



ZONEAMENTO DA ZONA DE AMORTECIMENTO DO RESERVATÓRIO CAIÇARA (MARCELINO VIEIRA-RIO GRANDE DO NORTE/BRASIL) ENQUANTO SUBSÍDIO A GESTÃO E AO GERENCIAMENTO

ZONING OF BUFFER ZONE OF THE CAIÇARA RESERVOIR (MARCELINO VIEIRA-RIO GRANDE DO NORTE/BRAZIL) AS A SUBSIDY TO MANAGEMENT AND MANAGEMENT

Aluizio Bezerra Júnior – IFSULDEMINAS/UERN – Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte
aluizio.junior@alunos.ifsuldeminas.edu.br

Josiel de Alencar Guedes – UERN – Assú – Rio Grande do Norte
josielguedes@uern.br

Agassiel de Medeiros Alves – UERN – Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte
agassielalves@uern.br

RESUMO

O reservatório Caiçara tem suportado considerável pressão sobre o sistema ambiental. Logo, o presente estudo teve como objetivo elaborar um zoneamento na zona de amortecimento do reservatório, a fim de avaliar os níveis de pressão antrópica, e, também, classificar o Índice de Comprometimento Ambiental (ICA). Os procedimentos metodológicos, utilizou-se das técnicas e métodos de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto em SIG, aliado ao cálculo do ICA, segundo equações não computacionais. Os resultados, mostrou que o zoneamento, criou quatro zonas de usos diferenciados, para, a partir de então, conhecer suas pressões antrópicas, podendo assim determinar o cálculo do ICA, buscando com isso apontar as medidas gerenciais. Espera-se que essa pesquisa seja capaz de subsidiar a gestão e o gerenciamento, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da área.

Palavras-chave: Reservatório; Zona de amortecimento; Zoneamento.

ABSTRACT

The Caiçara reservoir has supported considerable pressure on the environmental system. Therefore, this study aimed to elaborate zoning on the reservoir's buffer zone. The objective was to evaluate anthropogenic pressure levels, as well as classify the Environmental Commitment Index (ECI). As for the methodological procedures, Geoprocessing and Remote Sensing techniques and methods in GIS were used, together with the calculation of the ECI, according to non-

computational equations. The results showed that the zoning created four zones with different uses that, in sequence, allowed to obtain information about the anthropic pressures and, thus, to determine the calculation of the ECI, seeking with this to point out the managerial measures. It is expected that this research will be able to support the management and management, contributing to the sustainable development of the area.

Keywords: Reservoir; Buffer zone; Zoning.

INTRODUÇÃO

Os reservatórios na região Nordeste representam grande parte da solução hidráulica (ASSUNÇÃO; LIVINGSTONE, 1993), particularmente na região semiárida, pois sua construção viabilizava o atendimento às necessidades básicas de armazenamento e de abastecimento. Seguindo esse cenário, o INOCS (Inspetoria de Obras Contra a Seca), atual DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca), estabeleceu os reservatórios de diferentes portes como fundamentais ao desenvolvimento socioeconômico (MOLLE, 1994).

Para Molle e Cadier (1992), os reservatórios no semiárido são, também, um mitigador dos efeitos das secas. Segundo Molle (1994, p. 14), “[...] esses corpos hídricos são o único meio de suprir a falta de rios perenes e de lagos ou lagoas permanentes [...]”, principalmente em sua parte do embasamento cristalino. Em linhas gerais, a construção de reservatórios pode ser considerada como elemento vital ao enfrentamento das adversidades climáticas e hidrológicas, representando, em parte, um dos meios de estabilização da vida.

Os reservatórios, entretanto, estão submetidos a transformações antrópicas, que são determinadas pelos usos múltiplos da terra, bem como suas características de operação e funcionamento (TUNDISI, 2006). Deve-se, ainda, levar em consideração a pressão antrópica, em cascata, no sistema, a qual agrava os efeitos biofísicos que afetam o equilíbrio do sistema natural e, assim, impossibilita a gestão e o gerenciamento com base na sustentabilidade (PERIOTTO; TUNDISI, 2013).

Ciente de que os sistemas ambientais são, portanto, essenciais à vida, faz-se necessário ordenar e/ou reordenar a inter-relação do sistema ambiental e humano, estabelecendo, dessa forma, as bases de sustentabilidade, lançando mão dos princípios

de zoneamento (EGLER et al., 2003; SILVA; SANTOS, 2004). Nesse sentido, o suporte do zoneamento busca estabelecer diagnóstico, prognóstico e proposta que, ao menos, possibilitem o melhor uso dos recursos ambientais. De acordo com Rosa (1996) e Santos (2004), o zoneamento é um processo que estabelece um conjunto de normas e visa conhecer e explicar o funcionamento e a organização do ambiente, no intuito de restaurar o ambiente após uma perturbação humana.

Para o presente estudo de caso, realizado no reservatório Caiçara, no município de Marcelino Vieira (RN), é possível observar, acerca dos usos múltiplos da terra, um considerável nível de pressão antrópica, uma vez que as atividades econômicas relacionadas à pecuária e à agricultura estão comprometendo os sistemas ecológicos, particularmente, as margens de montante e jusante, promovendo, desse modo, as alterações no sistema ambiental.

Assim, equacionar as necessidades dos recursos hídricos e as atividades econômico-produtivas nas áreas sob a influência do reservatório tem se constituído um desafio no que concerne tanto à utilização dos recursos naturais como à manutenção de suas reservas. Isso porque as formas produtivas de aproveitamento das margens são meios de sustentação econômica de várias famílias, porém, quando não são bem orientadas e planejadas, podem resultar muito negativamente na qualidade ambiental do reservatório, em razão de comprometer a dinâmica ambiental.

