a partir de diversas escalas no tempo e espaço, levando em conta cinco pilares principais: social, ambiental, territorial,

econômico e político. Portanto, as bases do desenvolvimento sustentável começam a serem construídas a partir de mudanças de atitude no presente, e nas diversas dimensões citadas, através do combate aos problemas atuais, para que assim, os frutos sejam colhidos pelas gerações futuras.

Sendo assim, Saradón (2013) destaca que o conceito de sustentabilidade é completo, na teoria, a partir do momento em que propõe atender as várias metas de forma isocrônica, envolvendo diversas dimensões produtivas, ecológicas ou ambientais, sociais, culturais, econômicas, e principalmente, espaço-temporais.

Nessa perspectiva, e com relação a pesquisas que tratam sobre sustentabilidade de agroecossistemas, Sepúlveda (2008) entende que se deve considerar uma análise das dimensões social, ambiental, econômica e político-institucional durante um período de pelo menos 20 anos, ou comparar estas dimensões em territórios distintos em um mesmo período.

2.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores de sustentabilidade surgiram a partir da necessidade de operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável. Assim como um médico, para diagnosticar uma enfermidade ou para poder caracterizar o nível de saúde de determinado indivíduo, necessita de informações sobre a realidade do paciente, para se determinar a sustentabilidade um pesquisador precisa de informações que representem a realidade de dado local, nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional (SEPÚLVEDA, 2008). Com isso, indicadores são variáveis selecionadas e quantificadas que permitem ao pesquisador definir situações que não seriam tão facilmente identificadas por outro meio. Bons indicadores devem representar a realidade e conter informações relevantes, priorizando a qualidade e não a quantidade sobre o desempenho de um sistema, seu futuro, com comunicação objetiva e de fácil interpretação (SARADÓN, 2013).

Dessa forma, a Agenda 21, principal documento produto da Rio-92, em seu capítulo 40, recomenda a utilização de indicadores de desenvolvimento sustentável, por parte das nações, com vistas ao planejamento. Esses indicadores podem ser quantitativos e/ou qualitativos, assumindo um valor em um tempo e espaço específico, com a finalidade de transmitir conteúdos, contribuindo para a tomada de decisão. Desse modo, representam uma linguagem que permite a compreensão da realidade do desenvolvimento sustentável de um dado território, sendo essencial para identificação

de problemas, formulação de políticas públicas e mudança de processos produtivos de empresas (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

Vale ressaltar que é impossível determinar a sustentabilidade de um dado território considerando apenas um indicador ou vários indicadores que representem apenas uma dimensão dessa realidade. Isso se dá pelo fato de a sustentabilidade, de acordo com o seu conceito, ser determinada por um conjunto de dimensões que devem ser prioritariamente contempladas (MARZALL, 1999).

Por isso, devido à complexidade inerente ao seu conceito, ainda existe uma dificuldade entre estudiosos e tomadores de decisão quanto à operacionalização do conceito de sustentabilidade. Para Saradón (2013), essa dificuldade varia a partir de diferentes aspectos, tais como: sua característica multidimensional; problema do enfoque disciplinar e reducionista que ainda predomina no meio científico e acadêmico; ausência de parâmetros comuns de evolução; uso de metodologias inadequadas; o fato de seu conceito não deixar claro como será operacionalizada e atingida a sustentabilidade; e a sua contradição com os objetivos econômicos vigentes.

Dessa maneira, Veiga (2010, p. 52) atenta que os indicadores de sustentabilidade devem ser capazes de "avaliar simultaneamente resiliência ecossistêmica, qualidade de vida e desempenho econômico" de um certo local, caracterizando-se, portanto, numa abordagem interdisciplinar. Portanto, os indicadores de sustentabilidade estão em constante mudança, variando de acordo com as características específicas da área pesquisada e a disponibilidade dos dados (RABELO; LIMA, 2007).

2.3 SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

As bacias hidrográficas são importantes unidades de planejamento e gestão do uso sustentável de recursos hídricos, pois o seu conceito ideal é multifacetado, permitindo trabalhar com indicadores nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

Do ponto de vista físico-ambiental, a bacia hidrográfica é definida como uma área natural que recebe as águas de precipitação pluviométrica e as escoa através da sua rede de drenagem para um único ponto de saída, chamado de exultório, influenciada principalmente pela energia solar e a força gravitacional (TUCCI, 1997).

Porém, quando trabalhamos sobre planejamento, gestão e sustentabilidade de bacias hidrográficas, o conceito acima mencionado torna-se limitado, pois não compreende a interdisciplinaridade envolvida na sua dinâmica em que as interações

socioambientais devem ser contempladas. Dessa forma, o conceito de bacia hidrográfica é definido nessa dissertação, de acordo com Yassuda (1993), Carmo e Silva (2010), Guerra e Cunha (2011) e Guerra (2011), como o espaço de interação entre o recurso hídrico e a dinâmica do meio físico, biótico e socioeconômico, sendo unidade ideal para o desenvolvimento de pesquisas sobre os impactos das atividades humanas sobre a qualidade e disponibilidade da água.

A própria política que regulamenta o uso dos recursos hídricos no Brasil – Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – contempla as dimensões ambiental, social, econômica e institucional e entende que a bacia hidrográfica é a unidade ideal de análise ao defender, em seu artigo 1º, que a água é um bem de domínio público; é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada com participação do poder público, usuários e da comunidade.

Com relação aos seus objetivos, a mesma legislação, no seu artigo 2º, de forma mais direta, mostra a sua preocupação quanto ao o uso sustentável dos recursos hídricos, ao afirmar que deve assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável, prevenir e defender contra eventos hidrológicos críticos decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

Porém, segundo Tucci (2000), os grandes aglomerados urbanos no Brasil permanecem utilizando os recursos hídricos de forma insustentável, a partir da poluição doméstica e industrial e da intensa demanda desnecessária por água. Vale ressaltar, que a degradação dos recursos hídricos se destaca nos rios urbanos, locais esses de grande deposição de excrementos humanos, devido à falta de saneamento básico, e de recepção de uma parcela da sociedade segregada espacialmente, que encontra nas suas margens uma oportunidade de moradia improvisada, onde impera a ocupação mal planejada do solo urbano e a consequente degradação dos recursos naturais, entre eles, os recursos hídricos (ALMEIDA, 2010).

Sendo assim, de acordo com Guerra e Cunha (2001), se fazem necessárias pesquisas que analisem essa problemática a partir de questões naturais, sociais e políticas, em um estudo interdisciplinar.

Por conseguinte, vale destacar que a água é um dos recursos naturais que mais preocupam os planejadores e pesquisadores com relação à solidificação dos aspectos políticos e institucionais do seu gerenciamento. Isso aumenta no Nordeste do Brasil e, em especial, na região do Semiárido nordestino, onde as condições hídricas desfavoráveis somam-se com o baixo desenvolvimento social. Logo, a avaliação do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos depende da integração entre componentes dos sistemas naturais, socioeconômicos e institucionais (TUCCI et al., 2003).

Com isso, a análise do desenvolvimento sustentável de uma bacia hidrográfica depende de métodos multidisciplinares, integrados em tempos e escalas distintas, que utilizam indicadores que representem o uso diverso dos recursos hídricos e os seus conflitos (FERREIRA; CUNHA, 2005).

Nessa perspectiva, segundo Isaias (2008, p. 44), o Plano Nacional de Recursos Hídricos foi elaborado considerando a multidimensionalidade em torno da gestão da água, “no seu simbolismo místico e religioso e no seu valor ecológico, social, econômico, político e cultural”. Com base nesses fatores, tal plano estabeleceu as seguintes diretrizes para a definição de indicadores de sustentabilidade em pesquisa sobre recursos hídricos: quantidade e qualidade da água superficial definida pelas condições físico-químicas e biológicas adequadas para os usos múltiplos; mudanças no regime natural dos mananciais de água por efeito das atividades antrópicas, como impermeabilização do solo, canalização, dragagem, represas, diques e erosão; conservação e biodiversidade; dinâmica do uso e ocupação do solo; desenvolvimento humano; saneamento ambiental; o PIB; e zoneamento ecológico e econômico (BRASIL, 2006).

Porém, vale destacar que mesmo com algumas vantagens, a bacia hidrográfica tem limitações quanto à aplicação de indicadores de sustentabilidade. Entre essas fragilidades, destaca-se o fato da mesma não respeitar limites territoriais, como de municípios e estados, dificultando o acesso principalmente a dados sociais e econômicos. Contudo, tal deficiência pode ser superada com a utilização das informações obtidas pelos censos demográficos do IBGE, por setor censitário. Entretanto, a quantidade de informações disponíveis para o setor censitário é menor, se

relacionada a escala de município e estado, o que influencia diretamente na impossibilidade de se utilizar alguns indicadores de suma importância.

2.4 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável e determinar a sustentabilidade de certo espaço geográfico, é preciso, além da definição dos indicadores adequados, aplicar um instrumento de avaliação metodologicamente eficiente, que seja capaz de agregar as informações contidas nos indicadores resumindo em um índice. Nesse sentido, com objetivo de discutir com aprofundamento o conceito de desenvolvimento sustentável, suas características e limitações, assim como as ferramentas existentes em termos de avaliação de sustentabilidade em âmbito internacional, o autor Bellen (2004) destacou a indicação de 18 diferentes ferramentas e as três mais citadas pelos pesquisadores questionados foram: pegada ecológica, painel da sustentabilidade e barômetro da sustentabilidade, respectivamente. Dessa forma, é apresentado neste subitem, além desses, os principais instrumentos de avaliação de sustentabilidade de bacias hidrográficas aplicados por órgãos institucionais e por pesquisadores de relevância sobre esse tema.

O painel da sustentabilidade (*dashboard of sustainability*) é uma ferramenta que foi desenvolvida através da parceria entre o Consultative Group e o Bellagio Fórum for Sustainable Development, no ano de 1999. Este, caracteriza-se por um diferenciado modo de apresentação dos seus resultados, se assemelhando a um painel de automóvel, de modo que o nível de sustentabilidade das quatro dimensões contempladas (ambiental, social, econômica e institucional) é indicado através de ponteiros que variam entre sustentável (na cor verde) e insustentável (na cor vermelha), dependendo da situação do objeto pesquisado (FROEHLICH, 2014). Com emprego em bacias hidrográficas, o trabalho de Guimarães (2008) aplicou a metodologia do painel da sustentabilidade para comparar o nível de desenvolvimento sustentável nas bacias hidrográficas Paraíba do Sul, Baía de Guanabara, São João, Una, Búzios e Baía de Sepetiba, localizadas no Estado do Rio de Janeiro. Apesar da sua elaborada forma de apresentação dos resultados, o painel da sustentabilidade apresenta limitações referente a adaptações do seu sistema de indicadores, pois o método requere uma série de dados e informações estatísticas muitas vezes de difícil acesso, assim como parâmetros adotados muito extremos (HAMERSCHMIDT, 2008).

Por sua vez, a pegada ecológica (*ecological footprint method*) é um instrumento de análise que foi proposto no ano de 1996 pelos estudiosos Mathis Wackernagel e Willian Rees, em seu livro intitulado de “A nossa pegada ecológica”. Essa é uma importante metodologia de avaliação dos impactos da sociedade sobre os recursos naturais e vem sendo utilizada por diversas pesquisas e órgãos institucionais, como a World Wildlife Fund (WWF), Nações Unidas, INPE e Global Footprint Network. Trata-se de uma medida do quanto de área em hectares globais (contemplando a terra e água) certo território ou pessoa precisa ocupar para suprir o seu estilo de vida, considerando: consumo de água, biodiversidade, emissões de gases de efeito estufa, consumo de energia, poluição atmosférica e produção e destinação de resíduos (SCARPA, 2012). Com isso, a pesquisa de Carletto (2011) propôs a utilização da pegada ecológica na bacia hidrográfica Cachoeira, localizada no município de Joinville, no estado de Santa Catarina, com o objetivo de utilização e aplicação dos seus resultados em um programa de educação ambiental, a ser desenvolvido na mesma área objeto de estudo.

Porém, como limitações desse instrumento, cita-se o fato do produto final da pegada ecológica se restringir à expressão em hectares globais necessários para suprir certo estilo de vida, não classificando certa área em níveis de sustentabilidade em um período de tempo, e pelo fato de seus indicadores não poderem ser analisados de forma isolada, e assim, serem identificadas as contribuições de cada um para o desenvolvimento sustentável. Além disso, infere-se como deficiência o fato do mesmo não contemplar indicadores de sustentabilidade na dimensão social, como por exemplo, taxa de alfabetização. Vale destacar ainda, que a pegada ecológica a nível regional e local, como no caso da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN, perde a sua precisão devido à ausência de dados, em comparação com análises a nível global (ABREU, et al., 2009).

O barômetro da sustentabilidade (BS) foi proposto pelo pesquisador Prescott-Allen, com o apoio e consentimento da World Conservation Union (IUCN) e do International Development Research Center (IDRC). Essa ferramenta é uma metodologia bidimensional, que avalia a sustentabilidade sob a ótica do bem-estar ecológico e humano, sendo destinado a agências governamentais e não governamentais, assim como para tomadores de decisão, e pode ser aplicada em qualquer escala geográfica (BELLEN, 2005). No âmbito de bacias hidrográficas, o barômetro da sustentabilidade foi aplicado por Kronemberger et al. (2004), na bacia hidrográfica do Jurumirim, localizada no município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro. Por ser bidimensional (bem-estar ecológico e humano) o barômetro da sustentabilidade tem

limitações principalmente em contemplar as dimensões econômicas e institucionais, mesmo que em muitos estudos, indicadores destas dimensões estejam incluídas na dimensão do bem-estar humano, porém de forma pouco representativa.

O Modelo, pressão estado resposta (P-E-R), é uma metodologia que foi desenvolvida pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento (OECD), sendo muito utilizada na América Latina, tendo como referência a Divisão Estatística das Nações Unidas. A sua forma de análise é tridimensional, representada pelas seguintes categorias: pressão - descreve as pressões desenvolvidas pelas atividades humanas sobre os recursos naturais; estado - expressa as condições qualitativas e quantitativas do meio ambiente; e resposta - representa as atitudes sociais no sentido de anular ou mitigar as pressões exercidas pelas atividades antrópicas sobre o meio ambiente. Dessa forma, o estudo de Kemerich et al. (2013) propôs aplicação do instrumento pressão estado resposta para análise da sustentabilidade de bacias hidrográficas, com análise de vulnerabilidade natural a contaminação. Porém, Kemerich et al. (2014, p. 3728), em outro estudo, também aponta como fragilidades desse o modelo o fato das pressões sobre o meio ambiente se reduzirem aquelas causadas pela ação do homem, a relação de uma “causalidade linear”, simplificando excessivamente uma realidade complexa e pelo fato de não estabelecer metas de desenvolvimento sustentável para o futuro.

O instrumento denominado de método de modelagem de sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos (MISGERH) foi proposto a partir da tese de doutorado de Laura (2004), metodologicamente voltado para contribuir com o planejamento dos recursos hídricos por parte dos comitês de bacias hidrográficas e órgãos públicos ambientais, objetivando a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos. Dessa forma, a sua metodologia favorece a obtenção de um sistema de indicadores de sustentabilidade com intensa participação dos atores sociais da área pesquisada, a partir de um paradigma construtivista e metodologia multicritério de apoio à decisão. A mesma está amparada nos conceitos de ecoeficiência, sensibilidade e resiliência. Para tanto, esse instrumento foi validado a partir de aplicação na bacia hidrográfica do rio dos Sinos, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Apesar da grande importância do MISGERH proposto, principalmente levando em consideração o seu objetivo de selecionar indicadores a partir da participação dos autores sociais, o mesmo gera uma quantidade excessiva de indicadores que em muitos casos não serão passíveis de aplicação, devido em alguns casos à disponibilidade dos dados e em outros a custo da sua obtenção.

O índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas foi proposto por Couto (2007), apoiado na base teórica da geografia física, nas geotecnologias e técnicas de análise quantitativa. Dessa forma, é amparado em três dimensões: uso e ocupação do solo, condição física da área e condição de desenvolvimento humano. A dimensão de uso e ocupação do solo é formada pelo fator uso do solo, composto pelas seguintes classes: áreas de expansão urbana, urbano industrial, solo exposto, solo cultivado, florestamento, campos com capões, áreas úmidas, florestas naturais e vegetação ciliar. A dimensão condição física da área é formada pelo fator de fragilidade potencial, calculada a partir da densidade de drenagem na bacia, rugosidade, amplitude altimétrica da bacia, e área da bacia. A dimensão condição de desenvolvimento humano é formada pelo fator desenvolvimento humano, calculado a partir de informações sobre educação, saneamento, longevidade e renda, dentro da escala de setores censitários. Para a sua validação, essa metodologia foi aplicada na bacia hidrográfica do Arroio Sapucaia, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Contudo, elenca-se como limitações desse método, o fato do mesmo não contemplar as dimensões econômica e institucional, de imprescindível relevância para a análise da sustentabilidade, e de seu sistema de indicadores não permitir adaptações.

O Índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas **(**ISBH) é uma metodologia que foi proposta por Isaias (2008), apoiado em quatro dimensões de igual peso: ambiental, qualidade da água, socioeconômica e político institucional. A dimensão ambiental é formada pelos indicadores de cobertura vegetal, risco de erosão, densidade de estradas e área impermeabilizada. A dimensão de qualidade da água é formada pelos indicadores índice de qualidade da água (IQA) e turbidez. A dimensão socioeconômica é formada pelos indicadores de renda, educação e saúde pública. A dimensão política institucional é formada pelos indicadores taxa de urbanização do entorno, integridade de áreas de preservação permanente, cobertura por unidade de conservação. Para validação dessa metodologia, o ISBH foi aplicado em 11 microbacias utilizadas para captação de água no Distrito Federal. Porém, algumas deficiências desse instrumento o limita quanto à adaptações e aplicação, como por exemplo: sistema de indicadores fechado, o fato da dimensão ambiental ser separada da qualidade de água, e por fim, a junção das dimensões social e econômica, o que enfraquece a representatividade de seus indicadores no índice.

Dessa maneira, através da análise dos instrumentos de avaliação de sustentabilidade de bacias hidrográficas citados nos parágrafos anteriores, e das suas respectivas limitações para aplicação de forma específica na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, decidiu-se propor a elaboração e utilização do índice de sustentabilidade de bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP), de modo que, os critérios e os procedimentos metodológicos utilizados para a sua formulação e aplicação, são apresentados nessa pesquisa no tópico de metodologia.

2.5 TRABALHOS ANTERIORES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PITIMBU-RN

Apesar da inexistência de pesquisas anteriores que tratam de forma direta sobre a temática do desenvolvimento sustentável, a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, ao longo de décadas, vem sendo alvo de investigação por meio de diversos estudos que dissertam sobre a sua dinâmica socioambiental, dos quais se destacam pesquisas que analisam os impactos das atividades humanas sobre a mesma. Dessa forma, esta seção irá apresentar alguns desses estudos de grande relevância para se compreender, de forma indireta, como a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN vem se desenvolvendo com relação a diversas dimensões da sustentabilidade.

Nesta perspectiva, a pesquisa de Costa (1995), denominada de “alteração da cobertura vegetal natural da microbacia do rio Pitimbu-RN devido à ocupação antrópica”, delimitou e analisou as causas e consequências da remoção da vegetação nativa devido às atividades antrópicas, principalmente através da expansão urbana do município de Natal-RN e de Parnamirim-RN, e agrícola do município de Macaíba-RN. A partir dos resultados encontrados, o estudo concluiu que, se continuasse a persistir a forma pela qual o uso e a ocupação do solo se desenvolveu no período estudado, de forma desordenada e sem levar em consideração aspectos ambientais de preservação, os principais reservatórios de água desta bacia, o rio Pitimbu e a Lagoa do Jiqui, estariam comprometidos, colocando em risco, consequentemente, a segurança hídrica do abastecimento público da cidade de Natal-RN, assim como a estabilidade ambiental do entorno.

Outra pesquisa de grande importância foi realizada por Borges (2002), intitulada de “implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo”. Mesmo decorridos sete anos da publicação da pesquisa de Costa (1995), o autor Borges (2002) mostra que é crescente a preocupação de cientistas, organizações não governamentais e sociedade civil com

relação à ocupação desordenada e consequente degradação ambiental da bacia hidrográfica em questão. Foi constatado em seu estudo que a área é ambientalmente frágil e, devido à ocupação do solo sem planejamento, a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN vem sendo submetida a impactos ambientais negativos, que vêm comprometendo a disponibilidade e qualidade da água para abastecimento e, dessa forma, contribuindo para a diminuição da qualidade de vida da população que depende desse recurso natural. Como principais problemas encontrados, o autor citou: uso indiscriminado de agrotóxicos em cultivos próximos às margens do rio; barramentos irregulares; desmatamento; impermeabilização do solo; falta de saneamento básico; e lançamento de resíduos sólidos a céu aberto.

Em outro estudo, intitulado "Concentração de metais pesados em frações granulométricas de sedimentos de fundo do rio Pitimbu, região sul da grande Natal (RN): implicações para levantamentos ambientais", os autores Santos et al. (2002), avaliaram a distribuição de metais pesados em duas frações granulométricas de sedimentos de fundo do rio Pitimbu e definiram o grau de biodisponibilidade dos elementos encontrados, através do Índice Geoquímico de Distribuição Granulométrica (IGDG). Como resultados, os referidos autores afirmaram que os elementos analisados, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, S e Zn, se concentram na fração mais fina dos sedimentos, onde os fatores geogênicos e as atividades antrópicas influenciam de forma distinta na disposição dos elementos químicos dos sedimentos. Os autores também concluíram que, quanto mais longe do centro do rio Pitimbu-RN, como na lagoa do Jiqui, maior a biodisponibilidade dos elementos, ocorrendo o contrário na porção central do rio, onde foi verificada uma menor biodisponibilidade.

De forma mais específica, a autora Egito (2006) realizou uma pesquisa que teve como objetivo geral avaliar o potencial genotóxico e mutagênico das águas do rio Pitimbu-RN, a partir da justificativa de que o supracitado manancial estava exposto à contaminação por efluentes industriais e domésticos que eram lançados no rio sem tratamento adequado. A partir dos resultados encontrados, a autora concluiu que foi constatada a presença de agentes mutagênicos nas águas do rio Pitimbu-RN em quantidade suficiente para provocar alterações no material genético das espécies que ali habitam. A pesquisadora destacou como uns dos motivos para tais resultados o crescimento urbano desordenado, lançamento irregular de efluentes industriais e domésticos e de resíduos sólidos, e o assoreamento do rio Pitimbu-RN. A autora afirmou que providências devem ser realizadas no sentido de reduzir as fontes

poluidoras, com o objetivo de prevenir impactos negativos ao meio ambiente e à população sujeita ao contato com os poluentes.

Por outro lado, restringindo-se à porção da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN que pertence ao município de Macaíba-RN, o autor Barbosa (2006) realizou uma pesquisa intitulada de "conflito de usos da água e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Pitimbu no município de Macaíba RN". O autor destacou que essa área é caracterizada por agricultura irrigada, onde foi observado um grande número de barramentos e passagens molhadas, assim como o lançamento de resíduos sólidos nas margens do rio, e eutrofização em alguns pontos. Apesar dos resultados de análise da água, de forma geral, terem demonstrado estar dentro dos parâmetros de qualidade exigidos pela resolução CONAMA nº 357, com exceção de algumas anomalias nos parâmetros de pH e ferro, o autor destaca a importância de adotar a área pesquisada como de proteção ambiental (APA).

Após dois anos do último estudo apresentado, o autor Sena (2008) realizou uma pesquisa que tinha como objetivo geral avaliar a qualidade da água do rio Pitimbu-RN, a partir de 35 variáveis físico-químicas e biológicas, em 08 pontos de monitoramento ao longo do curso d'água, durante o período de 1993 a 2007. Como resultados, esse autor encontrou anomalias nas amostragens de alumínio, níquel e ferro, baixos valores de oxigênio dissolvido (OD) e altos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), denotando lançamento de efluente doméstico no leito do rio. Além desses parâmetros, o referido pesquisador citou a ocorrência de elevados valores de fósforo total e fosfato, devido ao uso do leito do rio, pela população ribeirinha, para lavagem de roupas, já que é verificada alta concentração de fósforo no detergente. De forma geral, o autor atrelou os resultados encontrados a velhos problemas socioambientais já demonstrados 13 anos antes na pesquisa desenvolvida por Costa (1995), dentre os quais citam-se: pressão do uso e ocupação desordenado na área, por consequência de um crescimento urbano mal planejado dos municípios de Parnamirim e Macaíba e falta de controle da poluição difusa e pontual.

Com o objetivo de avaliar não só a qualidade da água, mas também a do sedimento no baixo curso do rio Pitimbu-RN, o autor Kobayashi (2009) realizou uma pesquisa, através da análise dos parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), nitrato, pH, alcalinidade, sólidos suspensos e sólidos totais, da água e de metais pesados, para o sedimento. Além disso, o referido autor realizou um biomonitoramento com

macroinvertebrados bentônicos sensíveis e resistentes à poluição orgânica. Os resultados dessa pesquisa demonstraram a ausência de espécies de macroinvertebrados bentônicos sensíveis à poluição orgânica e, por sua vez, abundância dos organismos resistentes, sendo um indicador de degradação ambiental. Foram encontrados também baixos níveis de oxigênio dissolvido, porém baixas concentrações de nitrato na água e de concentração de metais pesados no sedimento. Foi destacada pelo autor a ocorrência de intensos focos de processos erosivos no leito maior sazonal do rio Pitimbu-RN, denotando falta de fiscalização e controle por parte dos órgãos ambientais responsáveis.

Por outro lado, do ponto de vista das condições socioambientais dos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN, inseridos na bacia hidrográfica do Pitimbu-RN, a autora Pessoa (2012) realizou uma pesquisa intitulada “a metrópole periférica: identidade e vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Natal-RN/Brasil”. Nesse trabalho, a pesquisadora mostra que, nos municípios citados, emanam conflitos sociais e ambientais representados, principalmente, por uma grande fragilidade da regulamentação institucional da gestão ambiental e pela ausência de estruturas de mobilização social. Entre os problemas de ordem ambiental mais evidentes, a autora destaca: descarte irregular de resíduos sólidos, contaminação dos reservatórios e falta de saneamento básico. Com relação aos aspectos sociais, foram destacados problemas que colocam a população desses municípios em condição de vulnerabilidade social, como o pouco acesso à educação e a grande situação de desemprego da população economicamente ativa.

Dessa forma, se perceber, desde o primeiro trabalhado apresentado, que é recorrente a correlação do uso e ocupação do solo com os problemas ambientais e sociais verificados na bacia hidrográfica do Pitimbu-RN. Seguindo essa mesma tendência, a pesquisadora Oliveira (2012) realizou seu estudo com o objetivo geral de analisar as consequências do uso e ocupação do solo na concentração de metais pesados no sedimento e na água do rio Pitimbu-RN. Como resultados, a autora constatou altas concentrações de ferro, chumbo, níquel, e zinco no sedimento, e de ferro, alumínio e fósforo na água, confirmando o estado de degradação da área por metais pesados. A pesquisadora associou as altas elevações de chumbo e de ferro ao fato do rio Pitimbu-RN ser cortado pelas rodovias federais BR-101 e BR-304, onde há intenso tráfego de veículos. Com relação ao zinco, a mesma associou a efluentes domésticos, resíduos de pneus e óleos lubrificantes. Os locais com altas concentrações de fósforo são

caracterizados por alto adensamento populacional, onde essa anomalia pode ser associada ao lançamento de esgoto doméstico, devido à falta de saneamento básico.

Com isso, outro problema ambiental bastante evidenciado nos estudos apresentados até aqui é a questão do lançamento irregular de resíduos sólidos na bacia hidrográfica do Pitimbu-RN. Nesse sentido, o trabalho de Maciel e Castro (2015) trata sobre algumas reflexões acerca dos resíduos sólidos domésticos no bairro Pitimbu, localizado na cidade de Natal-RN. Como resultados, foram encontrados inúmeros pontos de lançamento e acúmulo irregular de resíduos sólidos no bairro, em desacordo com a legislação atual sobre o tema. A partir de entrevistas aplicadas com os moradores locais, as autoras confirmaram que o principal problema ambiental citado pela população se refere à problemática dos lixões a céu aberto.

Desse modo, a partir da análise dos estudos anteriores apresentados, que a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN vem sendo alvo de intensa degradação socioambiental, indicando de forma indireta um desenvolvimento insustentável. Porém, os seus níveis de sustentabilidade só poderão ser confirmados a partir de um estudo aprofundado, que utilize indicadores de sustentabilidade nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

3 **METODOLOGIA GERAL**

Esta seção apresenta a metodologia que foi utilizada para que a pesquisa aqui apresentada pudesse alcançar os objetivos geral, e específicos delimitados e, consequentemente, responder ao questionamento de pesquisa que norteou esse estudo. Para tanto, esse capítulo está estruturado da seguinte forma: delimitação e caracterização da área de estudo e método de abordagem da pesquisa. Vale ressaltar que a metodologia utilizada em específico para a definição dos indicadores e do ISBP, assim como, para avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, estão descritos nas secções 01 e 02, respectivamente.

3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN está localizada no Estado do Rio Grande do Norte, especificamente na mesorregião Leste Potiguar (Figura 01), numa área total de aproximadamente 12.397,79 hectares, ocupando parte dos municípios de Natal-RN, Macaíba-RN e Parnamirim-RN, todos integrantes da Região Metropolitana de Natal-RN (Tabela 01). No município de Natal-RN, o limite da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN perpassa no bairro do Planalto, nas ruas Rainha do Mar, Mirassol, Maramguape, Marata, e Celeste, e no bairro do Pitimbu, nas ruas Marcillio Furtado, Lago de Pedra, Patativa e Aurino Vila, Avenida dos Xavantes, Avenida dos Caipós.

