



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA
MESTRADO EM ECONOMIA**

THÁLIA GASPAR DE ARAÚJO

**(IN)SUSTENTABILIDADE DO USO DO SOLO NO ESTADO DO PIAUÍ: ÍNDICE DE
RISCO PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

**RIO GRANDE-RS
2021**

THÁLIA GASPAR DE ARAÚJO

(IN)SUSTENTABILIDADE DO USO DO SOLO NO ESTADO DO PIAUÍ: ÍNDICE DE RISCO PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Dissertação apresentada ao programa Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Rio Grande, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestra em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Cassius Rocha de Oliveira.

**RIO GRANDE-RS
2021**

Ficha Catalográfica

A663i Araújo, Thália Gaspar de.
(In)sustentabilidade do uso do solo no Estado do Piauí : índice de risco para unidades de conservação / Thália Gaspar de Araújo. – 2021.
53 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –FURG, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Rio Grande/RS, 2021.

Orientador: Dr. Cassius Rocha de Oliveira.

1. Índice de risco 2. Unidades de conservação 3. Georreferenciamento I. Oliveira, Cassius Rocha de II. Título.

CDU 631.4:33(812.2)

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Vanessa Ceigliniski Nunes CRB 10/2174

FOLHA DE APROVAÇÃO

THÁLIA GASPAR DE ARAÚJO

(IN)SUSTENTABILIDADE DO USO DO SOLO NO ESTADO DO PIAUÍ: ÍNDICE DE RISCO PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Aprovado em _____

BANCA AVALIADORA:

Prof. Dr. Cassius Rocha de Oliveira. (Orientador)
Universidade Federal de Rio Grande – ICEAC/ PPGE

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira. (Membro)
Universidade Federal de Rio Grande – ICHI/ PPGGeo

Prof^a. Dr^a. Romina Julieta Sanchez Paradizo de Oliveira. (Membro Externo)
Universidade Federal do Piauí– DECON

Dedico este trabalho ao Piauí.

AGRADECIMENTOS

Meus maiores agradecimentos são sempre destinados a Deus por me iluminar, não apenas nessa jornada, mas em toda a vida!

Aos meus pais, Xico Wilson e Solange, por sempre acreditarem em mim, mesmo quando minhas escolhas fugiam do convencional.

Aos meus avós, em especial minha vizinha Nazaré, por sempre está presente, me dando força com toda sua doçura.

Aos meus sobrinhos Raul, Tomás, Lucas, Pedro e Nina Maria por serem a maior luz e a maior fonte de inspiração em minha vida, por eles e para eles a eterna busca de ser uma pessoa melhor.

Aos meus irmãos, Wilson, Thaís, Thaline, Eurico, Yuri e Jussara pelo companheirismo e incentivos ao longo de toda a vida. Com vocês essa jornada se tornou mais leve!

À Zinha, por todos esses anos de dedicação e afeto.

Ao meu professor orientador Dr. Cassius Rocha de Oliveira, por acreditar e colocar seu nome nesse projeto.

Aos meus amigos que tive a satisfação de fazer dentro da academia. Em especial, aos companheiros, Ivan e João Paulo, por terem sido família tão longe de casa.

À minha família rio grandina, Ana Paula, Isaque, Nicole, Rafa e Francélia. Por terem sido meu apoio em meio ao caos.

À Thayna Oliveira, pela dedicação e paciência fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que mesmo não tendo o nome citado aqui, acreditaram em mim e estiveram me apoiando e fazendo parte da minha vida.

RESUMO

O uso e mudança de uso do solo, impactos ambientais, economia e preservação são fatores e variáveis complexas, principalmente quando trabalhadas em conjunto. Este trabalho se propôs a organizar esses fenômenos complexos e sintetizá-los em forma de indicador. A criação de um índice de risco para as Unidades de Conservação (UC) do estado do Piauí foi a maior inovação desta pesquisa. Para além de quantificar e mensurar o risco que essas UC's correm com perda e/ou degradação de seu território, foi possível, ainda, elaborar um estudo geoespacial/georreferencial do estado do Piauí. A partir de mapas elaborados com dados existentes, foi possível georreferenciar variáveis como produção (em toneladas) de soja, milho e arroz; a elevação do estado; as Unidades de Conservação; e o preço da terra no estado do Piauí. Portanto, o trabalho foi exitoso, além de todo trabalho georreferencial, encontrou índices de risco diferentes e confiáveis para cada UC, que, se bem utilizado, pode servir de auxílio à tomadores de decisão e à população em geral.

Palavras- chave: Índice de Risco; Unidades de Conservação; Georreferenciamento.

ABSTRACT

The use and change of land use, environmental impacts, economy and preservation are complex variables and factors, especially when worked together. This study aims to organize these complex phenomena and synthesize them as an indicator. The creation of a risk index for Conservation Units (CU) in the state of Piauí was the biggest innovation in this research. In addition to quantifying and measuring the risk that these CU's face with the loss and / or degradation of their territory, it was also possible to prepare a geospatial / georeferential study of the state of Piauí. From maps prepared with existing data, it was viable to geo-reference variables such as production (in tons) of soy, corn and rice; the elevation of the state; Conservation Units; as well as the price of land in the state of Piauí. Therefore, the research was successful, additionally to all geo-referential work, different and reliable risk indexes for each CU were found, which, if well used, can help decision makers and the population in general.

Keywords: Risk Index; Conservation Units; Georeferencing.

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: Mapa do Piauí com as macrorregiões ambientais -----	20
FIGURA 2: Modelo digital de elevação do Piauí -----	23
FIGURA 3: Modelo dos Tipos de Solo e do Potencial do Solo do Piauí -----	24
FIGURA 4: Produção de arroz nos anos 1990 e 2000 -----	25
FIGURA 5: Produção de arroz nos anos 2010 e 2016 -----	26
FIGURA 6: Produção de milho nos anos 1990 e 2000 -----	27
FIGURA 7: Produção de milho nos anos 2010 e 2016 -----	27
FIGURA 8: Produção de soja nos anos 1990 e 2000 -----	28
FIGURA 9: Produção de soja nos anos 2010 e 2016 -----	29
FIGURA 10: Mercados Regionais de Terra (MRT) do Piauí -----	30
FIGURA 11: Valor da Terra Nua/ha (R\$) -----	31
FIGURA 12: Valor da terra nua/ha (R\$) e Produção de Soja (t) no ano 2016 -----	32

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Exemplificação de aplicação de IR -----	44
TABELA 2: Numeração das UC's -----	46
TABELA 3: Composição do Índice de Risco das UC's -----	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Uso do solo	13
2.2 Precificação da terra	15
2.3 Unidades de conservação	16
2.4 O que é um indicador?	19
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
3.1 O estado do Piauí dentro e fora dos mapas	20
3.2 Uso do Solo no estado do Piauí: aspectos econômicos e ambientais georreferenciados	24
3.3. Caracterização das Unidades de Conservação Indicadas	32
3.3.1 Parque nacional de Sete Cidades	32
3.3.2 Parque nacional Serra da Capivara	33
3.3.3 Parque nacional Serra das confusões	35
3.3.4 Parque nacional nascentes do rio Parnaíba	35
3.3.5 Estação Ecológica Uruçuí- UNA	36
3.3.6 Estação Ecológica Chapada da Serra Branca	36
3.3.7 Área de preservação ambiental Delta do Parnaíba	37
3.3.8 Área de preservação ambiental Reserva Marinha do Delta	37
3.3.9 Área de preservação ambiental Serra da Ibiapaba	38
3.3.10 Área de preservação ambiental Serra das Mangabeiras	39
3.3.11 Área de preservação ambiental Lagoa de Nazaré	39
3.3.12 Floresta Nacional de Palmares	39
3.3.13 Área de preservação Permanente Serra de Cumbre/ Chapada	40
3.3.14 Área de preservação permanente Serra Vermelha Angical	40
3.3.15 Área de preservação Permanente Barão das Andorinhas	40
3.3.16 Parque ambiental Encontro dos Rios	40
3.3.17 Parque ecológico Cachoeira do Urubu	41
3.3.18 Parque municipal Floresta fóssil	41
3.3.19 Parque Jardim botânico de Teresina	41
4. METODOLOGIA	42
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	44

6. CONCLUSÃO	-----	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	-----	50

1 INTRODUÇÃO

Estudos do Regional Research Institute West Virginia University feitos pela autora Briassoulis no ano de 2019, mostraram os impactos do uso e das mudanças no uso da terra. Esse estudo, evidenciou que nos últimos 300 anos essas mudanças assumiram proporções cada vez mais significativas e ameaçadoras, e aponta, ainda, que a ação humana é a maior responsável pela gravidade da situação, e exemplifica com problemas ambientais como desertificação, acidificação, alteração climática, aumento do nível do mar, efeito estufa, perda da biodiversidade, dentre outros.

Esse estudo, mostrou ainda que os impactos desses problemas ambientais são graves tanto no curto, quanto no longo prazo. Como problemas de curto prazo são indicados a segurança alimentar, a vulnerabilidade humana, a saúde e a segurança. E, no longo prazo, a viabilidade da Terra está ameaçada.

Análises explicativas, de longo e curto prazo foram feitas pela Briassoulis (2019), que empregam esquemas teóricos mais ou menos específicos que conseguem explicar os principais determinantes do uso e da mudança do uso da terra e suas inter-relações. O longo prazo revela macro-forças que induzem mudanças no uso da terra, como mudanças sociais, culturais e tecnológicas. E o curto prazo busca fatores mais imediatos que afetam o comportamento humano que leva a essa mudança no uso da terra.

A partir dessa temática tão instigante e relevante, este trabalho expôs o uso da terra no estado brasileiro Piauí. O “conflito” entre uso para agricultura, ocupação humana e preservação merece cuidado na análise. Qual seria a melhor equação para o “embate” entre alimentar as pessoas *versus* a perda da biodiversidade? Estudos como esses podem prever mudanças futuras no uso da terra, analisam cenários para formulação de políticas públicas sobre a questão global e aperfeiçoam modelos de gestão ambiental auxiliando o tomador de decisão para as melhores alternativas.

No Brasil, a Lei nº 9.985 estabelece o sistema nacional de Unidades de Conservação da natureza, ela foi sancionada, pelo governo federal, no dia 18 de julho de 2000. Essa Lei classifica as Unidades de Conservação (UC's) em duas grandes categorias: Unidades de Proteção Integral, que tem como objetivo principal a preservação da natureza; e Unidades de Uso Sustentável.

O estado do Piauí possui, segundo dados da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR), em um levantamento no ano 2000, 29 Unidades de

Conservação, entre Parques, Estação Ecológica, Áreas de Preservação Ambiental (APAs), Áreas de Preservação Permanente (APPs), Floresta Nacional.

Diante da importância desses conceitos, e da relevância do setor agrícola no estado do Piauí, fez-se necessário um levantamento dessas Unidades de Conservação e das grandes plantações. Uma vez que, segundo Young e Medeiros (2018) é pela falta de dados e informações sobre os benefícios das UC's e do papel que elas desempenham, que ainda existe uma ideia errônea de que essas Unidades são entraves para o crescimento econômico.

Para entender a falsa ideia de que as UC's podem barrar o crescimento econômico, é importante compreender as teorias de precificação de terra e de que forma esse preço interfere no avanço econômico e ambiental.

O estudo do preço da terra tem grande relevância nas Ciências Econômicas, desde Ricardo (1815), que elaborou distinções de produtividade do solo para explicar as diferenças de preços das terras. Von-Thünen (1826) também é considerado grande referência, ao incorporar os custos de transportes na análise, como influenciador na formação de preço das terras.

Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/USP) em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em 2019, o setor agropecuário correspondeu a 21,4% do PIB do Brasil. Percentual considerável, o que indica a importância do estudo dos preços de terras no Brasil.

Sendo um imóvel, não se sabe ao certo como os processos de arbitragem poderiam funcionar na determinação do preço de terra. Poder de mercado regional pode ser uma variável, restringindo assim, a convergência dos preços em diferentes regiões do país.

Existem poucos estudos investigando a dinâmica dos preços para o mercado de terras agrícolas, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, mesmo a terra tendo um papel fundamental em sua economia. No Piauí, em específico, não há estudos desse tipo, tampouco há a mensuração do risco das UC's.

Diante da importância do tema e da escassez de estudos, o presente trabalho propõe-se a criar um índice de risco para as áreas de preservação ambiental, esse índice será composto pelas variáveis preço da terra; tipo de UC; distância dessas áreas ao polo de soja do estado; e vocação do uso do solo. As variáveis estão de acordo com as teorias de Ricardo (1815) e Von-Thünen (1826).

De acordo com o tipo da Unidade de Conservação (UC), com preço da terra de uma determinada região do estado do Piauí, com a distância, das mesmas, do polo de produção de soja do estado e com a vocação do uso do solo, essas UC's existentes poderiam correr algum perigo de diminuição ou até perda de teu território? Essas UC's do estado do Piauí estão seguras ou sofrem algum risco de extinção ou degradação?

Afim de auxiliar na execução de políticas de proteção das áreas de preservação ambiental, em específico, o trabalho elaborou uma análise geoespacial do uso do solo e o risco das Unidades de Conservação; verificou o preço da terra nas proximidades das áreas das Unidades de Conservação; fortaleceu o uso da metodologia de georreferenciamento na análise econômica; e elaborou um estudo georreferenciado do estado do Piauí.

Esta dissertação está dividida em seis partes. Além desta introdução, a seção dois aborda o referencial teórico, a seção três elabora a caracterização da área de estudo, a seção quatro detalha a metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos. A seção cinco analisa os resultados da pesquisa e a seção 6 aponta as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uso Do Solo

Ao longo do tempo, com a expansão dos mercados e da produção de todo o mundo, fruto dos processos globais de comércio, nos quais permitem produções em larga escala nos vários nichos de bens, a necessidade de uso do solo também se intensifica. Dessa forma, os estudos relacionados a utilização do solo se tornaram preocupação de vários autores importantes de diversas áreas, como Samuelson (1952), Von Thünen (1826), Motta (1998), Ekelund e Hébert (1999), Thisse (2011) e Young e Medeiros (2018).

Em relação aos padrões de localização atividades agrícolas, Von Thünen (1826) ao analisar o entorno das cidades alemãs no período pré-industrial, elabora um modelo relativo ao uso do solo nas atividades econômicas. O modelo de Von Thünen (1826) se apresenta de forma tão ampla, que Samuelson (1952) o declara com fundador do marginalismo. Mais além, Ekelund e Hébert (1999) argumentam que de

forma brilhante e habilidades especiais, Von Thünen (1826), criou um novo modelo econômico, capaz de gerar deduções lógicas a partir de exemplos práticos.