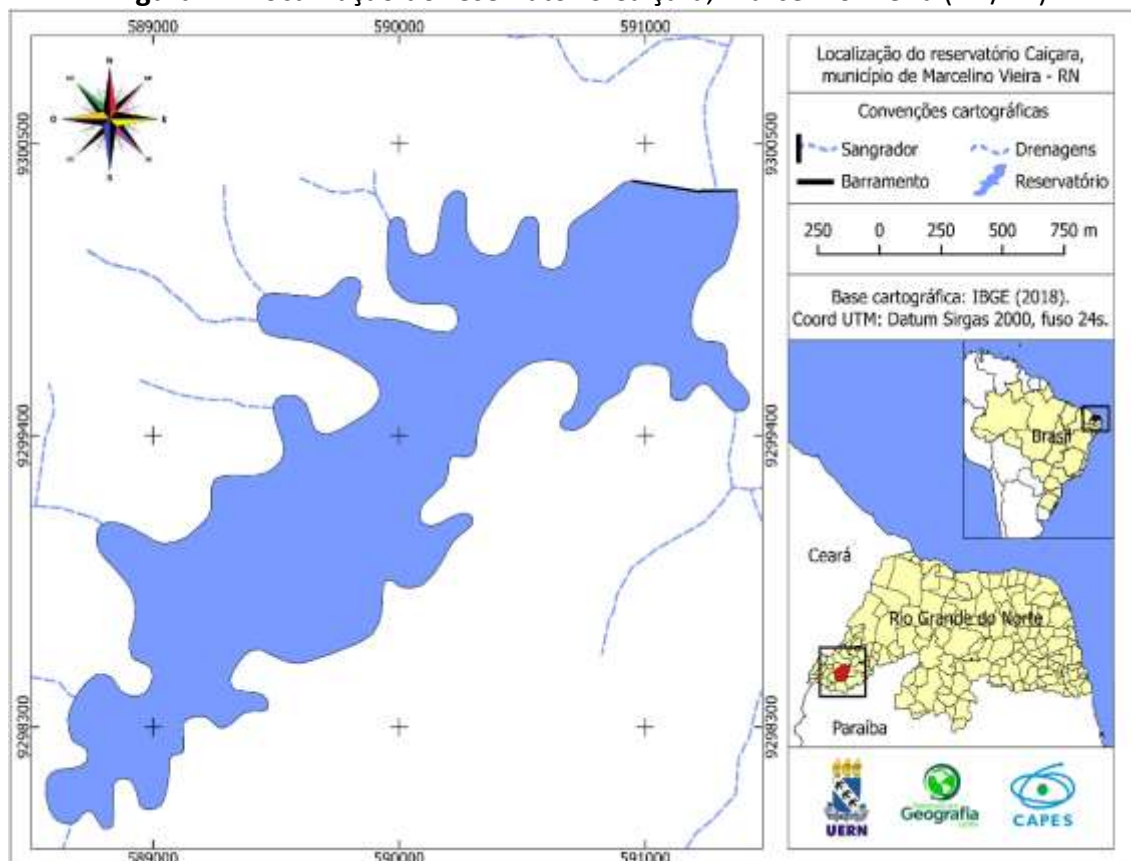
Existe, portanto, a necessidade de definir e estimar as áreas de degradação ambiental. Logo, o presente estudo teve como objetivo elaborar um zoneamento na zona de amortecimento do reservatório Caiçara, a fim de avaliar os níveis de pressão antrópica, e, também, classificar o Índice de Comprometimento Ambiental (ICA), no intuito de indicar ações necessárias à conservação, preservação e recuperação do sistema ambiental, visando, desse modo, contribuir na gestão e no gerenciamento da área pesquisada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de pesquisa é o reservatório Caiçara (Figura 1), localizado no município de Marcelino Vieira, Oeste do estado do Rio Grande do Norte, Brasil (IDEMA, 2008), entre as coordenadas planas 588368 S / 9297702 W e 591756 S / 9297702 W. A bacia hidráulica tem capacidade de 11.200.125,00m³ de armazenamento, o que corresponde à área de 2,18km² do território municipal (DNOCS, 2019; SEMARH, 2019). Em termos hidrográficos, a bacia hidráulica localiza-se no alto e médio curso superior do rio Apodi-Mossoró (CARVALHO; KELTING; SILVA, 2011), tendo os riachos Albuquerque e Barro Preto como principais tributários, com regime efêmero e essencialmente intermitente, com padrão de drenagem dendrítica.

Figura 1 – Localização do reservatório Caiçara, Marcelino Vieira (RN/BR).



Fonte: IBGE (2018). Elaborado pelo autor (2021).

O volume útil do reservatório alcança 78,19%, o que representa 8.757.300,00m³ da capacidade total de armazenamento, referente ao período de 17 de julho de 2020 (SEMARH, 2020). Esse reservatório, é administrado pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), juntamente com a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) (DNOCS, 2020).

Procedimentos metodológicos e técnicos

Na primeira etapa da pesquisa foram realizados os levantamentos bibliográficos acerca dos teóricos que abordam a temática de zoneamento. Para os procedimentos metodológicos, utilizou-se a adaptação da proposta de zoneamento (LIMA, 2012) que emprega as técnicas e os métodos de Geoprocessamento e de Sensoriamento Remoto em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), aliada ao cálculo do Índice de Comprometimento Ambiental (ICA) (MATTAR NETO; KRÜGER; DZIEDZIC, 2009), no intuito de indicar o nível de comprometimento no sistema ambiental.