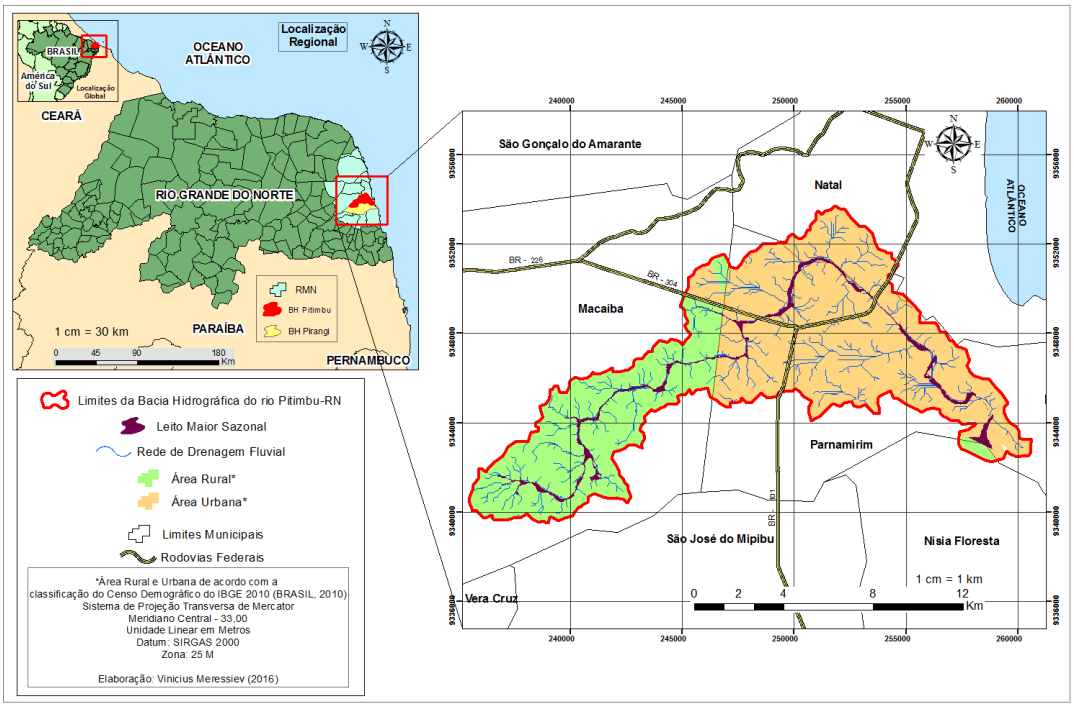
A sua forma pode ser caracterizada como um polígono irregular, de modo que seu retângulo envolvente se encontra entre os paralelos 5º 50’ 00’ e 5º 57’ 53’’ de latitude sul e os meridianos 35º 11’ 08’’ e 35º 23’ 19’’ de longitude oeste. Essa bacia litorânea pode ser caracterizada como endorreíca, pois o seu rio principal não deságua no mar, e apresenta a drenagem em forma dendrítica, por consequência da geomorfologia da área (CRISTOFOLETTI, 1974). Ela faz parte de um conjunto de bacias hidrográficas que integram a bacia de drenagem do rio Pirangi-RN, que tem seu exultório no Oceano Atlântico, banhando os municípios de Nísia Floresta-RN, São José do Mipibu-RN e Vera Cruz-RN, além dos já mencionados (BORGES, 2002).

O principal rio da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN, de mesmo nome, tem aproximadamente 33 km de comprimento, sendo a sua nascente no município de Macaíba-RN, na comunidade de Lagoa Seca, e seu exultório na Lagoa do Jiqui, no município de Parnamirim-RN. Aproximadamente 13 km da sua extensão é caracterizada por área rural, predominantemente localizada no município de Macaíba, de modo que, à

medida que adentra nos municípios de Parnamirim-RN e Natal-RN, apresenta aglomerações urbanas e industriais nas suas margens (SENA, 2008).

O rio Pitimbu-RN desempenha grande importância estratégica para a zona rural do município de Macaíba e zona urbana dos municípios de Parnamirim-RN e Natal-RN, sendo responsável por cerca de 30% do abastecimento de água do último município citado (OLIVEIRA 2012). Dessa forma, para uma melhor compreensão, o objeto de estudo foi caracterizado de modo geral quanto aos seus aspectos ambientais e socioeconômicos.

Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Tabela 01 – Ocupação da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, por município

Município	Área (ha)	%
Macaíba	4.718,41	38,05
Natal	1.001,34	8,07
Parnamirim	6.678,04	53,86
Total	12.397,79	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Aspectos ambientais

Todas as informações aqui apresentadas têm como referência o documento perfil do seu município, Rio Grande do Norte (2013), publicado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA),

referente aos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN. Para uma caracterização mais detalhada, também foi sobreposto arquivo vetorial, disponibilizado pelo mesmo órgão, sobre os temas trabalhados, com área da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, através do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.3.

A bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN tem o clima caracterizado como tropical chuvoso com verão seco, onde as ocorrências de chuvas concentram-se nos meses de fevereiro, março, abril, maio, junho e julho. Sua precipitação pluviométrica anual varia de 1.000 a 1.500 milímetros, com temperaturas anuais máxima de 32 ºC, média de 27,1 ºC, e mínima de 21,0 ºC., com 2.700 horas de insolação média e umidade relativa média anual de 79%.

A sua vegetação é parcelada em três diferentes tipos. A oeste, caracteriza-se por uma vegetação do tipo estepe, representada pelo bioma caatinga, predominantemente localizada no município de Macaíba e em uma pequena parte do município de Parnamirim-RN. Na sua parte central, é caracterizada por uma vegetação do tipo floresta estacional semidecidual, representada pelo bioma mata atlântica, com características de mata caducifólia, localizada predominantemente no município de Parnamirim-RN e em uma pequena porção do município de Natal-RN. No espaço a leste da bacia, compreendendo uma parte dos municípios de Natal-RN e Parnamirim-RN, destacam-se formações pioneiras de restinga, representada também pelo bioma mata atlântica.

Com relação as suas características geológicas, a área da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN é datada da era do cenozoico e subdivide-se em três unidades principais, de classe sedimentar: em sua maior parte, os depósitos colúvio-eluviais e a formação barreiras e uma pequena parcela de depósitos eólicos litorâneos de paleodunas. Os depósitos colúvio-eluviais estão bem distribuídos ao longo da área da bacia, com ocorrência em todas as suas direções, formados principalmente por cascalhos, argila e areia. Por sua vez, a formação barreiras se concentra na parte central, central norte e leste da bacia, formada principalmente por argilito arenoso e arenito conglomerático. Já os depósitos eólicos litorâneos de paleodunas concentram-se predominantemente na parte lesta da bacia, formados por areia.

Diretamente ligada à geologia da área, a geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN é formada por uma planície fluvial, tabuleiro e dunas fixas. A planície fluvial ocorre em toda bacia, na parte oeste, central, central norte e a leste, de modo que se caracteriza por ambientes rebaixados, onde o rio Pitimbu-RN, os lagos e as lagoas

acumulam-se. A geomorfologia de tabuleiro ocorre em toda a área em volta da planície fluvial, sendo limitada a leste pelas dunas fixas. O tabuleiro é associado principalmente à formação geológica barreiras, caracterizada por um tipo de relevo predominantemente plano, formada em rochas sedimentares (BRASIL, 2009). Por fim, as dunas fixas localizam-se em toda parte leste da bacia, associadas principalmente ao compartimento geológico de depósitos eólicos litorâneos de paleodunas.

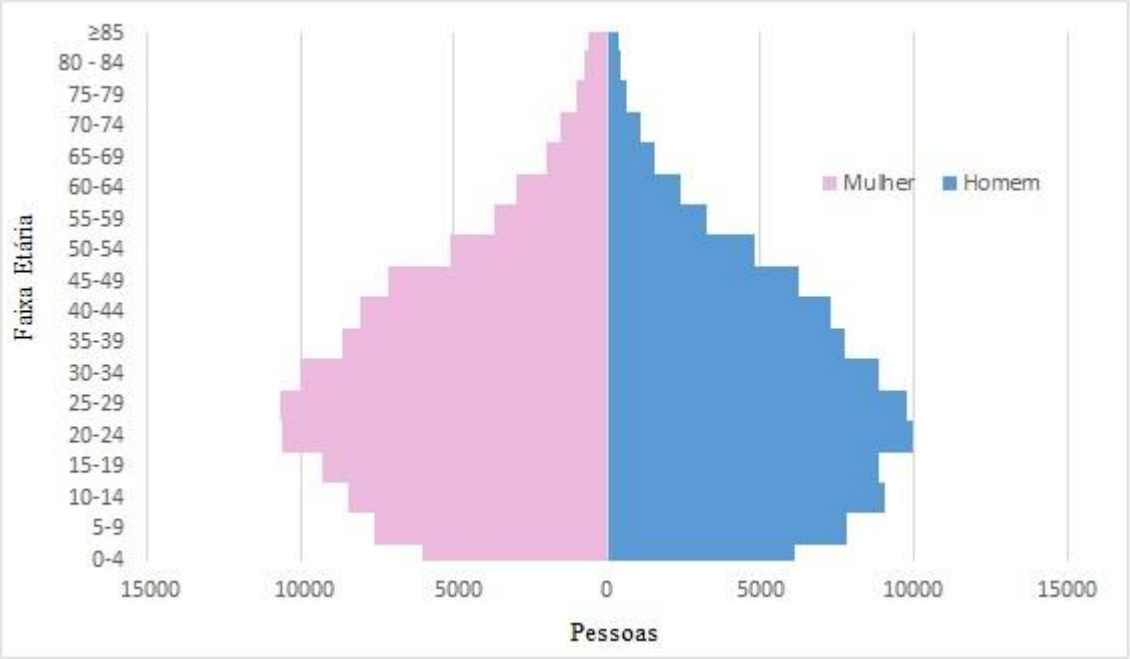
O solo da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN é predominantemente caracterizado por latossolo amarelo distrófico. Esse tipo de solo é caracterizado pela sua elevada profundidade, coloração amarela com perfis homogêneos, boa drenagem, porém baixa fertilidade. É associado principalmente à formação geomorfológica de tabuleiros e permite o cultivo de uma grande variedade de lavouras (BRASIL, 2007).

Aspectos socioeconômicos

De acordo com o censo demográfico realizado no ano de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2010), a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN é formada por 205 setores censitários, compreendendo uma população total de aproximadamente 202.981 habitantes. Desse total, 97.562 habitantes são do gênero masculino e 105.419 do gênero feminino, representando cerca de 48% e 52% da população total, respectivamente, distribuídos em torno de 59.787 domicílios particulares permanentes.

Em contrapartida, a maioria dos responsáveis por esses domicílios são do sexo masculino, representando 64,5% do total, enquanto os responsáveis do sexo feminino somam cerca de 35,5%. O rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por esses domicílios, de acordo com a mesma pesquisa, foi calculado em torno de R$ 1.550,16. Observa-se também, que a partir da análise da figura 02, que a estrutura etária da população da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN é predominantemente jovem, com maior ocorrência de pessoas entre 20 e 29 anos, em que essa faixa etária representa cerca de 20,40% do total (BRASIL, 2010).

Figura 02 – Estrutura etária da população da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN, por gênero



Fonte: Elaborado pelo autor (2016), a partir dos dados do censo demográfico realizado pelo IBGE (BRASIL, 2010).

A economia dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN varia de acordo com a participação dos setores de serviços, indústria e agropecuária, dos quais se destacam as duas primeiras atividades.

No município de Natal-RN, no ano de 2010, o setor de serviços obteve uma maior participação na economia local, movimentando R$ 11.124.420,00, e em segundo lugar o setor industrial, com participação de R$ 3.191.759,00.

Com relação ao mesmo período de análise, no município de Parnamirim-RN, o setor de serviços também se destacou, em primeiro lugar, movimentando uma quantia equivalente a R$ 1.369.317,00 e, assim como em Natal-RN, o setor de indústria teve uma participação secundária, de apenas R$ 737.071,00.

Porém, no município de Macaíba-RN, esta lógica se inverte, de modo que o setor de indústria, no ano de 2010, obteve uma maior participação na economia municipal, com R$ 383.170,00, ficando em segundo lugar o setor de serviços, com R$ 291.646,00. Como aponta o já mencionado censo, a atividade agropecuária obteve, no período de coleta de dados, pequena participação na economia local, representando nos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN, apenas 0,11%, 1,65% e 2,45%, respectivamente (BRASIL, 2010).

3.2 MÉTODO DE ABORDAGEM DA PESQUISA

O método de abordagem da pesquisa, que foi adotado para a execução dessa dissertação, compreendeu um conjunto de etapas que foram empregadas para chegar aos resultados esperados, com vistas à resolução do problema de pesquisa exposto sobre a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN. Sendo assim, a classificação da pesquisa foi realizada a partir das recomendações feitas por Prodanov e Freitas (2013).

Com relação a sua natureza, a pesquisa é aplicada, pois gerou conhecimentos e procedimentos que foram aplicados com vista à solução de problemas reais, nesse caso, contribuindo como produto de análise para um planejamento direcionado ao uso sustentável da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

Dessa forma, a aplicabilidade desse estudo encontra-se na definição do sistema de indicadores de sustentabilidade, na proposição e aplicação do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP). O sistema de indicadores e o ISBP procurou ao máximo representar a realidade da bacia hidrográfica supracitada, dentro das suas limitações. Com isso, a originalidade desse estudo se traduz no fato de que não existe nenhuma pesquisa científica que avaliou a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

Do ponto de vista dos objetivos, na fase preliminar do trabalho, representada pela elaboração do projeto, foi realizada uma pesquisa exploratória, onde foi possível realizar o levantamento de informações e experiências anteriores sobre os problemas socioambientais da bacia em questão. A partir desta, foi possível ter acesso a diversos estudos desenvolvidos na mesma área objeto de estudo, que indicam que a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN vem sofrendo degradação rumo a um desenvolvimento insustentável.

Quanto aos procedimentos técnicos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de subsidiar a construção do referencial teórico do estudo, trazendo a definição de conceitos como: sustentabilidade, sistema de indicadores de sustentabilidade, sustentabilidade de bacias hidrográficas, instrumentos de avaliação da sustentabilidade de bacias hidrográficas e trabalhos anteriores na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

A pesquisa bibliográfica também contribuiu na definição dos indicadores ambientais, sociais, econômicos e institucionais, assim como, das suas escalas de desempenho, e os estudos anteriores sobre sustentabilidade de outras bacias

hidrográficas serviram de parâmetro. Tal pesquisa foi realizada através de livros, publicações em periódicos e artigos científicos, dissertações e teses.

Ainda quanto aos procedimentos técnicos, o presente estudo realizou uma pesquisa documental, a partir de fontes primárias (documentos oficiais, com disponibilização de dados que não receberam tratamento analítico) e secundárias (relatórios de pesquisa, tabelas estatísticas, que já receberam tratamentos analíticos).

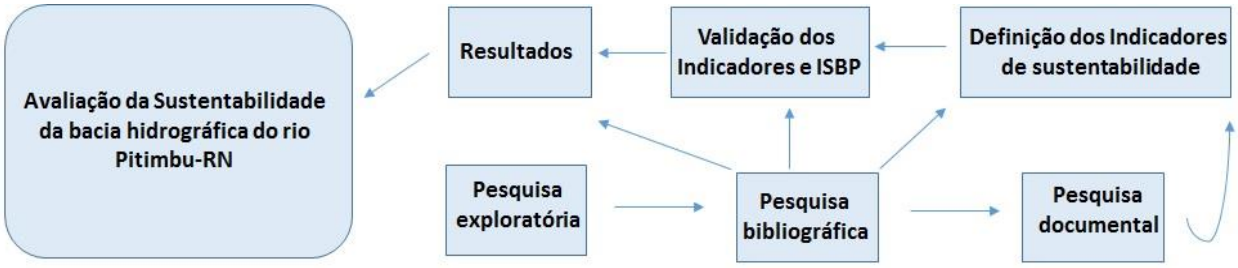
Vale destacar também a utilização do sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.3, onde foram realizados todos os procedimentos de processamento digital de imagens (PDI), correlações espaciais, geoestatística, cálculo de áreas, e elaboração da cartografia temática.

Por sua vez, a pesquisa documental foi responsável por fornecer dados de imprescindível relevância para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, levantamento de dados ambientais, sociais, econômicos e institucionais que constituíram os indicadores de sustentabilidade, assim como, dados georreferenciados indispensáveis para a base cartográfica do trabalho. Os dados foram coletados através de publicações de órgãos como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA), Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH), Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) e Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Também foi realizado um estudo de caso, pois a pesquisa gerou conhecimentos detalhados sobre um objeto de estudo muito específico, que é a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa pode ser classificada como quantitativa e qualitativa. Ela é quantitativa a partir do momento em que a realidade do objeto de estudo foi traduzida em um índice de sustentabilidade. A pesquisa é qualitativa a partir da análise dos dados e da classificação do índice quanto aos níveis de desenvolvimento sustentável, e dos indicadores e suas respectivas condições de criticidade.

Desse modo, para que a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN pudesse ser avaliada, a pesquisa foi realizada ao longo de 06 fases principais como segue na figura 03.

Figura 03 – Fluxograma das fases de pesquisa



Fonte: O autor (2016).

REFERÊNCIAS

ABREU, A. M; NASCIMENTO, D. T.; MACHADO, L. O. R.; COSTA, H. A. Os limites da pegada ecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 19, p. 73-87, jan./jun. 2009.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**. Rio Claro: UNESP, 2010.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, nº 6, p. 1791-1797, nov./dez. 2007.

BARBOSA, J. K. F. **Conflito de uso da água e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Pitimbu no município de Macaíba-RN**. Natal: UFRN, 2006.

BELLEN, H. M. V. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 2, nº 1, mar. 2004.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade:** uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV. 2005.

BORGES, A. N. **Implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo**. Natal: UFRN, 2002.

BRAGA, B. et al. **introdução a engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Balanço energético nacional**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

_____. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

_____. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Secção 1, p. 16.

_____. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Secção 1, p. 470.

_____. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA, 2006.

_____. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

_____. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

BRUSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995.

CARLETTO, D. L**. A pegada ecológica da bacia hidrográfica do rio Cachoeira Joinville (SC)**: uma ferramenta para educação ambiental. Joinville: UNIVILLE, 2012.

CARMO, J. P A.; SILVA, P. D. D. A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. In XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, 2010, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: AGB, 2010, p. 1-9. Disponível em: < http://migre.me/sOanB>. Acesso em: 04 jan. 2016.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Boston: Houghton Mifflin, 1962.

CARVALHO, J. P. L.; SILVA, L. M. S. Adaptação da ferramenta MESMIS a um contexto agroextrativista amazônico. In: VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2013, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: Cadernos de Agroecologia, 2013, p. 1-6. Disponível em: < http://migre.me/sOaZd>. Acesso em: 12 dez. 2015.

CAVALCANTI, C. Uma tentativa de caracterização da economia ecológica. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 149-158 jun. 2004.

CONSTANZA, R. Economia ecológica: uma agenda de pesquisa In: MAY, P.; MOTA, R. (Org.). **Valorando a natureza**: análise econômica para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Campus, 1994, p. 111-144.

COSTA, S. M. D. **Alteração da cobertura vegetal natural da microbacia do rio Pitimbu-RN devido a ocupação antrópica**. Natal: UFRN, 1995.

COUTO, O. F. V. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento.** Porto Alegre: UFRGS, 2008.

CRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: EDUSP, 1974.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

EGITO, L. C. M. **Análise da presença de agentes mutagênicos nas águas do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2006.

FERREIRA, A.; CUNHA, C. Sustentabilidade ambiental da água consumida no Rio de Janeiro. **Revista Panam Salud Publica**, Washington, v.18, n. 2, p. 93-99, 2005.

FROEHLICH, C. Sustentabilidade: dimensões e métodos de mensuração de resultados. **Revista de Gestão do Unilasalle**, Canoas, v. 3, n. 2, p. 151-168, set. 2014.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUIMARÃES, L. T. **Proposta de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente e Sociedades**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 307-323, jul./dez. 2009.

HAMERSCHMIDT, A. **Índice de sustentabilidade do município de lapa, paraná, calculado com base no método dashboard of sustainability**. Curitiba: UNIFAE, 2008.

IGARN. **Relatório do monitoramento da água do rio Pitimbu 2012/2013.1**. Natal: IGARN, 2013.

INSA. **Índice de vegetação por diferença normalizada**. 2014. Disponível em: <http://migre.me/tHmru>. Acesso em: 20 fevereiro 2016.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água:** proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas. Brasília: UNB, 2008.

KEMERICH, P. D.C.; MARTINS, S. R.; KOBYAMA, M.; BURIOL, G. A.; BORBA, W. F.; RITTER, L.G. Avaliação da sustentabilidade ambiental em bacias hidrográficas mediante aplicação do modelo P-E-R. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, Cascavel, v. 10, nº 10, p. 2140-2150, jan./abr. 2013.

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3723-3736, set. 2014.

KOBAYASHI, R. T. **Estudo dos aspectos qualitativos e quantitativos da água e do sedimento no baixo curso do rio Pitimbu (RN)**. Natal: UFRN, 2009.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CARVALHO, C. N.; JUNIOR, J. C. Indicadores de sustentabilidade em pequenas bacias hidrográficas: uma aplicação do "barômetro da sustentabilidade" à bacia do Jurumirim (Angra dos Reis/RJ). **Geochim**, Brasil, v. 18, n. 2, p. 86-98, 2004.

LAURA, A. A. **Um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos – MISGERH:** o caso da bacia dos sinos. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

MACIEL, A.B.C.; CASTRO, N. E. S. Resíduos sólidos domésticos no bairro Pitimbu, Natal-RN: algumas reflexões. **Revista OKARA: geografia em debate**, João Pessoa, v. 9, n. 3, p. 462-481, 2015.

MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa, 2003.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

MENDES, E. F. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 1, n. 16, p. 22-41, 2004.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, nº 3, p. 370-374, mar. 2002.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M. **Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.

OLIVEIRA, A. S. **Uso e ocupação do solo e a concentração de metais pesados no sedimento e na água: bacia do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2012.

PESSOA, Z. S. **A metrópole periférica:** identidade e vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Natal. Campinas: UNICAMP, 2010.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Ambiente e Sociedade, 4, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2008. p. 17. Disponível em: < http://migre.me/sOaQL>. Acesso em: 12 dez. 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RABELO, L. S.; LIMA, P. V. P. S. Indicadores de sustentabilidade: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável. **REDE**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 55-76, dez. 2007.

SACHS, I. **Desenvolvimento includente, sustentável e sustentado**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SANTOS, R. L. S.; JÚNIOR, G. M.; SEGUNDO, J. E. A. G. Concentração de metais pesados em frações granulométricas de sedimentos de fundo do rio Pitimbu, região sul da grande Natal (RN): implicações para levantamentos ambientais. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 15, p. 01-08, 2002.

SARADÓN, J. S. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidade de los agroecossistemas**. Agroecología El caminho hacia uma agricultura sustentable-E.C.A.**, 2013.

SARADÓN, J. S.; FLORES, C. C. **Agroecología**: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. La Plata: EDULP, 2014.

SASAHARA, C. **Sustentabilidade:** a perda do caráter de mudança estrutural do conceito. Piracicaba: USP, 2009.

SCARPA, F. **Pegada ecológica**: qual é a sua? São José dos Campos: INPE, 2012.

SENA, D. S. **Avaliação da qualidade da água do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2008.

SEPÚLVEDA, S. S. **Biograma:** metodología para estimar el nível de desarrollo sostenible de territórios. San José: IICA, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água. **Bahia Análise e Dados** Salvador, v. 13, n. Especial, p. 357-370, 2003.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, L.; CORDEIRO NETTO, O. M. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n° 20, p. 9-17, ag. 2006.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, nº 2, p. 5-18, abr./jun. 1993.

SUSTENTABILIDADE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA BACIA HIDROGRÁFICA

SUSTAINABILITY: AN PROPOSAL FOR INDICATORS FOR HYDROGRAPHIC BASIN

Leci Martins Menezes Reis [a]
Vinicius Meressiev Melo de Oliveira [b]

[a] Professora Doutora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)
Natal, RN, Brasil
End. Eletrônico: leci.reis@ifrn.edu.br

[b] Mestrando em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)
Natal, RN, Brasil
End. Eletrônico: meressiev2@gmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi definir indicadores e a metodologia de um índice de sustentabilidade para bacia hidrográfica, com aplicação na do Rio Pitimbu-RN, mediante as dimensões ambiental, social, econômica e institucional. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de subsidiar a construção do referencial teórico do estudo, a definição dos indicadores e as suas escalas de desempenho, bem como a estruturação do índice, levando em consideração os requisitos necessários para avaliação da sustentabilidade de bacias hidrográficas. Tal pesquisa foi realizada por meio de: livros, publicações em periódicos, artigos científicos, dissertações e teses. Como resultado, apresenta-se a proposta do Índice de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP), composto por 19 indicadores, que juntos integram 11 temas. Por sua vez, estes temas formam as dimensões ambiental, social, econômica e institucional, que articuladas, representam os subsistemas natureza e sociedade. Conclui-se que, por meio do índice apresentado, se torna possível, em estudo futuro, à avaliação da sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, em uma escala multidimensional, com potencialidade de aplicação para o planejamento do uso sustentável dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Indicadores de sustentabilidade. Índice. Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

ABSTRACT

The objective of this research was to define indicators and the methodology of a sustainability index for river basin, with application in the Rio Pitimbu-RN, through the environmental, social, economic and institutional dimensions. In order to do so, a bibliographical research was carried out in order to subsidize the construction of the theoretical reference of the study, the definition of the indicators and their performance scales, as well as the structuring of the index, taking into account the necessary requirements for assessing the sustainability of basins Areas. Such research was carried out through: books, periodicals, scientific articles, dissertations and theses. As a result, the proposal for the Sustainability Index of the Pitimbu-RN River Basin (ISBP), composed of 19 indicators, which together integrate 11 themes, is presented. In turn, these themes form the environmental, social, economic and institutional dimensions, which articulate, represent the subsystems nature and society. It is concluded that, through the index presented, it is possible, in a future study, to evaluate the sustainability of the Pitimbu-RN River Basin, on a multidimensional scale, with application potential for planning the sustainable use of water resources.

Keywords: Sustainability indicators. Index. The catchment area of Pitimbu-RN river.

1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais são definidos, por Braga et al. (2005) e Venturi (2006), como os elementos ou aspectos da natureza que estejam em demanda, sejam passíveis, ou estejam sendo usados direta ou indiretamente pelo homem, como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais, em determinado tempo e espaço, como água, vegetação, solo e o ar, vem sendo explorados de forma insustentável em detrimento de um modelo de desenvolvimento capitalista resumido apenas ao crescimento econômico.

Inserido nessa problemática, a água, especificamente os recursos hídricos, vem sofrendo todo o tipo de degradação, por consequência desta exploração insustentável dos recursos naturais e da apropriação indiscriminada do solo urbano em áreas específicas (CUNHA; GUERRA, 2010).

Essa condição se intensifica nos rios urbanos que se caracterizam por locais desvalorizados e negados pela sociedade, tornando-se espaços de atração de um contingente populacional de baixa renda, que encontra nesses locais uma oportunidade de acesso à moradia, influenciando diretamente na

sua ocupação mal planejada e, consequentemente, na sua degradação ambiental (ALMEIDA, 2010).

Desse modo, com vistas ao uso sustentável dos recursos hídricos, os tomadores de decisão vêm adotando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, pelo fato da sua definição extrapolar aspectos puramente hidrológicos, envolvendo também contextos sociais e econômicos. Nesse sentido, as bacias hidrográficas representam uma unidade integradora entre as dinâmicas naturais e as atividades humanas que nela se desenvolvem (GUERRA; CUNHA, 2011).

Porém, os grandes aglomerados urbanos no Brasil permanecem utilizando os recursos hídricos de forma inadequada, a partir da poluição doméstica e industrial e da intensa demanda desnecessária por água. Destaca-se que esse problema aumenta nos estados da Região Nordeste e, em específico, na região do Semiárido nordestino, onde as condições hídricas desfavoráveis somam-se com o baixo desenvolvimento social. Logo, a avaliação do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos depende da integração entre componentes dos sistemas naturais, socioeconômicos e institucionais (TUCCI, 2000; TUCCI et al., 2003).

Diante desse contexto, a Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu, localizada na mesorregião leste do Estado do Rio Grande do Norte (RN), apesar da sua relevância quanto à estabilidade ambiental do seu entorno, e importante função quanto à segurança hídrica do município de Natal-RN, bem como das comunidades rurais dos municípios de Macaíba-RN e de Parnamirim-RN, vem sendo alvo de intensa degradação socioambiental, como apontado pelas pesquisas de Borges (2002) e de Oliveira (2012) dentre outras.

Umas destas pesquisas, realizada por Costa (1995), constatou que a Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN vem sofrendo impactos ambientais negativos devido a inexistência de um planejamento de uso e ocupação do solo, contribuindo para um acelerado processo de desmatamento em detrimento da expansão urbana dos municípios de Natal-RN e Parnamirim-RN, e implantação de cultivos agrícolas e pastagens no município de Macaíba-RN.

O estudo dos autores Santos et al. (2002) apresentou valores excessivos de metais pesados em frações granulométricas de sedimentos de fundo do rio Pitimbu-RN, influenciado pelos fatores geogênicos da área, mas também devido às atividades antrópicas desenvolvidas na região.