De acordo com o modelo, cada território possui suas especificidades, como relevo, tipos de solo, localização geográfica, dentre outras. Além disso, possui a hipótese que, com a exceção de proximidade a cidades, nas quais o comércio de produtos agrícolas é realizado, as demais especificidades das terras são iguais. A localização da cidade é tida como dada *a priori*, não cabendo analisar eventuais motivos que contribuiriam para o estabelecimento deste local de comércio. Ao estabelecer-se próximo a cidade, um alqueire, os custos gerados pelas demais culturas são alterados de forma indireta, afinal os produtores serão forçados a produzir em terra mais distantes do local de comércio e incorrerem em maiores custos de transportes. Dessa forma, se torna complicado decidir que cultura produzir e em que local. Apesar de simples, este caso é capaz de mostrar como o mercado competitivo de terras pode afetar a estruturação da utilização do solo no espaço (VON THÜNEN, 1826).

A distribuição de terras nos diferentes tipos de culturas se dar por meio do equilíbrio no mercado de terras em sua forma perfeitamente competitiva. Esse argumento é explicado com base na lógica que a terra, situada em uma determinada área, pode ser facilmente substituída por outra, dado o espaço contínuo que se dar entre várias outras terras, elevando cada vez mais o fator competitivo estabelecido (VON THÜNEN, 1826).

Segundo Thisse (2011), a teoria de Von Thünen (1826), indica que a terra, localizada em determinado espaço, não é apenas um bem, cujo preço é estabelecido pela relação padrão entre numerosos vendedores e compradores. De forma específica, a terra é destinada a determinada atividade, com base no processo de lances, onde o agricultor com maior lance arrematará a parcela da terra. A oferta do produtor é baseada na dificuldade de transporte da produção e do dispêndio necessário de terra para produzir uma unidade marginal do bem em questão. Assim, os anéis concêntricos são formados a partir dos maiores lances destinados às terras, que por sua vez, concentram as atividades econômicas em determinadas culturas. O sistema de preços é estabelecido de forma que à medida que as terras se aproximam da cidade-mercado, estes são alterados a taxas constantes a partir das mudanças de anéis.

2.2 Precificação da terra

A precificação da terra e a utilização do solo se apresentam de maneira desuniforme entre as diversas áreas e territórios. Além disso, um diferencial nas ideias de Von Thünen (1826), foi incorporar os custos de transportes na análise, como influenciador na formação de preço das terras, ao passo que Ricardo (1815) se deteve as distinções de produtividade do solo para explicar as diferenças de preços das terras.

Thünen (1826) idealizou um processo em que cada produtor elabora a oferta do preço da terra baseado no excedente que pode ser gerado com o acréscimo de uma unidade de terra adicional, estabelecida em determinado local. Assim, foi desenvolvida a concepção do termo *bid rent*, por parte desses autores, que aponta o preço máximo que um indivíduo está disposto a gastar para se estabelecer em determinada área.

Outra abordagem de pensamento relacionado à precificação dos recursos naturais está atrelada a comparar a utilidade destes bens a outros que possuem precificação monetária. De acordo com Motta (1998), o formulador de políticas que abrangem a sociedade, deve levar em conta os custos que são incorridos para realizar tal medida, e os benefícios inerentes a tal política, por meio de uma relação de custo-benefício. Porém, a mensuração dos custos e benefícios pode ser complicada, dado que primeiramente deve haver a identificação dos fatores relacionados a estes dois grupos, e segundo, pela escolha do critério de análise que permita comparar as situações ao longo do tempo. Em relação aos produtos que cumprem funções similares a de produtos com preços definidos no mercado, a mensuração monetária destes bens se torna mais trivial e objetiva. Nesse caso, as medidas de custo e benefício podem ser definidas como os gastos e receitas advindas do bem. Em resumo, este é o princípio que pauta o processo de escolha das empresas, nas quais buscam maximizar lucro, e conseqüentemente expandir sua atuação no mercado

Como o uso do solo é atraído pela necessidade de geração de renda por parte da população, Ricardo (1815) dissertou sobre o crescimento econômico dos países, ao argumentar que quando as economias começam a ser exploradas, estas possuem terras muito férteis, que atraem o estabelecimentos de uma maior quantidade de produtores, no entanto, como a produtividade da terra é decrescente a medida que novas terras são exploradas, os lucros dos produtores marginais também são

decrecentes e a entrada de novos produtores cessará quando o lucro econômico destes for igual a zero, ou seja, quando o lucro contábil for igual ao custo de oportunidade de investir em outro empreendimento.

No entanto, a produção e conseqüentemente o lucro necessitam da disponibilidade dos fatores de produção no processo produtivo, e para isso a preservação do capital natural é fator primordial para o desenvolvimento sustentável dos países. De acordo com Andrade e Romeiro (2011), a contínua escassez relativa de recursos naturais atenta a imposição incremental de políticas que gerem estímulos para a sua devida preservação. Mesmo existindo um razoável consenso político a respeito da indispensabilidade de promoção do “desenvolvimento sustentável”, há discussões a respeito do tipo de capital que deve ser preservado, que por sua vez pode enfraquecer essa pauta na sociedade.

2.3 Unidades de Conservação

Em relação as unidades de conservação, estas são caracterizadas como espaços geográficos e recursos advindos do meio ambiente. Segundo Young e Medeiros (2018) “As UCs recobrem significativa parcela do território nacional, protegendo ecossistemas, espécies e meios de vida de populações tradicionais que garantem a provisão de diversos serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar da humanidade” (p.14). É importante, ainda, ter-se em mente alguns conceitos dessas UC's:

Área de Preservação Ambiental (APA) é uma unidade de uso sustentável, que pode ser pública e/ou privada, extensa, com certo grau de ocupação humana, com atributos importantes para a qualidade da vida do homem. As APA's são geridas por Conselhos que definem condições para a pesquisa científica e a visitação pública e as normas e restrições atingem o uso de propriedade privada. Os principais objetivos de sua implementação são: proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação humana e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos.

Estação Ecológica é uma área pública destinada à preservação da natureza e à pesquisa científica, em que é proibida a visitação pública, exceto se houver objetivo educacional. Alterações nos ecossistemas são permitidas somente para restauração e manejo de espécies com o fim de preservação. Pesquisas científicas com impacto

devem ser limitadas a 3% de extensão total da estação, tendo no máximo 1.500 hectares.

O Parque Nacional (PARNA) é público e foi criado para a preservação do ecossistema relevante e belo, é aberto à visitação e também, é possível a realização de pesquisa científica no local.

A Floresta Nacional (FLONA) é uma área com cobertura florestal de espécies nativas e proteção especial do Estado. Seu objetivo básico é o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.

Áreas de Preservação Permanente (APP), de acordo com o código florestal, Lei nº 12.651/12 Art. 3º: II – Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

As áreas protegidas estão distribuídas em todo o mundo e possuem enorme importância na conservação da biodiversidade, sendo cruciais na manutenção das espécies, ecossistemas e populações, envolvendo as formas padrões de convívio entre populações humanas (ERVIN, 2003; RYLANDS; BRANDON, 2005; LOVEJOY; HANNAH, 2006). Além dos fatores citados, destaca-se a contribuição para a redução das mudanças do clima no planeta, e favorecer o desenvolvimento sustentável. De acordo com Young e Medeiros (2018), todas as nações possuem o dever de gerar e conservar de forma adequada um grupo de áreas ambientais protegidas aptas a atender as medidas de conservação da diversidade dos seres vivos, o uso sustentável dos bens da natureza.

Apesar do empenho, ainda perdura uma interpretação errônea que as medidas e políticas de preservação da natureza simbolizam um entrave ao crescimento econômico, dado que as atividades de produção como agricultura, geração de energia, pecuária, construção de estradas, mineração, por exemplo, prejudicam a conservação dos recursos naturais, e os benefícios econômicos advindos destas atividades não somente, melhoram o bem estar da sociedade de forma geral, ao destruir a biodiversidade, impedem a descoberta de novos medicamentos, o turismo ecológico, interferem na qualidade do ar, etc. Em suma, produzem também perdas

consideráveis na qualidade de vida das pessoas e dos demais seres vivos que coabitem este planeta (YOUNG; MEDEIROS, 2018) e (MOTTA, 1998).

Esta percepção equivocada é estimulada pela falta de dados e informações sobre os benefícios e o papel desempenhado pelas unidades de conservação na geração de produtos e serviços, que seja de forma direta ou indireta colabora com o desenvolvimento do país (YOUNG; MEDEIROS, 2018).

Além da necessidade de preservação do capital natural, existe a questão da monetização dos custos da degradação ambiental, que pode gerar problemas quando não internalizados por aqueles que a originaram, nas quais retornam ao sistema econômico em forma de externalidades, afetando terceiros sem que estes recebam qualquer tipo de compensação por tolerar tal malefício (no caso de externalidade negativa). Dessa forma, as atividades econômicas não consideram as externalidades ambientais no processo de planejamento, e os níveis de consumo da população são formados sem levar em conta os custos decorrentes dos espaços naturais. Assim, ocorre uma apropriação dos recursos naturais por parte de algumas pessoas, sem que estes remunerem os demais, que não utilizam tal recurso natural. Além disso, as ações praticadas pela geração atual provocam alterações no estoque de recursos naturais das gerações futuras, sendo passíveis de arcar com políticas errôneas elaboradas pela população no presente (MOTTA, 1998).

Na ocorrência de externalidades ambientais, as intervenções governamentais possuem alguns instrumentos para reduzir eventuais impactos negativos no bem-estar da sociedade, são elas: utilização de normas, ferramentas econômicas, e relação compensatória monetária na presença de danos a terceiros. Existem três tipos de análises a respeito dos impactos das externalidades na sociedade, como: Análise Custo-benefício, Análise Custo-utilidade e Análise Custo-eficiência. A análise custo-benefício é a mais comumente usada para identificar fatores prioritários na avaliação de políticas. O intuito é confrontar custos e benefícios relacionados as influências das políticas alternativas de forma monetária. Os benefícios caracterizam-se como bens e serviços ambientais, nas quais a conservação provoca sensação de bem-estar na população, enquanto os custos referem-se a perda de bem-estar causadas por perda econômica, decorrente de destinações a políticas ambientais em troca de demais atividades econômicas (MOTTA, 1998).

A análise custo-utilidade possui uma medida de peso para cada indicador, nas quais avaliam os benefícios das políticas, projetos ou programas. A avaliação dessa

análise leva em conta, portanto, alguma medida de ponderação para internalizar os critérios definidos. No entanto, o problema principal desta análise está em definir a ponderação de cada critério, dada as diferentes importâncias possuídas pelos agentes econômicos. E por fim, a análise custo-efetiva é desenvolvida quando a estimação por custo-benefício ou custo-utilidade se mostrar inviável e tediosa. Nesse caso, os fatores prioritários são avaliados levando em conta apenas o critério ecológico. Assim, é empreendida uma análise baseada no custo-eficiência, que considera diversos fatores para se obter prioridades de política *a priori*, levando em conta os custos para alcançar tais objetivos (MOTTA, 1998).

2.4 O que é um indicador?

Índices ou indicadores são elaborados por meio de variáveis escolhidas e que são capazes de simplificar fenômenos complexos, é o que afirma Costa (2008), eles servem como um norteador para elaboração de políticas públicas e para análises técnicas. Ainda segundo Costa (2008), o índice tem que ser quantificável; deve ser relevante para a sua finalidade; precisa ser de fácil entendimento para o público alvo; necessita ser confiável; e deve ser baseado em dados acessíveis.

Indicadores são construídos sobre dados de origem diversa, condensando informação complexa de uma forma simplificada, fornecendo uma mensagem significativa sobre o sistema de interesse. São utilizados em diferentes formas de comunicação, desde análises científicas a interações cotidianas, análises políticas e tomada de decisão. Entre as inúmeras atividades que podem subsidiar encontram-se: alocação de recursos, comparação de diferentes locais ou áreas geográficas, cumprimento de normas ou critérios legais e análise de tendências no tempo e no espaço (COSTA, 2008, p. 45).

De acordo Maclaren (1996), os indicadores de sustentabilidade, que são índices que integram variáveis sociais, econômicas e ambientais, são fundamentais na elaboração de boas estratégias e políticas de desenvolvimento sustentável. Dentre os diversos indicadores existentes, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) talvez seja o mais conhecido entre os brasileiros. O IDH mede, resumidamente, o progresso de uma nação por meio de três dimensões básicas do desenvolvimento humano, as variáveis renda, educação e saúde.

O IDH, como qualquer indicador, simplifica um fenômeno complexo facilitando assim tomadas de decisões, principalmente em políticas públicas. O desenvolvimento humano tem sua perspectiva amplificada com o índice, que é uma medida geral e

sintetizada, porém o IDH não engloba nem esgota todas as dimensões do desenvolvimento humano.

Em decorrência disso, e de acordo com a necessidade, surgiram indicadores complementares ao IDH, como por exemplo: o Índice de Desenvolvimento Humano Ajustado à Desigualdade (IDHAD); Índice de Desigualdade de gênero (IDG) e o Índice de Pobreza Multidimensional (IPM).

E, o índice de risco (IR), assim como os demais índices de sustentabilidade, é composto por variáveis sociais, econômicas e ambientais.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 O Estado do Piauí dentro e fora dos mapas

O Piauí é um estado situado na região Nordeste do Brasil, com uma área, segundo o IBGE (2010), de 251.756,515 Km² e com uma população (estimada para 2019) de 3.273.227 habitantes. O estado possui o menor litoral da região Nordeste, com apenas 66 quilômetros de extensão. Sua capital, Teresina, é a única da região que não se situa no litoral. O Piauí é dividido em 4 macrorregiões ambientais (como mostra o mapa 1): semi-árido, litoral, meio-norte e cerrados.