Durante a segunda etapa, houve o levantamento das imagens do satélite LANDSAT 5 (órbita ponto – 216/64), sensor TM (Thematic Mapper), com resolução espacial de 30 metros, correspondendo a 29 de julho de 2008, disponibilizado gratuitamente pela USGS (United States Geological Survey). Logo após, aplicou-se o Processamento Digital de Imagens (PDI) no software Qgis®, versão 3.4 Madeira, visando corrigir os erros de ruídos, radiométricos e geométricos (NOVO, 2010; JENSEN, 2011).

Na terceira etapa, efetuou-se a composição no sistema de cores RGB (Red-Green-Blue), considerando as bandas espectrais do vermelho (R), verde (G) e azul (B), sensor TM, objetivando a delimitação do reservatório¹; foi registrado no sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), no Datum SIRGAS 2000, meridiano central 39, fuso 24, hemisfério sul. Em seguida, tendo em conta a lâmina d'água do reservatório, utilizou-se a ferramenta Buffer para delimitar um Offset de 1000m, cujo objetivo era determinar a zona de amortecimento.

¹ A utilização das bandas espectrais do sensor TM, satélite LANDSAT 5, deve-se à necessidade de vetorização do reservatório no período de maior volume hídrico.

Para a quarta e quinta etapas, procedeu-se ao levantamento da pressão antrópica na zona de amortecimento, a partir de materiais pré-existentes, considerando como referência o Banco de Dados Geográfico (BDG) do Índice de Pressão Antrópica (IPA) (BEZERRA JÚNIOR, 2021). Esses dados espaciais do índice – tanto *Shapefile** quanto *Matricial** – incluem, além das informações do índice e das classificações multitemporais do uso e cobertura da terra, as percentagens de área. Por meio das informações obtidas, gerou-se a proposta de zoneamento, tendo como suporte o Código Florestal Brasileiro – Lei nº 12.651/12 –, apoiado na Lei suplementar nº 12.727/12 (BRASIL, 2012). Também, optou-se por utilizar as técnicas de agrupamentos de áreas, considerando quatro zonas de análise (Tabela 1).

Tabela 1 – Critérios de delimitação das zonas de zoneamento.

Zonas	Siglas	Critérios
Preservação Permanente	ZPP	Área caracterizada, por terrenos de preservação permanente, que abarcam APP's no entorno do reservatório, de encostas superiores a 45° graus e de canais fluviais perenes ou intermitentes.
Conservação Ambiental	ZCA	Área definida, na zona de amortecimento, pelos remanescentes de cobertura vegetal parcialmente preservada no sopé da serra do Panati e outras áreas nas proximidades.
Recuperação Ambiental	ZRA	Área determinada por toda incongruência no uso da cobertura vegetal, onde prevalecem coberturas inalteradas ou em processo de regeneração. Somando a isso, têm-se área de pastagem nativa, além de cultura temporária.
Uso Sustentável	ZUS	Área caracterizada com máxima incongruência dos usos múltiplos da terra, sobretudo o plantio de cultura temporária, de pastagem nativa não melhorada e de solo exposto. Além disso, apresentam adensamento desorganizado em expansão.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Depois, realizou-se a sexta etapa, que representou propriamente a pesquisa de campo, visando ao reconhecimento das zonas pesquisadas e ao aprofundamento das pressões antrópicas *in loco*, com registro de fotografias da realidade em campo, as quais auxiliaram nos reajustes dos materiais cartográficos. Essa etapa foi efetuada no dia 10

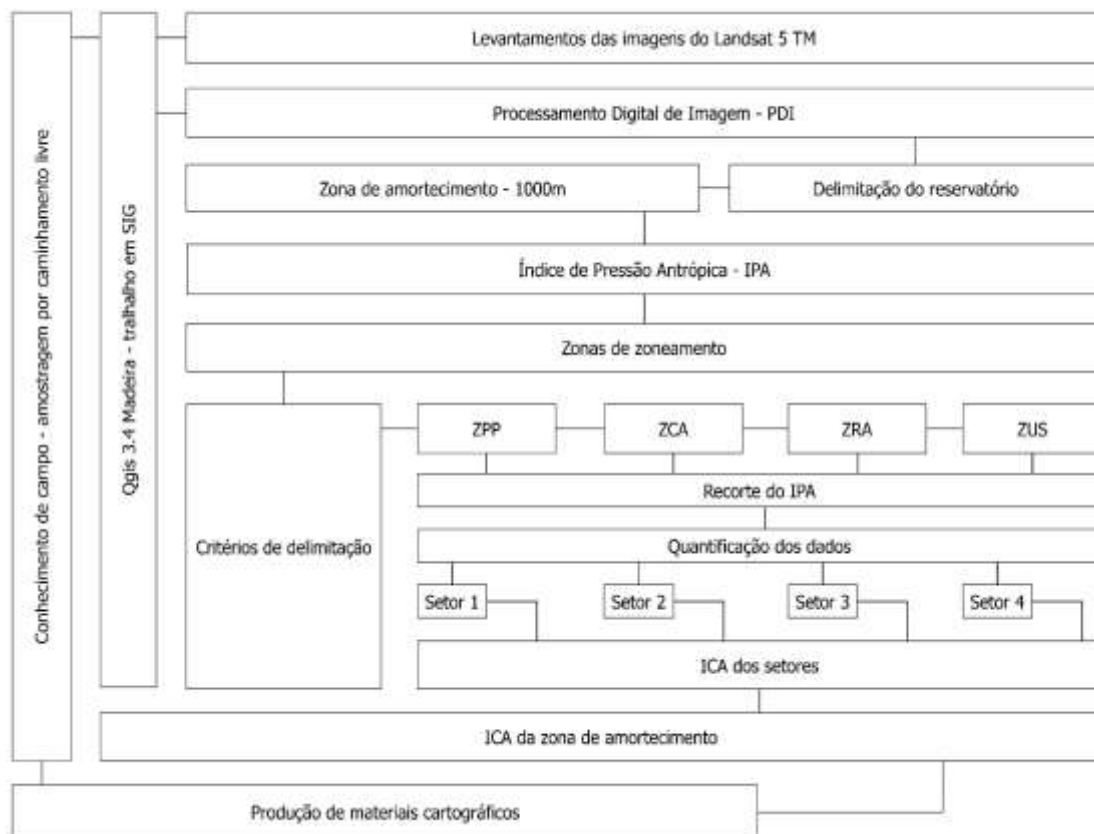
de fevereiro de 2020, a partir do método de amostragem por caminhamento livre (CAVALCANTI, 2014).