Nesta perspectiva, a pesquisa realizada por Egito (2006) mostrou que o rio Pitimbu-RN está exposto à contaminação por efluentes industriais e domésticos, devido à falta de fiscalização dos órgãos ambientais e pouca infraestrutura de saneamento básico no local, onde os dejetos humanos são despejados diretamente no corpo hídrico.

Por outro lado, a autora Pessoa (2012) mostrou que os municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba, ambos integrantes da Região Metropolitana de Natal e inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, são marcados por conflitos de ordem socioambiental, onde se destaca o descarte irregular de resíduos sólidos, contaminação dos reservatórios, falta de saneamento básico e baixos níveis dos indicadores socioeconômicos, como o precário acesso à educação e a grande situação de desemprego da população economicamente ativa, colocando seu habitantes em situação de vulnerabilidade social.

Entretanto, mesmo com os problemas elencados por pesquisas dessa temática, percebe-se que nenhuma delas foi realizada no sentido de propor indicadores e um índice para se avaliar a sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, a partir de uma visão multidimensional, levando em consideração as dimensões ambiental, social, econômica e institucional, como forma de contribuir no planejamento tendo como foco o controle e o uso dos recursos hídricos.

Diante de tal problemática, a pesquisa foi norteada pelo seguinte questionamento: que indicadores devem ser definidos e aplicados em um índice de sustentabilidade proposto para a Bacia Hidrográfica, com aplicação na do Rio Pitimbu-RN?

Para atender ao questionamento de pesquisa, o objetivo geral desse estudo foi definir indicadores e um índice de sustentabilidade para a Bacia

Hidrográfica, com aplicação na do Rio Pitimbu-RN, mediante as dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os indicadores, como o próprio nome expressa, indica ou fornece informações sobre a situação de determinado problema de pesquisa, estando incluso nas diversas dimensões (HAMMOND et al.,1995). Porém, todo indicador, por mais fundamentado teoricamente, poderá apresentar algumas incertezas (PHILIPPE JR; MALHEIROS, 2012).

Nesse sentido, os indicadores permitem a operacionalização do conceito de sustentabilidade, possibilitando a análise de diversas dimensões, entre elas: ambiental, social, econômica e institucional (SEPÚLVEDA, 2008).

Assim, indicadores são informações passíveis de quantificação que permitem ao pesquisador ou tomador de decisão estabelecer cenários que seriam dificilmente reconhecidos de outra forma. Isto posto, a eficiência dos indicadores corresponde a sua capacidade em retratar o comportamento de um sistema, estabelecer cenário futuros, por meio de uma comunicação de fácil compreensão (SARADÓN, 2013).

As bacias hidrográficas, de acordo com a visão de Yassuda (1993), Carmo e Silva (2010), Guerra e Cunha (2011) e Guerra (2011), são unidades territoriais ideais para a análise dos impactos antrópicos sobre a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, pelo fato de ser um local de interação entre a dinâmica do meio físico, biótico e socioeconômico. Desse modo, para se mensurar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, é essencial o conhecimento da realidade desta sob a ótica de uma visão multidimensional.

Com isso, a análise do desenvolvimento sustentável de uma bacia hidrográfica depende de métodos que permitam a compilação de indicadores que representem o uso diverso dos recursos hídricos e os seus conflitos, em forma de um índice, possibilitando uma avaliação em períodos de tempo distintos (FERREIRA; CUNHA, 2005).

Levando em consideração estas prerrogativas, o Plano Nacional de Recursos Hídricos, estabeleceu as seguintes diretrizes para a definição de

indicadores de sustentabilidade em pesquisa sobre recursos hídricos: quantidade e qualidade da água superficial definida pelas condições físico-químicas e biológicas adequadas para os usos múltiplos; mudanças no regime natural dos mananciais de água por efeito das atividades antrópicas, como impermeabilização do solo, canalização, dragagem, represas, diques e erosão; conservação e biodiversidade; dinâmica do uso e ocupação do solo; desenvolvimento humano; saneamento ambiental; o PIB; e zoneamento ecológico e econômico (BRASIL, 2006).

Porém, vale destacar que, mesmo com algumas vantagens, a bacia hidrográfica tem limitações quanto à aplicação de indicadores de sustentabilidade. Dentre essas fragilidades, elenca-se o fato de não respeitar limites territoriais, como de municípios e estados, dificultando o acesso principalmente a dados sociais e econômicos.

Contudo, tal deficiência pode ser superada com a utilização das informações obtidas pelos censos demográficos do IBGE, por setor censitário. Entretanto, a quantidade de informações disponíveis para o setor censitário é menor, se relacionada a escala de município e estado, o que influencia diretamente na impossibilidade de se utilizar alguns indicadores de suma importância.

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta a metodologia que foi utilizada para que a pesquisa aqui apresentada pudesse alcançar seu objetivo. À vista disso, esse tópico está estruturado da seguinte forma: delimitação e caracterização geral da área de estudo, método de abordagem da pesquisa e critérios e procedimentos para estruturação do sistema de indicadores para bacias hidrográficas e mensuração do índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN (ISBP).

3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN fica localizada no Estado do Rio Grande do Norte, especificamente na mesorregião Leste Potiguar (Figura 01), numa área total de aproximadamente 12.397,79 hectares, ocupando parte dos

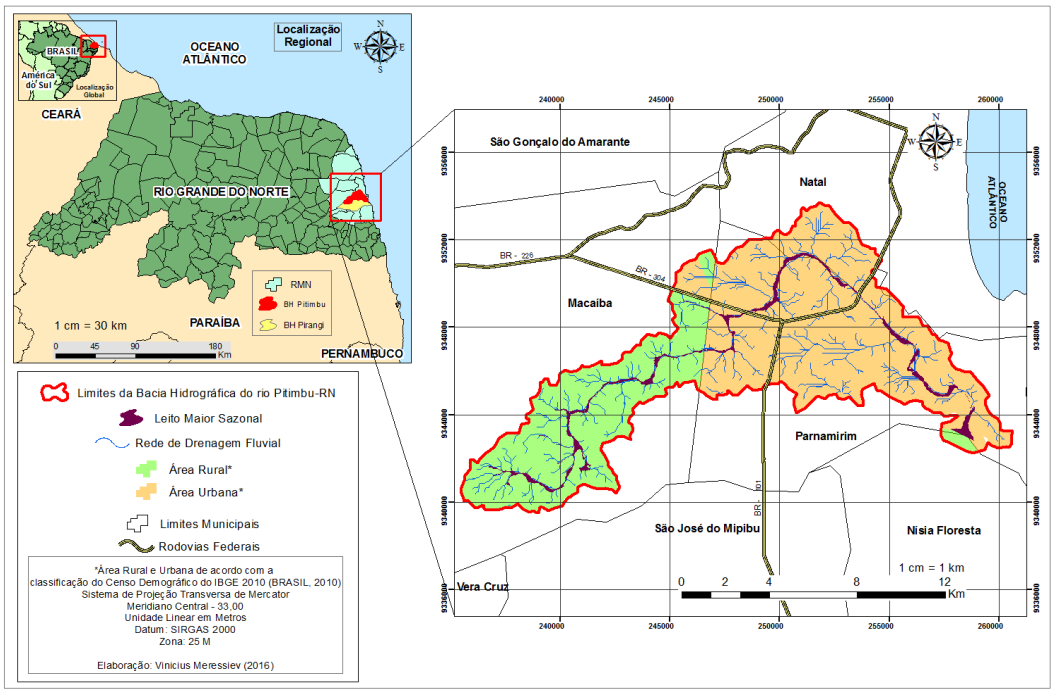
municípios de Natal-RN, Macaíba-RN e Parnamirim-RN, todos integrantes da Região Metropolitana de Natal-RN (Tabela 01).

A sua forma pode ser caracterizada como um polígono irregular, de modo que seu retângulo envolvente se encontra entre os paralelos 5º 50′ 00′ e 5º 57′ 53″ de latitude sul e os meridianos 35º 11′ 08″ e 35º 23′ 19″ de longitude oeste. Essa bacia litorânea pode ser caracterizada como endorreíca, pois o seu rio principal não deságua no mar e apresenta a drenagem em forma dendrítica, por consequência da geomorfologia da área (CRISTOFOLETTI, 1974). Ela faz parte de um conjunto de bacias hidrográficas que integram a bacia de drenagem do rio Pirangi-RN, que tem seu exutório no Oceano Atlântico, banhando os municípios de Nísia Floresta-RN, São José do Mipibu-RN e Vera Cruz-RN, além dos já mencionados (BORGES, 2002).

O principal rio da Bacia Hidrográfica do Pitimbu-RN, de mesmo nome, tem aproximadamente 33 km de comprimento, sendo a sua nascente no município de Macaíba-RN, na comunidade de Lagoa Seca, e seu exutório na Lagoa do Jiqui, no município de Parnamirim-RN. Aproximadamente 13 km da sua extensão é caracterizada por área rural, predominantemente localizada no município de Macaíba, de modo que, à medida que adentra nos municípios de Parnamirim-RN e Natal-RN, apresenta aglomerações urbanas e industriais nas suas margens (SENA, 2008).

O rio Pitimbu-RN desempenha grande importância estratégica para a zona rural do município de Macaíba e zona urbana dos municípios de Parnamirim-RN e Natal-RN, sendo responsável por cerca de 30% do abastecimento de água do último município citado (OLIVEIRA, 2012).

Figura 01 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.



Fonte: Os autores (2016).

Tabela 01 – Ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, por município.

Município	Área (ha)	%
Macaíba	4.718,41	38,05
Natal	1.001,34	8,07
Parnamirim	6.678,04	53,86
Total	12.397,79	100

Fonte: Os autores (2016).

3.2 MÉTODO DE ABORDAGEM DA PESQUISA

O método de abordagem da pesquisa, que foi adotado para a execução desse artigo, compreendeu um conjunto de etapas que foram empregadas para chegar aos resultados esperados, com vistas à resolução do problema de pesquisa exposto sobre a definição de indicadores e do índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

Dessa forma, a aplicabilidade desse estudo encontra-se na definição do sistema de indicadores de sustentabilidade, na proposição e aplicação do índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN (ISBP). O sistema de indicadores e o ISBP procurou ao máximo representar a realidade da bacia hidrográfica supracitada, dentro das suas limitações. Com isso, a originalidade desse estudo se traduz no fato de que não existe nenhuma pesquisa que se

propôs a definir indicadores e índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

Do ponto de vista dos objetivos, na fase preliminar do trabalho, foi realizada uma pesquisa exploratória, em que foi possível realizar o levantamento de informações e experiências anteriores e ter acesso a diversos estudos desenvolvidos na mesma área objeto de estudo, na qual indicam que a Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN vem sofrendo degradação rumo a um desenvolvimento insustentável.

Quanto aos procedimentos técnicos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que contribuiu para a construção do referencial teórico do estudo, assim como definição dos indicadores ambientais, sociais, econômicos e institucionais, suas escalas de desempenho e proposição do índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN. Tal pesquisa foi realizada por meio de livros, publicações em periódicos e artigos científicos, dissertações e teses.

3.3 CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES E DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN (ISBP)

Para a definição dos indicadores de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, alguns critérios foram utilizados, tais como: representatividade quanto às peculiaridades do local objeto de análise e objetivo geral do estudo; interessante e viável para aplicação em políticas públicas; permitir comparações em períodos distintos; ser coerente e possibilitar a integração com todo o sistema proposto; utilizar variáveis que possam ser mensuradas; ser acessível e simples quanto a sua compreensão e apresentação; e, por fim, ter uma metodologia consistente, cientificamente aceita, clara e direta quanto às finalidades da pesquisa.

Além do emprego desses critérios, foi realizada uma pesquisa exploratória sobre estudos anteriores que adotam indicadores de sustentabilidade nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional. Essa pesquisa permitiu a compreensão de quais indicadores de sustentabilidade

foram utilizados com mais frequência em estudos científicos sobre bacias hidrográficas que atendam aos critérios definidos, assim como a metodologia de coleta dos dados e os intervalos ideais quanto ao nível de sustentabilidade do indicador.

Por sua vez, a estruturação do índice de sustentabilidade para a Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN (ISBP) foi elaborada no sentido de viabilizar a integração entre as variáveis que influenciam no desenvolvimento sustentável do objeto de estudo, ou seja, os indicadores de sustentabilidade. Dessa forma, a partir desta integração em um único número (índice), será possível, em estudo futuro, avaliar a sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

Para a composição de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas, diversos autores, entre eles Sepúlveda (2008), Benetti (2006) e Magalhães (2007), concordam que se torna importante a integração de indicadores das dimensões ambiental, social, econômica e institucional. Assim, entende-se que a sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN será alcançada por meio do equilíbrio entre essas quatro dimensões.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O sistema de indicadores de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN é composto por 19 indicadores, divididos entre 11 temas, de modo que o conjunto de temas integram as dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

A dimensão ambiental é formada pelos temas: vegetação, recurso hídrico e solo. O tema vegetação integra o indicador índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). O tema recurso hídrico é constituído pelo indicador índice de qualidade da água (IQA). O tema solo é composto pelos indicadores taxa de assoreamento do rio, taxa de solo exposto e taxa de impermeabilização do solo.

A dimensão social é representada pelos temas: educação e infraestrutura. O tema educação é composto pelo indicador Taxa de Alfabetização. O tema infraestrutura é formado pelos indicadores Taxa de

Domicílios com abastecimento de água, com lixo coletado, com rede geral de esgoto e rurais com fossa séptica.

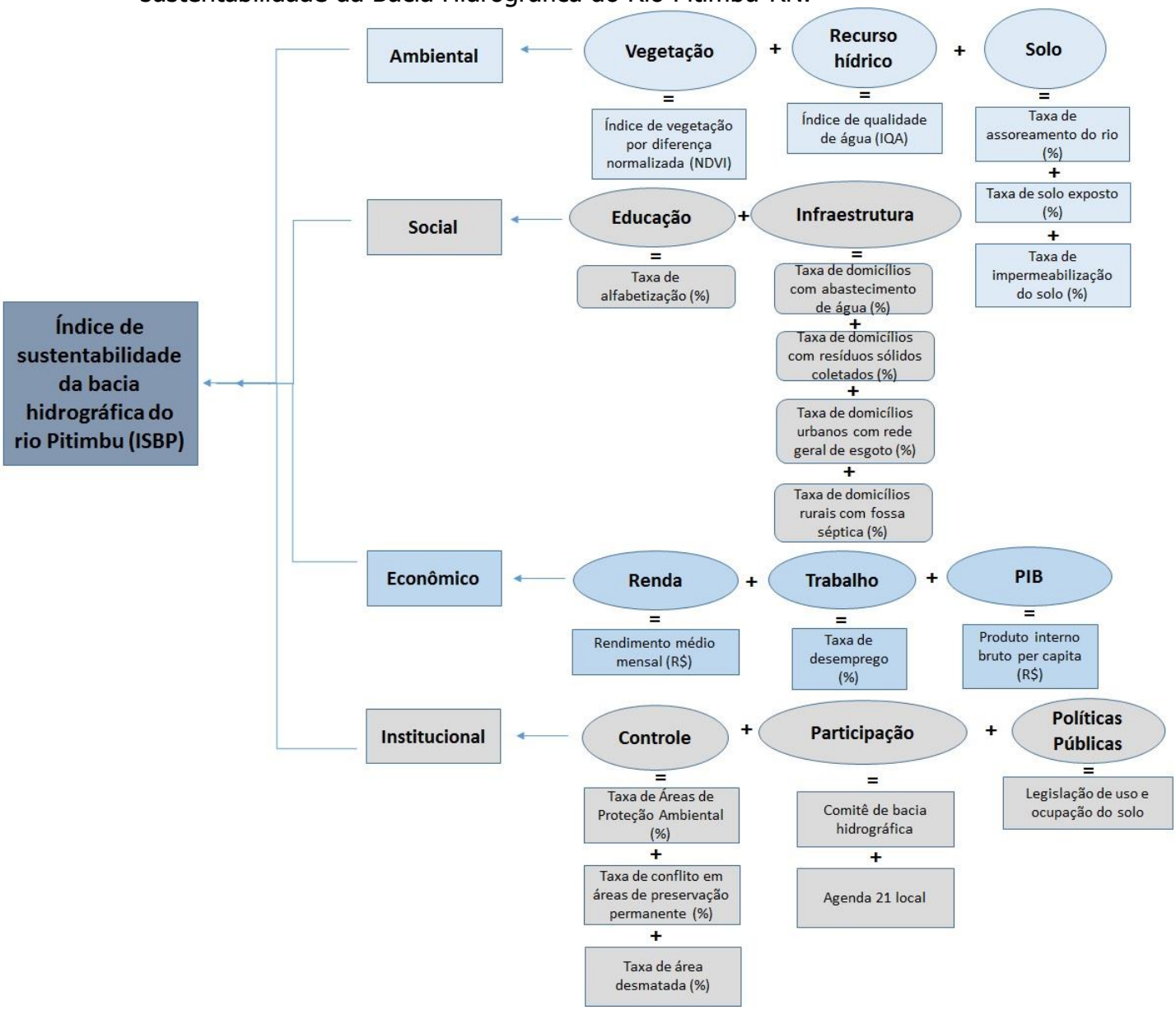
A dimensão econômica é composta pelos temas: renda, trabalho e PIB. O tema renda foi representado pelo indicador rendimento médio mensal. O tema trabalho é composto pelo indicador taxa de desemprego. O tema PIB é formado pelo indicador produto interno bruto per capita.

A dimensão institucional é composta pelos temas: controle, participação e políticas públicas. O tema controle é formado pelos indicadores áreas de proteção ambiental, taxa de conflito em áreas de preservação permanente e taxa de área desmatada. O tema participação é composto pelos indicadores comitê de bacia hidrográfica e agenda 21 local. O tema políticas públicas é formado pelo indicador legislação de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

Para facilitar a compreensão de como foi estruturado o sistema de indicadores de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, segue fluxograma representado na figura 02.

Com o objetivo de agregar todos os valores em uma única unidade de medida, cada um dos indicadores recebeu uma ponderação com valores entre 0 e 4, de acordo com os níveis de classificação propostos: crítico (ponderação igual a 0), potencialmente crítico (ponderação igual a 1), intermediário (ponderação igual a 2), potencialmente acrítico (ponderação igual a 3) e acrítico (ponderação igual a 4). Dessa forma, a pontuação do indicador o representou no cálculo de cada dimensão trabalhada: ambiental, social, econômica e institucional. Na Tabela 02 segue as referências utilizadas para a definição da escala de desempenho de cada indicador, por dimensão e tema, e suas respectivas ponderações, de acordo com o nível de criticidade adotado pelo ISBP.

Figura 02 – Fluxograma da estrutura do sistema de indicadores de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.



Fonte: Os autores (2016).

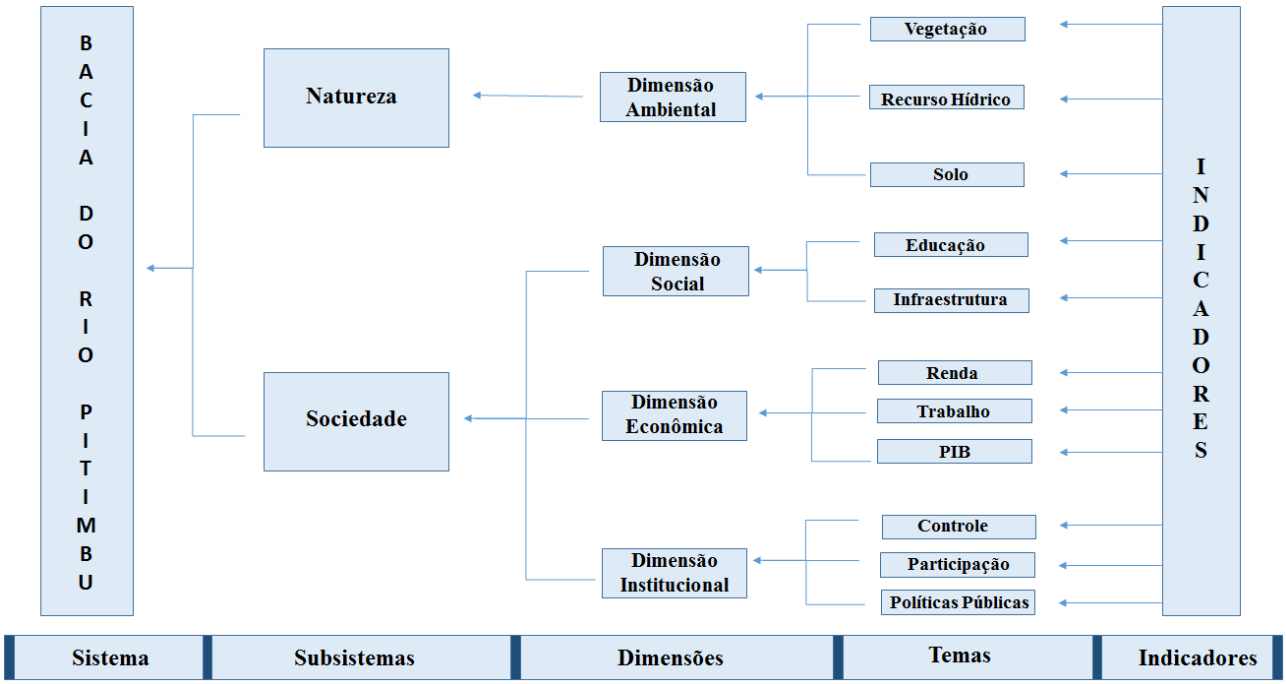
Tabela 02 – Escala de desempenho dos indicadores de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

Dimensão	Tema	Indicador	Escala de desempenho dos indicadores de sustentabilidade					
			Crítico (0)	Potencialmente crítico (1)	Intermediário (2)	Potencialmente acrítico (3)	Acrítico (4)	Referência utilizada
Ambiental	Vegetação	Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	[0; 0.20[	[20; 0.40[	[0.40; 0.60[	[0.60;0.80[	[0.80;1]	Instituto Nacional do Semiárido (INSA)
	Recurso Hídrico	Índice de qualidade de água (IQA)	[0; 25[	[25; 50[	[50;70[	[70;90[	[90;100]	Instituto de Gestão das águas do Rio Grande do Norte (IGARN)
	Solo	Taxa de assoreamento do rio (%)	[100; 50]	]50; 20]	]20; 10]	]10; 1]	]1; 0]	ISAIAS (2008)
		Taxa de solo exposto (%)						
		Taxa de impermeabilização do solo (%)	[100; 50]	]50; 30]	]30; 16]	]16; 5]	]5; 0]	
Social	Educação	Taxa de alfabetização (%)	[0; 50[	[50; 60[	[60; 80[	[80; 95[	[95; 100]	Kronemberger et al. (2008)
	Infraestrutura	Taxa de domicílios com abastecimento de água (%)	[0; 70[	[70; 80[	[80; 90[	[90; 95[	[95; 100]	
		Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados (%)						
		Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto (%)						
		Taxa de domicílios rurais com fossa séptica (%)						
Econômico	Renda	Rendimento médio mensal (R$)	[0; 200[	[200; 400[	[400; 550[	[550; 1.100]	>1.100	
	Trabalho	Taxa de desemprego (%)	[100; 20]	]20; 15]	]15; 10]	]10; 5]	]5; 0]	
	PIB	PIB per capita (R$)	[0; 2.000[	[2.000; 6.000[	[6.000; 12.000[	[12.000; 40.000]	> 40.000	
Institucional	Controle	Taxa de áreas de proteção ambiental (%)	[0; 10[	[10; 15[	[15; 25[	[25; 30[	[30; 100]	Kronemberger et al. (2008)
		Taxa de conflitos em APP (%)	[100; 40]	]40; 20]	]20; 10]	]10; 5]	]5; 0]	Isaias (2008)
		Taxa de área desmatada (%)	[100; 80]	]80; 40]	]40; 30]	]30; 20]	]20; 0]	Kronemberger et al. (2008)
	Participação	Comitê de bacia hidrográfica	0	-	-	-	1	Proposto pelos próprios autores (2016)
		Agenda 21 local	0	1	2	3	4	
	Políticas Públicas	Legislação de uso e ocupação do solo	0	1	2	3	≥4	

Fonte: Os autores (2016).

O índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN (ISBP) foi estruturado de acordo com o fluxograma representado na figura 03, em que os dados primários devem ser interpretados e adaptados à escala de desempenho adotada pelo índice, tornando-se indicadores. Por conseguinte, um ou mais indicadores formam um tema, e o conjunto de temas integraram as quatro dimensões analisadas: ambiental, social, econômica e institucional. Por sua vez, estas dimensões representam os subsistemas natureza e sociedade do sistema da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

Figura 03 – Estrutura lógica do ISBP.



Fonte: Adaptado pelo autor (2016) a partir da proposta de Kronemberger et al. (2004).

De acordo com os critérios pré-definidos na metodologia e com o objetivo de possibilitar uma fácil comunicação entre o ISBP e os seus usuários, e levando em consideração as recomendações de Hammond et al. (1995) e Sepúlveda (2005), o índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN (ISBP) varia em uma escala de 0 a 1, de acordo com os níveis de sustentabilidade adotados: sustentável, potencialmente sustentável, intermediária, potencialmente insustentável e insustentável. O valor 0 caracteriza a bacia hidrográfica como insustentável.

Quanto mais próximo do valor 1, mais sustentável deverá ser considerada a bacia hidrográfica, como segue na figura 04.

Figura 04 – Escala do índice de sustentabilidade de bacia hidrográfica ISBP

Valor	Nível
[0.8; 1]	SUSTENTÁVEL
[0.6; 0.8[	POTENCIALMENTE SUSTENTÁVEL
[0.4; 0.6[	INTERMEDIÁRIA
[0.2; 0.4[	POTENCIALMENTE INSUSTENTÁVEL
[0; 0.2[	INSUSTENTÁVEL

Fonte: Adaptado pelo autor (2016) a partir das recomendações de Sepúlveda (2005).

A dimensão ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN tem uma participação especial dentro do sistema de indicadores de sustentabilidade e do ISBP pelo fato de expressar uma resposta à forma como estão se desenvolvendo as atividades antrópicas, sendo estas representadas pelas dimensões social e econômica. Do mesmo modo, isso ocorre com relação às ações institucionais de controle, participação e políticas públicas, realizadas na área da bacia ao longo de um tempo.

Assim, para a operacionalização do ISBP, e seguindo a sugestão de Saradón e Flores (2014), foi determinado um peso maior para a dimensão ambiental. No quadro 01, seguem as equações que irão viabilizar o cálculo das dimensões ambiental, social, econômica e institucional, assim como do ISBP.

Quadro 01 – Equações propostas para a viabilização do índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN.

ISBP	Dimensões
$ISBP = \frac{2DA + DS + DE + DI}{5}$ **Onde,** ISBP: Índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN DA: Dimensão ambiental DS: Dimensão social DE: Dimensão econômica DI: Dimensão institucional	$DA = \frac{NDVI + IQA + TAR + TSE + TIS}{20}$ **Onde,** DA: Dimensão Ambiental NDVI: Índice de vegetação por diferença normalizada IQA: Índice de qualidade de água TAR: Taxa de assoreamento do rio TSE: Taxa de solo exposto TIS: Taxa de impermeabilização do solo
	$DS = \frac{TA + TDA + TDR + TDE + TDS}{20}$ **Onde,** DS: Dimensão social TA: Taxa de alfabetização TDA: Taxa de domicílios com abastecimento de água TDR: Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados TDE: Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto TDS: Taxa de domicílios rurais com fossa séptica
	$DE = \frac{RMM + TD + PBP}{12}$ **Onde,** DE: Dimensão econômica RDC: Rendimento médio mensal TD: Taxa de desemprego PBP: Produto interno bruto per capita
	$DI = \frac{APA + TCP + TAD + CBH + AL + LUO}{24}$ **Onde,** DI: Dimensão Institucional APA: Taxa de áreas de proteção ambiental TCP: Taxa de conflito em áreas de preservação permanente TAD: Taxa de área desmatada CBH: Comitê de bacia hidrográfica AL: Agenda 21local LUO: Legislação de uso e ocupação do solo

Fonte: Os autores (2016).

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os indicadores e o índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN apresentam características inovadoras, visto que nenhuma pesquisa para a mesma área de estudo ainda foi proposta neste contexto. Destaca-se que a estruturação desta metodologia foi dimensionada para a realidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, por meio de uma análise criteriosa dos principais problemas socioambientais, verificados a partir da leitura de diversos trabalhos anteriores realizados no mesmo local. Por conseguinte, os indicadores também foram definidos para gerar informações relevantes quanto à resolução dos problemas verificados, e de tal forma que pudessem se relacionar com todo o sistema proposto, entre os diversos temas e dimensões.

É importante também ressaltar que os indicadores definidos são nacionalmente reconhecidos e de acessível coleta de dados, e as suas escalas de desempenho foram definidas por autores e instituições que são referência sobre a temática. Da mesma forma, a estruturação lógica do índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN e a sua forma de cálculo permite a integração dos indicadores definidos e de forma rápida e simples, o que permite a sua utilização tanto por profissionais e estudiosos sobre o tema, como por pesquisadores e tomadores de decisão que ainda não tenham uma maior familiaridade sobre mensuração de sustentabilidade de bacias hidrográficas.

Desse modo, é possível concluir que o índice apresentado tem potencialidade para permitir uma avaliação da sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN, a partir de uma visão multidimensional, com viabilidade de aplicação para o planejamento do uso sustentável dos recursos hídricos. Porém, esta afirmativa será realmente comprovada por meio da efetiva aplicação desta metodologia proposta, que será realizada por uma pesquisa futura.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**. Rio Claro: UNESP, 2010.

BENETTI, L. B. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lages (SC) através do método do painel da sustentabilidade**. Santa Catarina: UFSC, 2006.

BORGES, A. N. **Implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo**. Natal: UFRN, 2002.