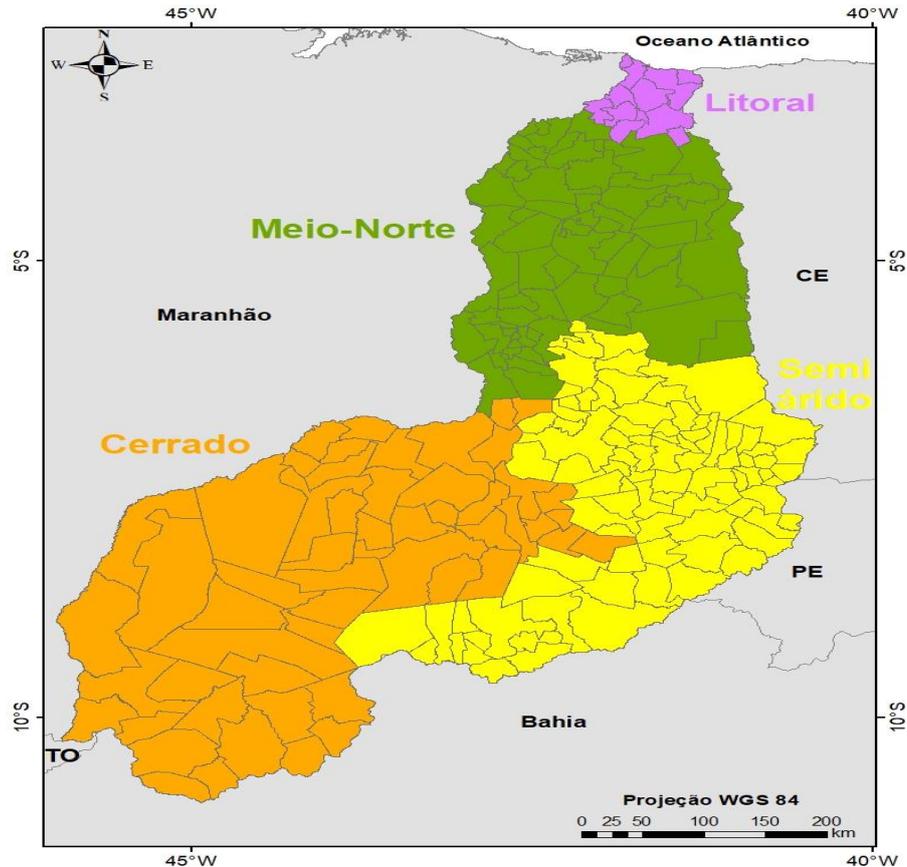


FIGURA 1 - Mapa do Piauí com as macrorregiões ambientais.
FONTE: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

A divisão dessas macrorregiões, diz basicamente, sobre como é o solo, o relevo, o bioma. As regiões se diferem, ainda, em relação às principais atividades exercidas. Essa diferença se dá por vários motivos, inclusive nos primórdios da colonização do estado. A colonização do estado do Piauí teve início, segundo Neto (2000), nos subafluentes do rio Parnaíba, um dos rios da bacia chamava-se rio dos Pias ou rio dos Peixes Pintados e deste rio originou-se o nome do estado, hoje Piauí.

O território que hoje é o estado do Piauí começou a ser explorado, segundo Santos (2009), a partir do século XVII com a chegada dos primeiros bandeirantes vindos das regiões da Bahia, São Vicente, Maranhão e Pernambuco. Essa colonização e povoamento no Piauí foi marcada pelo extermínio dos índios nativos. A criação de gado e agricultura de subsistência foram implementadas neste novo território.

Treze de março de 1823, data marcada na bandeira do estado, relembra a Batalha do Jenipapo. Historiadores relatam a importância desta Batalha na luta pela independência do Brasil de Portugal. Santos (2009), relata que foi uma dura e sangrenta batalha, em que tropas portuguesas lideradas pelo major João José da

Cunha Fidié pretendiam avançar o território do Piauí para abafar os movimentos de Independência. Sabendo disso, lavradores, artesãos, escravos, roceiros e vaqueiros pegaram suas foices, machados, armas artesanais, facões e decidiram lutar contra os soldados armados portugueses. Ele ainda relata que foi uma das mais sangrentas batalhas ocorridas em solo brasileiro, os números apontam que 200 brasileiros foram mortos e outros 542 foram feitos prisioneiros por Portugal, enquanto 116 portugueses morreram e 60 ficaram feridos. “Os brasileiros perderam a batalha, mas fizeram a tropa mudar de percurso e evitaram que o exército português fosse até a capital, onde, por não haver exército de prontidão, seria muito fácil tomar o comando de tudo” (SANTOS; KRUEL, 2009, p.54).

A história da colonização do Piauí tem início, como dito anteriormente, no século XVII, porém estudos liderados pela arqueóloga Niède Guidon datam a presença humana, no estado, há muito mais tempo.

O sertão-sudeste do Piauí é a região de povoamento mais antigo das Américas, comprovadamente povoada por povos pré-históricos caçador-coletores e ceramistas-agricultores, entre 70.000 a 2.000 anos a.C. de acordo com as pesquisas arqueológicas da Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM) (DIAS, 2008, p.419).

A Fundação do Museu do Homem Americano (FUMDHAM) é uma entidade civil, sem fins lucrativos que exerce atividades científicas interdisciplinares, culturais e sociais, que foi criada para garantir a preservação do patrimônio do Parque Nacional da Serra da Capivara. Segundo dados da FUMDHAM, em 1991 a Unesco colocou o Parque Nacional da Serra Capivara na lista de Patrimônio Mundial devido a grande relevância dos seus sítios arqueológicos. Este Parque situa-se no sudeste do estado do Piauí e ocupa uma área de 130 mil hectares, e até 2018 haviam sido registrados mais de 1.000 sítios com pinturas rupestres pré-históricas, uma das maiores concentrações de sítios pré-históricos por quilômetro quadrado em todo o mundo.

O Parque Nacional da Serra da Capivara não é o único no estado, existem ainda, segundo dados do IBGE (2000) e da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR, 2000), outras Unidades de Conservação Ambiental (UC) – como mostra a figura 2. São quatro Parques Nacionais: Sete Cidades; Serra das Confusões; Serra da Capivara e; Nascentes do Rio Parnaíba. E, além desses, mais 28 Parques Estaduais e Municipais.

Ainda segundo o IBGE (2000) e SEMAR, o Piauí possui oito Áreas de Preservação Ambiental (APA): Delta do Parnaíba; Serra da Ibiapaba; Chapada do

Araripe; Serra das Mangabeiras; Lagoa de Nazaré; Serra do Gado Bravo; APA do Rangel e; APA de Ingazeiras. Há, ainda, três Áreas de Preservação Permanente (APP): Serra da Capivara/ Baixão das Andorinhas; Serra do Cumbre/ Chapada da Pedra do Hume e; Serra Vermelha/ Angical. Duas Estações Ecológicas: Uruçuí- Una e Chapada da Serra Branca. E uma Floresta Nacional, a Floresta dos Palmares.

O tipo de relevo é um fator muito importante na análise do uso do solo, o estado possui diferentes tipos de elevações entre o litoral no Norte e o cerrado ao sul, conforme podemos observar no mapa a seguir:

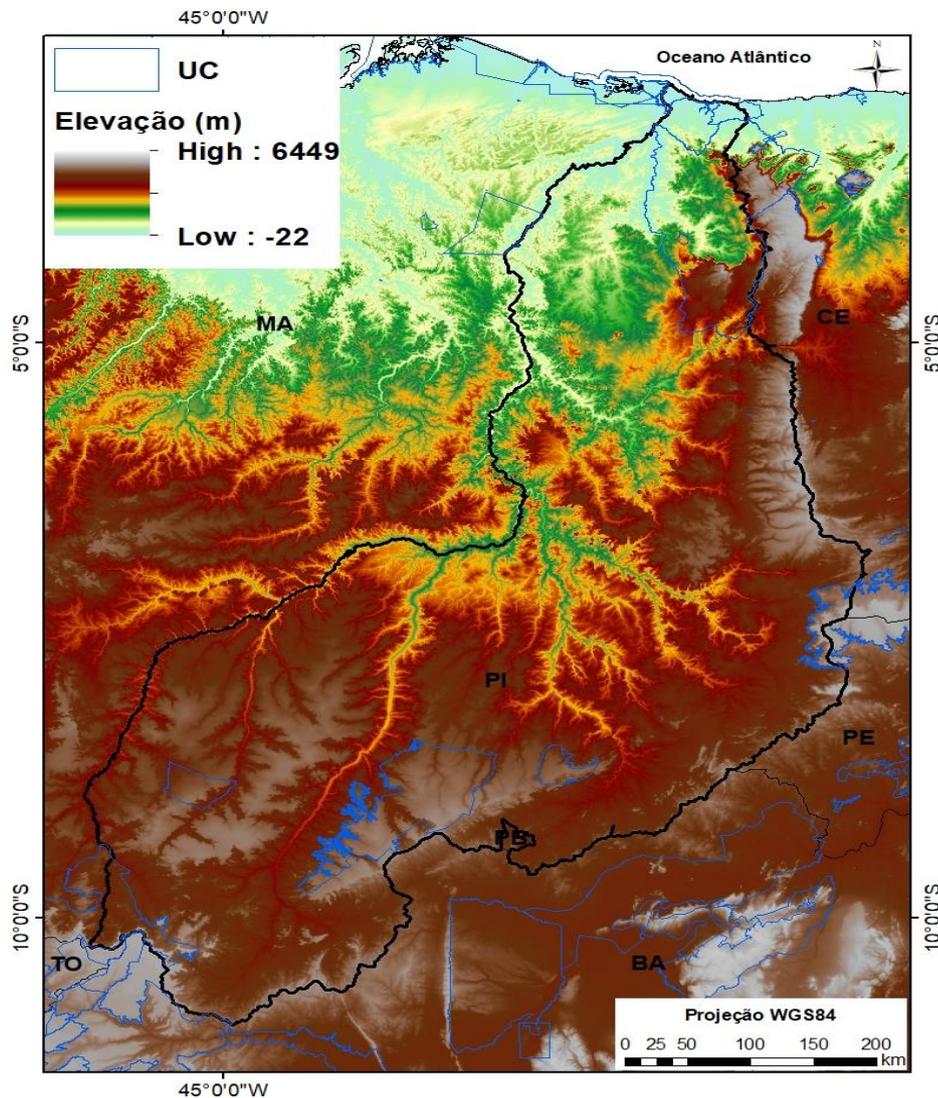


FIGURA 2 - Modelo digital de elevação do Piauí.
FONTE: Elaboração Própria.

Na figura 2, os polígonos azuis representam as Unidades de Conservação federais, é possível identificar as UC's dentro de um mapa de elevação. É possível enxergar a distribuição dessas UC's federais em todo o território do estado. O mapa

foi elaborado a partir de dados disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRAPA, 2016).

No Piauí encontram-se os biomas de cerrado e caatinga, vegetação com influência marítima e mangues no litoral. O clima é tropical, com chuvas de verão. Em relação ao solo, a figura seguinte expõe:

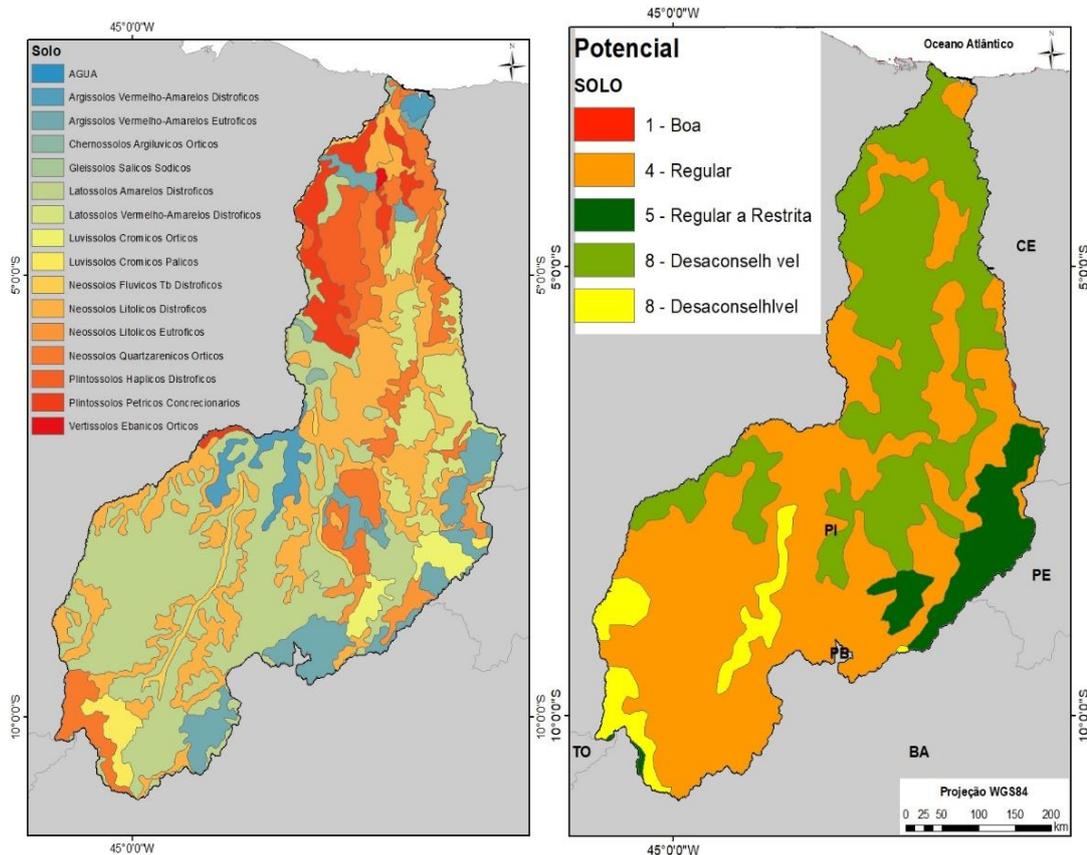


FIGURA 3 – Modelo dos Tipos de Solo e do Potencial do Solo do Piauí.
 FONTE: Elaboração Própria.

O que se pode ver na figura 3 – mapa elaborado no GISMAPS- é um território, que em sua maior parte, tem um potencial de fertilidade considerado regular, com restrições e desaconselhável. A importância desses mapas é o entendimento da vocação do uso do solo em cada região, ele mostra um dos porquês de o estado possuir uma região de concentração e potência em monocultura de grão. Essa informação não pode ser ignorada, uma vez que essa é uma região de grande importância econômica para o estado e, por outro lado, pode ser prejudicial para esse solo e ao meio ambiente e não ser uma economia sustentável.