Na sétima etapa, foram utilizadas as quatro zonas no recorte do Índice de Pressão Antrópica (IPA), visando classificar as nomenclaturas do índice para cada zona, considerando os valores de *Natural Breaks* de Jenks (1977) para 4 parâmetros, a saber: baixo (1 - 1,5); moderado (2,5 - 5); alto (5 - 7,5); e muito alto (7,5 - 10). Esse método de quebra, foi desenvolvido por Jenks (1977), a fim de estabelecer um novo método para ajustar os limites não normais e não uniformes. Também, usou-se técnica de estatística básica, principalmente quando se trata de percentagem e variação percentual. Procedeu-se, então, à adaptação da terminologia das zonas de zoneamento, tal como a zona de amortecimento, levando-se em consideração que a terminologia setor e região, respectivamente, ajustam-se às equações matemáticas da metodologia do ICA.

Após obtidos os dados, iniciou-se a oitava etapa, com a realização do cálculo do ICA. Para tal, foi necessário utilizar os dados de área, bem como os níveis de degradação, tanto dos setores como da região. Com base nos dados dos setores, calculou-se o ICA de cada setor, conforme a equação (1): $ICA_{setor} = Q_s/A_s/Q_r/A_r$. Em que: ICA_{setor} é o ICA para o setor; Q_s é a Quantidade de degradação do setor; A_s é a Área do setor; Q_r é a Quantidade de degradação da região; e A_r é a área da região.

Feito isto, iniciou-se o cálculo da região, envolvendo o ICA de cada setor e o respectivo potencial de degradação da região, que foi calculado na matriz de valoração de Mudge. Assim, pode-se calcular a equação (2): $ICA_{região} = \sum_{i=1}^n (ICA_{médio} * W_i)$. Na qual: $ICA_{região}$ é o ICA para a região; $ICA_{médio}$ é o ICA médio da região; e W_i é o potencial de degradação. Logo depois, obtém-se o ajuste do índice, utilizando a equação (3): $ICA_{região} = (ICA_{geral} - ICA_{min}) / (ICA_{geral} - ICA_{min})$. Em que: $ICA_{região}$ é o ICA da região; ICA_{min} é o menor ICA da região; e $ICA_{máx}$ é o maior ICA da região. Esse ajuste indica o intervalo de 0 a 1, que representa o menor e o maior comprometimento ambiental, respectivamente. Para saber a intensidade de comprometimento, utiliza-se a escala da metodologia; as equações aplicadas são, essencialmente, sem fins computacionais. As etapas metodológicas são apresentadas no fluxograma (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma metodológico do zoneamento.



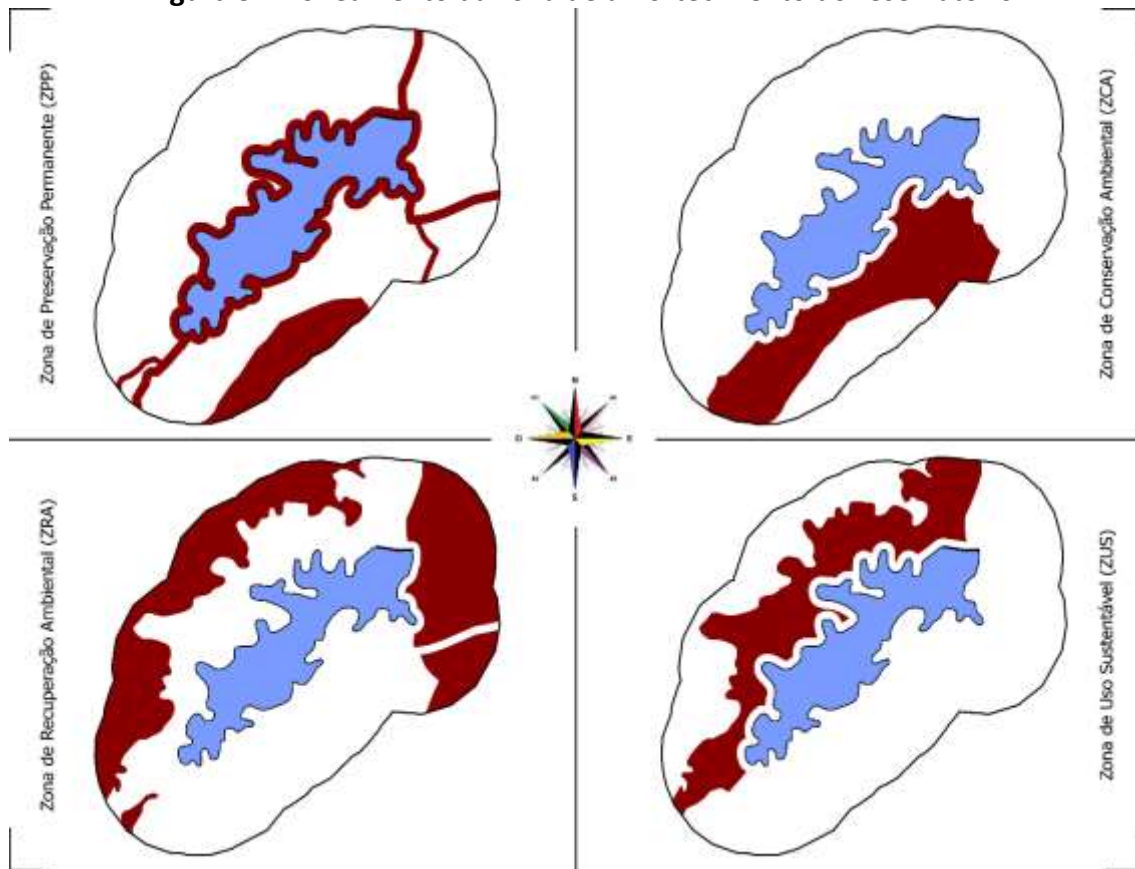
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sobre o zoneamento na zona de amortecimento