BRAGA, B. et al. **introdução a engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA, 2006.

CARMO, J. P A.; SILVA, P. D. D. A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. In XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB, 2010, p. 1-9. Disponível em: < http://migre.me/sOanB>. Acesso em: 04 jan. 2016.

COSTA, S. M. D. **Alteração da cobertura vegetal natural da microbacia do rio Pitimbu-RN devido a ocupação antrópica**. Natal: UFRN, 1995.

CRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: EDUSP, 1974.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

EGITO, L. C. M. **Análise da presença de agentes mutagênicos nas águas do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2006.

FERREIRA, A.; CUNHA, C. Sustentabilidade ambiental da água consumida no Rio de Janeiro. **Revista Panam Salud Publica**, Washington, v.18, n. 2, p. 93-99, 2005.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

HAMMOND, A. et al. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington DC: World Resources Institute, 1995.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água:** proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas. Brasília: UNB, 2008.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CARVALHO, C. N.; JUNIOR, J. C. Indicadores de sustentabilidade em pequenas bacias hidrográficas: uma aplicação do "barômetro da sustentabilidade" à bacia do Jurumirim (Angra dos Reis/RJ). **Geochim**, Brasil, v. 18, n. 2, p. 86-98, 2004.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CLEVELARIO JUNIOR, J.; NASCIMENTO, J. A S; COLLARES, J. E. R.; SILVA, L. C. D. Desenvolvimento sustentável no brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.1, p. 25-50, jun. 2008.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos:** realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

OLIVEIRA, A. S. **Uso e ocupação do solo e a concentração de metais pesados no sedimento e na água: bacia do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2012.

PESSOA, Z. S. **A metrópole periférica:** identidade e vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Natal. Campinas: UNICAMP, 2010.

PHILIPPI JR. A; MALHEIROS, T. F. **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2012.

SANTOS, R. L. S.; JÚNIOR, G. M.; SEGUNDO, J. E. A. G. Concentração de metais pesados em frações granulométricas de sedimentos de fundo do rio Pitimbu, região sul da grande Natal (RN): implicações para levantamentos ambientais. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 15, p. 01-08, 2002.

SARADÓN, J. S. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidade de los agroecossistemas**. Agroecología El caminho hacia uma agricultura sustentable-E.C.A.**, 2013.

SARADÓN, J. S.; FLORES, C. C. **Agroecología**: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. La Plata: EDULP, 2014.

SENA, D. S. **Avaliação da qualidade da água do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2008.

SEPÚLVEDA, S. S. **Biograma:** metodología para estimar el nível de desarrollo sostenible de territórios. San José: IICA, 2008.

SEPÚLVEDA, S. S. **Desenvolvimento microrregional sustentável**: métodos para planejamento local. Brasília: IICA, 2005.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água. **Bahia Análise e Dados Salvador**, v. 13, n. Especial, p. 357-370, 2003.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, L.; CORDEIRO NETTO, O. M. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 20, p. 9-17, ag. 2006.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, nº 2, p. 5-18, abr./jun. 1993.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN

SUSTAINABILITY EVALUATION OF THE PITIMBU RIVER HYDROGRAFIC BASIS

Leci Martins Menezes Reis [a]
Vinicius Meressiev Melo de Oliveira [b]

[a] Professora Doutora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)
Natal, RN, Brasil
End. Eletrônico: leci.reis@ifrn.edu.br

[b] Mestrando em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)
Natal, RN, Brasil
End. Eletrônico: meressiev2@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem como objetivo propor um índice de sustentabilidade para bacia hidrográfica, validando mediante avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, comparando o ano de 2000 ao de 2015. Para tanto, a coleta de dados foi realizada por meio de processamento digital de imagens (PDI), a partir da utilização de imagens de satélite Land Sat 7 (maio e novembro de 2000) e Land Sat 8 (maio e novembro de 2015), e de geoprocessamento, com base no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.3. Também foram utilizados dados da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), e informações geradas pelos censos demográficos de 2000 e de 2010, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), assim como legislações federais, estaduais e municipais. Também foi proposto e estruturado o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP), definido os indicadores de sustentabilidade e suas respectivas escalas de desempenho. Como resultados, destaca-se uma pequena melhora no ISBP do ano de 2015, classificado como intermediário, com relação ao do ano de 2000, classificado como potencialmente insustentável. Porém, conclui-se que apesar dessa pequena evolução, principalmente na dimensão institucional e de alguns indicadores sociais e econômicos, o nível de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN ainda é insatisfatório, não atendendo aos anseios das gerações atuais e com provável repercussão negativa para as gerações futuras.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Indicadores de sustentabilidade. Bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

ABSTRACT

The main goal of this study is to evaluate the sustainability of the hydrographic basis of the Pitimbu river, in the environmental, social, economical and institutional dimensions, from 2000 to 2015, using the Pitimbu Hydrografic Basis sustainability index (ISBP). In order to do that, the data collection was performed trough image digital processing (PDI) from the images of the satellite Land Sat 7 (May and November 2000) and Land 8 (May and November 2015), and geoprocessing, trough geographic information system (SIG) ArcGis 10.3. Moreover, data from the Rio Grande do Norte´s Water and Sewer Company (CAERN), the Rio Grande do Norte´s Water Management Institute (IGARN) and the demographic census from 2000 and 2010 made by the Brazilian Geographic and Statistics Institute (IBGE) were used, as well as federal, state and city legislations. In addition, the Pitimbu hydrografic basis sustainability index (ISBP) is proposed and analysed, defining the indicators of sustainability and its respective performance scale. As a result, it can be highlighted the occurrence of an slight improvement on the ISBP of the year 2015, classified as an intermediate, comparing to the year 2000, classified as potentially unsustainable. However, we can conclude that despite this slight improvement, mainly in the institutional dimension and some social and economic indicators, the sustainability level of the Pitimbu Hydrografic Basis still unsatisfactory, not attending the needs of the actual generations and probably with negative repercussion to the future generations.

Key Words: Sustainability. Sustainability Indicators. Pitimbu river Basis.

1 INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento atual, resumido ao crescimento econômico, vem contribuindo para o aumento dos impactos ambientais negativos, a partir da exploração dos recursos naturais. Esses podem ser entendidos nessa pesquisa como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível, ou esteja sendo usado direta ou indiretamente pelo homem, como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais, em determinado tempo e espaço, dentre eles: água, vegetação, solo e ar (BRAGA et al., 2005; VENTURI, 2006).

Paralelamente a essa demanda antrópica, também vem crescendo o discernimento sobre a degradação ambiental, necessitando, dessa forma, uma reflexão sobre conceito de desenvolvimento e desenvolvimento sustentável (BELLEN, 2004).

Por essa lógica, no Simpósio das Nações Unidas sobre as inter-relações entre recursos, ambiente e desenvolvimento, ocorrida em Estocolmo na Suécia, no ano de 1979, surge o conceito de desenvolvimento sustentável, só se consolidando durante a realização da Conferência da Organização das Nações Unidas sobre meio

ambiente e desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992, por meio da Comissão Mundial para o Meio Ambiente, ficando definido como a capacidade de satisfazer a necessidade do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades (SASAHARA, 2009).

Nesse contexto, os recursos hídricos, apesar da sua incontestável importância para a vida humana, também vêm sendo utilizados de forma insustentável, comprometendo sobremaneira a sua qualidade e disponibilidade e trazendo consequências negativas à própria sociedade (MORAES; JORDÃO, 2002).

Com o objetivo de adequar a utilização da água de modo a não influenciar negativamente na sua qualidade e disponibilidade, os planejadores de gestão dos recursos hídricos vêm adotando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, devido, principalmente, à multidimensionalidade presente na sua definição, que transcende aspectos puramente hidrológicos, envolvendo também contextos sociais e econômicos. Dessa forma, as bacias hidrográficas representam uma unidade integradora entre as dinâmicas naturais e as atividades humanas que nela se desenvolvem (YASSUDA, 1993; GUERRA E CUNHA, 2011).

Desse modo, é possível a compreensão de que o uso sustentável do recurso hídrico é altamente influenciado pelo uso sustentável da bacia hidrográfica como um todo. Então, a qualidade e disponibilidade da água estão diretamente relacionadas a formas de uso do solo e aos níveis de controle sobre os locais de degradação da bacia hidrográfica (GUERRA, 2011).

Seguindo essa conjuntura, a bacia hidrográfica do rio Pitimbu, localizada na mesorregião leste do Estado do Rio Grande do Norte, vem sendo ocupada desordenadamente e sofrendo problemas de ordem socioambiental, conforme destacado por estudos anteriores. Apesar do rio Pitimbu-RN desempenhar importante função quanto ao equilíbrio ambiental do seu entorno, assim como abastecer comunidades rurais dos municípios de Macaíba-RN e Parnamirim-RN e 30% da população de Natal-RN, este, ao longo dos anos, vem sendo alvo de intensa degradação socioambiental (BORGES, 2002; OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Costa (1995), a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN vem sofrendo, ao longo de décadas, modificações da sua composição vegetal, em decorrência das atividades antrópicas, como o avanço da expansão urbana, principalmente dos municípios de Natal-RN e Parnamirim-RN, e desflorestamento para implantação de cultivos agrícolas e pastagens no município de Macaíba-RN.

Inserido nesta problemática, também foi constatado por Egito (2006) a deposição irregular de resíduos industriais e domésticos e os efluentes sanitários e focos de assoreamento ao longo das margens direita e esquerda do rio Pitimbu-RN, podendo influenciar diretamente na contaminação da água subterrânea e de superfície, assim como gerar problemas de saúde pública, a partir de veiculação hídrica de doenças.

No tocante à questão institucional, com relação à integração dos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN, enquanto Região Metropolitana e integrantes da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, a pesquisadora Pessoa (2010) destaca a inexistência da variável socioambiental na governabilidade, estrutura organizativa e norteadora de políticas públicas desses municípios, assim como a falta de consciência e mobilização da sua população na proteção do meio ambiente.

A mesma autora destaca também os baixos indicadores sociais e econômicos, mostrando que os referidos municípios se encontram em situação de vulnerabilidade social, principalmente nos quesitos renda e taxa de analfabetismo. Foi apontado que 41, 6% da população de Natal-RN, 44,9% dos residentes de Parnamirim-RN e 73,9% dos citadinos de Macaíba-RN têm rendimentos de apenas 0 a 3 salários mínimos. Com relação à taxa de analfabetismo, seu estudo mostrou que o município de Macaíba-RN variou entre 44,39% e 30,55% de população analfabeta, entre os anos de 1991 e 2000, respectivamente.

Porém, mesmo com os problemas elencados por estudos anteriores, foi constatado que nenhuma pesquisa científica foi realizada no sentido de se avaliar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, levando em consideração aspectos ambientais, sociais, econômicos e institucionais como forma de favorecer o seu planejamento e, consequentemente, o uso sustentável dos recursos hídricos.

Diante de tal problemática, foi realizado um estudo sobre a temática avaliação de sustentabilidade de bacia hidrográfica, tendo como referência empírica a bacia hidrográfica do rio Pitimbu, localizada no Estado do Rio Grande do Norte.

Para tanto, a pesquisa foi norteada pela respectiva indagação: em que medida a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN é sustentável, a partir das dimensões ambiental, social, econômica e institucional, no período de 2000 a 2015, mediante aplicação de um índice de sustentabilidade?

No sentido de responder ao questionamento central da pesquisa, o objetivo geral desse estudo foi de avaliar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio

Pitimbu-RN, nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, dentre o período de 2000 e 2015, utilizando o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP).

2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A seguir, serão abordados os conceitos que estruturaram a base teórica da pesquisa a partir dos tópicos: desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade e sustentabilidade de bacias hidrográficas.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O início do século XX foi marcado por significativas mudanças estruturais na sociedade capitalista, em que o intenso desenvolvimento tecnológico mostrou-se contraditório. Por um lado, esse desenvolvimento aumentou a expectativa de vida dos seres humanos, mas, por outro, aumentou também a capacidade humana de auto extinção (BELLEN, 2004). Isso ocorre pelo fato de o desenvolvimento capitalista ser sustentado pela degradação ambiental, por meio da exploração sem limites dos recursos naturais, indispensáveis para as suas atividades, e pela degradação social, através da reprodução das desigualdades, em prol do lucro de uma pequena parcela da sociedade.

Em meio a essa problemática, apontam-se que não é o planeta Terra que poderá ser extinto devido aos impactos ambientais negativos causados pelas atividades humanas, mas sim a espécie humana, que se encontra em risco de um acelerado processo de extinção prematuro. Isso se deve ao fato de que o desenvolvimento humano vem se baseando em um crescimento econômico o qual se reduz à transformação de recursos naturais de grande importância e de baixa entropia em resíduos que se caracterizam por alta entropia (VEIGA, 2010).

Diante desse contexto, houve um crescimento da consciência entre estudiosos, tomadores de decisão e sociedade civil com relação às consequências ambientais e sociais desse modelo de desenvolvimento. Vale destacar alguns desastres ambientais que foram importantes alertas para se repensar o futuro do meio ambiente e da humanidade, tais como: o desastre ambiental na Baia de Minamata, no Japão; o acidente de Bhopal, na Índia, e na Usina Nuclear de Chernobyl, na extinta União Soviética; e o vazamento de petróleo do Exxon Valdez,

nos Estados Unidos. Isto posto, o conceito de desenvolvimento sustentável começa a ser elaborado a partir da reformulação do conceito de desenvolvimento, antes relacionado somente à noção de crescimento econômico (BELLEN, 2004).

Com isso, vários eventos marcaram a construção e consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável, como o lançamento do livro Primavera Silenciosa (CARSON, 1962); o relatório sobre os limites do crescimento, em 1972, solicitado pelo Clube de Roma; o conceito de ecodesenvolvimento, que surgiu em 1973 em Estocolmo, na Suécia, publicado pelo francês Maurice Strong; a declaração de Cocoyok, em 1974, a qual afirmava que a pobreza contribuía para a degradação ambiental e que os recursos naturais tinham um limite máximo de exploração; o relatório da Fundação Dag-Hammarskjöld em 1975, em complemento ao de Cocoyok; a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) de Brundtland, culminando no relatório denominado de Nosso Futuro Comum; e a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, denominada de eco-92 ou Rio-92, resultando na elaboração da agenda 21 (BRUSEKE, 1995).

Além da consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável, que ficou definido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades, a Rio-92 foi muito importante no sentido de introduzir no discurso oficial dos países do mundo a relação entre desenvolvimento socioeconômico e degradação ambiental (BELLEN, 2004).

Corroborando com esse pensamento, Sachs (2008, p. 15) afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável deve ser baseado no “duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras”, assim como trabalhado a partir de diversas escalas no tempo e espaço, levando em conta cinco pilares principais: social, ambiental, territorial, econômico e político. Portanto, as bases do desenvolvimento sustentável começam a serem construídas a partir de mudanças de atitude no presente, e nas diversas dimensões citadas, por meio do combate aos problemas atuais, para que, assim, os frutos sejam colhidos pelas gerações futuras.

Sendo assim, Saradón (2013) destaca que o conceito de sustentabilidade é completo, na teoria, a partir do momento em que propõe atender às várias metas de

forma isocrônica, envolvendo diversas dimensões produtivas, ecológicas ou ambientais, sociais, culturais, econômicas, e principalmente, espaço-temporais.

Nessa perspectiva, e com relação a pesquisas que tratam sobre sustentabilidade de agroecossistemas, Sepúlveda (2008) entende que se deve considerar uma análise das dimensões social, ambiental, econômica e político-institucional durante um período de pelo menos 20 anos, ou comparar estas dimensões em territórios distintos em um mesmo período.

2.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores de sustentabilidade surgiram a partir da necessidade de operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável, de modo que, para se determinar a sustentabilidade, são necessárias informações que representem a realidade de dado local em uma visão multidimensional (SEPÚLVEDA, 2008).

Dessa forma, a Agenda 21, principal documento produto da Rio-92, em seu capítulo 40, recomenda a utilização de indicadores de desenvolvimento sustentável, por parte das nações, com vistas ao planejamento. Esses indicadores assumem um valor em um tempo e espaço específico, com a finalidade de transmitir conteúdos, contribuindo para a tomada de decisão. Desse modo, são essenciais para identificação de problemas, formulação de políticas públicas e mudanças de comportamentos (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

Vale ressaltar que é impossível determinar a sustentabilidade de um dado território considerando apenas um indicador ou vários indicadores que representem apenas uma dimensão dessa realidade. Isso se dá pelo fato de a sustentabilidade, de acordo com o seu conceito, ser determinada por um conjunto de dimensões que devem ser prioritariamente contempladas (MARZALL, 1999).

Dessa maneira, Veiga (2010, p. 52) atenta que os indicadores de sustentabilidade devem ser capazes de “avaliar simultaneamente resiliência ecossistêmica, qualidade de vida e desempenho econômico” de um certo local, caracterizando-se, portanto, numa abordagem interdisciplinar. Logo, os indicadores de sustentabilidade estão em constante mudança, variando de acordo com as características específicas da área pesquisada e a disponibilidade dos dados (RABELO; LIMA, 2007).

2.3 SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

As bacias hidrográficas são importantes unidades de planejamento e gestão do uso sustentável de recursos hídricos, pois o seu conceito ideal é multifacetado, permitindo trabalhar com indicadores nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional.

Do ponto de vista físico-ambiental, a bacia hidrográfica é definida como uma área natural que recebe as águas de precipitação pluviométrica e as escoa por meio da sua rede de drenagem para um único ponto de saída, chamado de exultório, influenciada principalmente pela energia solar e a força gravitacional (TUCCI, 1997).

Porém, quando se está trabalhando com planejamento, gestão e sustentabilidade de bacias hidrográficas, o conceito acima mencionado torna-se limitado, pois não compreende a multidimensionalidade envolvida na sua dinâmica em que as interações socioambientais devem ser contempladas. Dessa forma, o conceito de bacia hidrográfica é definido nessa pesquisa, de acordo com Yassuda (1993), Carmo e Silva (2010), Guerra e Cunha (2011) e Guerra (2011), como o espaço de interação entre o recurso hídrico e a dinâmica do meio físico, biótico e socioeconômico, sendo unidade ideal para o desenvolvimento de pesquisas sobre os impactos das atividades humanas sobre a qualidade e disponibilidade da água.

Entretanto, segundo Tucci (2000), os grandes aglomerados urbanos no Brasil permanecem utilizando os recursos hídricos de forma insustentável, a partir da poluição doméstica e industrial e da intensa demanda desnecessária por água.

Vale ressaltar que a degradação dos recursos hídricos se destaca nos rios urbanos, locais esses de grande deposição de excrementos humanos, devido à falta de saneamento básico e de recepção de uma parcela da sociedade segregada espacialmente, que encontra nas suas margens uma oportunidade de moradia improvisada, onde impera a ocupação mal planejada do solo urbano e a consequente degradação dos recursos naturais, entre eles, os recursos hídricos (ALMEIDA, 2010).

À vista disso, vale destacar que a água é um dos recursos naturais que mais preocupam os planejadores e pesquisadores com relação à solidificação dos aspectos políticos e institucionais do seu gerenciamento. Isso aumenta no Nordeste do Brasil e, em especial, na região do Semiárido nordestino, onde as condições hídricas desfavoráveis somam-se com o baixo desenvolvimento social. Logo, a avaliação do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos depende da

integração entre componentes dos sistemas naturais, socioeconômicos e institucionais (TUCCI et al., 2003).

Porém, vale destacar que, mesmo com algumas vantagens, a bacia hidrográfica tem limitações quanto à aplicação de indicadores de sustentabilidade. Entre essas fragilidades, pode-se citar o fato dela não respeitar limites territoriais, como de municípios e estados, dificultando o acesso principalmente aos dados sociais e econômicos. Contudo, tal deficiência pode ser superada com a utilização das informações obtidas pelos censos demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por setor censitário.

3 METODOLOGIA

Nos parágrafos posteriores foi caracterizada a área objeto de estudo e expostos os procedimentos metodológicos realizados no sentido de atender ao objetivo geral da pesquisa.

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN: BREVE CARACTERIZAÇÃO

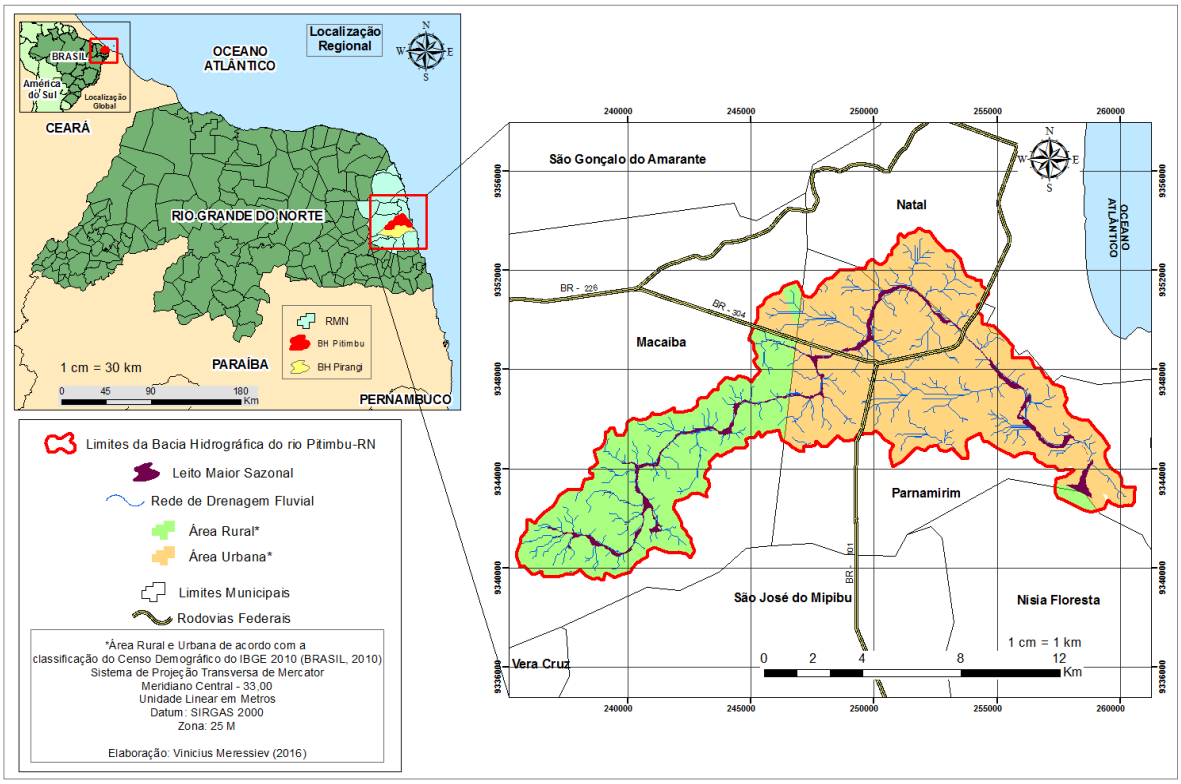
A bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN fica localizada no Estado do Rio Grande do Norte, especificamente na mesorregião Leste Potiguar (Figura 01), numa área total de aproximadamente 12.397,79 hectares, ocupando parte dos municípios de Natal-RN, Macaíba-RN e Parnamirim-RN, todos integrantes da Região Metropolitana de Natal-RN (Tabela 01).

A sua forma pode ser caracterizada como um polígono irregular, de modo que seu retângulo envolvente se encontra entre os paralelos 5º 50’ 00’ e 5º 57’ 53’’ de latitude sul e os meridianos 35º 11’ 08’’ e 35º 23’ 19’’ de longitude oeste. Essa bacia litorânea pode ser caracterizada como endorreíca, pois o seu rio principal não deságua no mar e apresenta a drenagem em forma dendrítica, por consequência da geomorfologia da área (CRISTOFOLETTI, 1974).

O principal rio da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN, de mesmo nome, tem aproximadamente 33 km de comprimento, sendo a sua nascente no município de Macaíba-RN, na comunidade de Lagoa Seca, e seu exultório na Lagoa do Jiqui, no município de Parnamirim-RN. Aproximadamente 13 km da sua extensão é caracterizada por área rural, predominantemente localizada no município de Macaíba, de modo que, à medida que adentra nos municípios de Parnamirim-RN e

Natal-RN, apresenta aglomerações urbanas e industriais nas suas margens (SENA, 2008).

Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN



Fonte: autoria própria (2016).

Tabela 01 – Ocupação da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, por município

Município	Área (ha)	%
Macaíba	4.718,41	38,05
Natal	1.001,34	8,07
Parnamirim	6.678,04	53,86
Total	12.397,79	100

Fonte: autoria própria (2016).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

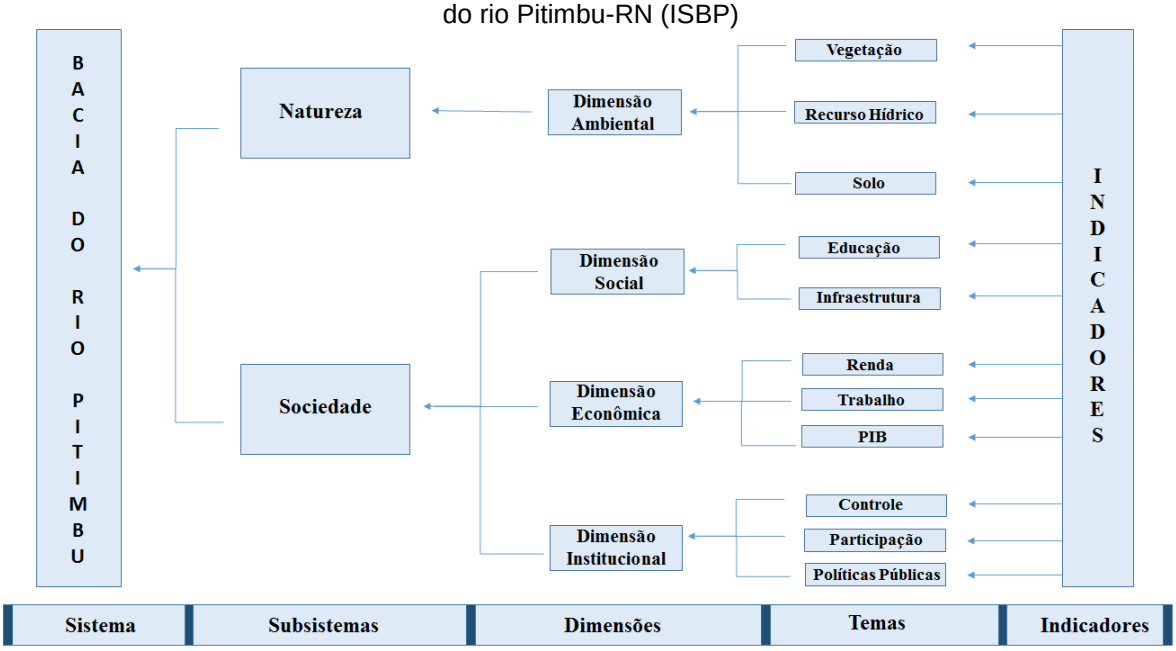
Para a composição de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas, diversos autores, entre eles Sepúlveda (2008), Benetti (2006) e Magalhães (2007), concordam que se torna importante a integração de indicadores multidimensionais, que representem aspectos do meio ambiente e da sociedade.

Seguindo essa lógica, o Índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do Pitimbu-RN (SBP) foi estruturado de acordo com o fluxograma representado na figura 02, onde os dados primários foram interpretados e adaptados à escala de

desempenho adotada pelo índice, tornando-se indicadores. Por conseguinte, um ou mais indicadores formaram um tema, e o conjunto de temas integraram as quatro dimensões analisadas: ambiental, social, econômica e institucional. Estas dimensões representam os subsistemas natureza e sociedade do sistema da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

Dessa forma, a partir da estrutura lógica adotada, foi possível chegar a um número final (índice), que tem o objetivo de tentar representar a realidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN quanto ao seu nível de sustentabilidade, no período de 2000 e 2015.

Figura 02 – Estrutura lógica do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP)



Fonte: adaptado pelo autor (2016) a partir da proposta de Kronemberger et al. (2004).

Para a operacionalização do ISBP, seguindo a sugestão de Saradón e Flores (2014), foi determinado um peso maior para a dimensão ambiental. De acordo com as recomendações de Sepúlveda (2005), o ISBP varia em uma escala de 0 a 1. O valor 0 caracteriza a bacia hidrográfica como insustentável. Quanto mais próximo do valor 1, mais sustentável foi considerada, como segue na figura 03.

Figura 03 – Representação dos níveis de sustentabilidade do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP)

Valor	Nível
[0.8; 1]	SUSTENTÁVEL
[0.6; 0.8[	POTENCIALMENTE SUSTENTÁVEL
[0.4; 0.6[	INTERMEDIÁRIA
[0.2; 0.4[	POTENCIALMENTE INSUSTENTÁVEL
[0; 0.2[	INSUSTENTÁVEL

Fonte: adaptado pelo autor (2016) a partir das recomendações de Sepúlveda (2005).

Com o objetivo de agregar todos os valores em uma única unidade de medida, e lavando em consideração que os indicadores não podem ser classificados de forma isolada quanto ao seu nível de sustentabilidade, mas apenas em conjunto, cada um destes recebeu uma ponderação com valores entre 0 e 4, de acordo com os níveis de classificação propostos: crítico, potencialmente crítico, intermediário, potencialmente acrítico e acrítico, respectivamente.

Para facilitar a compreensão quanto às equações utilizadas no cálculo do ISBP e das suas diversas dimensões, segue o quadro 01. A definição dos indicadores, escalas de desempenho e suas referências são representadas na tabela 02. Por conseguinte, a fonte e o ano dos dados utilizados encontram-se no quadro 02.