3.2 Uso do Solo no Estado do Piauí: aspectos econômicos e ambientais georreferenciados

Em 2017, segundo a Secretaria de Planejamento do Piauí –SEPLAN, o setor de serviços representou 78% da economia do estado, porém o setor agrícola é o que mais cresce. Em 2019, segundo dados da Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do estado do Piauí – CEPRO-, o Piauí foi o 3ª maior produtor de soja do Nordeste, o 2º maior da região na produção de arroz, e o 1º na produção de milho dentre os estados nordestinos. As figuras que seguem, mostram um pouco da evolução dessas produções:

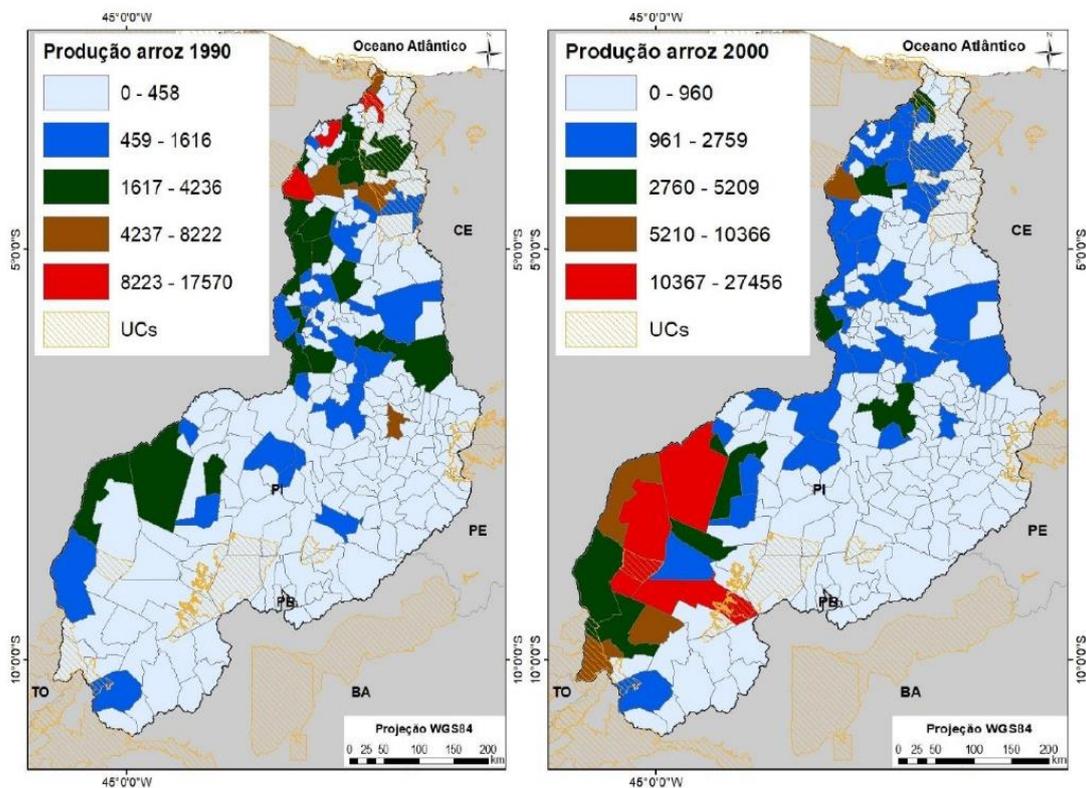


FIGURA 4 - Produção de arroz nos anos 1990 e 2000

FONTE: Elaboração Própria.

Os mapas da figura 4 foram elaborados no ArcGIS™ e mostram a produção, em toneladas, de arroz nos anos 1990 e 2000, no estado do Piauí. É possível identificar, ainda, as Unidades de Conservação do Estado e a proximidade dessas UC's de cada local de produção. Sendo possível identificar como, ao longo dos 10 anos que separam os mapas, essa produção de arroz se modificou tanto em quantidade, como em distribuição territorial e proximidade das UC's.

Em seguida, ainda sobre produção de arroz em toneladas, agora nos anos 2010 e 2016. A linha de raciocínio de elaboração e interpretação do mapa segue a mesma:

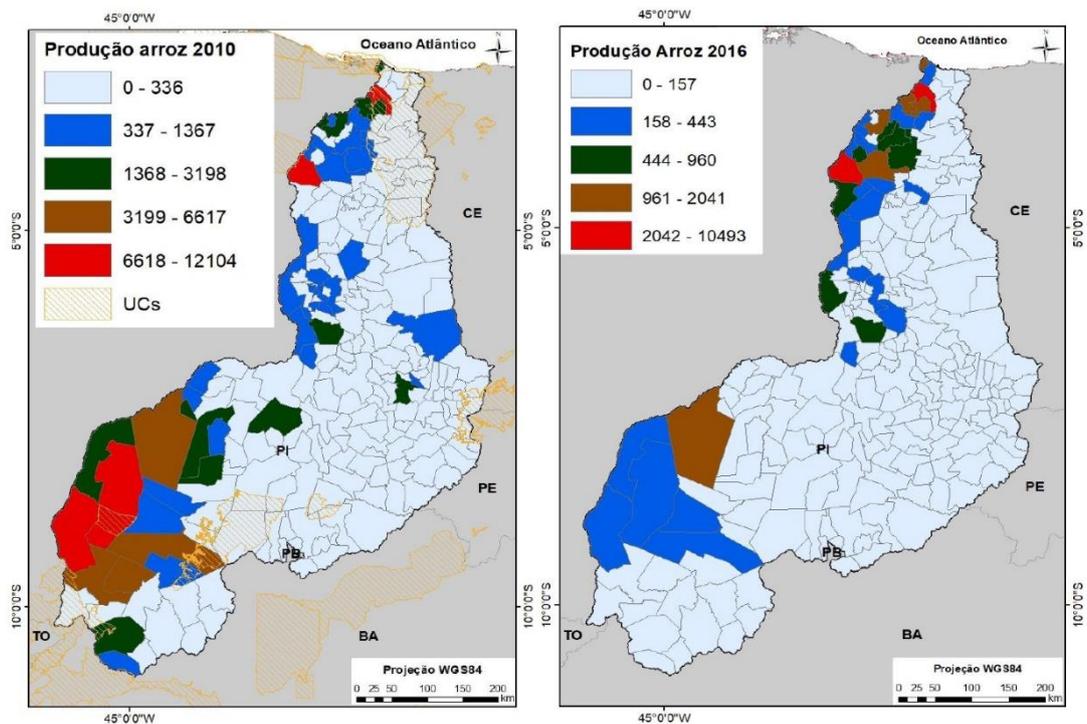


FIGURA 5 - Produção de arroz nos anos 2010 e 2016
FONTE: Elaboração Própria.

Na figura 5 é possível verificar uma mudança significativa na produção de arroz. Nota-se que, essa produção, foi deixando de ser feita em todo o território do estado (como visto na figura 4), e passou a ser concentrada em pequenas regiões. Porém, houve aumento da produção nessas pequenas áreas. Os mapas foram elaborados no ArcGIS™.

A seguir, serão apresentadas as produções de milho. Em 2019 o estado do Piauí foi o maior produtor deste grão em comparação com os outros estados da região Nordeste.

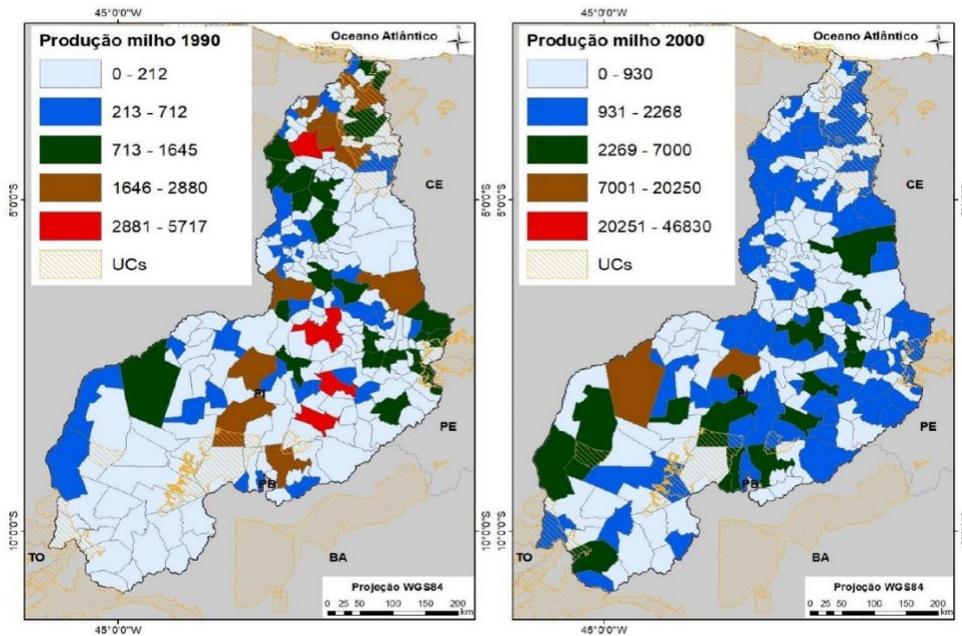


FIGURA 6 - Produção de milho nos anos 1990 e 2000
FONTE: Elaboração Própria.

É possível identificar, na figura 6, como era a produção de milho no Piauí nos anos 1990 e 2000. Segundo os mapas, elaborados no ArcGIS™, era uma produção feita em quase todo o território do estado e considerada plantações de pequeno porte e de subsistência. As Unidades de Conservação também aparecem nos mapas, em linhas decor laranja.

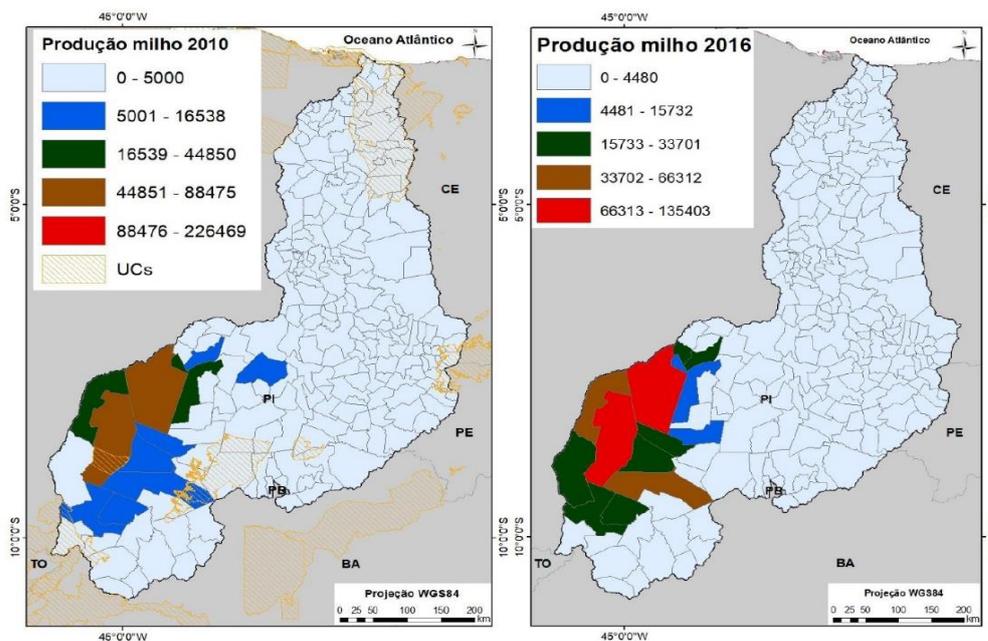


FIGURA 7 - Produção de milho nos anos 2010 e 2016
FONTE: Elaboração Própria.

Mapas elaborados a partir do ArcGIS™, a figura 7 expõe uma mudança drástica no modo de produção de milho nos anos 2010 e 2016 se comparados com a figura 6. A plantação de milho passou a ser feita especificamente na região sul, em poucas cidades, e a quantidade, em toneladas, aumentou substancialmente. Deixou de ser pequenas produções em todo o estado para ser uma grande produção em um local específico. É possível identificar, ainda, que essa produção é feita em território de UC's.

O Piauí, em 2019, foi o terceiro estado do Nordeste no ranking de produção de soja, e esse grão é o primeiro na economia do estado, logo a soja também entrou na análise deste trabalho:

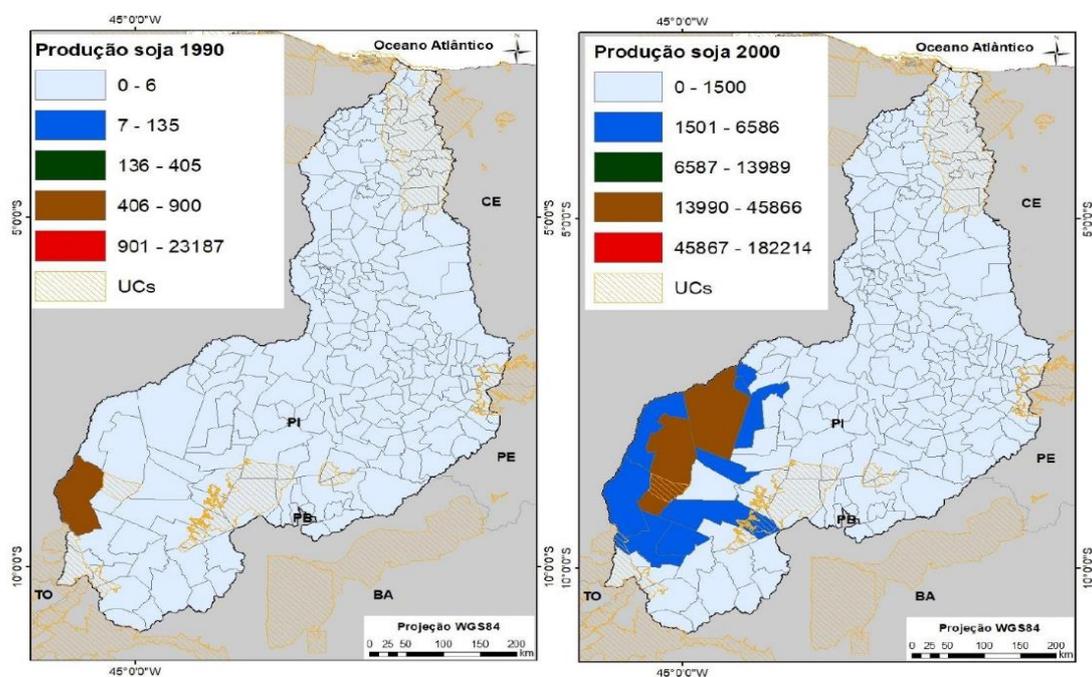


FIGURA 8 - Produção de soja nos anos 1990 e 2000

FONTE: Elaboração Própria.