O zoneamento na zona de amortecimento (Figura 3) refere-se a uma orientação na política de gestão e gerenciamento do reservatório. Essa proposta é fundamentada, em grande parte, na organização dos usos da terra de múltiplas acepções, respeitando a capacidade de auto-organização do sistema ambiental. Na ótica de Silva e Santos (2004), o zoneamento, em geral, fornece uma orientação descentralizada, que se volta ao controle tanto do sistema ambiental como o sistema humano, de maneira a viabilizar as áreas prioritárias na conservação, preservação e recuperação ambiental.

Figura 3 – Zoneamento da zona de amortecimento do reservatório.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Zona de Preservação Permanente (ZPP)

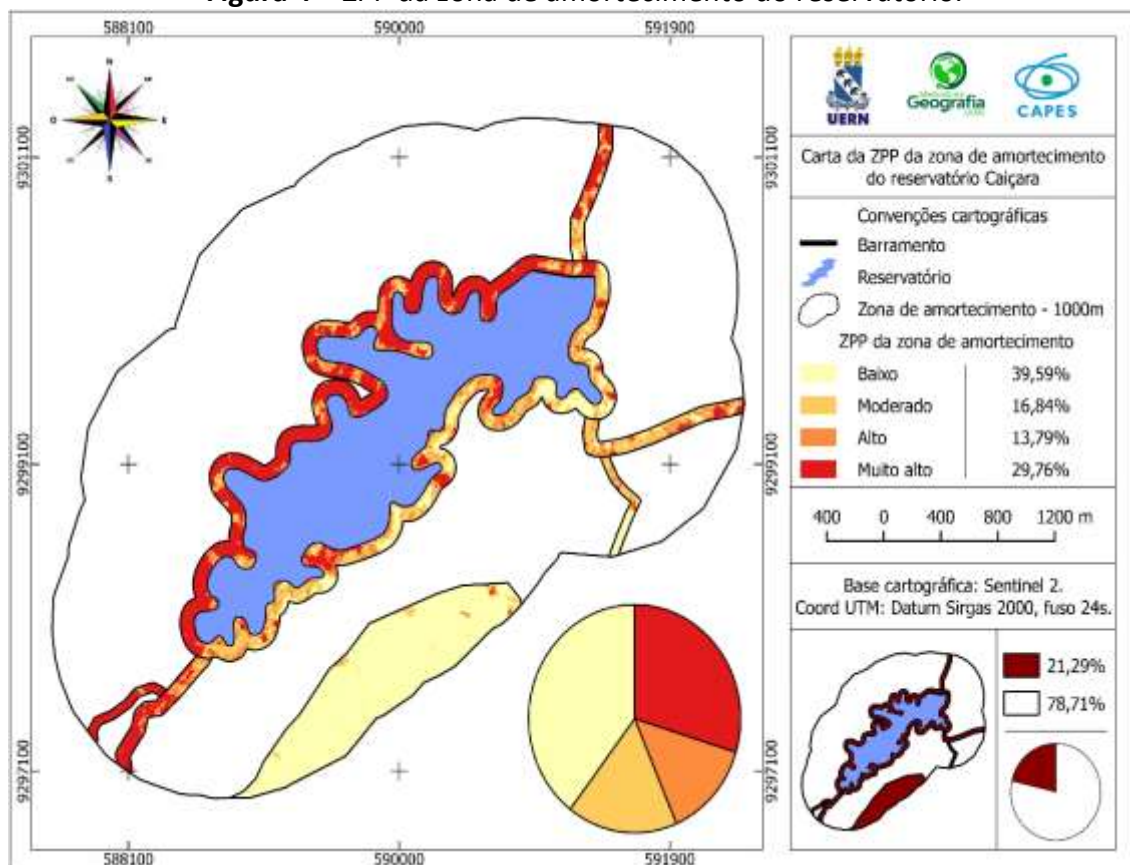
Na região da ZPP (Tabela 2 e Figura 4), verificou-se um elevado grau de ação humana, que, por sua vez, representa 43,55% (116,18ha) de área nos parâmetros alto e muito alto, correspondendo, em valor individualizado, a 13,79% (36,80ha) e a 29,76 (79,38ha), respectivamente; por outro lado, a soma dos parâmetros baixo e moderado corresponde a 56,43% (150,53ha) da área total, com valor individualizado de 39,59% (105,60ha) e 16,84% (44,93ha), nessa ordem.