Quadro 01 – Equações utilizadas para a viabilização do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN

ISBP	Dimensões
$ISBP = \frac{2DA + DS + DE + DI}{5}$ **Onde,** ISBP: Índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN DA: Dimensão ambiental DS: Dimensão social DE: Dimensão econômica DI: Dimensão institucional	$DA = \frac{NDVI + IQA + TAR + TSE + TIS}{20}$ **Onde,** DA: Dimensão Ambiental NDVI: Índice de vegetação por diferença normalizada IQA: Índice de qualidade de água TAR: Taxa de assoreamento do rio TSE: Taxa de solo exposto TIS: Taxa de impermeabilização do solo
	$DS = \frac{TA + TDA + TDR + TDE + TDS}{20}$ **Onde,** DS: Dimensão social TA: Taxa de alfabetização TDA: Taxa de domicílios com abastecimento de água TDR: Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados TDE: Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto TDS: Taxa de domicílios rurais com fossa séptica
	$DE = \frac{RMM + TD + PBP}{12}$ **Onde,** DE: Dimensão econômica RDC: Rendimento médio mensal TD: Taxa de desemprego PBP: Produto interno bruto per capita
	$DI = \frac{APA + TCP + TAD + CBH + AL + LUO}{24}$ **Onde,** DI: Dimensão Institucional APA: Taxa de áreas de proteção ambiental TCP: Taxa de conflito em áreas de preservação permanente TAD: Taxa de área desmatada CBH: Comitê de bacia hidrográfica AL: Agenda 21local LUO: Legislação de uso e ocupação do solo

Fonte: autoria própria (2016).

Tabela 02 – Descrição e escala de desempenho dos indicadores de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN

Dimensão	Tema	Indicador	Escala de desempenho dos indicadores de sustentabilidade					
			Crítico (0)	**Potencialmente crítico (1)**	**Intermediário (2)**	**Potencialmente acrítico (3)**	**Acrítico (4)**	**Referência**
Ambiental	Vegetação	Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	[0; 0.20[	[0.20; 0.40[	[0.40; 0.60[	[0.60;0.80[	[0.80;1]	Instituto Nacional do Semiárido (INSA)
	Recurso Hídrico	Índice de qualidade de água (IQA)	[0; 25[	[25; 50[	[50;70[	[70;90[	[90;100]	Instituto de Gestão das águas do Rio Grande do Norte (IGARN)
	Solo	Taxa de assoreamento do rio (%)	[100; 50]	]50; 20]	]20; 10]	]10; 1]	]1; 0]	ISAIAS (2008)
		Taxa de solo exposto (%)						
		Taxa de impermeabilização do solo (%)	[100; 50]	]50; 30]	]30; 16]	]16; 5]	]5; 0]	
Social	Educação	Taxa de alfabetização (%)	[0; 50[	[50; 60[	[60; 80[	[80; 95[	[95; 100]	Kronemberger et al. (2008)
	Infraestrutura	Taxa de domicílios com abastecimento de água (%)	[0; 70[	[70; 80[	[80; 90[	[90; 95[	[95; 100]	
		Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados (%)						
		Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto (%)						
		Taxa de domicílios rurais com fossa séptica (%)						
Econômico	Renda	Rendimento médio mensal (R$)	[0; 200[	[200; 400[	[400; 550[	[550; 1.100]	>1.100	
	Trabalho	Taxa de desemprego (%)	[100; 20]	]20; 15]	]15; 10]	]10; 5]	]5; 0]	
	PIB	PIB per capita (R$)	[0; 2.000[	[2.000; 6.000[	[6.000; 12.000[	[12.000; 40.000]	> 40.000	
Institucional	Controle	Taxa de áreas de proteção ambiental (%)	[0; 10[	[10; 15[	[15; 25[	[25; 30[	[30; 100]	Kronemberger et al. (2008)
		Taxa de conflitos em APP (%)	[100; 40]	]40; 20]	]20; 10]	]10; 5]	]5; 0]	Isaias (2008)
		Taxa de área desmatada (%)	[100; 80]	]80; 40]	]40; 30]	]30; 20]	]20; 0]	Kronemberger et al. (2008)
	Participação	Comitê de bacia hidrográfica	0	-	-	-	1	Proposto pelos próprios autores (2016)
		Agenda 21 local	0	1	2	3	4	
	Políticas Públicas	Legislação de uso e ocupação do solo	0	1	2	3	≥4	

Fonte: autoria própria (2016).

Quadro 02 – Ano e a fonte dos dados utilizados no ISBP

Dimensão	Tema	Indicador	Fonte e ano dos dados utilizados
Ambiental	Vegetação	Índice de Vegetação por diferença normalizada (NDVI)	Imagens Land Sat 7 (maio e novembro/2000) e Land Sat 8 (maio e novembro/2015), fornecidas pelo serviço geológico americano. Os procedimentos de processamento digital de imagens (PDI) e geoprocessamento foram realizados pelo próprio autor no software ArcGis 10.3
	Recurso Hídrico	Índice de qualidade de água (IQA)	CAERN (2001)[1] e IGARN (2015)
	Solo	Taxa de assoreamento do rio (%)	Imagens Land Sat 7 (novembro/2000) e Land Sat 8 (novembro/2015), fornecidas pelo serviço geológico americano. Os procedimentos de processamento digital de imagens (PDI) e de geoprocessamento foram realizados pelo próprio autor no software ArcGis 10.3
		Taxa de solo exposto (%)	
		Taxa de impermeabilização do solo (%)	
Social	Educação	Taxa de alfabetização (%)	Foram utilizados dados oriundos dos últimos dois Censos demográficos do IBGE[2] (BRASIL, 2003; BRASIL, 2011), por setores censitários da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.
	Infraestrutura	Taxa de domicílios com abastecimento de água (%)	
		Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados (%)	
		Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto (%)	
		Taxa de domicílios rurais com fossa séptica (%)	
Econômico	Renda	Rendimento médio mensal (R$)	Foram utilizados dados oriundos dos últimos dois Censos demográficos do IBGE[2] (BRASIL, 2003; BRASIL, 2011), por setores censitários da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.
	Trabalho	Taxa de desemprego (%)	
	PIB	PIB per capita (R$)	
Institucional	Controle	Taxa de áreas de proteção ambiental (%)	Imagens Land Sat 7 (novembro/2000) e Land Sat 8 (novembro/2015), fornecidas pelo serviço geológico americano. Os procedimentos de processamento digital de imagens (PDI) e de geoprocessamento foram realizados pelo próprio autor no software ArcGis 10.3
		Taxa de conflitos em APP (%)	
		Taxa de área desmatada (%)	
	Participação	Comitê de bacia hidrográfica	Informação obtida através do decreto nº 17.789 de 14 de setembro de 2004 (RIO GRANDE DO NORTE, 2004)
		Agenda 21 local	Informação fornecida pelas secretarias de meio ambiente dos municípios de Natal, Parnamirim e Macaíba
	Políticas Públicas	Legislação de uso e ocupação do solo	Lei nº 6.950 de 20 de agosto de 1996 (RIO GRANDE DO NORTE, 1996) Decreto Estadual nº 14.920 de 02 de junho de 2000 (RIO GRANDE DO NORTE, 2000) Lei n° 7.872 de 20 de julho de 2000 (RIO GRANDE DO NORTE, 2000) Lei nº 4.100, de 19 de junho de 1992 (NATAL, 1992) Lei nº 1.058, de 30 de agosto de 2000 (PARNAMIRIM, 2000) Decreto Estadual nº 16.464, de 08 de novembro de 2002 (RIO GRANDE DO NORTE, 2002) Lei nº 8.426 de 14 de novembro de 2003 (RIO GRANDE DO NORTE, 2003) Lei nº 5.273, de 20 de julho de 2001 (NATAL, 2003) Lei Complementar nº 01, de 19 de dezembro de 2008 (MACAÍBA, 2008) Lei Complementar nº 082, de 21 de junho de 2007 (NATAL, 2007)

Observações:

[1]Para o IQA não foi encontrado nenhum estudo referente ao ano de 2000. Foram utilizados dados de IQA do ano de 2001, disponibilizados pela Companhia de Águas e Esgotos do RN (CAERN).
[2]Devido à inexistência de dados sociais e econômicos do ano de 2015, por setor censitário, foram utilizados os dados do censo demográfico realizado pelo IBGE no ano de 2010.

Fonte: autoria própria (2016).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os índices são informações numéricas que possibilitam comparar distintos indicadores e dimensões da sustentabilidade. Assim, a partir da aplicação da metodologia apresentada, foi possível realizar uma análise comparativa entre o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, nos anos de 2000 e 2015, assim como um diagnóstico da contribuição dos indicadores definidos e as dimensões do desenvolvimento sustentável da área pesquisada.

Como resultado geral, tem-se que a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN obteve uma pequena melhora no seu índice de sustentabilidade a partir da aplicação do ISBP, levando em consideração os anos de 2000 e 2015. No ano de 2000, o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP) obteve o valor de 0,38, sendo classificado como potencialmente insustentável.

Esse resultado foi influenciado principalmente pelos baixos valores encontrados para os indicadores dos temas vegetação e recurso hídrico, da dimensão ambiental, educação e infraestrutura, da dimensão social e controle e participação, da dimensão institucional, como mostrado na tabela 02.

Para o ano de 2015, foi constatada uma pequena melhora, onde o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN (ISBP) atingiu o valor de 0,54, sendo qualificado como sustentabilidade intermediária. A evolução foi influenciada principalmente pelos indicadores que compõem os temas de infraestrutura e educação, da dimensão social, renda, trabalho e PIB, da dimensão econômica e participação, da dimensão institucional.

Porém, a situação limitada de sustentabilidade ainda encontrada no ano de 2015 foi influenciada, principalmente, pelo tema vegetação e alguns indicadores do tema solo, ambos da dimensão ambiental, e pelo tema controle, da dimensão institucional, como segue na tabela 03.

Esses resultados são de extrema importância, pois, a partir deles, pode ser traçado um planejamento de curto, médio e longo prazo, de políticas públicas que atuem com foco nos temas com indicadores identificados em uma condição de média, potencial ou real criticidade. Com relação aos temas com indicadores que obtiveram um bom desempenho, os tomadores de decisão devem garantir a continuidade das ações responsáveis pela realidade encontrada.

Tabela 03 – Índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN no ano de 2000

Dimensão	**Tema**	**Indicadores**			
			Valor encontrado	**Valor após ponderação**	**Nível de criticidade**
Ambiental (0,5)	Vegetação	NDVI	0,26	1	Potencialmente Crítico
	Recurso Hídrico	IQA	54,0	2	Intermediário
	Solo	Taxa de assoreamento do rio (%)	21,1	1	Potencialmente crítico
		Taxa de solo exposto (%)	7,1	3	Potencialmente acrítico
		Taxa de impermeabilização do solo (%)	15,2	3	Potencialmente acrítico
Social (0,15)	Educação	Taxa de alfabetização (%)	51,03	1	Potencialmente crítico
	Infraestrutura	Taxa de domicílios com abastecimento de água (%)	89,37	2	Intermediário
		Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados (%)	15,54	0	Crítico
		Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto (%)	0,1	0	Crítico
		Taxa de domicílios rurais com fossa séptica (%)	19,9	0	Crítico
Econômica (0,41)	Renda	Rendimento médio mensal (R$)	739,56	3	Potencialmente acrítico
	Trabalho	Taxa de desemprego (%)	17,8	1	Potencialmente crítico
	PIB	PIB per capita (R$)	3.715,10	1	Potencialmente crítico
Institucional (0,33)	Controle	Taxa de áreas de proteção ambiental (%)	18,7	2	Intermediário
		Taxa de conflitos em APP (%)	35,4	1	Potencialmente crítico
		Taxa de área desmatada (%)	46,9	1	Potencialmente crítico
	Participação	Comitê de bacia hidrográfica	0	0	Crítico
		Agenda 21 local	0	0	Crítico
	Políticas Públicas	Legislação de uso e ocupação do solo	5	4	Acrítico
ISBP = 0,38 (Potencialmente Insustentável)					

Fonte: autoria própria (2016).

Tabela 04 – Índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN no ano de 2015

Dimensão	**Tema**	**Indicadores**			
			Valor encontrado	**Valor após ponderação**	**Nível de criticidade**
Ambiental (0,45)	Vegetação	NDVI	0,25	1	Potencialmente crítico
	Recurso Hídrico	IQA	69,83	2	Intermediário
	Solo	Taxa de assoreamento do rio (%)	19,9	2	Intermediário
		Taxa de solo exposto (%)	4,9	3	Potencialmente acrítico
		Taxa de impermeabilização do solo (%)	42,2	1	Potencialmente crítico
Social (0,5)	Educação	Taxa de alfabetização (%)	69,5	2	Intermediário
	Infraestrutura	Taxa de domicílios com abastecimento de água (%)	99,4	4	Acrítico
		Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados (%)	96,3	4	Acrítico
		Taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto (%)	4,8	0	Crítico
		Taxa de domicílios rurais com fossa séptica (%)	51,9	0	Crítico
Econômico (0,66)	Renda	Rendimento médio mensal (R$)	1550,16	4	Acrítico
	Trabalho	Taxa de desemprego (%)	10,3	2	Intermediário
	PIB	PIB per capita (R$)	11.256,75	2	Intermediário
Institucional (0,63)	Controle	Taxa de áreas de proteção ambiental (%)	38,9	4	Acrítico
		Taxa de conflitos em APP (%)	42,5	0	Crítico
		Taxa de área desmatada (%)	70,4	1	Potencialmente crítico
	Participação	Comitê de bacia hidrográfica	1	4	Acrítico
		Agenda 21 local	2	2	Intermediário
	Políticas Públicas	Legislação de uso e ocupação do solo	5	4	Acrítico
ISBP = 0,54 (Intermediária)					

Fonte: autoria própria (2016).

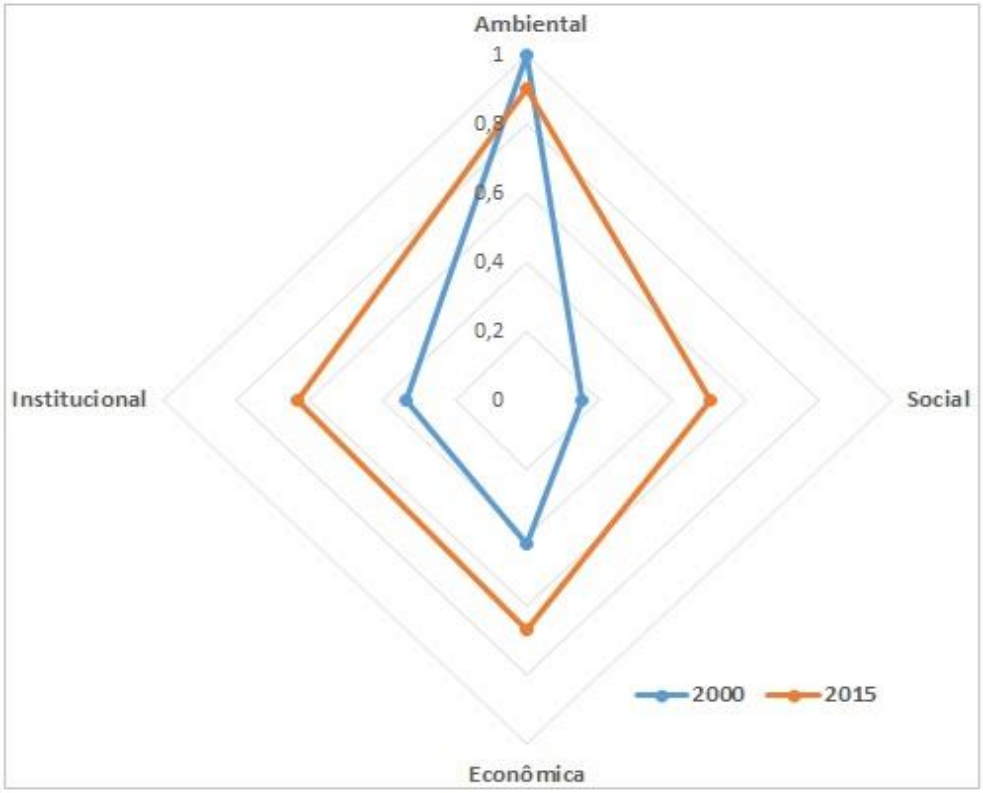
Ao analisar o Gráfico 01, pode-se afirmar que, praticamente, todas as dimensões obtiveram valores superiores no ano de 2015, se relacionada ao ano de 2000, denotando uma singela evolução rumo à sustentabilidade. Contudo, nota-se uma exceção relativa à dimensão ambiental que teve uma pequena queda de 0,5 para 0,45, mas permanecendo no mesmo nível intermediário de sustentabilidade. Vale destacar que esse fato foi influenciado principalmente pela diminuição do

desempenho do indicador taxa de impermeabilização do solo, que passou de potencialmente acrítico, no ano de 2000, para potencialmente crítico, no ano de 2015.

Isso ocorreu por conta que, no período analisado, a taxa de impermeabilização do solo obteve um acréscimo de 27%, onde em 2015 cerca de 42,2% da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN encontra-se com o solo revestido, impulsionado principalmente pelo processo de expansão urbana dos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba – RN.

Entretanto, o aumento deste indicador é inversamente proporcional à sustentabilidade da bacia hidrográfica, pois a impermeabilização do solo, devido à supressão vegetal e o seu respectivo revestimento, relaciona-se diretamente com o aumento de processos de erosão, sedimentação e ocorrência de enchentes, como consequência do aumento da velocidade do escoamento superficial da água e a sua respectiva acumulação em pontos do terreno topograficamente mais baixas (MEIRELES et al., 2005).

Gráfico 01 – Sobreposição dos índices dimensionais de sustentabilidade dos anos 2000 e 2015



Fonte: autoria própria (2016).

Com relação ao desempenho dos indicadores de sustentabilidade do ISBP para o ano de 2000, pode ser constatado a partir da análise do Gráfico 02, que a maioria destes se concentram na classe de potencialmente crítico e crítico, colocando a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN numa condição de potencialmente insustentável. Foi classificado como acrítico, apenas o indicador legislação de uso e ocupação do solo, integrante do tema políticas públicas da dimensão institucional. Como potencialmente acrítico destaca-se os indicadores de rendimento médio mensal, taxa de impermeabilização do solo e taxa de solo exposto.

Na classe intermediária de sustentabilidade no ano de 2000 mensurou-se que o indicador índice de qualidade de água (IQA), mantém uma estreita relação com diversos indicadores classificados como potencialmente crítico e crítico, justificando seu baixo desempenho. Entre estes indicadores cita-se o baixo desempenho da taxa de assoreamento do rio, taxa de conflitos em áreas de preservação permanente, taxa de áreas desmatada, ambos classificados como potencialmente insustentável no mesmo ano de análise. Desse modo, vale destacar que uma maior taxa de assoreamento facilita o contato de contaminantes com a água, por meio da deposição de sedimentos no leito do rio. Por outro lado, a taxa de conflito em áreas de preservação permanente e a taxa de área desmatada desprotegem a mata ciliar e o solo da bacia hidrográfica, favorecendo o assoreamento e, consequentemente, a diminuição da qualidade da água.

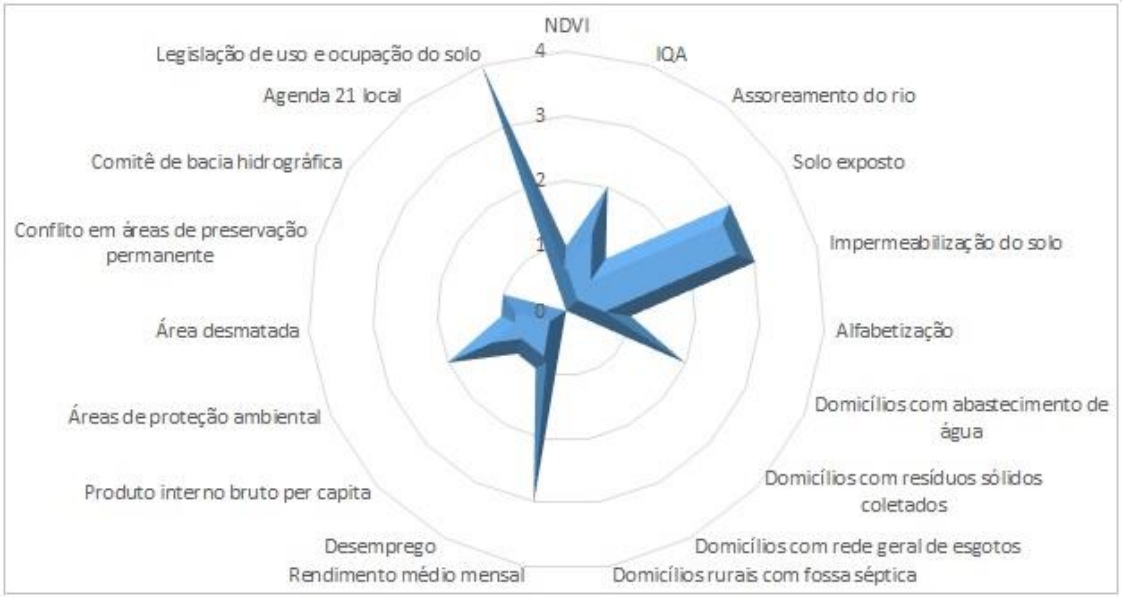
A intermediária qualidade da água da bacia, representada pelo IQA, também é justificada pela condição de criticidade dos indicadores comitê de bacia hidrográfica, taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados, taxa de domicílios urbanos com rede geral de esgoto e taxa de domicílios rurais com fossa séptica. A falta de um comitê de bacia hidrográfica diminui a possibilidade de diálogo e consenso entre os usuários e o poder público na esfera municipal, estadual e federal, prejudicando o planejamento e a tomada de decisão quanto aos usos múltiplos dos recursos hídricos nos limites da bacia hidrográfica. Por sua vez, o baixo desempenho dos indicadores Taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados, urbanos com rede geral de esgoto e rurais com fossa séptica, ambos classificados como críticos, possibilitam o lançamento indiscriminado de contaminantes diretamente no solo, lençol freático e nos corpos hídricos.

Do mesmo modo, merecem destaque os indicadores taxa de domicílios com abastecimento de água e taxa de áreas de proteção ambiental, que também

obtiveram um intermediário nível de sustentabilidade no ano de 2000. O mediano desempenho do indicador Taxa de domicílios com abastecimento de água favorece a captação de água diretamente nos corpos hídricos ou por meio de poços não autorizados, contribuindo para utilização indiscriminada, prejudicando a sua qualidade e disponibilidade e dificultando o controle do poder público. Similarmente, o intermediário desempenho do indicador “Taxa de áreas de proteção ambiental” contribui para a diminuição da diversidade de espécies e a sua variabilidade genética, desproteção dos solos e das matas ciliares (RODRIGUES, 1995).

Os indicadores taxa de alfabetização, taxa de desemprego e produto interno bruto *per capita,* classificados no ano de 2000 como potencialmente críticos, também são preocupantes, pois estes fatores socioeconômicos colocam essa parcela da população em situação de vulnerabilidade, excluídos socialmente e segregados no espaço geográfico para as áreas menos valorizadas e ambientalmente mais frágeis das cidades, como os topos de morros e as margens dos rios, causando um maior impacto ambiental (ALMEIDA, 2010).

Gráfico 02 – Concentração dos indicadores de sustentabilidade do ISBP no ano de 2000



Fonte: autoria própria (2016).

Com relação ao desempenho dos indicadores de sustentabilidade do ISBP para o ano de 2015 pode ser constatado a partir da análise do Gráfico 03, que a maioria destes se concentram nas classes de potencialmente acrítico e intermediária, colocando a bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN numa condição um pouco melhor de sustentabilidade, se relacionada ao ano anterior.

Vale destacar a grande participação da dimensão institucional no ano de 2015 na classe acrítica, representada pelos indicadores legislação de uso e ocupação do solo, comitê de bacia hidrográfica, e taxa de áreas de proteção ambiental, mostrando uma melhor mobilização do poder público e da população, quanto às questões voltadas para o ordenamento ambiental e territorial da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, com relação ao período anterior de análise. Sendo assim, ressalta-se que, no ano de 2015, a classe acrítica e potencialmente acrítica juntas agruparam 7 indicadores, diferentemente do ano de 2000, em que a classe acrítica e potencialmente acrítica unia apenas 4 indicadores, e crítica e potencialmente crítica um número elevado de 12 indicadores.

Por sua vez, o índice de qualidade de água (IQA) no ano de 2015, apesar da sua pequena melhora de 54 para 69,83, provavelmente relacionada ao melhor desempenho dos indicadores taxa de áreas de proteção ambiental, taxa de domicílios com abastecimento de água, taxa de domicílios com resíduos sólidos coletados e comitê de bacia hidrográfica, permaneceu na classe intermediária de sustentabilidade.

Uma possível explicação para esta condição estacionária, com relação ao período anterior de análise, encontra-se no fato dos indicadores taxa de domicílios com rede geral de esgoto e rurais com fossa séptica ainda permanecerem no estado crítico de sustentabilidade, assim como no ano de 2000. Ressalta-se, portanto, a importância da execução de obras de saneamento básico na área da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, como forma de garantir a qualidade da água para consumo humano.

Pode-se afirmar, também, que no ano de 2015 o baixo desempenho do indicador taxa de impermeabilização do solo, já citado anteriormente como consequência da intensa expansão urbana dos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN, e taxa de área desmatada, relacionada ao último indicador citado, assim como a expansão agrícola no município de Macaíba-RN contribuiu sobremaneira para o baixo desempenho e piora do indicador taxa de conflito em áreas de preservação permanente (APP), colaborando para a desproteção da mata ciliar do rio Pitimbu-RN.

Desse modo, trata-se de um dado preocupante, pois, no ano de 2015, cerca de 42,5% das áreas de preservação permanente encontram-se ocupadas irregularmente por áreas agrícolas, não agrícolas e de solo exposto na bacia

analisada, 7,1% a mais do que no ano anterior. Isso demonstra que legislação de uso e ocupação do solo e o comitê de bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN ainda não conseguiriam desempenhar de forma integral a sua função dentro do objeto de estudo.

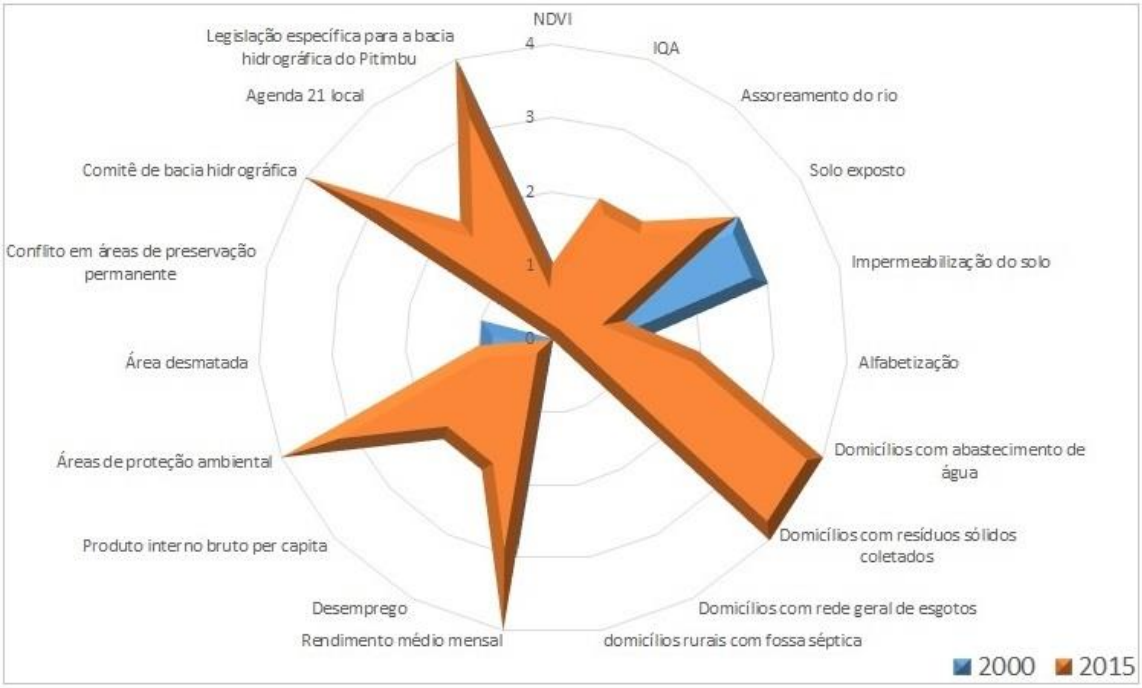
Gráfico 03 – Concentração dos indicadores de sustentabilidade do ISBP no ano de 2015

Fonte: autoria própria (2016).

Além dos indicadores taxa de impermeabilização do solo, taxa de conflito em áreas de preservação permanente, já citados, que obtiveram um desempenho pior em 27% e 7,1%, respectivamente, no período analisado, se destaca o péssimo desempenho do indicador taxa de área desmatada, como segue no Gráfico 04. Este aumentou de 46,9% no ano de 2000, para 70,4% no ano de 2015, crescimento considerável de 23,5% em 15 anos de análise, demonstrando uma frágil atuação do poder público, representado pela dimensão institucional e pelo tema controle.

Com isso, levando em consideração que a vegetação tem função fundamental dentro de uma bacia hidrográfica, de modo que cabe ao poder público, a partir de ações de controle e de fiscalização, conter o desmatamento, principalmente por meio do planejamento de uso e ocupação do solo, o resultado deste indicador serve de alerta.

Gráfico 04 – Sobreposição da concentração dos indicadores de sustentabilidade do ISBP nos anos de 2000 e 2015



Fonte: autoria própria (2016).