Identifica-se, na figura 8, que nos anos 1990 e 2000 a produção – em toneladas – de soja era tímida no estado. Localizadas em poucas cidades mas já próximas às UC's. As UC's estão identificadas em linhas de cor laranja. Os mapas da figura 8 foram elaborados no ArcGIS™.

Seguindo, tem-se o avanço da produção de soja nos anos de 2010 e 2016 elaborados a partir do ArcGIS™ :

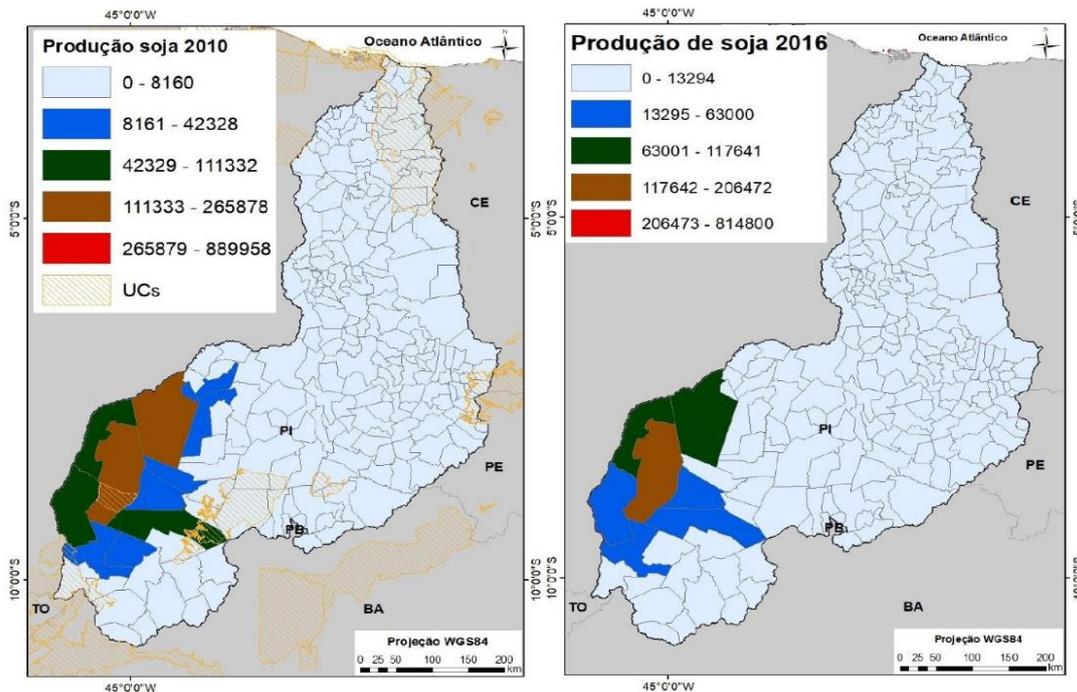


FIGURA 9 - Produção de soja nos anos 2010 e 2016
FONTE: Elaboração Própria.

Identifica-se, nos mapas da figura 9, que a produção de soja não teve grande avanço territorial, continuou-se produzindo em poucas cidades da região sul do estado. Porém é notável e significativo o avanço em relação a quantidade de toneladas produzida. Mesmo em regiões onde há Unidade de Conservação existe o avanço exponencial da quantidade de toneladas de soja produzidas. Uma informação importante para o prosseguimento do trabalho está contida nesses mapas, que essa região em cores será considerada “pólo de soja” ou “pólo de monocultas”.

A cidade referência para o pólo de soja foi a cidade de Uruçuí, que está demarcada pela cor marrom, no mapa de 2010, e na cor verde escuro no ano 2016. Essa localização é fundamental para o entendimento do trabalho.

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA-, realizou um levantamento, entre os anos de 2015 a 2018, a respeito do preço da terra nua do estado do Piauí. Esse levantamento foi dividido por regiões em “Mercados Regional da Terra”, as características desse levantamento foram compiladas neste trabalho na figura seguinte:

	CARACTERIZAÇÃO GERAL	ESTRUTURA FUNDIÁRIA	RECURSOS HÍDRICOS	ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS	CLIMA	BIOMA	PRINCIPAIS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS	ASSENTAMENTOS
MRT SERRA DO QUILOMBO	Forte influência do agronegócio através da exploração comercial de grãos. Agricultura de alto rendimento – agronegócio (soja)	Grandes propriedades	Rios: Uruçui Preto; Parnaíba; Gurgueia. Malha hidrográfica bastante variada de riachos, lagoas, rios e açudes	2 UC's: *Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, com área de 7.592 km ² e *Estação Ecológica de Uruçui Una, com área de 1.368 km ²	Clima Tropical: apresenta estação chuvosa no verão e seca no inverno	Cerrado	Monoculturas: Milho, Soja e o Sorgo. Temporária: Abóbora, Arroz, Cana, Fava, Feijão, Mandioca, Melancia. Permanente: Caju e banana. Extrativismo: Madeira – Carvão Vegetal. Eucalipto, Babaçu e Buriti. Pecuária: principais rebanhos dos municípios do mercado regional é constituído de Bovinos, Equinos, Asininos, Muaras, Caprinos, Ovinos e Suínos e Aves	Reduzido (20 projetos)
MRT DO VALE DO RIO PARNAÍBA	Sedia a Usina Hidrelétrica de Boa Esperança. Maior influência econômica é prestação de serviços e comércio	Predomínio de minifúndios	Rios: Parnaíba, Gurgueia e Piauí. Lagoa de Nazaré. Lago de Boa Esperança outros riachos perenes	Reserva Particular do Patrimônio Natural, a Fazenda Boqueirão, com área georreferenciada de 28.446,0460 hectares.	Clima Tropical: apresenta estação chuvosa no verão e seca no inverno	Cerrado/ Caatinga	Milho com a maior área plantada e a soja com o maior valor da produção. Culturas de subsistência: arroz, o feijão e a mandioca. Extrativismo vegetal: Carnaúba. Pecuária: Bovinocultura	Pouco Expressiva
MRT NORTE PIAUIENSE	Característica econômica principal: setor da agropecuária	Minifúndios e pequenas propriedades	Rios: Parnaíba, Longá, Jenipapo e Surubim. Muitas Lagoas e riachos. E Poços tubulares	Não há Unidades de Conservação	Clima Tropical Chuvoso: apresenta estação chuvosa no verão e seca no inverno	Caatinga/ Cerrado	Arroz, o feijão, o milho e a mandioca. Caju. Pecuária: bovinos de corte e animais de pequeno porte, como caprinos e suínos. O extrativismo vegetal da carnaúba e babaçu	Significativo (95 projetos)
MRT VALE DO MARATOAN	1 Comércio, indústria e serviços. 2 Agricultura familiar e pecuária extensiva, com manejo precário	-	Rio Maratoan, Longá, Poti, Picarucura e Sambito. Riachos, lagoas e açudes, destacando-se o açude Caldeirão	Parque Ecológico municipal da Cachoeira da Lapa. Parque Ecológico da Cachoeira do Urubú	Clima Tropical: apresenta estação chuvosa no verão e seca no inverno	Cerrado	Milho, feijão, mandioca, arroz. Pecuária: caprinos e ovinos. Soja. Extrativismo: Carnaúba e babaçu	Significativo (89 projetos)
MRT VALE DA CARNAÚBA	1 Comércio, indústria e prestação de serviço. 2 Agricultura e Pecuária	-	Rios: Berlingas, Sambito, São Nicolau, Longá e Poti. Barragem Mesa de Pedra. Riachos perenes e intermitentes, lagos, lagoas e açudes	APA Serra da Ibiapaba	Clima: Tropical semiúmido	Cerrado/ Caatinga	Milho, feijão, mandioca, arroz em casca. Pecuária: caprinos e ovinos. Extrativismo: Carnaúba e babaçu	Significativo (83 projetos)
MRT TERESINA	1 Comércio, indústria e prestação de serviço. 2 Agricultura empresarial e monocultura 3 Agropecuária familiar	Minifúndio e Pequena Propriedade	Rios: Parnaíba e Poti. Riachos, lagoas, açudes e pequenos rios temporários	2 UC's Estaduais- Categoria Proteção Integral: Parque Zoológico e Parque das Mangabeiras. 1 UC Federal - Uso Sustentável: RPPN Santa Maria de Tapuá	Clima Tropical Chuvoso: apresenta estação chuvosa no verão e seca no inverno	Caatinga/ Cerrado	Arroz, feijão, milho e mandioca. Caju. Monocultura: Cana-de-Açúcar. Pecuária: caprinos, ovinos e suínos. Extrativismo: Babaçu e carnaúba e Madeira	Pouco Expressiva
MRT PLANÍCIES LITORÂNEAS	Exploração de áreas para produção de Energia Limpa (Solar e Eólica). Turismo	Minifúndios	Delta do Parnaíba (Rio Parnaíba); Porto das Barcas (Rio Igarauçu); Oceano Atlântico; Lagoa do Portinho; Rio Longá; Lagoa Grande do Buriti	APA Delta do Parnaíba (Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba e Reserva Extrativista RESEX Marinha do Delta do Parnaíba.) APA da Serra da Ibiapaba. Parque Nacional de Sete Cidades. RPPN Fazenda Centro	Clima: Tropical semiúmido	Cerrado e vegetação com influência marítima	Milho, feijão, Banana (cacho) Castanha de Caju Manga. Extrativismo: Carnaúba (pó), Carvão Vegetal e Lenha. Pecuária: Suínos e Galináceos, Codornas e Laticínios	Pouco Expressiva

FIGURA 10 – Mercados Regionais de Terra (MRT) do Piauí.
FONTE: Elaboração Própria.

De acordo com as informações desses Mercados Regionais de Terra (MRT), foram fornecidos os preços da terra nua em cada mercado. A partir disso, foram

colhidas informações sobre as coordenadas das cidades de cada mercado e associadas ao preço da terra, produção de soja e UC's, permitindo assim, um estudo georreferenciado completo, como mostram as figuras 11 e 12.

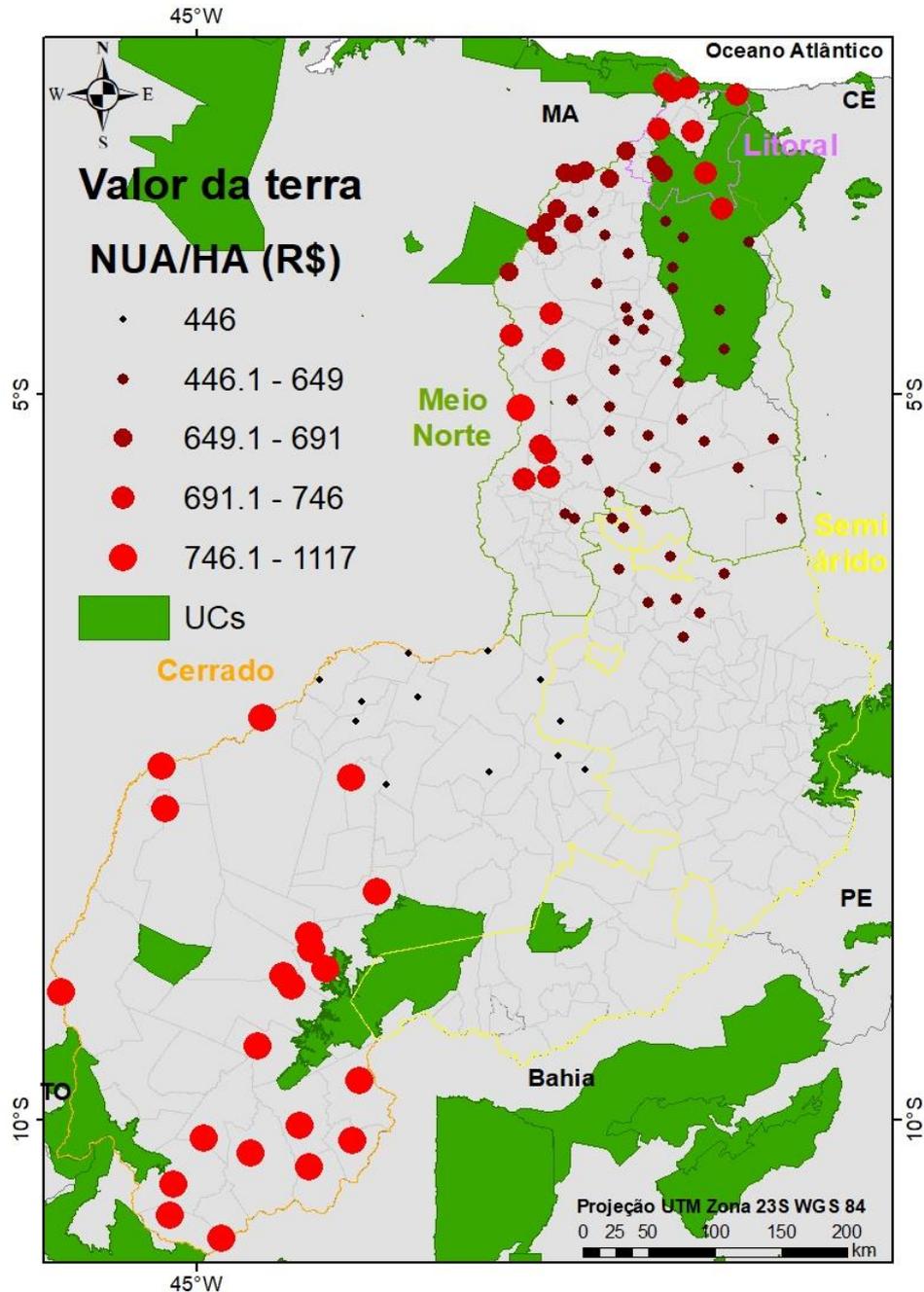


FIGURA 11: Valor da Terra Nua/ha (R\$).
FONTE: Elaboração própria.

Produzida no ArcGIS™, a figura 11 mostra um mapa referente a preço da terra nua no estado do Piauí. Os preços são mostrados por regiões e apontados por círculos maiores ou menores de acordo com o preço, crescente, em reais. É possível identificar, ainda, áreas de UC no estado. U c's estão em verde e é possível analisar se os preços são maiores ou menores nas proximidades das UC's, ou quais UC's estão em regiões de preços maiores ou menores.