Tabela 2 – ZPP da zona de amortecimento do reservatório.

Parâmetros	ha	Total (ha)	%	Total (%)
Baixo	105,60	266,71	39,59	100
Moderado	44,93		16,84	
Alto	36,80		13,79	
Muito alto	79,38		29,76	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 4 – ZPP da zona de amortecimento do reservatório.

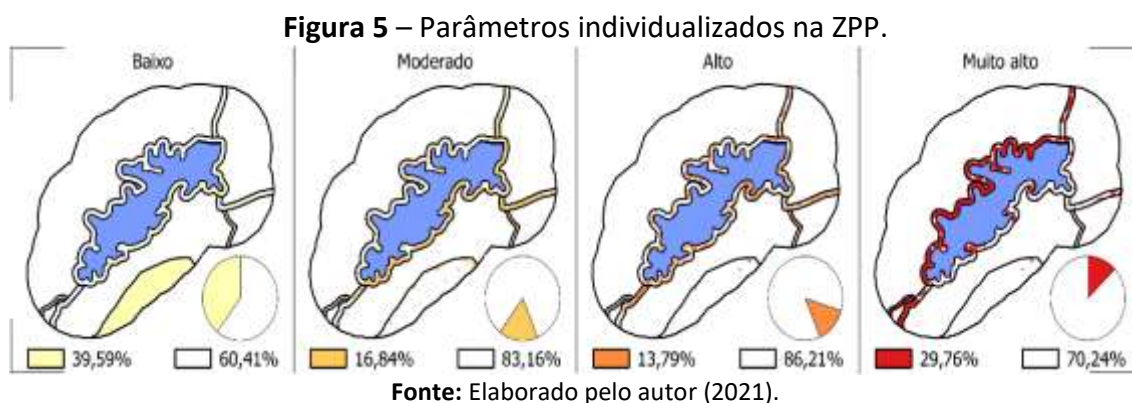


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os padrões espaciais (Figura 5) observados no ambiente mostraram a intensidade das transformações, que representaram múltiplas ações antrópica, em especial, no sentido norte/oeste. Nessa zona, há área de adensamento populacional, representada pela comunidade Caiçara e Caiçara de Fora; em razão disso, são áreas de alto grau de consolidação da população tradicional, que também apresentam ocupação em expansão, de forma desorganizada. Sob essa ótica, Ananias e Guedes (2017) entendem que os reservatórios apresentam em seu entorno comunidades tradicionais que, em muitos casos, vivem dos recursos produzidos no sistema ambiental.

Por sua vez, práticas de uso da terra são constituídas, principalmente, pela derrubada recente da flora local, com objetivo de abertura de clareira para a cultura temporária de rápida germinação e maturação, voltada tanto à subsistência do núcleo familiar, bem como à pastagem nativa não melhorada das gramíneas, que compõem a

alimentação animal. Já no sentido de leste/sul, consta a área de menor transformação da paisagem, haja vista a estrutura da Serra do Panati e também os afloramentos rochosos de dimensões variadas. Segundo Almeida e Alves (2014), a estrutura da serra do Panati varia de fortemente ondulado a montanhoso, com declividade superior a 45°.



O grau de comprometimento nesta área obteve 0,60, o qual, segundo a classificação proposta por Mattar Neto, Krüger e Dziedzic (2009), apresenta intensidade forte de sustentabilidade, o que assinala razoável transformação antrópica no sistema ambiental e, nesse caso, a necessidade de uma resposta rápida para que sejam contornadas as múltiplas perturbações na zona, possibilitando, dessa forma, o uso da terra sustentáveis.

Para as medidas de restauração ambiental, opta-se pelo replantio de cobertura nativa, sobretudo nas margens dos canais fluviais e nas áreas com ocupação antrópica, principalmente no sentido norte/oeste das margens do reservatório. Busca-se, assim, estabilizar a troca de energia e matéria, por meio da reabilitação do sistema ambiental, conforme as normativas da legislação ambiental para, dessa forma, funcionar como sistema de contenção aos múltiplos uso da terra; essas medidas podem ser verificadas, por exemplos, nos estudos de Lima (2012) e de Costa (2015).

Zona de Conservação Ambiental (ZCA)

Em análise da ZCA (Tabela 3 e Figura 6), verificou-se o estágio inicial de uma tendência de supressão da cobertura natural, principalmente na abertura de clareiras