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que, de forma geral, o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN permitiu, dentro das suas limitações, informações importantes para a análise do desenvolvimento sustentável do objeto de estudo no período de 2000 e 2015.

Foi possível constatar que, apesar de uma pequena melhora, principalmente na dimensão institucional e de alguns indicadores sociais e econômicos, reflexo de uma boa fase de desenvolvimento vivida no Brasil no período pesquisado, o nível de sustentabilidade da área ainda é insatisfatório, não atendendo aos anseios das gerações atuais e com provável repercussão negativa para as gerações futuras.

Vale destacar também que, mesmo com algumas vantagens em se aplicar indicadores de sustentabilidade em bacias hidrográficas, voltados para análise e planejamento do uso sustentável de recursos hídricos, se torna importante citar algumas limitações, tais como:

- Impossibilidade de se aplicar um maior número de indicadores nas dimensões social e econômica, de modo que os dados disponíveis restringem-se àqueles disponibilizados pelo IBGE, por setor censitário, a cada 10 anos;

- No caso específico da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, ausência de informações sobre a qualidade da água subterrânea, impossibilitando uma análise mais completa acerca da qualidade da água da bacia como um todo;
- Ausência de dados sobre frota de veículos por 1000 habitantes e sobre parâmetros de qualidade do ar, impedindo a análise do tema atmosfera, dentro da dimensão ambiental;
- Inexistência de dados sobre número de leitos hospitalares por 1000 habitantes, não sendo possível avaliar o tema saúde pública na dimensão social.

É também perceptível que falta uma maior integração dos municípios de Natal-RN, Parnamirim-RN e Macaíba-RN, enquanto integrantes de uma mesma região metropolitana a qual o objeto de estudo está inserido e desempenha grande importância estratégica, com relação a ações voltadas para o uso sustentável da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, em suas diversas dimensões.

Em outra perspectiva, levando em consideração a possibilidade de gerar dados para um planejamento mais direcionado com relação aos aspectos de capacidade de suporte do meio físico aos impactos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, fica como sugestão, para trabalhos futuros, a análise da sustentabilidade da área pesquisada a partir da comparação das dimensões e indicadores definidos, aplicando o índice proposto nos diversos sistemas ambientais da bacia, contemplando uma única escala temporal.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**. Rio Claro: UNESP, 2010.

BELLEN, H. M. V. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 2, nº 1, mar. 2004.

BENETTI, L. B. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lages (SC) através do método do painel da sustentabilidade**. Santa Catarina: UFSC, 2006.

BORGES, A. N. **Implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo**. Natal: UFRN, 2002.

BRAGA, B. et al. **introdução a engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

BRASIL. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

BRUSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995.

CARMO, J. P A.; SILVA, P. D. D. A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. In XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, 2010, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: AGB, 2010, p. 1-9. Disponível em: < http://migre.me/sOanB>. Acesso em: 04 jan. 2016.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Boston: Houghton Mifflin, 1962.

COSTA, S. M. D. **Alteração da cobertura vegetal natural da microbacia do rio Pitimbu-RN devido a ocupação antrópica**. Natal: UFRN, 1995.

CRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: EDUSP, 1974.

EGITO, L. C. M. **Análise da presença de agentes mutagênicos nas águas do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2006.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente e Sociedades**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 307-323, jul./dez. 2009.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água:** proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas. Brasília: UNB, 2008.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CARVALHO, C. N.; JUNIOR, J. C. Indicadores de sustentabilidade em pequenas bacias hidrográficas: uma aplicação do “barômetro da sustentabilidade” à bacia do Jurumirim (Angra dos Reis/RJ). **Geochim**, Brasil, v. 18, n. 2, p. 86-98, 2004.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CLEVELARIO JUNIOR, J.; NASCIMENTO, J. A S; COLLARES, J. E. R.; SILVA, L. C. D. Desenvolvimento sustentável no brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.1, p. 25-50, jun. 2008.

MACAÍBA. **Lei Complementar nº 01, de 19 de dezembro de 2008**. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Macaíba e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Macaíba, Poder Executivo, 19 de dezembro de 2008.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos:** realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

MEIRELES, M. S. P.; BUENO, M. C. D.; DIAS, T. C. S.; COUTINHO, H. L. C. Sistema de suporte a decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica fuzzy. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 2259-2266.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, nº 3, p. 370-374, mar. 2002.

NATAL. **Lei nº 4.100, de 19 de junho de 1992**. Dispõe sobre o Código do MEIO AMBIENTE do Município do Natal. Diário Oficial do Município de Natal, Poder Executivo, 19 de junho de 1992.

_____. **Lei nº 5.273, de 20 de julho de 2001**. Dispõe sobre o uso do solo, limites, denominações e prescrições urbanísticas da ZPA 03 – do Rio Pitimbu do município de Natal – RN. Diário Oficial do Município de Natal, Poder Executivo, 20 de julho de 2001.

_____. **Lei Complementar nº 082, de 21 de junho de 2007**. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Natal, Poder Executivo, 26 de junho de 2007.

OLIVEIRA, A. S. **Uso e ocupação do solo e a concentração de metais pesados no sedimento e na água: bacia do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2012.

PARNAMIRIM. **Lei nº 1.058, de 30 de agosto de 2000**. Dispõe sobre o Plano Diretor de Parnamirim e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Parnamirim, Poder Executivo, 30 de agosto de 2000.

PESSOA, Z. S. **A metrópole periférica:** identidade e vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Natal. Campinas: UNICAMP, 2010.

RABELO, L. S.; LIMA, P. V. P. S. Indicadores de sustentabilidade: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável. **REDE**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 55-76, dez. 2007.

RODRIGUES, I. A. **Áreas naturais sob proteção, estabelecimento e avanços nas medidas de conservação ambiental:** um estudo no Vale do Ribeira – SP. Campinas: UNICAMP, 1995.

RIO GRANDE DO NORTE. **Decreto n. 17.789, de 14 de setembro de 2004**. Institui o Comitê da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu, localizada nos Município de Natal, Parnamirim e Macaíba, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Poder Executivo, Natal, 15 de setembro de 2004.

_____. **Lei nº 6.950 de 20 de agosto de 1996**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, Poder Executivo, 20 de agosto de 1996.

_____. **Decreto Estadual nº 14.920 de 02 de junho de 2000**. Suspende o licenciamento de empreendimentos situados às margens do Rio Pitimbu e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, Poder Executivo, 02 de junho de 2000.

_____. **Lei n° 7.872 de 20 de julho de 2000**. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico Econômico do Litoral Oriental do Rio Grande do Norte e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, Poder Executivo, 21 de julho de 2000.

_____. **Decreto Estadual nº 16.464, de 08 de novembro de 2002**. Dá nova redação ao art. 1º do Decreto nº 14.920, de 2 de junho de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, Poder Executivo, 08 de novembro de 2002.

_____. **Lei nº 8.426 de 14 de novembro de 2003**. Dispõe sobre a Faixa de Proteção Ambiental do Rio Pitimbu, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, Poder Executivo, 14 de novembro de 2003.

SACHS, I. **Desenvolvimento includente, sustentável e sustentado**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SARADÓN, J. S. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidade de los agroecossistemas**. Agroecología El caminho hacia uma agricultura sustentable-E.C.A.**, 2013.

SARADÓN, J. S.; FLORES, C. C. **Agroecología**: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. La Plata: EDULP, 2014.

SASAHARA, C. **Sustentabilidade:** a perda do caráter de mudança estrutural do conceito. Piracicaba: USP, 2009.

SENA, D. S. **Avaliação da qualidade da água do rio Pitimbu**. Natal: UFRN, 2008.
Sepúlveda (2008)

SEPÚLVEDA, S. S. **Desenvolvimento microrregional sustentável**: métodos para planejamento local. Brasília: IICA, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água. **Bahia Análise e Dados** Salvador, v. 13, n. Especial, p. 357-370, 2003.

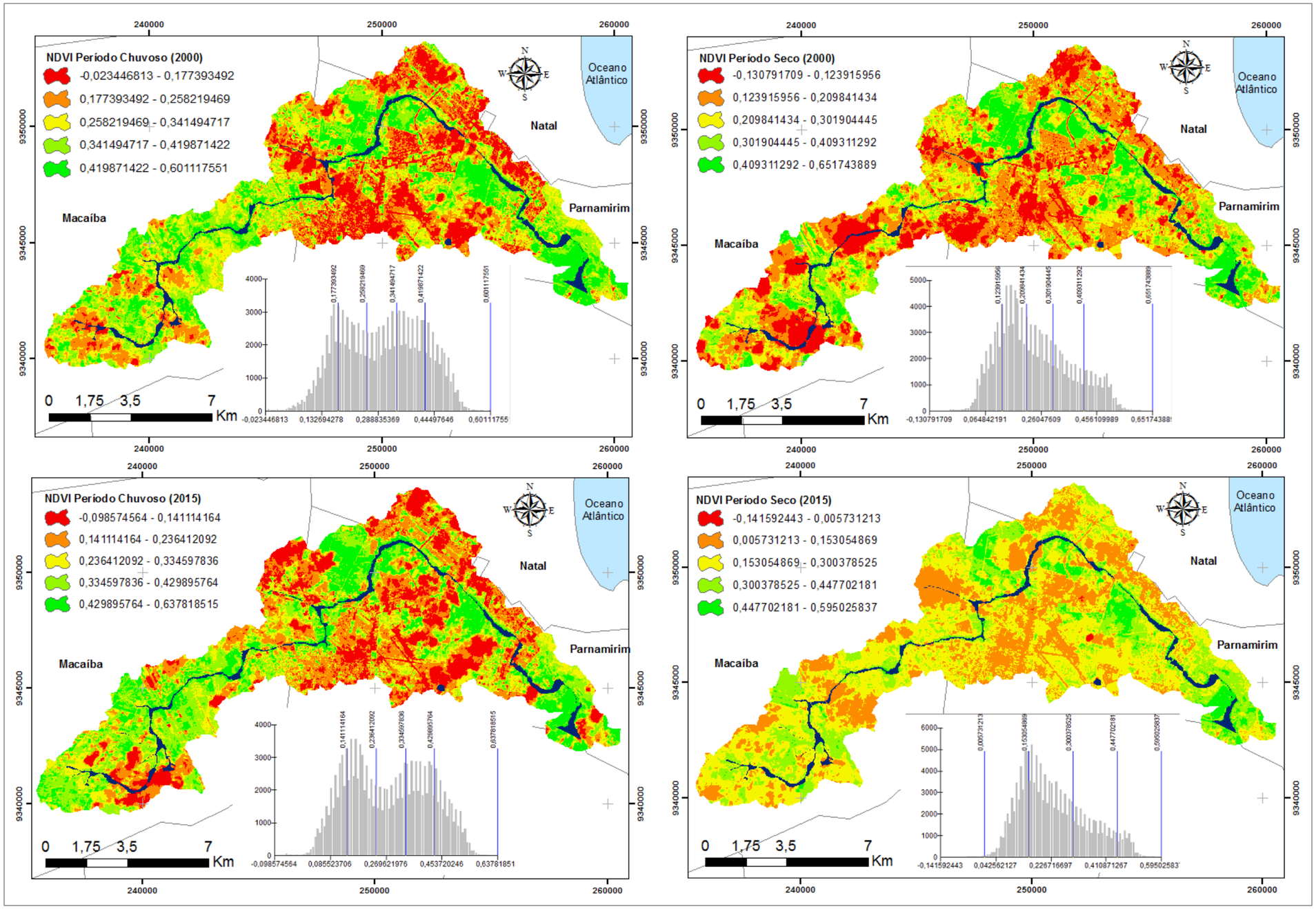
TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, L.; CORDEIRO NETTO, O. M. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP-Espaço e Tempo**, São Paulo, n° 20, p. 9-17, ag. 2006.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, nº 2, p. 5-18, abr./jun. 1993.

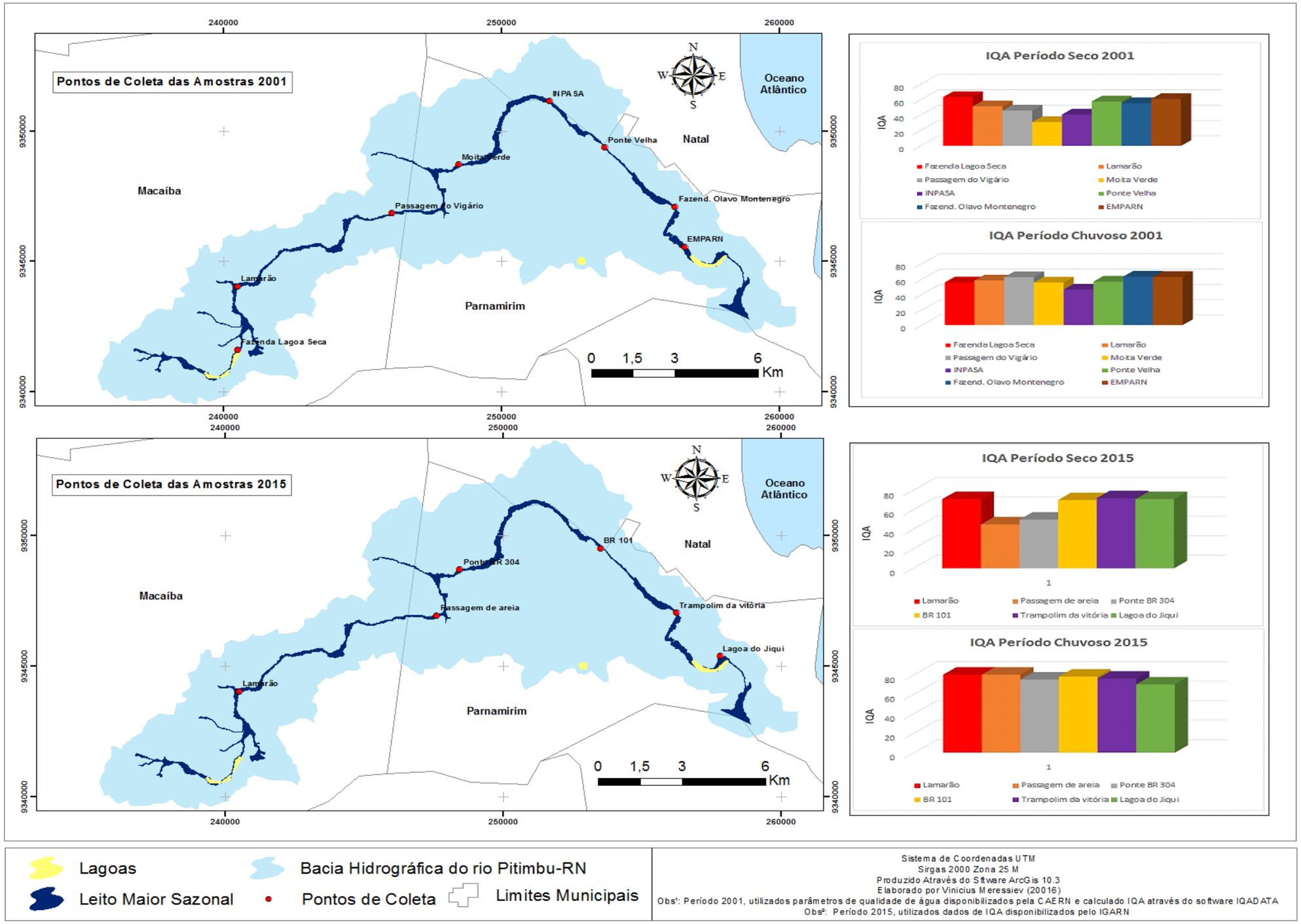
APÊNDICE A – Mapa de distribuição do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



Leito Maior Sazonal Limites Municipais

Sistema de Coordenadas UTM
Sirgas 2000 Zona 25 M
Produzido Através do Sftware ArcGis 10.3
Elaborado por Vinicius Meressiev (20016)
Obs¹: Período 2000 foi utilizada imagem Land Sat 7 (Março/Setembro)
Obs²: Período 2015 foi utilizada imagem Land Sat 8 (Maio/Outubro)

APÊNDICE B – Mapa de distribuição dos locais de coleta de amostras de IQA, 2001 e 2015



APÊNDICE C – Valores de IQA por ponto de coleta no período seco do ano de 2001

IQAData .::. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Avaliação da Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN

Endereco: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692
Bairro: Tirol
Cidade: Natal-RN CEP: 59015-300
Site: http://migre.me/uTBs4 Fone: (84) 9 - 8872-1670
Departamento: DIAREN
Contato: Vinicius Meressiev Melo de Oliveira E-mail: vinicius_oliveira_@hotmail.com

Relação de Amostra de Água

Local:	FAZENDA LAGOA SECA	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	MACAÍBA	**Resultado:**	63,30
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	LAMARÃO	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	MACAÍBA	**Resultado:**	51,38
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	PASSAGEM DO VIGÁRIO	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	MACAÍBA	**Resultado:**	45,85
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Ruim
Local:	MOITA VERDE	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	30,82
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Ruim
Local:	INPASA	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	40,77
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Ruim
Local:	PONTE VELHA	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	57,58
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	FAZENDA OLAVO MONTENEGRO	**Data:**	03/09/2016
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	55,48
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	EMPARN	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	60,93
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular

IQADATA Versão 2010 **UNISC / PPGSPI** 1/1

APÊNDICE D – Valores de IQA por ponto de coleta no período chuvoso do ano de 2001

IQAData .::. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Avaliação da Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN

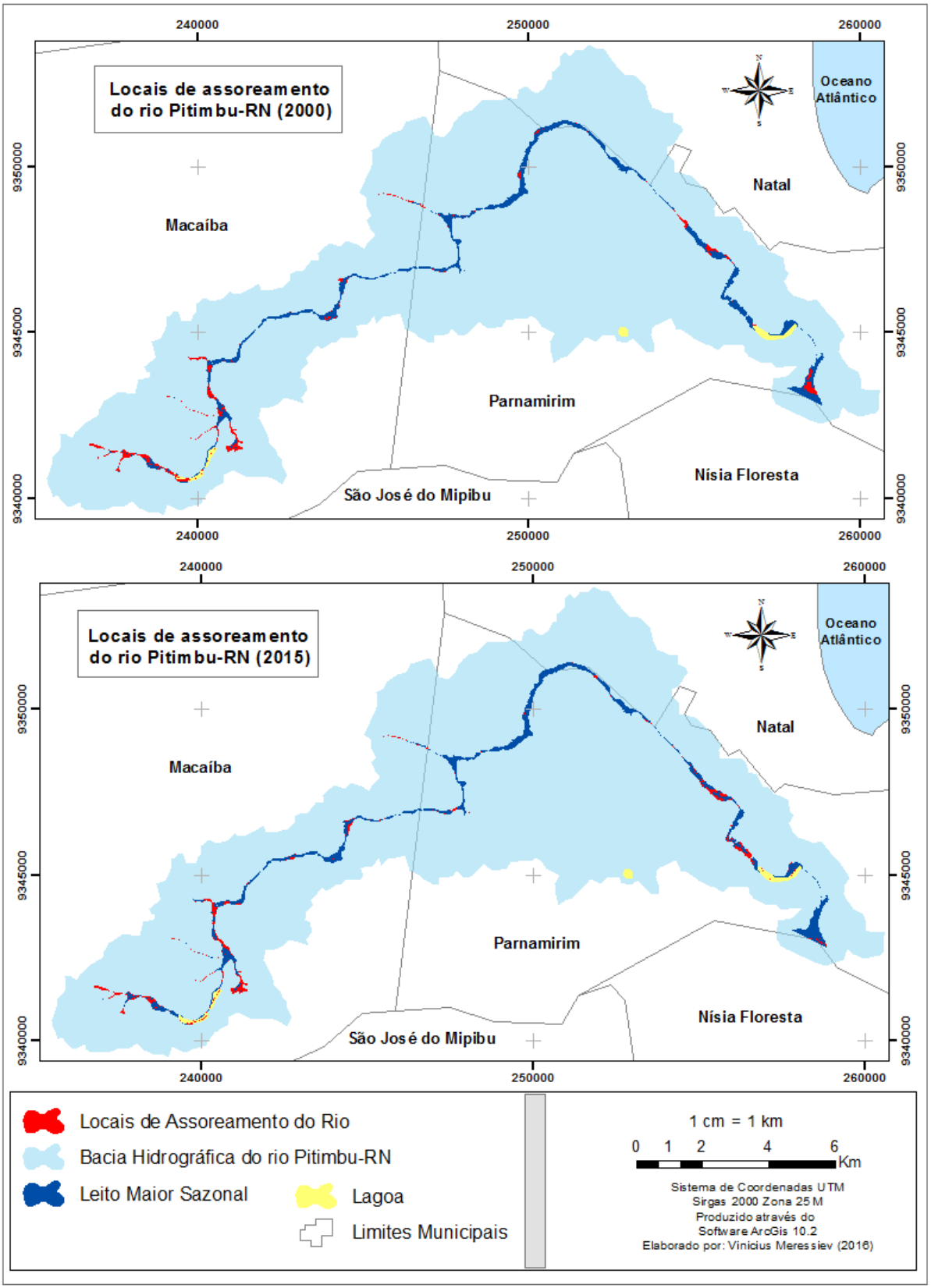
Endereco: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692
Bairro: Tirol
Cidade: Natal-RN CEP: 59015-300
Site: http://migre.me/uTBs4 Fone: (84) 9 - 8872-1670
Departamento: DIAREN
Contato: Vinicius Meressiev Melo de Oliveira E-mail: vinicius_oliveira_@hotmail.com

Relação de Amostra de Água

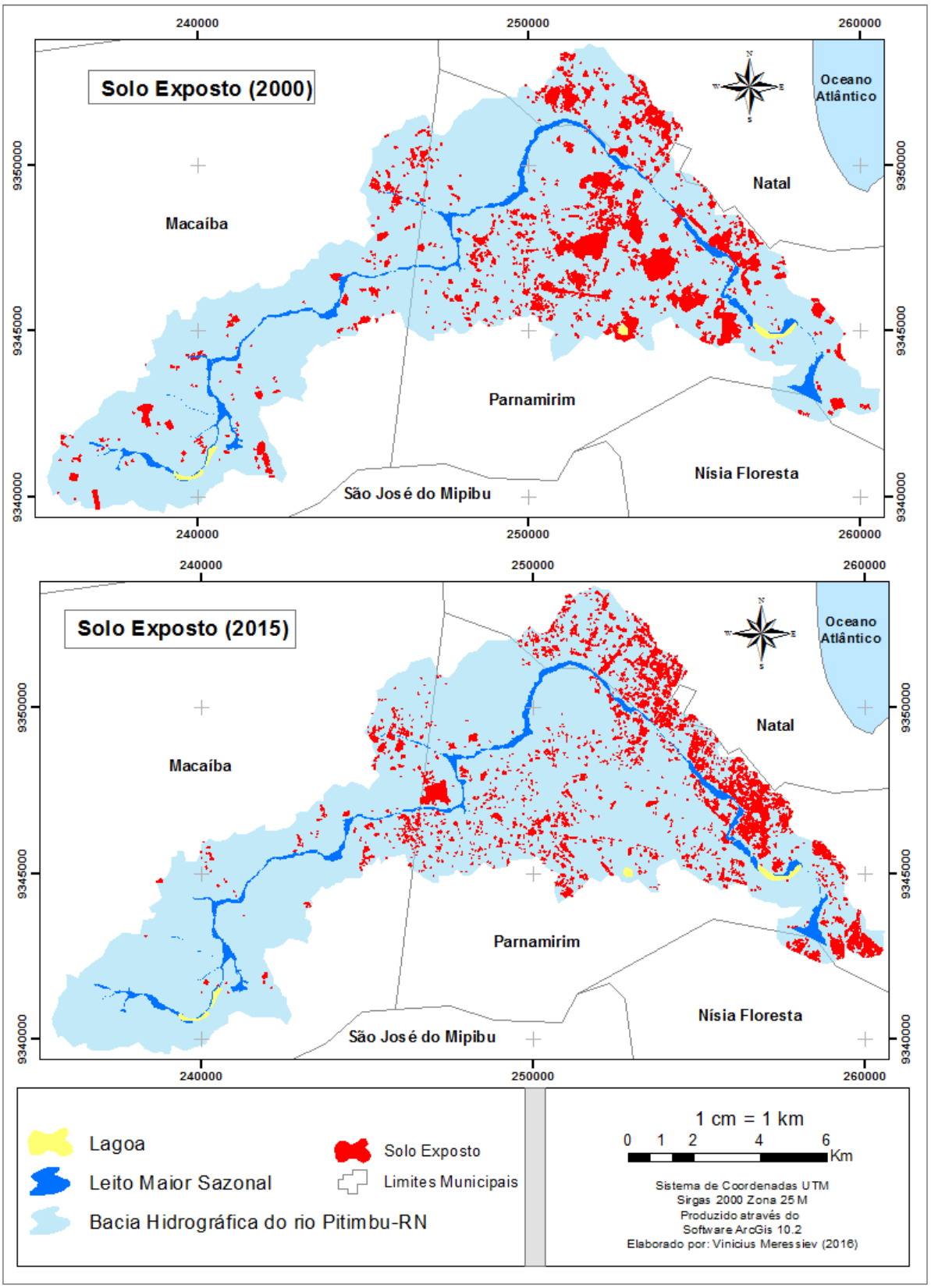
Local:	FAZENDA LAGOA SECA	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	MACAÍBA	**Resultado:**	55,29
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	LAMARÃO	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	MACAÍBA	**Resultado:**	57,91
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	PASSAGEM DO VIGÁRIO	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	MACAÍBA	**Resultado:**	62,16
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	MOITA VERDE	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	55,28
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	INPASA	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	46,07
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Ruim
Local:	PONTE VELHA	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	56,30
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	FAZENDA OLAVO MONTENEGRO	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	62,84
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular
Local:	EMPARN	**Data:**	09/01/2001
Corpo Hídrico:	Rio Pitimbu-RN	**Hora:**	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu-RN	**IQA:**	IQA
Cidade:	PARNAMIRIM	**Resultado:**	62,43
Altitude (m):	0	**Classificação:**	Regular

IQADATA Versão 2010 **UNISC / PPGSPI** 1/1

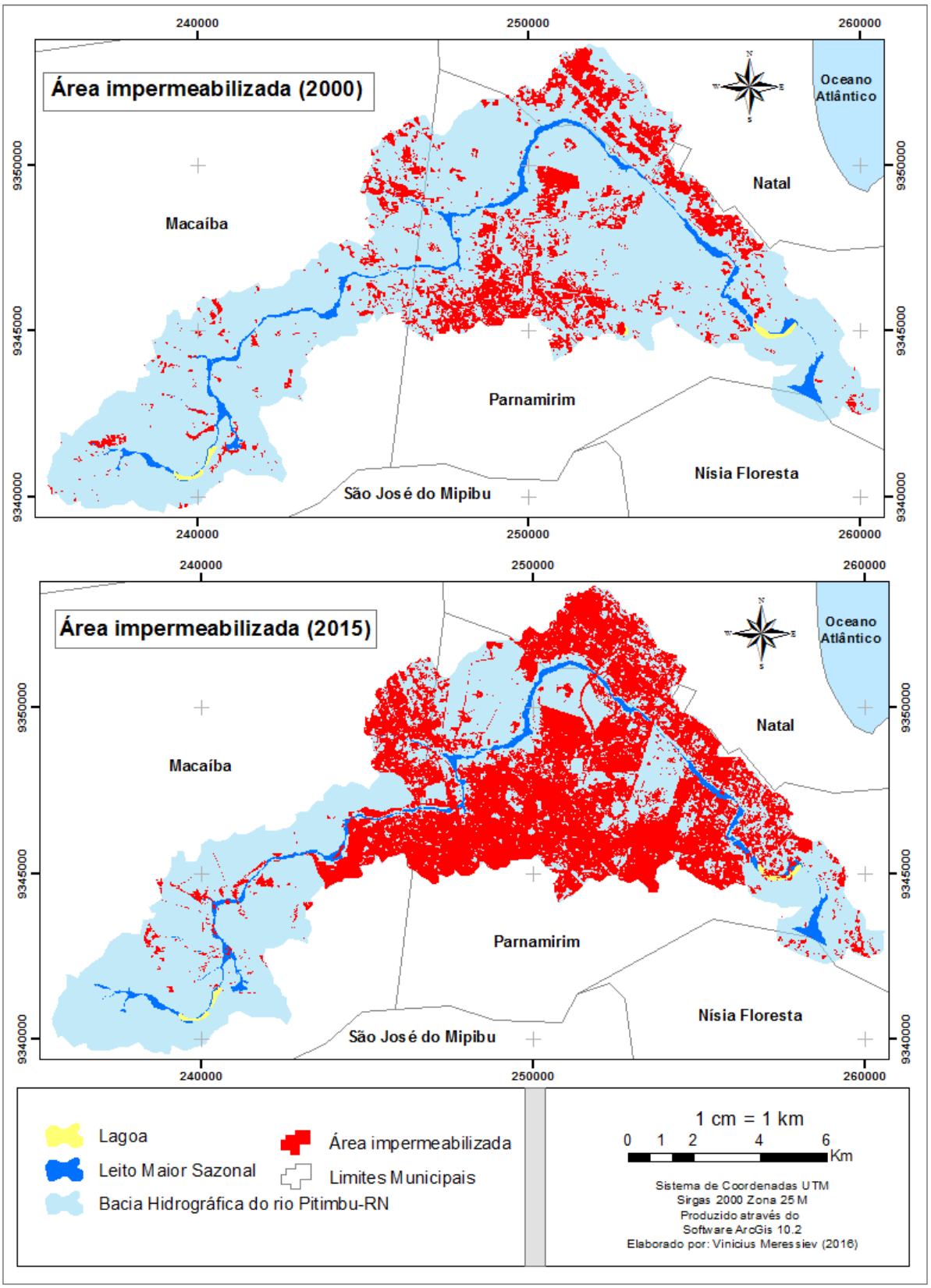
APÊNDICE E – Mapa de distribuição dos locais de assoreamento do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