A seguir tem-se um mapa elaborado no ArcGIS™ que compila informações dos preços da terra, indicados na figura 11, e da produção de soja no ano 2016 mostrado na figura 9.

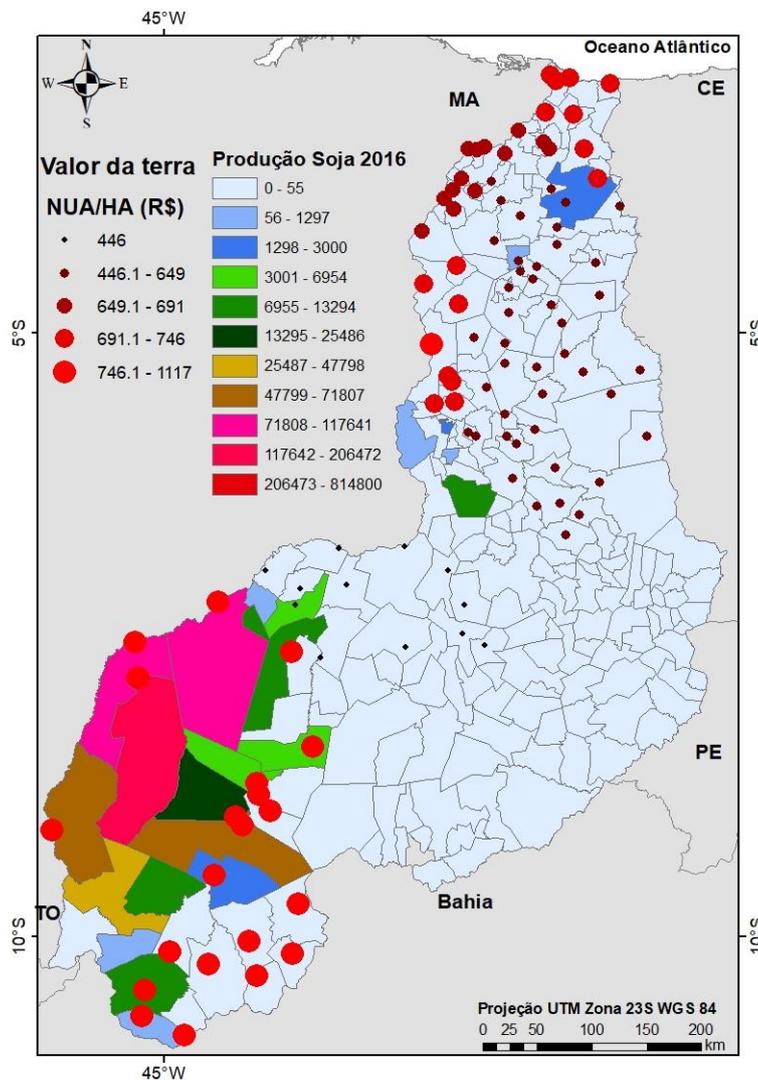


FIGURA 12: Valor da terra nua/ha (R\$) e Produção de Soja (t) no ano 2016.
FONTE: Elaboração Própria.

Aqui, é possível analisar altos preços de terras, no que já consideramos, o pólo da soja no estado. E também altos preços na região oposta, no norte do estado- o litoral. A partir desse mapa, análises importantes poderão feitas acerca de preços, vocação da terra e posteriormente preservação das Unidades de Conservação.

3.3 Caracterização das Unidades de Conservação Indicadas

3.3.1 Parque Nacional Sete Cidades

O Parque Nacional das Sete Cidades possui uma área de 6.221,48 há, com um perímetro de 36 Km. Localiza-se a nordeste do estado do Piauí, nos municípios de Piracuruca e Brasileira (oficialmente em Piracuruca), no Mercado Regional de Terras (MRT) 08 – Vale do Maratoan.

O Parque foi criado, segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), com o objetivo de preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento das atividades de educação, interpretação ambiental, turismo ecológico e recreação em contato com a natureza.

A maior parte da flora encontrada no parque é típica de cerrado, com espécies como murici, cascudo, bacuri, pequi e pau-terra. Nas áreas de caatinga encontram-se juazeiros, juremas, aroeiras e cactos, como o xique-xique e a coroa-de-frade e, ao longo do curso dos rios e das nascentes são comuns o pau-d`arco e a embaúba. Nessas áreas crescem ninfeias, plantas aquáticas que vivem nos espelhos d`água das piscinas e lagos naturais e que dão um toque especial à paisagem. (ICMBio)

3.3.2 Parque Nacional Serra da Capivara

O Parque Nacional da Serra da Capivara foi criado, segundo o ICMBio, através do Decreto de nº 83.548 de 5 de junho de 1979, com área de 100 000 hectares. A proteção ao Parque foi ampliada pelo Decreto de nº 99.143 de 12 de março de 1990 com a criação de Áreas de Preservação Permanentes adjacentes com total de 35 000 hectares. Segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), a

criação desse Parque teve por objetivo preservar vestígios arqueológicos da mais remota presença do homem na América do Sul.

O Parque é subordinado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Por sua importância e por seu valor histórico e cultural, o Parque Nacional da Serra da Capivara foi declarado pela Organização das Nações Unidas pela Educação, Ciência e Cultura (Unesco), em 1991, Patrimônio Cultural da Humanidade.

Ainda, segundo dados do IPHAN (1993), o Parque Nacional Serra da Capivara está no Livro de Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, do referido órgão. Na área tombada foram localizados cerca de 400 sítios arqueológicos. A maioria deles contém painéis de pinturas e gravuras rupestres de grande valor estético e arqueológico. A área faz parte de um dos 63 parques nacionais do Brasil e está entre as dez que protegem a caatinga, sendo constituída de quase 40% da caatinga protegida no país.

A Portaria MMA nº 76, de 11 de março de 2005, criou um Mosaico de Unidades de Conservação abrangendo os Parques Nacionais Serra da Capivara e Serra das Confusões e o Corredor Ecológico conectando os dois parques. A área total do Corredor Ecológico é de 414 mil hectares, abrangendo os municípios de São Raimundo Nonato, Canto do Buriti, Tamboril do Piauí, Brejo do Piauí, São Braz, Anísio de Abreu, Jurema, Caracol e Guaribas (MRT 02).

O Parque Nacional Serra da Capivara situa-se no semiárido nordestino, fronteira entre duas formações geológicas – a bacia sedimentar Maranhão-Piauí e a depressão periférica do rio São Francisco – o Parque abriga fauna e flora específicas da Caatinga com vegetação e relevo diversificado e paisagens de beleza surpreendente, segundo o ICMBio, o Parque possui pontos de observação privilegiados de vales, serras e planícies. Apresenta, também, um dos conjuntos de sítios arqueológicos mais relevantes das Américas, que têm fornecido dados e vestígios importantes para uma revisão geral das teorias estabelecidas sobre a entrada do homem no continente americano.

3.3.3 Parque Nacional Serra das Confusões

Parque Nacional Serra das Confusões foi criado a partir dos Decreto s/n de 02 de outubro de 1998 e Decreto s/n, 30 de dezembro de 2010. Com uma área de

823.854,54 hectares, o Parque abrange os municípios Alvorada do Gurguéia, Brejo do Piauí, Bom Jesus, Canto do Buriti, Caracol (sede), Cristino Castro, Guaribas, Jurema, Santa Luz, Tamboril do Piauí (Mercado Regional de Terra - 03).

Segundo o ICMBio, a criação do Parque teve como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

O Parque Nacional Serra das Confusões situa-se no bioma da caatinga, e no local, foram mapeadas 13 espécies endêmicas da fauna, das 18 conhecidas deste bioma. Com os levantamentos, foram descobertas três espécies novas de lagartos; uma espécie de anfíbio e uma espécie de quelônio.

O Parque é aberto para visitação, mediante autorização especial. As visitas são do tipo acompanhadas por condutores da associação ACOPANASC - Associação de Condutores do Parque Nacional da Serra das Confusões.

3.3.4 Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba

Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba é regido pelo Decreto s/nº de 16 de julho de 2002 / Lei 13.090, de 12 de janeiro de 2015 e possui uma área, segundo dados do ICMBio, de 729.774, 18 hectares. Além dos Objetivos de um Parque Nacional, esta Unidade de Conservação objetiva proteger as nascentes do Rio Parnaíba, assegurando a qualidade das águas e as vazões de mananciais da região.

O Parque abrange os municípios piauienses de Barreiras do Piauí, Corrente (sede), Gilbués e São Gonçalo, além de outros municípios do Tocantins e do Maranhão. Faz parte do Mercado Regional de Terras Serra do Quilombo (MRT 03), e faz parte do bioma do cerrado.

O Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba tem seu nome no plural, segundo registros do site Wikiparques, porque o Rio Parnaíba tem várias nascentes. Possui, ainda, cinco quedas d'água catalogadas, as cachoeiras do Murici, Pintado, Sussuapara, Urubu e Várzea Grande que são originadas de vários rios.

As nascentes do Rio Parnaíba formam a segunda maior bacia hidrográfica do Nordeste, e ela é ameaçada pelo processo de ocupação da área e da utilização desordenada dos seus recursos naturais. O rio Parnaíba banha 50 cidades

nordestinas e sua extensão de 1.750 km. Segundo o ICMBio, a nascente tradicional é preservada por um emaranhado de árvores frondosas e altas, palmeiras e pequenas plantas, onde vivem borboletas de diferentes tons, as que mais se destacam são as vermelhas com negro.

E o site Wikiparque relata que a nascente tem uma cor avermelhada por causa de uma capa rosa formada pela cor do terreno e das folhas e flores das árvores. O Rio Parnaíba desce em pequenas corredeiras, que são protegidas por uma densa vegetação e em torno da nascente existe uma grande biodiversidade de animais e plantas do cerrado.

3.3.5 Estação Ecológica Uruçuí- UNA

A Estação Ecológica Uruçuí-Una foi criada a partir do Decreto s/nº de 02 de junho de 1981 e é administrada pelo ICMBio. Possui uma área de 135.122,29 mil hectares, que abrange os municípios de Bom Jesus (sede), Santa Filomena e Baixa Grande do Ribeiro (MRT 03), local de maior produção de grãos do estado do Piauí.

Localizada no cerrado, a Estação Ecológica possui um grande planalto de arenito e é cortado por vales de rios, onde há mata ciliar. E a fauna possui uma grande variedade de espécies, como lobo-guará, veado- campeiro, tatu, caititu, arara azul, tamanduá-bandeira, pássaro-sino-barbudo e guruba dourado.

A Estação Ecológica Uruçuí-Una, de acordo com o ICMBio, é uma reserva natural estrita que tem por objetivo proteger o ecossistema cerrado, e as nascentes, riachos e rios das Bacias Hidrográficas do Gurgueia e Parnaíba, além de conservar a natureza e apoiar a pesquisa científica.

3.3.6 Estação Ecológica Chapada da Serra Branca

A Estação Ecológica da Chapada da Serra Branca foi criada, em 2008, pelo governo do Estado do Piauí e abrange os municípios de São Raimundo Nonato, São Braz do Piauí, Brejo do Piauí e Jurema (MRT 02). A UC está inserida no Corredor Ecológico Serra da Capivara/Serra das Confusões, que conecta as duas áreas, assegurando a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais da área,

permitindo a efetiva conservação da diversidade biológica das unidades de conservação componentes do mosaico.

Estações Ecológicas são unidades com as maiores restrições em termos de uso e são predominantemente voltadas para a preservação da natureza. As restrições são indispensáveis para diminuir ao máximo as atividades conflitantes presentes na região, como a caça e extração de madeira ilegal e a presença de trilhas de motocicletas e incêndios. Segundo o site Wikiparques, é admitido apenas, nesta Estação Ecológica, o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

3.3.7 Área de Preservação Ambiental Delta do Parnaíba

A Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba foi criada em agosto de 1996, possui uma área de extensão de 307.590,51 hectares e abrange três estados do Nordeste, Piauí, Maranhão e Ceará, percorrendo todo litoral Piauiense. De acordo com o ICMBio, essa APA tem como objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso de recursos naturais.

A APA abrange os municípios: Ilha Grande, Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia no Piauí (Mercado Regional de Terras Planícies Litorâneas -MRT 12) e outros municípios do Maranhão e Ceará. É um local paradisíaco de observação e contato com a natureza, o Rio Parnaíba deságua no Oceano Atlântico. A visitação é possível através de vários passeios, em que o turismo ecológico é amplamente utilizado.

O Delta do Parnaíba, local preservado pela APA, é o único delta que deságua em mar aberto das Américas. É o terceiro maior do mundo.

3.3.8 Área de Preservação Ambiental Reserva Marinha do Delta

A Área de Preservação Ambiental Reserva Marinha do Delta foi criada a partir do Decreto s/nº de 16 de novembro de 2000. Possui uma área de 27.021,65 hectares e bioma Marinho Costeiro. Localiza-se nos municípios de Ilha Grande (MRT 12) e Araiões no Maranhão e está dentro da APA do Delta do Parnaíba.

A criação da Reserva objetiva proteger os meios de vida e a cultura das populações extrativistas tradicionais locais, assegurando o uso sustentável dos recursos naturais da UC. De acordo com o ICMBio, a área de Resex é usada por essas populações tradicionais que têm sua subsistência baseada no extrativismo, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte.

Ainda segundo o ICMBio, essas populações que vivem nessas Reservas têm contrato de concessão de direito real de uso, uma vez que a área é de domínio público. Se compatível com as determinações do plano de manejo da UC e com os interesses locais, a visitação é permitida. E, quanto a pesquisa, também é permitida e até incentivada, porém é necessária aprovação prévia do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, que é o órgão responsável pela UC.

3.3.9 Área de Preservação Ambiental Serra da Ibiapaba

Área de Proteção Ambiental Serra da Ibiapaba foi criada por meio do Decreto s/n.º de 26 de novembro de 1996 e possui uma área de 1.628.450,08 hectares. Fazendo parte do bioma do cerrado, a APA abrange municípios do Ceará e Piauí. No Piauí, a APA localiza-se em Bom Princípio, Brasileira, Buriti dos Lopes, Cocal, Conceição do Canidê, Domingos Mourão, Lagoa de São Francisco, Piracuruca, Piripiri e Pedro II (Mercado Regional de Terras Vale do Maratoan – MRT 08).