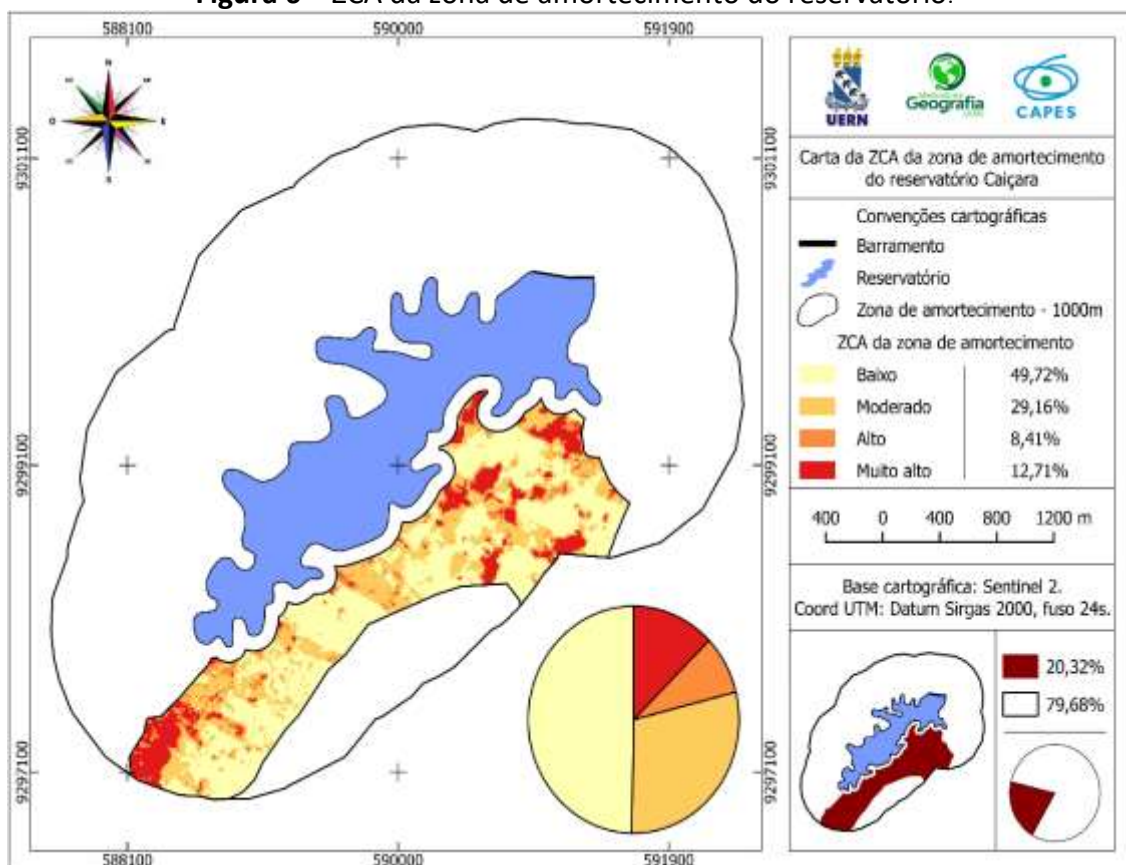
para o plantio de culturas temporárias. Esta região obteve 49,72% (126,61ha) no parâmetro baixo e 29,16% (74,26ha) no moderado, correspondendo a 78,88% (200,87ha) da área total. Em contrapartida, somando os parâmetros alto e muito, estes equivalem a 21,12% (53,75ha), com valor individualizado de 8,41% (21,42ha) e 12,71% (32,33ha), respectivamente.

Tabela 3 – ZCA da zona de amortecimento do reservatório.

Parâmetros	ha	Total (ha)	%	Total (%)
Baixo	126,61	254,62	49,72	100
Moderado	74,26		29,16	
Alto	21,42	53,75	8,41	21,12
Muito alto	32,33		12,71	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 6 – ZCA da zona de amortecimento do reservatório.

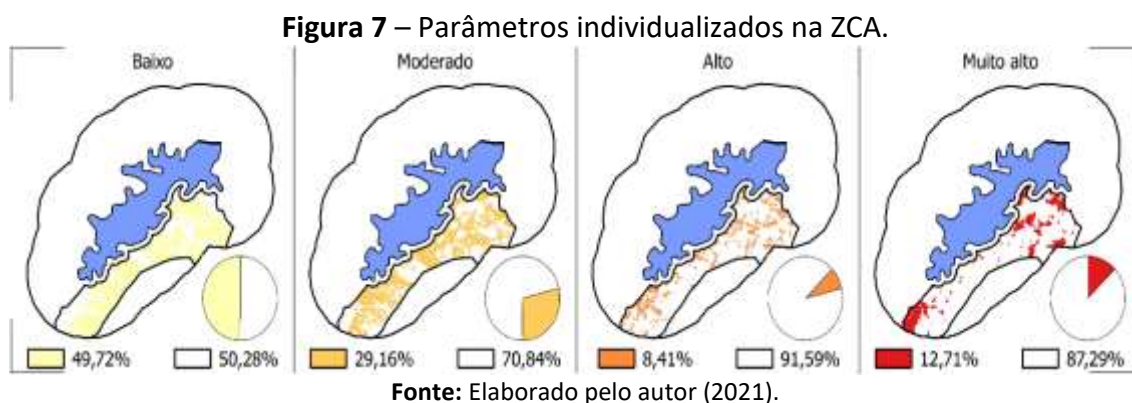


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Esse ambiente (Figura 7) encontra-se no sentido leste/sul, que corresponde a uma região a ser protegida por gestão, em razão da alta conservação e preservação da

cobertura nativa; conforme salientam Freitas, Guedes e Costa (2016), a proteção da cobertura nativa se torna fundamental para a qualidade ambiental dos reservatórios. Apesar disso, diagnosticou-se que esse ambiente passa atualmente por um estágio inicial de transformação antrópica, formando, dessa maneira, os padrões de usos múltiplos. Essa perturbação antrópica é responsável tanto pela regressão da cobertura nativa como pela perda da capacidade de resiliência do sistema ambiental. Esta mesma constatação foi identificada em pesquisas de Lima (2012), Costa (2015), Souza e Nascimento (2015) e de Chaves (2019).