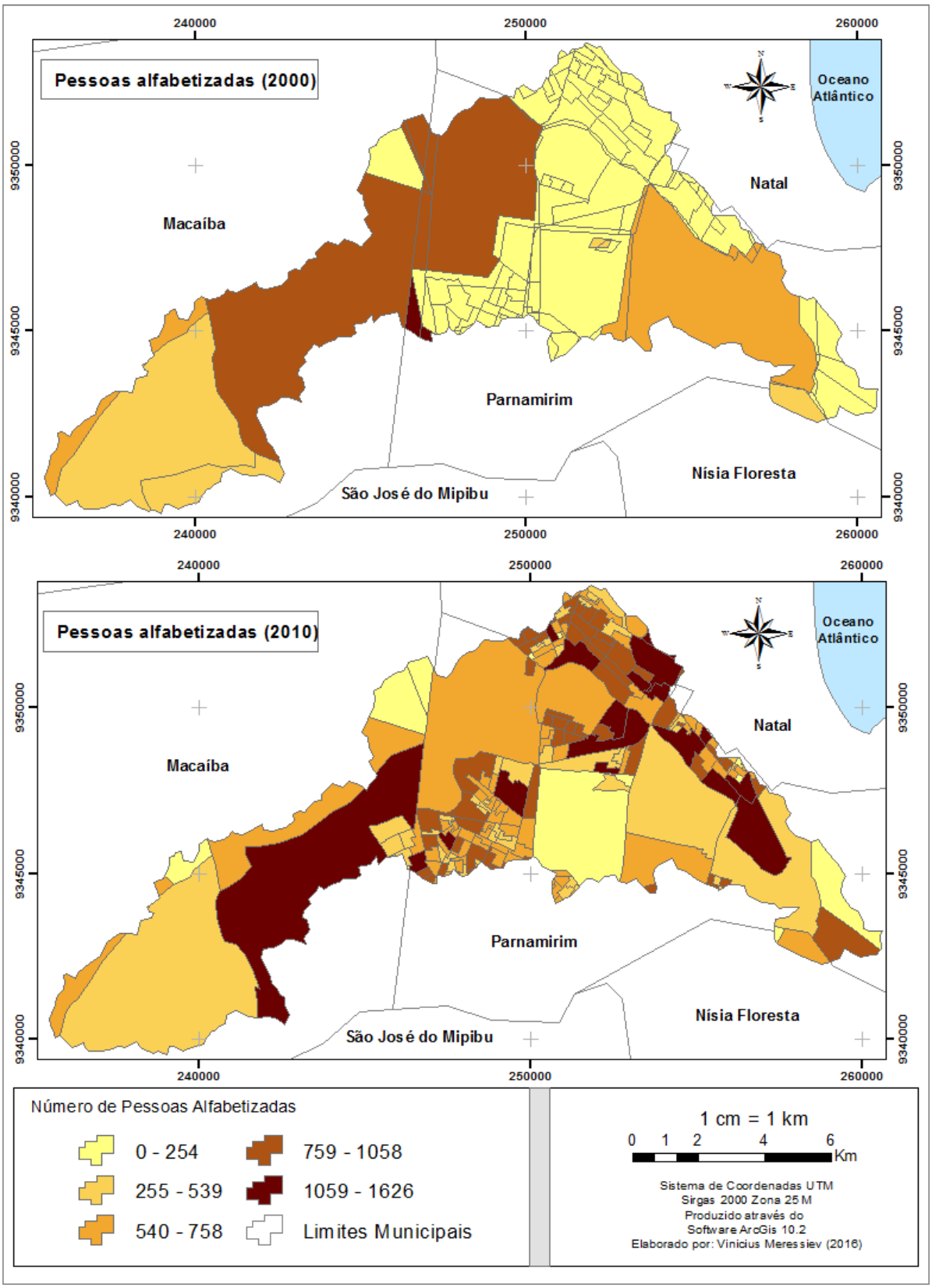
APÊNDICE F – Mapa de distribuição dos locais de solo exposto na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



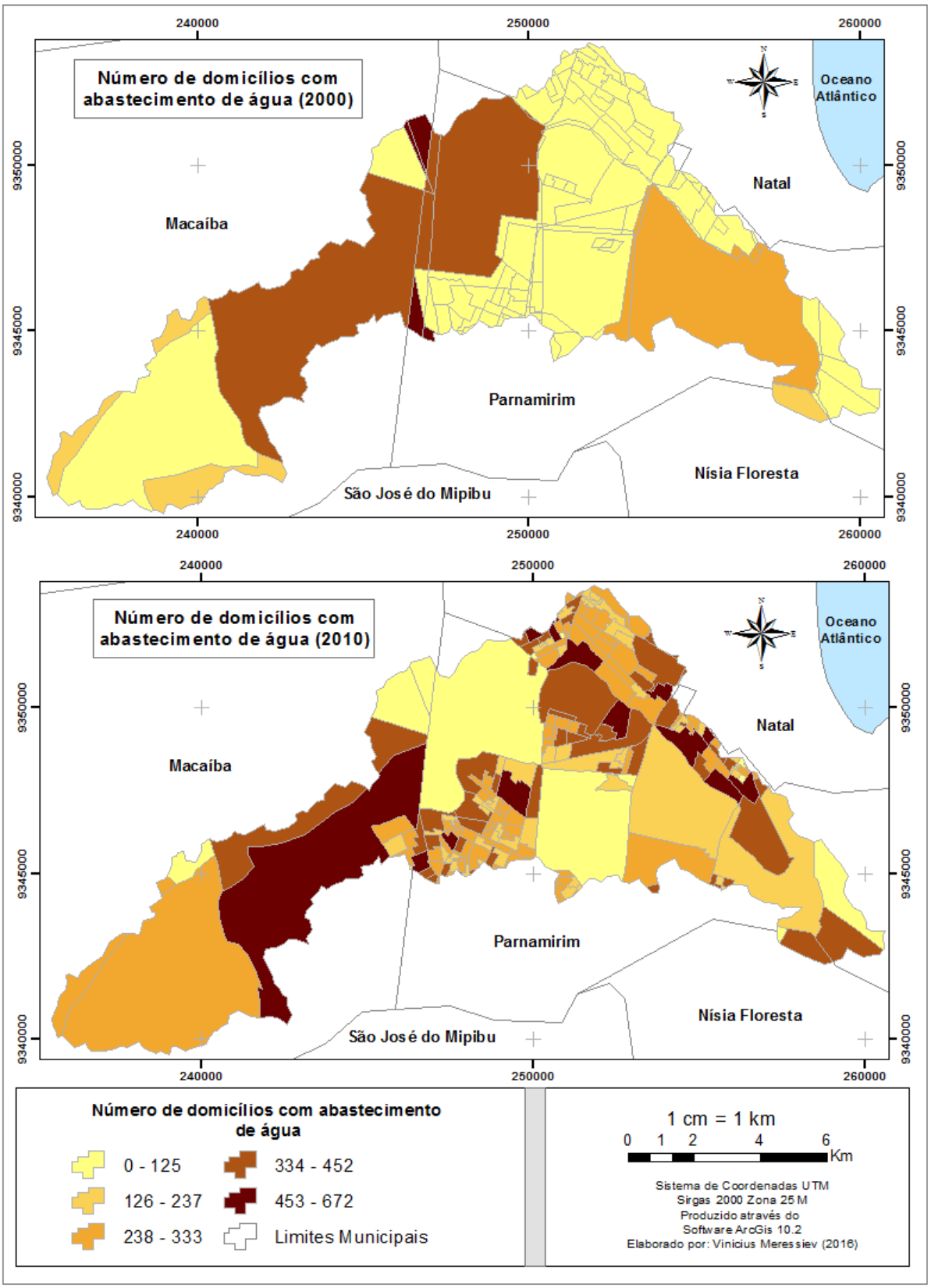
APÊNDICE G – Mapa de distribuição dos locais de impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



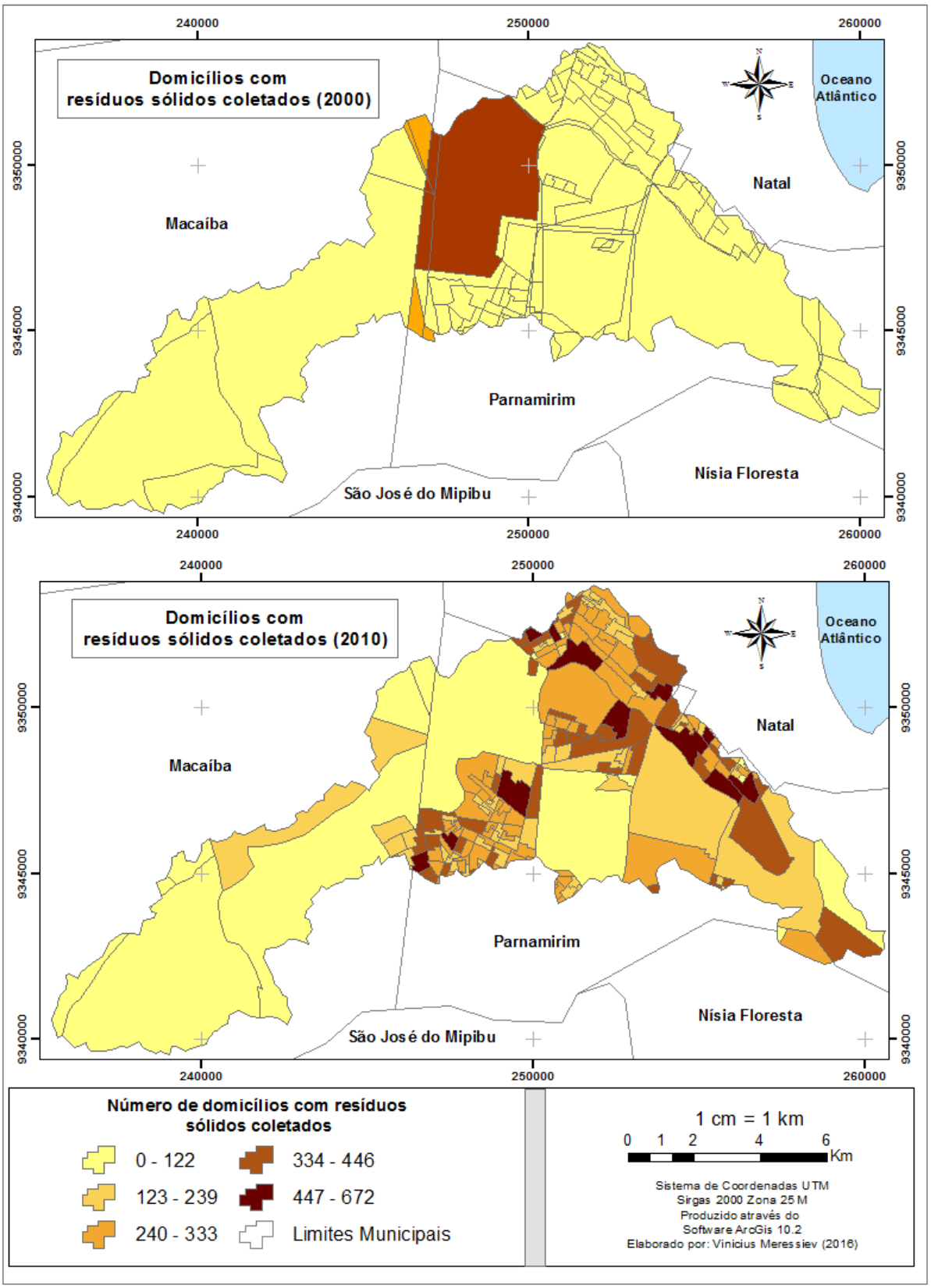
APÊNDICE H – Mapa de distribuição de número de pessoas alfabetizadas na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



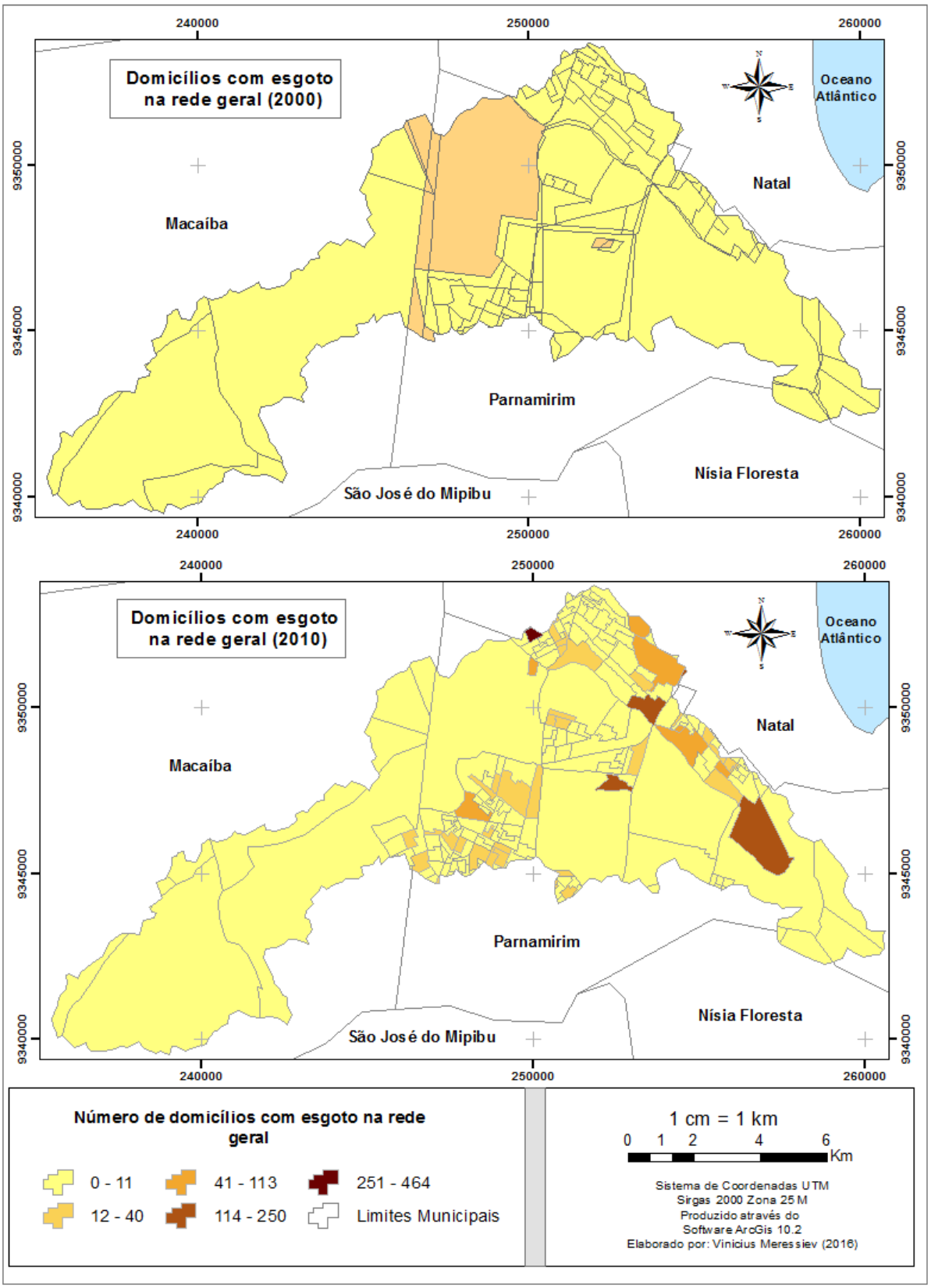
APÊNDICE I – Mapa de distribuição de número de domicílios com abastecimento de água na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



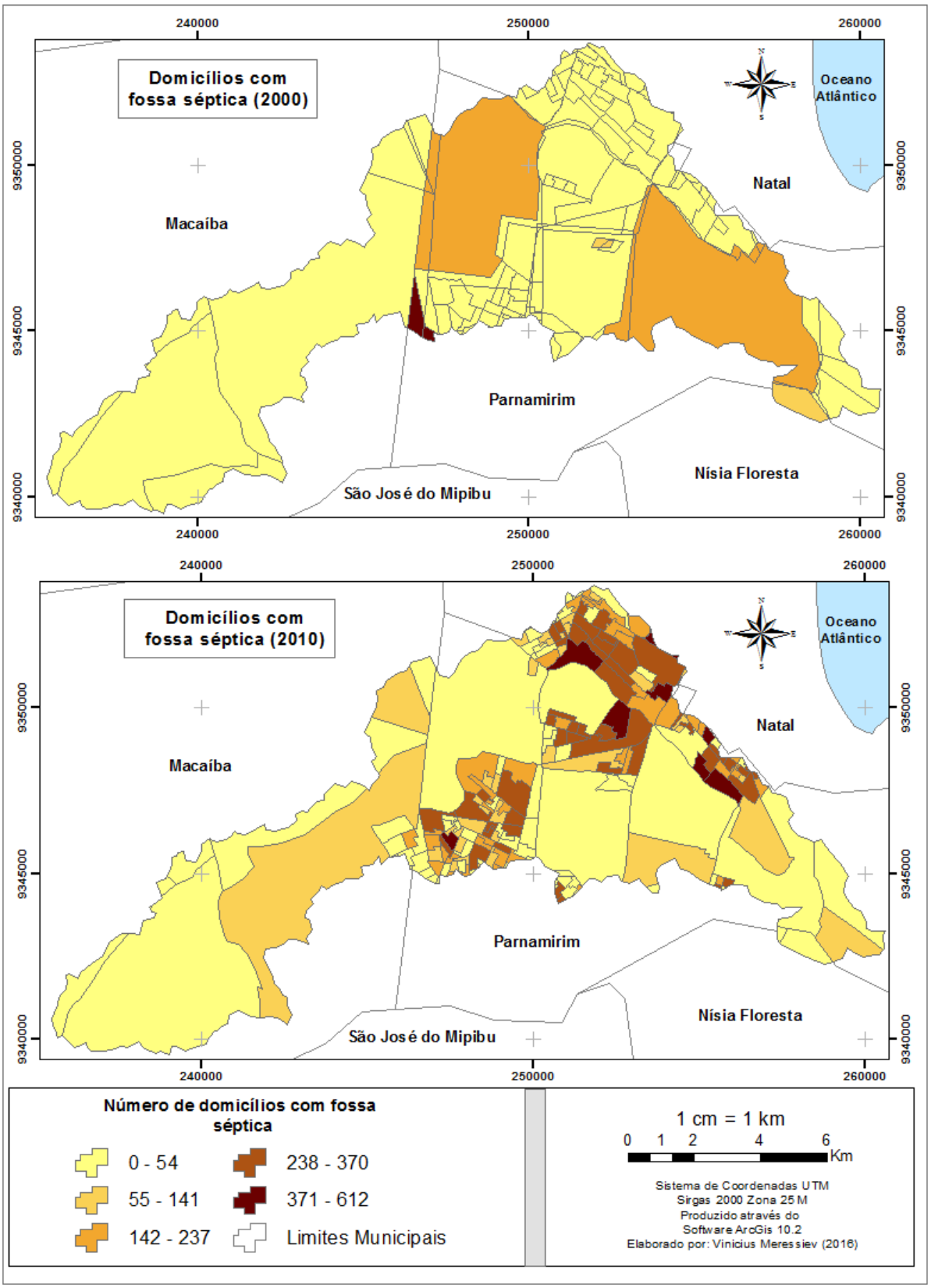
APÊNDICE J – Mapa de distribuição de número de domicílios com resíduos sólidos coletados na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



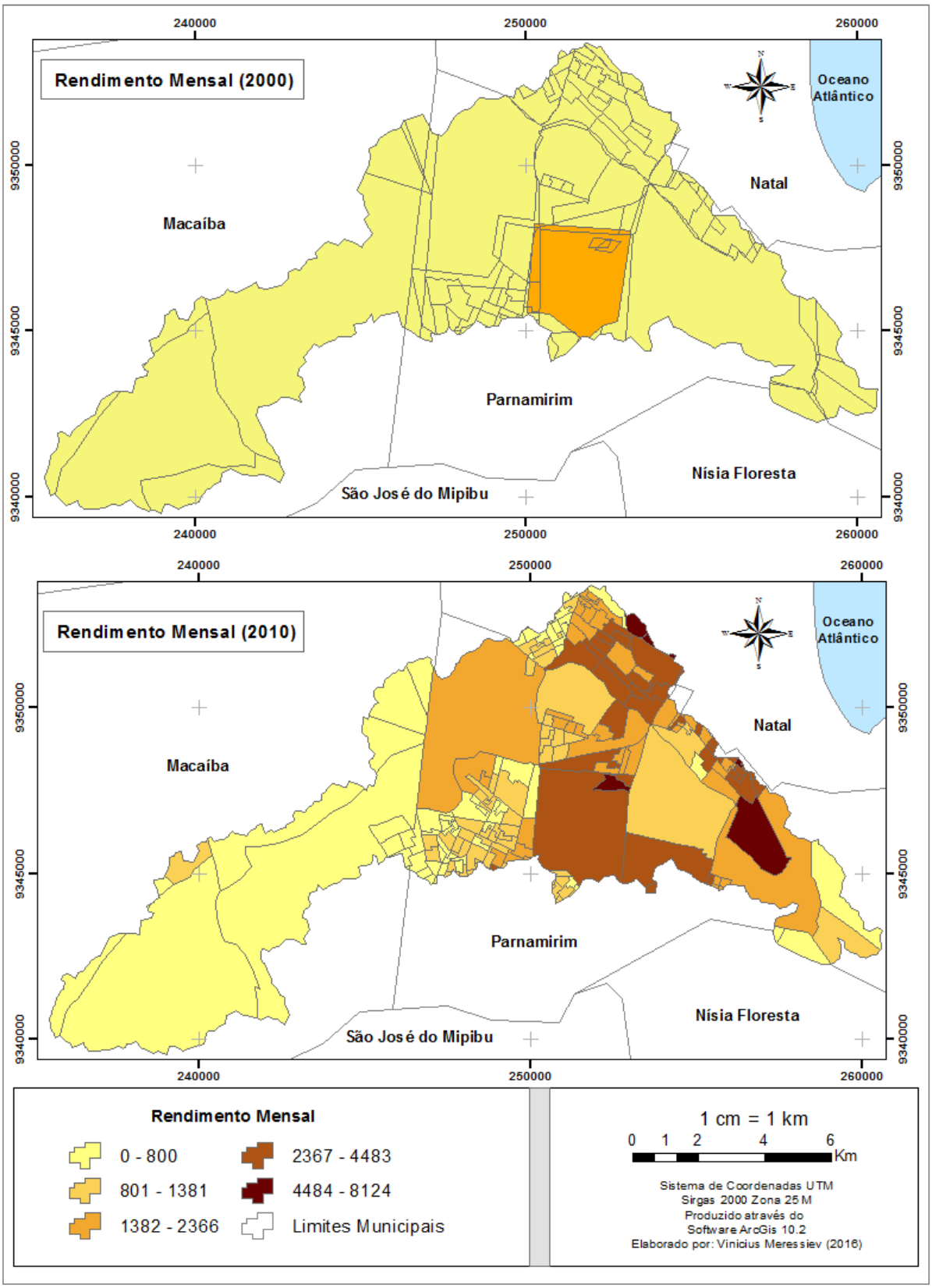
APÊNDICE L – Mapa de distribuição de número de domicílios com rede geral de esgoto na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



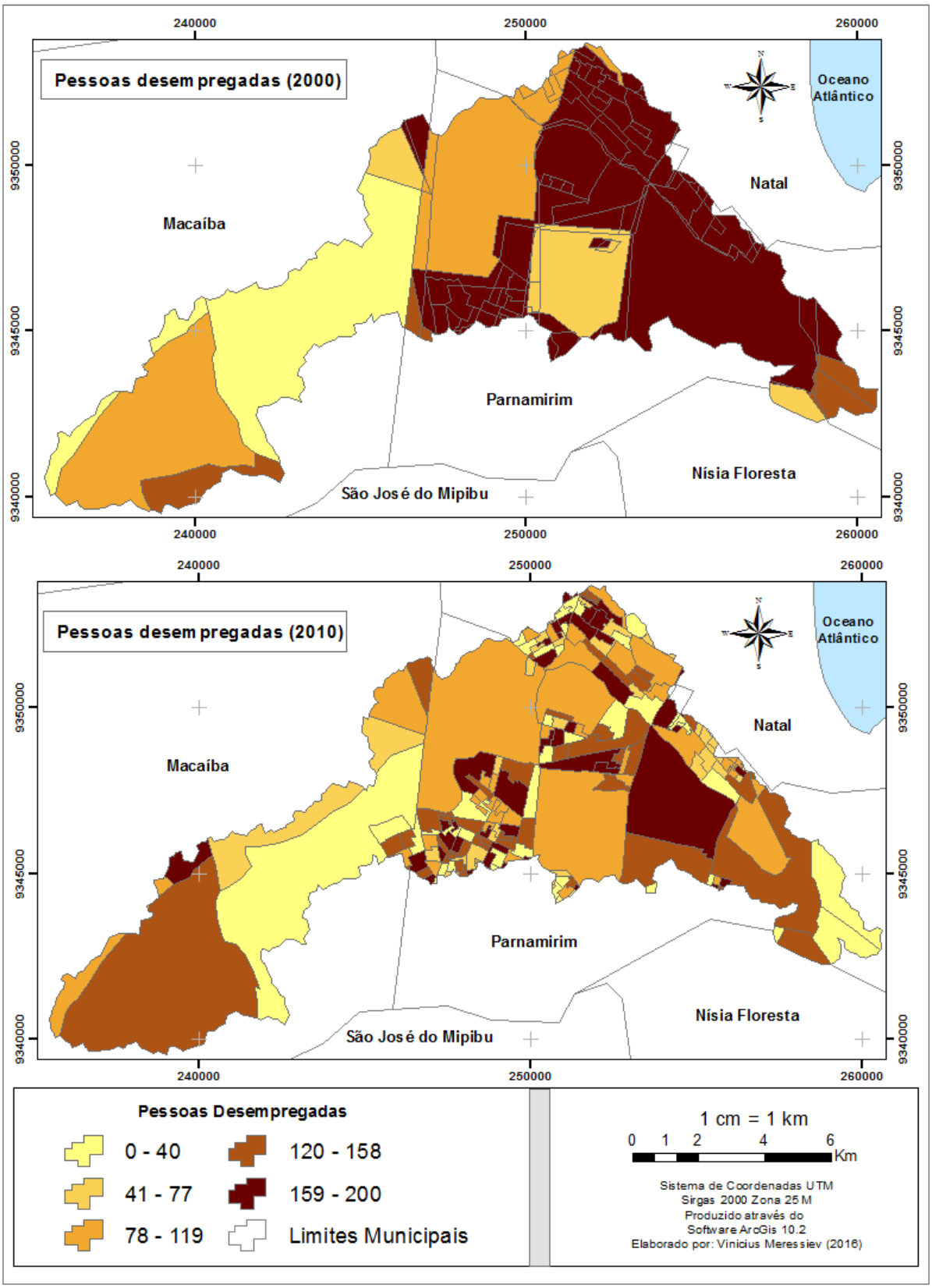
APÊNDICE M – Mapa de distribuição de número de domicílios com fossa séptica na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



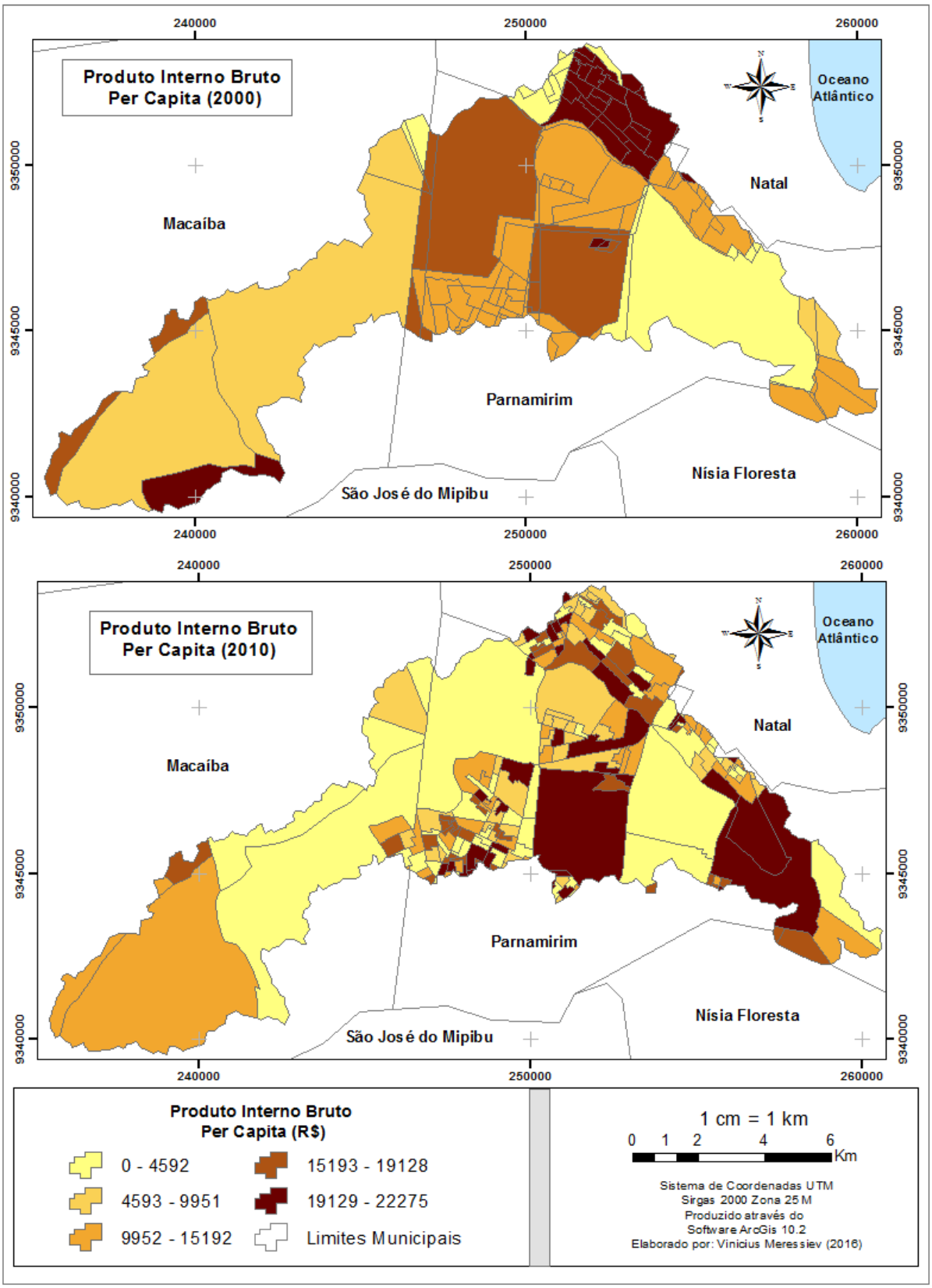
APÊNDICE N – Mapa de distribuição do rendimento mensal dos residentes na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