De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a APA Serra da Ibiapaba tem por objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

3.3.10 Área de Preservação Ambiental Serra das Mangabeiras

A partir do Decreto 5.329 de 18 de fevereiro de 1983 foi criada a Área de Preservação Ambiental Serra das Mangabeiras, destinada à preservação do ecossistema da região das nascentes do Rio Parnaíba.

E os Decretos 7.299 e 7.300 de 12 de fevereiro de 1988, definem a extensão territorial da APA fixando as restrições e proibições de uso dos recursos ambientais e

aprova o regulamento que estabelece normas de fiscalização e do procedimento administrativo relativos a esta APA.

Com sede no município de Barreiras (MRT 03), a APA Serra da Ibiapaba possui, segundo a Fundação CEPRO, uma área territorial de 96.942 hectares e faz parte do bioma cerrado.

3.3.11 Área de Preservação Ambiental Lagoa de Nazaré

A Área de Proteção Ambiental da Lagoa de Nazaré foi criada a partir do Decreto Estadual nºs 18.345, 18.346, 18.347, possui uma área de 2.310 hectares e se localiza numa área de transição de cerrado e caatinga.

A APA fica nos municípios de Nazaré e São Francisco do Piauí (Mercado Regional de Terras Vale do Rio Parnaíba – MRT 05), e, de acordo com o site Wikiparques, a importância ecológica desta APA consiste em seu domínio vegetal singular, apresentando ampla variação geomorfológica e de flora e por ser local de reprodução de diversas espécies.

3.3.12 Floresta Nacional de Palmares

Segundo o ICMBio, o objetivo da Floresta Nacional de Palmares é promover o manejo e uso múltiplo dos recursos florestais, a pesquisa científica, a manutenção das espécies nativas e a proteção dos recursos naturais, além da recuperação de áreas degradadas e educação ambiental. A floresta foi criada em fevereiro de 2005, tem uma área de 170 hectares e se situa no município de Altos (Mercado Regional de Terras Vale da Carnaúba – MRT 10), bioma de transição de cerrado e caatinga.

A visitação e é uma das principais atrações de ecoturismo desenvolvidas na Floresta Nacional é o *birdwatching*, que é a observação de aves. A Floresta Nacional de Palmares hospeda espécies exóticas e raras de aves, como a rara Araponga do Nordeste (*Procnias Averano*), propiciando esse tipo de ecoturismo.

3.3.13 Área de Preservação Permanente Serra do Cumbre / Chapada da Pedra Hume

A Área de Preservação Permanente (APP) Serra do Cumbre/ Chapada da Pedra Hume teve sua criação a partir do Decreto nº 99.143, de 12 de março de 1990. E tem por objetivo “proteger os sítios de excepcional beleza, de valor científico/histórico e espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção.” A APP se localiza nos municípios de Canto do Buriti, São João do Piauí e São Raimundo Nonato (MRT 02), tem uma área de 18.500 hectares e um perímetro de 90km.

3.3.14 Área de Preservação Permanente Serra Vermelha/ Angical

A Área de Preservação Permanente (APP) Serra Vermelha/ Angical teve sua criação a partir do Decreto nº 99.143, de 12 de março de 1990. E tem por objetivo “proteger os sítios de excepcional beleza, de valor científico/histórico e espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção.” A APP se localiza nos municípios de Canto do Buriti, São João do Piauí e São Raimundo Nonato (MRT 02), tem uma área de 8.500 hectares e um perímetro de 60km.

3.3.15 Área de Preservação Permanente Baixão das Andorinhas

A Área de Preservação Permanente (APP) Baixão das Andorinhas teve sua criação a partir do Decreto nº 99.143, de 12 de março de 1990. E tem por objetivo “proteger os sítios de excepcional beleza, de valor científico/histórico e espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção.” A APP se localiza nos municípios de Canto do Buriti, São João do Piauí e São Raimundo Nonato (MRT 02), tem uma área de 8.000 hectares e um perímetro de 50km.

3.3.16 Parque Ambiental Encontro dos Rios

O Parque Ambiental Encontro dos Rios, criado através da Lei Municipal nº 2.265 de Dezembro de 1993, localiza-se na capital do estado do Piauí, Teresina (Mercado Regional de Terras Teresina – MRT 11). O Parque tem por objetivos básicos, segundo a Lei n. 4.771 de 1965 – Art. 2º do Código Florestal, proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. É também objetivo do Parque, segundo a Lei Municipal de sua criação, a promoção do turismo ecológico e o resgate da cultura popular do Cabeça de Cuia.

3.3.17 Parque Ecológico Cachoeira do Urubu

O Parque Cachoeira do Urubu foi criado em 1997, com a finalidade de conservar e proteger a flora e fauna nativa e preservar a mata ciliar das margens do Rio Longá. O Parque possui 5.500 hectares de extensão e se localiza nos municípios de Batalha e Esperantina (Mercado Regional de Terras Vale do Maratoan – MRT 08) e está situado no bioma de caatinga.

3.3.18 Parque Municipal Floresta Fóssil

Segunda a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo de Teresina – SEMDEC, o Parque Floresta Fóssil é um sítio paleontológico localizado às margens do Rio Poti, na área urbana de Teresina, com troncos fósseis do período Permiano (aproximadamente 280 a 270 milhões de anos). Destaca-se por possuir vários troncos petrificados em posição de vida e ser o único sítio paleontológico dentro de uma capital brasileira. O Parque faz parte do Mercado Regional de Terras Teresina (MRT 11).

3.3.19 Parque Jardim Botânico de Teresina

O Parque Jardim Botânico de Teresina possui 38 hectares de extensão e está situado na cidade de Teresina (MRT 11). É a maior área de preservação dentro da cidade e, segundo a SEMDEC no parque são desenvolvidas pesquisas com elementos da natureza, contando com um laboratório e um herbário com vegetais secos para estudos de botânica. Esta UC tem por objetivo a pesquisa, preservação e estudo. O Parque é aberto para visitação do público em geral e não possui fins lucrativos.

4 METODOLOGIA

Para Almeida (2012), dados espaciais são considerados amostras de pontos ou áreas, em distribuição espacial contínua, que podem identificar a força de associação entre os pares de localidade. A análise espacial, um conjunto de

procedimentos encadeados, que tem por finalidade gerar um modelo de inferência em que uma variável espacial seja explicativa do fenômeno. Logo, o presente estudo pode ser considerado espacial (ALMEIDA, 2012).

Para obtenção dos objetivos específicos, os mapas foram elaborados no programa ArcGIS™ (ESRI, Inc.) na coordenada WGS 84 na projeção UTM zona 23S. Os dados de potencial do solo, produção de milho, soja e arroz foram comprados da empresa GISMAPS (www.gismaps.com.br) que compilam informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o respectivo ano demonstrado na análise. As unidades de conservação são disponibilizadas no site do ministério do meio ambiente (<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados.html>). As macrorregiões do estado do Piauí estão disponíveis gratuitamente no site do IPEA. O modelo digital de elevação está disponível no site da EMBRAPA.

Já a construção do Indicador de Risco das UC's (IR), foi feita de acordo com os objetivos e métodos expostos a seguir: com objetivo de realizar uma aplicação empírica da metodologia proposta do IR, foi utilizada uma medida multidimensional que descreve quanto risco uma UC corre de ter uma diminuição ou perda de seu território, esse IR será composto por 4 dimensões, tipo da UC, preço da terra, distância ao polo de produção de soja do estado, e vocação do uso do solo, para isso será utilizado o *Excel*. E com o objetivo de fazer uma análise comparativa dos IR das UC's dos diferentes Mercados Regionais, referente a representação desse índice gerando mapas e gráficos, será utilizado o programa ArcGIS™ (ESRI, Inc.).

Segundo Abreu (2018), para construir o IR, é necessário seguir três passos: 1 – seleção de indicadores; 2 – definição de ponderadores; 3 – agregação desses indicadores em um único índice.

A partir das variáveis Tipo de UC; Preço da Terra; Proximidade de Centros Urbanos; e Vocação do Uso do Solo, será calculado o Índice de Risco (IR):

$$IR_i^{UC} = \frac{PT_i + DC_i + TUC_i + VUS_i}{N}$$

Em que:

IR_i^{UC} = Índice de Risco para a unidade de conservação i

PT_i = Preço da terra nua i

DC_i = Distância do polo de soja à unidade de conservação i

TUC_i = Tipo de unidade de conservação i

VUS_i = Vocação do uso solo i

N = Número de dimensões

Como as variáveis possuem unidades de medida diferentes, deve-se normalizá-las para deixá-las em uma única unidade de medida. Segundo Romero (2019), o processo de reescalação permite o reordenamento dos dados, colocando-os em um intervalo de 0 a 1 com base em valores máximo e mínimo (MIN – MAX). Os resultados são expostos em uma escala de desempenho. “Quanto mais alto melhor” ou “Quanto mais baixo melhor”, 0 para o melhor desempenho e 1 para o pior. Por exemplo, quanto mais baixo o preço da terra, melhor para a UC, pois ela corre menos risco. Esses valores do intervalo máximo e mínimo podem estar dentro da faixa de variáveis ou podem ser inseridas de acordo com critérios estabelecidos.

Uma vez que a fórmula de normalização Mínimo – Máximo (MIN – MAX) é aplicada, os valores são alterados para uma nova escala ou um novo intervalo limitado entre 0 e 1. A normalização mencionada, é feita da seguinte forma:

<p style="text-align: center;">MAIOR – MAIOR</p> <p style="text-align: center;">Fórmula 1:</p> $I = \frac{(x_{ij} - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})}$	<p style="text-align: center;">MENOR - MAIOR</p> <p style="text-align: center;">Fórmula 2:</p> $I = \frac{(x_{max} - x_{ij})}{(x_{max} - x_{min})}$
<p>É usado quando se deseja que o valor mais alto no intervalo de variáveis seja igual ao valor mais alto da nova escala, isso é igual a 1.</p>	<p>É usado quando se deseja que o menor valor no intervalo de variáveis seja igual ao valor mais alto da nova escala, isso é igual a 1.</p>
<p>Em que: x_{ij} = valor da variável i no indivíduo j $x_{min,max}$ = valor mínimo e máximo dos dados, respectivamente. I = Valor normalizado</p>	

Exemplo de aplicação do índice de risco IR_i^{UC} (Os valores apresentados não correspondem a realidade).

UC	Distância em km ²	DC_i	Preço em milhares de \$ R	PT_i	DC	TUC_i	IR_i^{UC}
1	8	0,50	15	0,13	1	1,00	0,54
2	5	0,71	20	0,23	2	0,75	0,57
3	4	0,79	25	0,33	3	0,50	0,54
4	6	0,64	30	0,42	4	0,25	0,44
5	1	1,00	60	1,00	1	1,00	1,00
6	2	0,93	40	0,62	3	0,50	0,68
7	1	1,00	45	0,71	4	0,25	0,65
8	3	0,86	50	0,81	5	0,00	0,55
9	15	0,00	9	0,02	5	0,00	0,01
10	14	0,07	60	1,00	2	0,75	0,61
11	13	0,14	8	0,00	3	0,50	0,21
12	6	0,64	9	0,02	3	0,50	0,39
13	7	0,57	11	0,06	1	1,00	0,54
14	10	0,36	12	0,08	1	1,00	0,48
15	9	0,43	13	0,10	4	0,25	0,26

TABELA 1: Exemplificação de aplicação de IR.
FONTE: Elaboração Própria.

Em que, a UC 5 teria um risco muito alto de diminuição ou perda de seu território e a UC 9 teria um risco muito baixo ou quase nulo de diminuição ou perda de seu território. Ressaltando que os valores expostos são a título de exemplo e ainda não correspondem aos reais.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Iniciando pela variável TUC_i = Tipo de unidade de conservação i , tem-se seis classificações de Unidades de Conservação (UC): Parque Nacional (PARNA); Estação Ecológica; Área de Preservação Ambiental (APA); Área de Preservação Permanente (APP); Floresta Nacional; Parques Estaduais e Municipais. Que foram distribuídas em seis categorias. A categorização foi feita a partir da legislação de cada tipo de UC, até que ponto a lei protege a área, as facilidades de mudanças dos Decretos e os planos de manejo de cada UC e também a partir da literatura, o que define cada UC para que ela seja amparada por cada órgão responsável. A categorização é crescente, 1 a UC com menor risco e 6 a que enfrenta maior risco.

Considerando a variável PT_i = Preço da terra nua i , tem-se como uma variável quantitativa, logo não foi necessário categorizá-la. Aplicou-se a normalização direta (Min- Max) nas variáveis de interesse. De acordo com a literatura, quanto maior o preço, menos risco a UC corre.

A variável VUS_i = Vocação do uso do solo i foi categorizada em 4 categorias, em ordem crescente da utilização da terra nos entornos das UC's. O turismo é considerado a utilização que apresenta menos risco, uma vez, que tanto população local, quanto governo e empresas usufruem de retornos financeiros advindos da preservação. Já as UC's próximas a terras em que a vocação é o agronegócio correm o maior risco, devido a pressão que as monoculturas fazem em busca de mais lucros e mais espaço.

E a variável DC_i = Distância do polo de soja da unidade de conservação i , assim como a variável preço, é quantitativa. Logo não foi necessário categorizá-la. Foi aplicada a normalização direta de máximos e mínimos.

Abaixo aparecerá a listagem das Unidades de Conservação exploradas seguida da tabela final da construção do Índice de Risco:

Nº UC	Nome da UC
1	PARNA Sete Cidades
2	PARNA Serra da Capivara
3	PARNA Serra das Confusões
4	PARNA Nascentes do Rio Parnaíba
5	Estação Ecológica Uruçuí- Una
6	Estação Ecológica Chapada da Serra Branca
7	APA Delta do Parnaíba
8	APA Reserva Extrativista Marinha do Delta
9	APA Serra da Ibiapaba
10	APA Serra das Mangabeiras
11	APA Lagoa de Nazaré
12	Floresta Nacional Floresta dos Palmares

1	APP Serra do Cumbre/ Chapada da Pedra Hume
14	APP Serra Vermelha/ Angical
15	APP Baixão das Andorinhas
16	Parque Ambiental Encontro dos Rios
17	Parque Boqueirão
18	Parque Ecológico Cachoeira do Urubu
19	Parque Floresta Fóssil
20	Parque Jardim Botânico de Teresina

TABELA 2: Numeração das UC's.

FONTE: Elaboração Própria.

UC	Tipo da UC	TUC_i	Preço em reais	PT_i	Vocação de Uso	VUS_i	Distância em km	DC_i	IR_i^{UC}
1	2	0,20	616	0,34	3	0,67	630	0,28	0,37
2	2	0,20	360	0,00	1	0,00	270	0,90	0,28
3	2	0,20	1.117	1,00	4	1,00	374	0,72	0,73
4	2	0,20	1.117	1,00	4	1,00	562	0,40	0,65
5	1	0,00	1.117	1,00	4	1,00	272	0,90	0,73
6	1	0,00	360	0,00	1	0,00	320	0,82	0,20
7	6	1,00	743	0,51	1	0,00	779	0,02	0,38
8	6	1,00	743	0,51	1	0,00	792	0,00	0,38
9	6	1,00	616	0,34	3	0,67	655	0,24	0,56
10	6	1,00	1.117	1,00	4	1,00	373	0,73	0,93
11	6	1,00	446	0,11	3	0,67	252	0,94	0,68
12	4	0,60	649	0,38	3	0,67	490	0,52	0,54
13	3	0,40	360	0,00	1	0,00	370	0,73	0,28
14	3	0,40	360	0,00	1	0,00	376	0,72	0,28
15	3	0,40	360	0,00	1	0,00	354	0,76	0,29
16	5	0,80	1.075	0,94	2	0,33	469	0,56	0,66
17	5	0,80	360	0,00	1	0,00	375	0,72	0,38
18	5	0,80	616	0,34	3	0,67	669	0,21	0,50
19	5	0,80	1.075	0,94	2	0,33	463	0,57	0,66
20	5	0,80	1.075	0,94	2	0,33	469	0,56	0,66

TABELA 3: Composição do Índice de Risco das UC's.

FONTE: Elaboração Própria.

Os tipos de Unidades de Conservação usados na composição no Índice estão representados na tabela da seguinte forma: 1= Estação Ecológica. 2= Parque Nacional; 3= Área de Preservação Permanente – APP; 4= Floresta Nacional; 5= Parques Estaduais e Municipais; 6=Área de Preservação Ambiental - APA

A vocação do uso do solo, no entorno das UC's, usada para compor o Índice de Risco aparece na tabela na maneira a seguir: 1= Turismo; 2= Agricultura Empresarial; 3= Agropecuária e Comércio; 4= Agronegócio.

Os números que representam os tipos de UC e a vocação do uso do solo estão dispostos de acordo com a categoria, em ordem crescente, imposta para cada variável. No tipo, as Estações Ecológicas (1) é que possui menos risco de degradação ou extinção de seu território enquanto as Áreas de de Preservação Ambiental – APA (6) são as mais vulneráveis.

Para a vocação de uso do solo, a categorização quer dizer que as UC's que são utilizadas ou estão no entorno de áreas turísticas (1) sofrem menos risco de degradação ou extinção de seu território, por outro lado, as UC's próximas às áreas de agronegócio (4) correm mais risco.

Finalmente, olhando para o índice, obteve-se Índices de Risco (IR) entre 0,20 e 0,93. Em que, a APA Serra das Mangabeiras, situada numa área de agronegócio, curta distância para o principal pólo de cultivo de soja e no mercado regional de terras (MRT) de preços mais altos foi a UC que obteve o maior IR (0,93).

A Estação Ecológica Chapada da Serra Branca foi a UC que obteve o menor IR (0,20), ela fica numa região de turismo. Localizar no MRT de preços mais baixos e situada em uma distância curta do principal pólo de monocultura.

Um fato interessante a ser apontado é o caso das duas Estações Ecológicas avaliadas. Estação Ecológica é o tipo de UC que possui uma legislação mais rígida, porém se notou que apenas isso não é suficiente para a manutenção da mesma, uma vez que, enquanto a Estação Ecológica Chapada da Serra Branca apresentou o menor IR -0,20- a Estação Ecológica Uruçuí-Una teve um IR de 0,73, número próximo a 1,0 logo considerado risco elevado.

Isso ocorre por conta das outras variáveis que compõem o Índice, e, neste caso, a principal variável que diferenciou o IR entre as Estações Ecológicas foi a vocação do uso do solo. A Chapada da Serra Branca é vocacionada para o turismo enquanto que a Uruçuí-Una é localizada nas principais cidades de agronegócio do estado.

Comparando as Áreas de Preservação Ambiental – APA-, tipo de UC que apresentou o maior IR, tem-se uma diferença significativa. Enquanto a APA Serra das Mangabeiras apresentou IR de 0,93, as outras APA's estudadas obtiveram IR's 0,38; 0,56 e 0,68. As APA's com IR de 0,38 (baixo risco) foram APA's situadas em regiões em que o turismo é a vocação principal. As APA de IR 0,56 (risco moderado) e 0,68 (alto risco) são APA's localizadas em regiões em que a vocação do uso do solo é a agropecuária e o comércio, a Serra da Ibiapaba (IR 0,56) se difere da Lagoa de Nazaré (IR 0,68) nas variáveis preço e distância do pólo produtor de soja. As terras no entorno da Serra da Ibiapaba têm um preço mais elevado que as do entorno da Lagoa de Nazaré e Serra da Ibiapaba também fica mais distante do pólo de produção de soja em relação a distância da Lagoa de Nazaré ao polo.

Com os Parques Nacionais, também notaram-se diferenças nos IR's. O único Parque situado numa região considera de turismo, Parque Nacional Serra da Capivara, obteve IR 0,28 (baixo risco). O Parque Nacional Sete Cidades, localizado numa região de agropecuária e comércio, teve IR 0,37 (baixo risco). E os Parques Nacionais Serra das Confusões e Nascentes do Rio Parnaíba, localizados em MRT considerados de agronegócio, obtiveram IR 0,73 (alto risco) e 0,65(alto risco) respectivamente.

As três Áreas de Preservação Permanente – APP- estudadas se localizam em MRT de turismo e conseguiram IR'sa 0,28 (baixo risco), 0,28 (baixo risco) e 0,29 (baixo risco). Os Parques Estaduais e Municipais obtiveram IR's considerados de alto risco, acima de 0,60. Com exceção do Parque Boqueirão, com teve IR 0,38 (baixo risco), a variável que mais se diferenciou entre este Parque e os demais foi a vocação de uso, que o último se situa em MRT de turismo. E, por fim, a Floresta Nacional de Palmares obteve IR de 0,54. E foi a única Floresta Nacional explorada no modelo.

6 CONCLUSÃO

Portanto, a maior contribuição desta pesquisa foi a inovação da criação de um Índice de Risco para as Unidades de Conservação do estado do Piauí. O IR apresentado é confiável e se adequou ao norte pesquisado, sendo assim, é possível acrescentar ou retirar variáveis de acordo necessidades futuras, como por exemplo, a

existências de novas atividades econômicas que não estejam contempladas neste trabalho.

Para além do IR, que pode auxiliar em projetos e políticas públicas de manutenção das UC's e bem-estar da sociedade, foram cumpridos todos os objetivos propostos no trabalho. Houve uma exaustiva análise geoespacial/ georreferencial do Piauí com a exibição de 18 mapas, sendo 17 de elaboração própria, o que fortalece a metodologia de georreferenciamento na análise econômica do estado.

Em relação a verificação dos preços, chegou-se a conclusão da existência de uma relação direta entre o alto preço da terra, no estado do Piauí, com as monoculturas de milho, soja e arroz e também com a exploração de energias limpas e o turismo.

No tocante a vocação de uso do solo, conclui-se que existe a concentração e intenso uso do solo para monoculturas de soja, milho e arroz no sul do estado. O turismo é predominante no norte do estado – o litoral- e também em regiões ao sudeste do estado, onde se encontram importantes achados arqueológicos.

No estado do Piauí existe um percentual considerável de preservação e UC's. Foi o primeiro estado do país a regulamentar as determinações do Acordo de Paris. O Piauí conta com mais de três milhões de hectares protegidos, cerca de 12,5% do território. Isso demonstra, mais uma vez, a relevância do IR, uma vez que é possível identificar as variáveis que possuem maior peso dentro do risco, o que auxilia os tomadores de decisão a elaborar melhores políticas públicas.

Assim, pode-se concluir que relacionado aos índices encontrados, é possível perceber que locais que exploram o turismo ecológico são os que mais ganham tanto em termos econômicos quanto em termos de preservação. É possível gerar renda para a população e para o estado com o mínimo de degradação ao meio ambiente. E, do lado da grande produção de alimentos, também é possível gerar novas perspectivas em que o meio ambiente não seja totalmente destruído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. C. S. Construção de um índice de desenvolvimento sustentável e análise espacial das desigualdades nos municípios cearenses. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, 2018.

ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas, SP: Alínea, 2012.

ANDRADE, D.; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “economia dos ecossistemas”. **Economia**, Brasília-DFI, v. 12, n. 1, 2011.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto de 2 de outubro de 1998**. Cria o Parque Nacional da Serra das confusões nos municípios de Caracol, Guaribas, Santa Luz e Cristino Castro, no Piauí, e dá outras providências.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto nº 86.061, de 2 de junho de 1981**. Cria estações ecológicas e dá providências. Brasília, DF, 4 de Junho de 1981.

BRASIL. Casa civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto nº 88.118, de 23 de Fevereiro de 1983**. Dispõe sobre o processo administrativo de demarcação de terras indígenas e dá outras providências. Brasília, DF, 24 de Fevereiro de 1983.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto nº 99.143, de 12 de março de 1990**. Declara de preservação permanente a vegetação natural das áreas que descreve. Brasil. D.O.U. Brasília, DF, 12 de Março de 1990.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto de 30 de Dezembro de 2010**. Dispõe sobre a ampliação do Parque Nacional da Serra das confusões. Diário oficial da União, Brasília, 30 de Dez. 2010.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 Jul. 2000.

BRASIL. Casa civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei nº 13.090, de 12 de janeiro de 2015**. Altera os limites do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, nos estados do Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins, criado pelo Decreto s/nº 16 de Julho de 2002. Brasília, DF, 12 de Janeiro de 2015.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. IBAMA. **Portaria 76, de 11 de março de 2005**. Criar um mosaico de unidades de conservação abrangendo o parque nacional da serra da capivara e o parque nacional da serra das das confusões, no estado do Piauí. Diário Oficial da União, Brasília, 14 de Março de 2005.

BRIASSOULIS, H. Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. **The web book of Regional Science**, Aegean, n.3, 2019.

COSTA, M. da S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São carlos, 2008. 248p.

DIAS, C. M. M. Povoamento e despovoamento: da pré-história à sociedade escravista colonial. **FUMDHAMentos VII**. 2008.

EKELUND, J. R. B.; HÉBERT, R. F. **Secret origins of modern microeconomics: dupuit and the engineers**. Chicago: The University of Chicago Press, 1999.

ERVIN, J. Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. **BioScience**, Oxford, v. 53, n. 9, p. 833-841, 2003.

FUMDHAM -FUNDAÇÃO MUSEU DO HOMEM AMERICANO. Piauí, 1991. Disponível em: <<http://fumdham.org.br>>. Acesso em: maio 2020.

IBGE. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 2000.

IBGE. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 2010.

INCRA. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. **Relatório de análise de mercado de terras do estado do Piauí –RAMT/PI**. Teresina, 2020.

LOVEJOY, T. E.; HANNAH, L. **Climate change and biodiversity**. The Energy and Resources Institute (TERI), India, 2006.

MACLAREN, V. W. Urban Sustainability Reporting. **Journal of The American Planning Association**, Chicago, V.62, n.2, p. 184-202.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 27 Jan. 2021.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNP, Rio de Janeiro, 1998. 241p.

PIAUI. Centro de pesquisa econômicas e sociais do Piauí (CEPRO). **Piauí em números**. Teresina: Cepro ed. 9, 2012. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/download/201306/CEPRO07_8a8208d146.pdf> Acesso em Fevereiro de 2020.

PIAUI. Centro de pesquisa econômicas e sociais do Piauí (CEPRO). **PIB dos municípios em 2017**. Teresina: Cepro ed. 9, 2012. Disponível em: http://www.seplan.pi.gov.br/download/201912/SEP13_305f3c541c.pdf Acesso em Fevereiro de 2020.

PIAUÍ. **Decretos nº 18345, 18346, 18347**. Criam 3 novas unidades de conservação no estado: a área de produção ambiental da lagoa de Nazaré (PI), a área de relevante interesse ecológico da lagoa do Portinho (PI) e o Parque estadual da Serra do Santo Antônio (PI). DOU, 2019.

PIAUÍ. **Decreto nº 83.548 de 5 de junho de 1979**. Cria no Estado do Piauí, o Parque Nacional da Serra da Capivara, com os limites que especifica e dá outras providencias. Diário Oficial da União de Brasília, em 05 de junho de 1979.

PIAUÍ. Secretária estadual de meio ambiente e recursos hídricos (SEMAR). **Semar. Título. Piauí, 2000**. Disponível em: <<https://www.mppi.mp.br/internet/phocadownload/artigos/40.htm>>. Acesso em: jan 2020.

RICARDO, D. **An essay on the influence of a low price of corn on the profits of stock, with remarks on mr. Malthus' two last publications**. 1815.

ROMERO, M. A. C. **Propuesta metodológica para la medición multidimensional del bienestar humano y bienestar ecosistémico como instrumentos analíticos de sostenibilidad: un caso de estudio para la región costera de Ecuador**. **Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) – Programa de pós graduação em gerenciamento costeiro, Universidade Federal do Rio Grande** Rio Grande, 2019. 222p.

RYLANDS, A. B; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27-35, 2005.

SAMUELSON, P. A. Spatial price equilibrium and linear programming. **American Economic Review**, v. 42, p. 283-303, 1952.

SANTOS, G.; KRUEL, K. **História do Piauí**. Teresina: Halley/ Zodíaco, 2009.

THISSE, J. F. Geografia Econômica. In: OLIVEIRA CRUZ, B. et al. **Economia Regional e Urbana**. Brasília: Ipea, 2011. Disponível em: <http://desafios2.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_econregio_nalurbanaa.pdf>. Acesso em janeiro de 2020.

VON THUNEN, J. H. **Isolated State**: An English Translation of der Isolierte Staat. Glasgow: Pergamon Press, 1826.

YOUNG, C. E. F; MEDEIROS, R. **Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras**. Rio de Janeiro: Conservação Internacional, 2018. 180p. Disponível em: <<https://www.funbio.org.br/wp-content/uploads/2018/08/Quanto-vale-o-verde.pdf>> Acesso em Fevereiro de 2020.