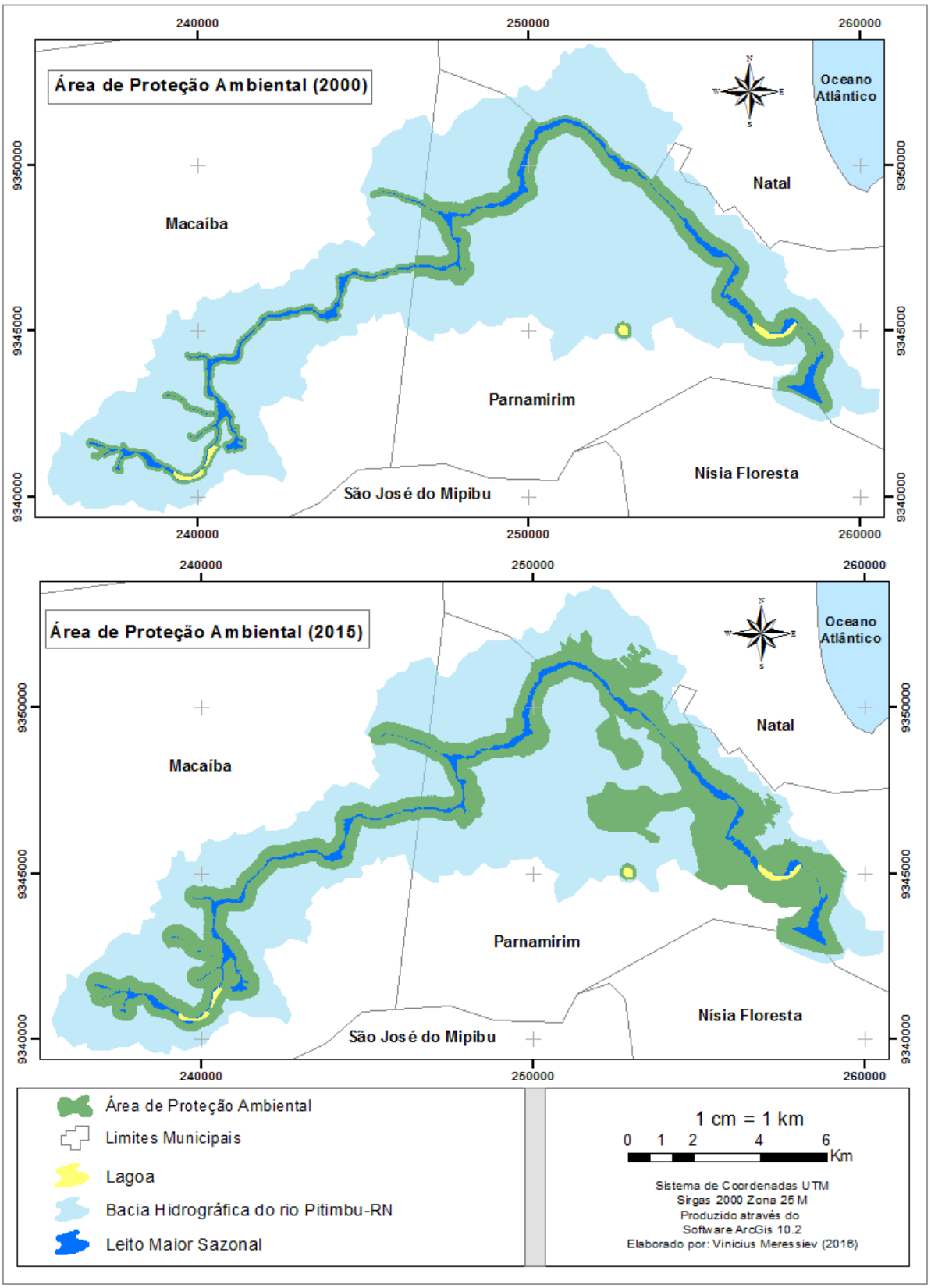
APÊNDICE O – Mapa de distribuição das pessoas desempregadas na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



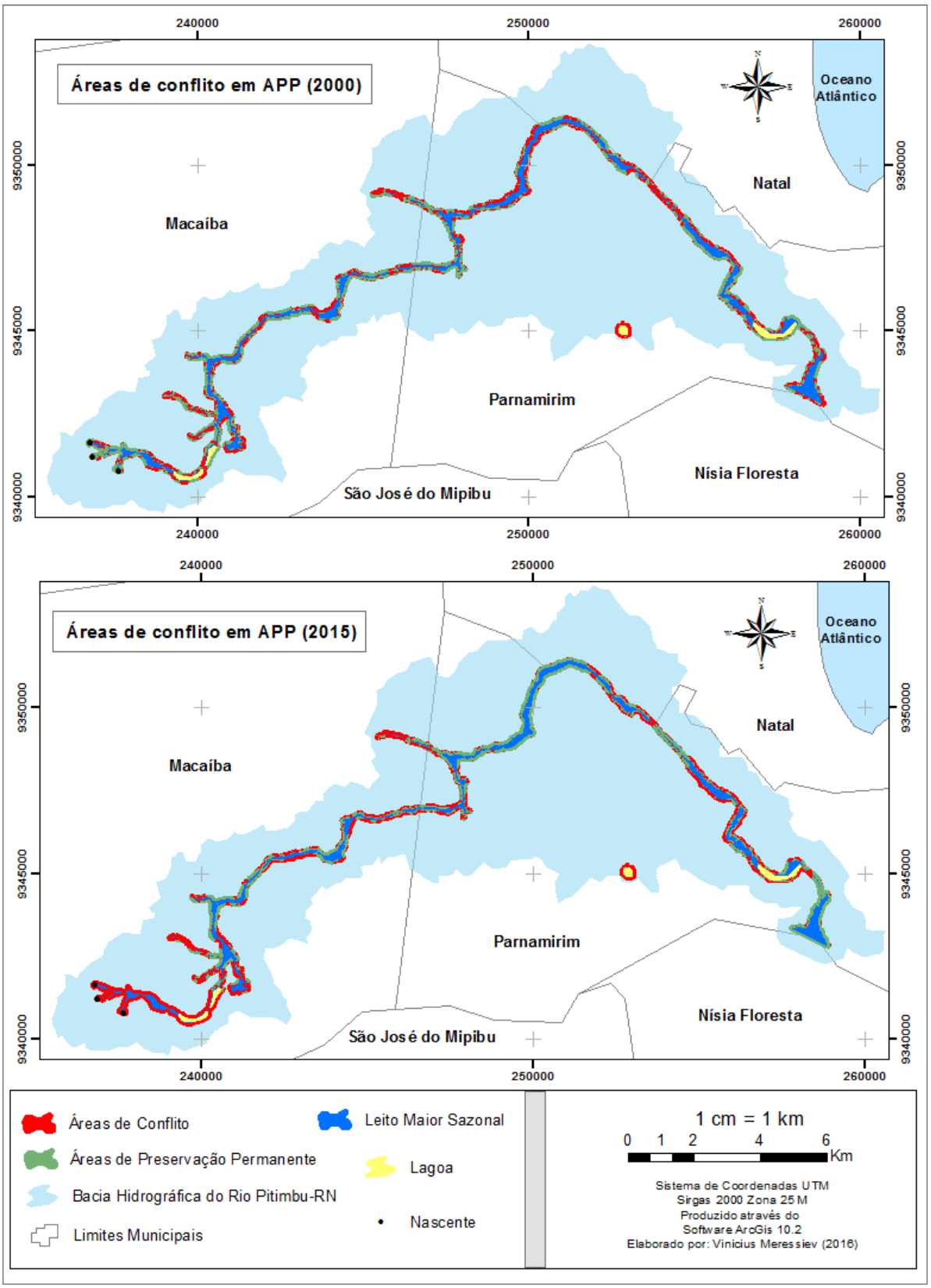
APÊNDICE P – Mapa de distribuição do produto interno bruto *per capita* na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2010



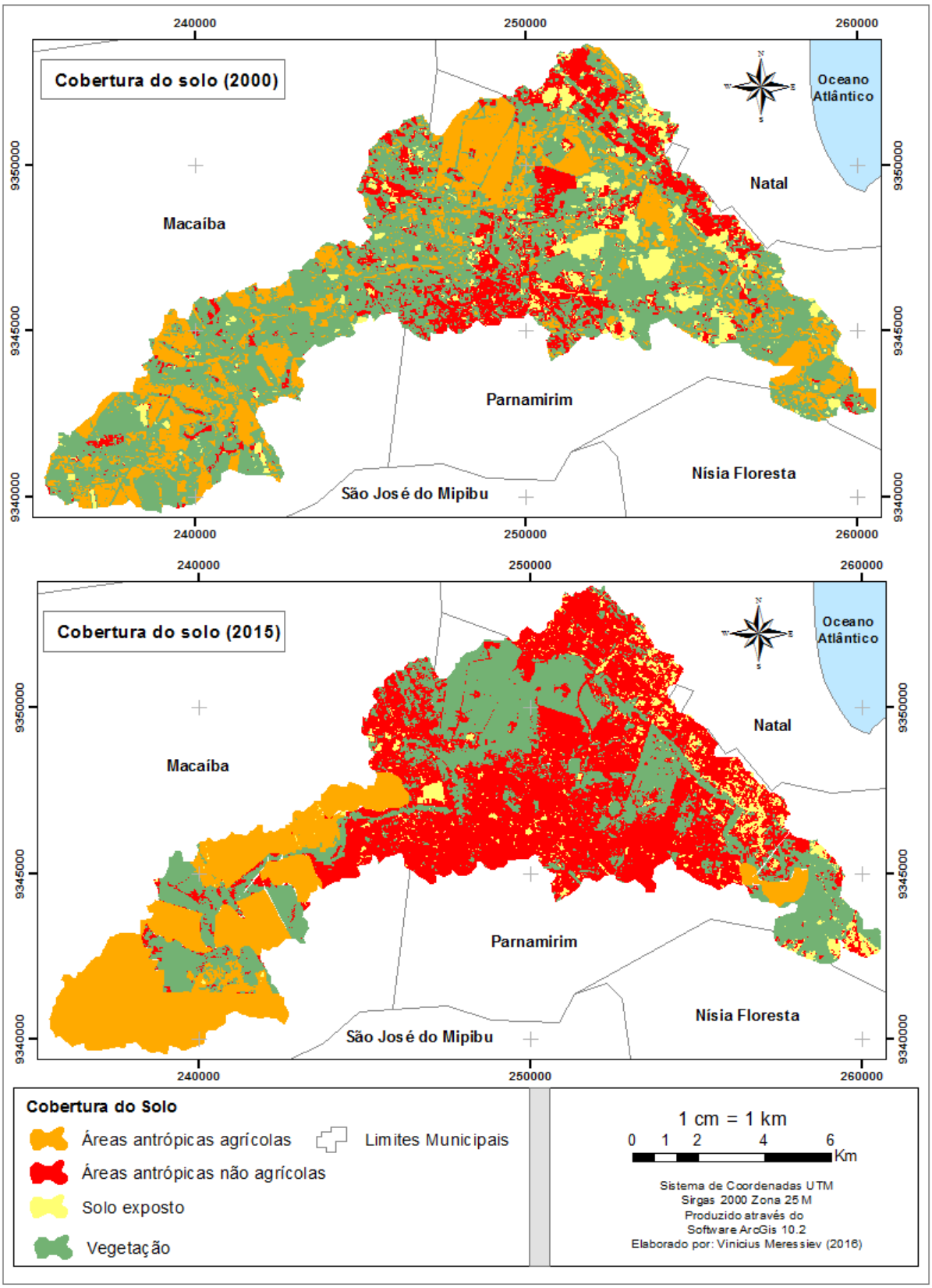
APÊNDICE Q – Mapa de distribuição das áreas de proteção ambiental na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



APÊNDICE R – Mapa de distribuição das áreas de conflito nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



APÊNDICE S – Mapa de distribuição da cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, 2000 e 2015



Anexo A - Regras de publicação do periódico da Revista Sustentabilidade em Debate

SUSTENTABILIDADE EM DEBATE

SUSTAINABILITY IN DEBATE

Diretrizes para Autores

A revista **Sustentabilidade em Debate (SeD)**, de caráter interdisciplinar, publica textos sobre a sustentabilidade em suas diversas dimensões, com o objetivo de criar um canal direto de pesquisa e debate sobre temas ligados ao desenvolvimento sustentável, à gestão ambiental, aos conflitos socioambientais, ao estado do meio ambiente, à governança ambiental, dentre outros, em suas várias escalas territoriais.

Para submissão de textos, que devem ser inéditos e que não tenham sido objeto de submissões simultâneas a outras revistas, solicitamos aos autores o atendimento às informações e normas descritas abaixo.

Tipos de textos que podem ser submetidos a SeD

1. Textos que passam por avaliação interna (aceitação pelos editores, para início do processo de revisão por pares) e externa (double blind peer review):
1.1) textos em forma de **artigos ou ensaios** sobre o tema sustentabilidade em suas diversas dimensões: ambiental, social, econômica, cultural, institucional e outras, quer sejam submetidos para dossiês, quer como textos da categoria varia). Para este tipo de texto, **SeD** requer titulação mínima de MESTRE para o primeiro autor;
1.2) **resultados de pesquisa**;

Nota: a respeito do ineditismo, **SeD** aceitará examinar trabalhos que tenham sido publicados em anais de eventos, desde que tal informação que conste em nota associada diretamente ao título.

2. Textos que passam apenas pela avaliação da equipe editorial de **SeD**:
2.1) revisões críticas (resenhas, ensaios bibliográficos) de literatura relativa ao tema do periódico. No caso de resenhas, ver orientações específicas abaixo;
2.2) entrevistas. Recomenda-se, nesse caso, consultar os editores de **SeD** antes da realização da entrevista;
2.3) debate. Recomenda-se, nesse caso, consultar os editores de **SeD** antes da organização do debate;
2.4) galeria de imagens. Recomenda-se, nesse caso, consultar os editores de **SeD** antes da preparação da galeria;
2.5) títulos de teses e dissertações. Ver orientações específicas aqui.

Decisões da Comissão Editorial:

a) os trabalhos submetidos serão apreciados pelos editores executivos de **SeD**; se tiverem potencial de publicação e fizerem parte do primeiro grupo de textos (artigos, ensaios e resultados de pesquisa), serão então encaminhados para pareceristas indicados pela Comissão Editorial, que emitirão pareceres por meio do sistema de avaliação duplamente cega por pares (double blind peer review);

b) os autores serão notificados pelos editores de **SeD** sobre a aceitação ou recusa dos seus textos, com base nos pareceres recebidos;

c) eventuais sugestões de modificações de estrutura e/ou de conteúdo que se façam necessárias serão notificadas ao(s) autor(es), que se encarregará(ão) de fazê-las e de reenviar os textos, no prazo máximo de 30 dias, após o qual o trabalho será arquivado, devendo passar por novo processo de submissão, em caso de interesse do(s) autor(es);

d) não serão permitidos acréscimos ou modificações nos textos aceitos depois que o(s) autor(es) tiver(em) sido(s) informado(s) sobre a aceitação do trabalho.

Normas de Publicação

Todos os textos submetidos à **SeD** devem ser apresentados em formato eletrônico, digitados em processadores de texto, como Microsoft Word, ou compatível com ele. Os manuscritos devem obedecer às seguintes regras de formatação:

a) textos como artigos, ensaios e notas de pesquisa, sempre inéditos, devem conter de 30 mil a 50 mil caracteres (incluídos os espaços). Essa contagem inclui a listagem bibliográfica, notas, anexos etc. Os títulos terão no máximo 20 palavras.

b) os textos devem estar digitados em fonte Tahoma ou Arial, tamanho 12, com margens esquerda e superior de 3,0 cm e margens direita e inferior de 2,0 cm, e com espaçamento entre linhas de 1,5.

c) usar negritos para destacar palavras e trechos de textos; usar itálicos para palavras estrangeiras; usar sublinhados em endereços URL. Recomenda-se parcimônia no uso de negritos.

d) o texto deve ser submetido em cor preta e não deve conter subtítulos ou trechos em outras cores.

e) o uso de numeração dos subtítulos não deve conter mais de dois níveis (ex.: 3.1). A partir desse nível, o(s) autores(s) devem usar subtítulos, digitados em itálico.

f) as resenhas críticas e as entrevistas devem ter no máximo 1750 palavras, em fonte Tahoma ou Arial, tamanho 12, com margens esquerda e superior de 3,0 cm e margens direita inferior de 2,0 cm e com espaçamento entre linhas de 1,5;

g) a folha de rosto dos artigos e ensaios deve conter: i) título; ii) para cada autor, nome, vínculo(s) institucional(is) (nome da instituição por extenso), cidade, estado, país, e endereço eletrônico; deve ser digitada em fonte Tahoma ou Arial, tamanho 12. Se houver mais de um autor, o autor correspondente deve ser claramente identificado; ele será o responsável pela submissão e por todos os contatos posteriores com a editoria de **SeD** referentes ao texto submetido;

h) resumo e abstract dos artigos e ensaios devem ser digitados em fonte Tahoma ou Arial, tamanho 12, justificados e centralizados, com espaçamento simples entre as linhas, contendo de 100 a 150 palavras cada um. Eles devem ser colocados numa página à parte, inserida depois da folha de rosto. Quando resumos e abstracts forem traduzidos por softwares do tipo Google Translator, os textos submetidos serão imediatamente devolvidos ao(s) autor(es);

i) artigos e ensaios devem ser acompanhados por três a seis palavras-chaves, escritas (em português e inglês) pelo(s) autor(es), digitados em Tahoma ou Arial, tamanho 12, dispostas logo abaixo do resumo e do abstract, respectivamente;

na primeira página do texto de artigos e ensaios, o título deve ser digitado em fonte Tahoma ou Arial, tamanho 16, e em negrito, centralizado, no alto da página, com espaçamento simples entre as linhas;

o texto de apresentação do(s) autor(es) de artigos e ensaios deve conter informações sucintas sobre a formação e a filiação institucional ou científica do(s) autor(es) e sobre as suas publicações mais importantes. O texto deve ser disposto no fim do manuscrito (após a bibliografia / lista de referências e as notas), digitado em fonte Tahoma ou Arial, tamanho 12. As informações sobre cada autor não devem ultrapassar cinco linhas. Evitar abreviaturas;

j) as ilustrações, tabelas, gráficos, figuras e similares devem ser enviados em arquivos individuais, separados do texto principal e dos demais componentes – em formatos como JPEG ou GIFF, com uma resolução mínima de 300 dpi. Os locais de inserção desses componentes devem estar assinalados no corpo do texto, onde devem constar também as respectivas legendas, autorias, títulos e fontes, digitadas em fonte Tahoma ou Arial, Tamanho 10 com espaçamento simples entre as linhas;

k) para as referências ou chamadas bibliográficas a serem colocadas no corpo do texto, **SeD** adota o sistema autor-data -página, também chamado de sistema parentético. A indicação da fonte é feita pelo último sobrenome do autor ou pelo nome por extenso da instituição responsável pela publicação, até o primeiro sinal de pontuação, seguido da data de publicação do documento (ano) e da(s) página(s) da citação (apenas nos casos de citações textual). Os três componentes devem ser separados uns dos outros por vírgulas e devem estar entre parênteses. Vide os exemplos abaixo:

• referência no texto, com citação direta:
Bobbio (1995, p. 30) nos lembra, ao comentar esta situação, que os "juristas medievais justificavam formalmente a validade do direito romano ponderando que este era o direito do Império Romano que tinha sido reconstituído por Carlos Magno com o nome de Sacro Império romano."

• referência na lista de referências:
BOBBIO, Norberto. O Positivo Jurídico: lições de filosofia do direito. São Paulo: Ícone, 1995.

• referência no texto, em paráfrase:
Merrian e Caffarella (1991) observam que a localização dos recursos tem um papel crucial no processo de aprendizagem autodirigida.

• Na lista de referências deve constar:

MERRIAN, S.; CAFFARELLA, R. Learning in adulthood: a comprehensive guide. San Francisco: Jossey-Bass, 1991.

• referência no texto, com citação direta:
"A comunidade tem que poder ser intercambiada em qualquer circunstância, sem quaisquer restrições estatais, pelas moedas dos outros Estados-membros" (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 1992, p. 34).

• Na lista de referências deve constar:
COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. União Europeia. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 1992.

l) Para compor a lista de referências bibliográficas, **SeD** adota o sistema alfabético, pela qual as referências são reunidas ao final do trabalho e dispostas em ordem alfabética dos últimos sobrenomes dos primeiros autores de cada referência. As chamadas no texto devem obedecer às formas adotadas e descritas no item j. A lista de referências não deve ser numerada e deve seguir os exemplos abaixo, conforme Norma 6023 da ABNT, com os títulos sempre destacados em itálico:

ARAUJO, U. A. M. Máscaras inteiriças Tukúna: possibilidades de estudo de artefatos de museu para o conhecimento do universo indígena. 1985. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais). Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, São Paulo, 1986.

GURGEL, C. Reforma do Estado e Segurança Pública. Política e Administração, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 15-21, set. 1997.

KELLY, R. Electronic publishing at APS: its not just online journalism. APS News Online, Los Angeles, Nov. 1996. Disponível em: .
Acesso em: 25 nov. 1998.

NAVES, P. Lagos andinos dão banho de beleza. Folha de S. Paulo, São Paulo, 28 jun. 1999. Folha Turismo, Caderno 8, p. 13.

ROMANO, Giovanni. Imagens da juventude na era moderna. In: LEVI, G.; SCHMIDT, J. (Org.). História dos jovens 2. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. p. 7-16.

SANTOS, F. R. dos. A colonização da terra dos Tucujús. In: _____. História do Amapá, 1o grau. 2. ed. Macapá: Valcan, 1994. cap. 3.

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L.; REZENDE, J. O. Influência da correção e do preparo do solo sobre algumas propriedades químicas do solo cultivado com bananeiras. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. Anais... Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1994. p. 3-4.

WEBER, Max. A ética protestante e o espírito do capitalismo. São Paulo: Pioneira, 1999.

m) notas ao texto devem ser evitadas ao máximo; quando forem usadas, devem ser exclusivamente explicativas e numeradas sequencialmente em algarismos romanos; devem ser dispostas ao final do texto (no formato de endnotes), depois das referências bibliográficas;

n) a revisão ortográfica e gramatical dos originais submetidos deve ser feita pelos autores antes da submissão. Os editores se reservam o direito de rejeição sumária dos textos que tenham sido submetidos sem verificação prévia da qualidade ortográfica e gramatical;

o) os textos, devidamente formatados e revistos, devem encaminhados em arquivo digital à editoria de **SeD, exclusivamente** por meio do site da revista.; não serão aceitas submissões enviadas como anexos de mensagens de e-mail ou por via postal;

p) Os editores de **SeD** se comprometem a informar os autores sobre a aceitação ou não de

seus trabalhos no prazo de 90 dias. Esse prazo, no entanto, pode ser ampliado quando ocorrerem atrasos alheios à vontade dos editores.

ISSN: 2179-9067

Disponível em:
<http://periodicos.unb.br/index.php/sust/about/submissions#authorGuidelines>.

Anexo B – Comprovante de submissão de artigo científico em atendimento ao Artigo 29º e Parágrafo 5º do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais

SUSTENTABILIDADE EM DEBATE

SUSTAINABILITY IN DEBATE

IDIOMA

Selecione o idioma Português (Brasil) Submeter

USUÁRIO Logado como:
MERESSIEV

Submissão

Autores	Vinicius Meressiev Melo de Oliveira, Leci Martins Menezes Reis
Título	CONFLITOS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU-RN: PROPOSTA DE UM INDICADOR INSTITUCIONAL SUSTENTÁVEL
Documento original	20259-64902-1-SM.DOCX 2016-09-15
Docs. sup.	20259-64904-1-SP.ZIP 2016-09-15 INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR
Submetido por	Sr. Vinicius Meressiev Melo de Oliveira
Data de submissão	setembro 15, 2016 - 08:01
Seção	Artigos
Editor	Nenhum(a) designado(a)

Situação

Situação	Aguardando designação
Iniciado	2016-09-15
Última alteração	2016-09-15

Anexo C – Ofício de solicitação de dados de IQA ao Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL CENTRAL
DIRETORIA ACADÊMICA DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM USO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS NATURAIS – MESTRADO PROFISSIONAL

OFÍCIO 011/2016 – PPgUSRN/CNAT/IFRN **Natal/RN, 31 de agosto de 2016**

Do: Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN)
Ao: Josivan Cardoso Moreno, Diretor Presidente do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN)

Assunto: solicitação de acesso aos dados de Índice de Qualidade de Água (IQA), do ano de 2015, da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.

Caro Sr. Josivan Cardoso Moreno,

Vimos pelo presente solicitar ao Instituto de Gestão das águas do Rio Grande do Norte (IGARN) o acesso aos dados de Índice de Qualidade de água (IQA), do ano de 2015, da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN. Os dados são para fins de dissertação sobre a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais do discente Vinicius Meressiev Melo de Oliveira.

Desde já agradecemos a compreensão e aguardamos retorno, nos contatos abaixo:

Telefone: 4005-9947 (Secretaria e Coordenação) ou 98872-1670 (telefone pessoal do discente)

E-mail: vinicius_oliveira_@hotmail.com.

Sem mais para o momento, subscrevemos.

Atenciosamente,

Valdenildo Pedro da Silva

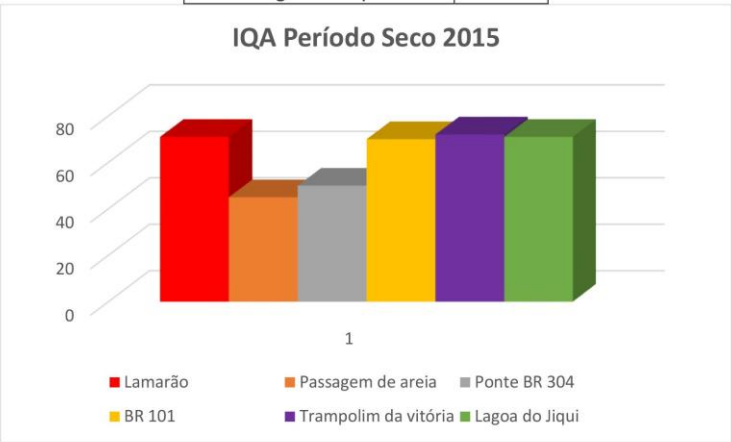
Valdenildo Pedro da Silva
Coord. do Mestrado Profissional em
Uso Sustentável de Recursos Naturais
Portaria: 078/2015-Reitoria/IFRN

RECEBIDO
Em, 01/09/16
Leandra

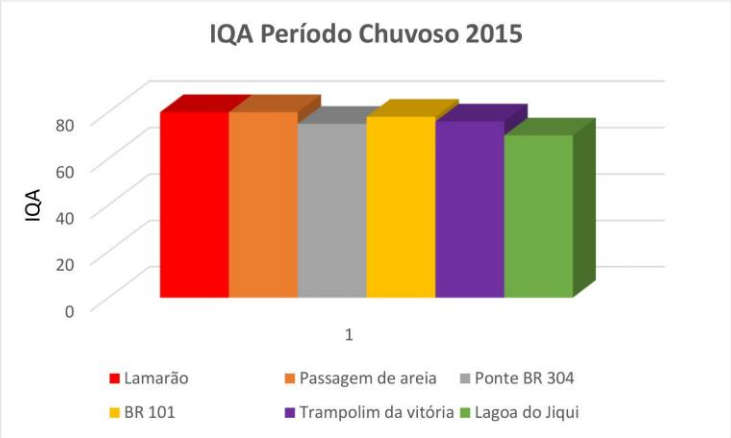
Anexo D – Valores de IQA no período seco do ano de 2015 fornecidos pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN)

Período Seco – Outubro/2015

Ponto	IQA
Lamarão	71
Passagem de areia	45
Ponte BR 304	50
BR 101	70
Trampolim da vitória	72
Lagoa do Jiqui	71



Anexo E – Valores de IQA no período chuvoso do ano de 2015 fornecidos pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN)

Período Chuvoso – Março/2015

Ponto	IQA
Lamarão	80
Passagem de areia	80
Ponte BR 304	75
BR 101	78
Trampolim da vitória	76
Lagoa do Jiqui	70