A perturbação imposta representa áreas de impacto ambiental, sendo, na maioria das vezes, associada às fragmentações do ambiente, sobre às diversas formas de uso da terra. Em razão disso, verifica-se a manifestação de abertura de clareiras, tanto já consolidada quanto ainda em consolidação, com fins de cultura temporária de rápido ciclo vegetativo, estando, geralmente, associada à cultura de subsistência. A esse respeito, Freitas, Silva e Guedes (2020) afirmam que as áreas de cultivo, em geral, são as áreas que podem garantir o plantio, frente a disponibilidade do recurso água, bem como o preparo do solo.



No que concerne ao índice de comprometimento, conforme a classificação de Mattar Neto, Krüger e Dziedzic (2009), demonstrou intensidade forte, considerando a informação numérica de 0,73. Tal fato só foi possível em razão da estabilidade do sistema ambiental, por causa da baixa incidência de uso da terra, possibilitando, nesse caso, um elevado índice de manutenção do sistema ambiental, para que haja a conservação deste sistema.

Sobre as medidas a serem adotadas, recomenda-se a manutenção da cobertura vegetal, principalmente das áreas com baixa intervenção antrópica local, em que predomina a vegetação de cobertura inalterada ou em regeneração, assim como a recuperação das áreas de maior fragilidades, como por exemplo, as que apresentam considerável declive, buscando com isso, o bom funcionamento do ambiente. Mais informações que corroboram essas medidas podem ser obtidas em estudos de Abdala (2005), Thomas (2012) e Costa (2015).

Zona de Recuperação Ambiental (ZRA)

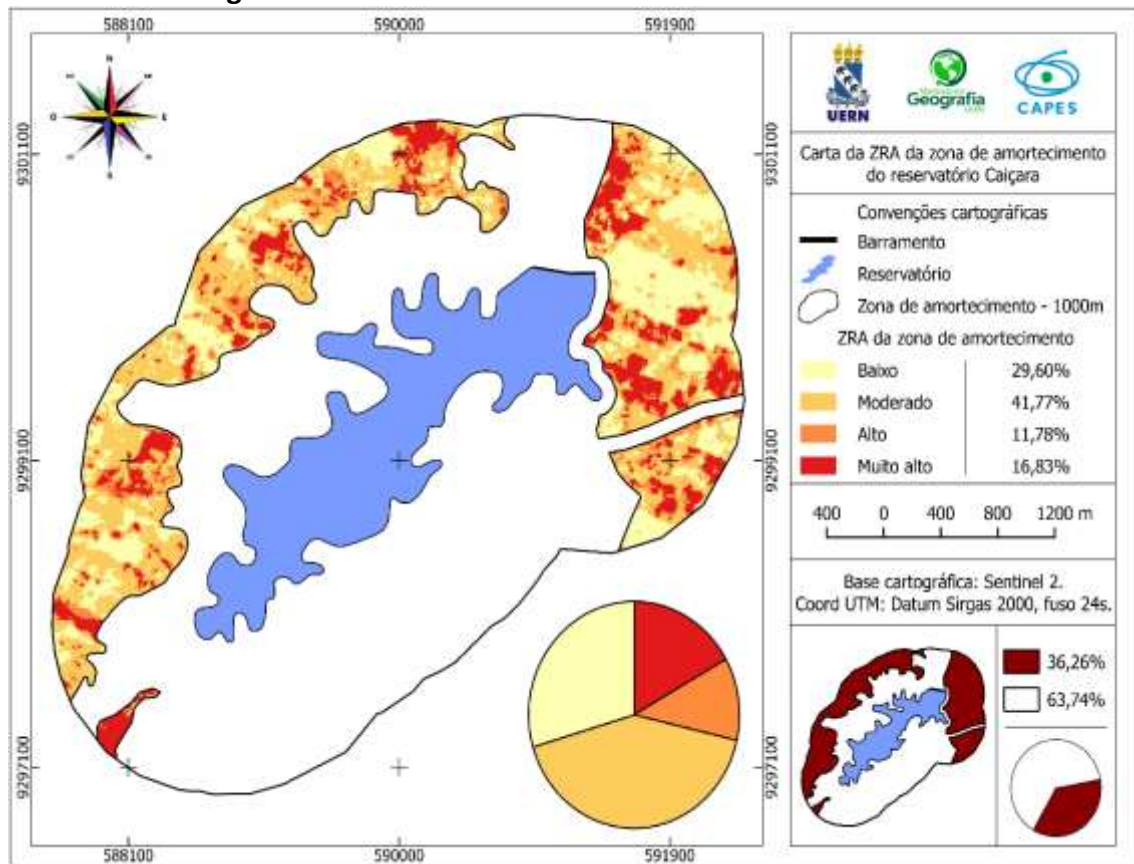
Para essa região da ZRA (Tabela 4 e Figura 8), há um predomínio da cobertura natural, seja inalterada ou em processo de regeneração, representado pelos parâmetros baixo e moderado, que, somados, constituem 71,37% (324,16ha) de área total, com valor individualizado de 29,60% (134,43ha) e 41,77% (189,73ha), respectivamente. Ao passo que a soma dos parâmetros alto e muito alto equivale a 28,61% (129,98ha) de área, dispondo, em área com valor individualizado, de 11,78% (53,54ha) e 16,83% (76,44ha), nessa ordem.

Tabela 4 – ZRA da zona de amortecimento do reservatório.

Parâmetros	ha	Total (ha)	%	Total (%)
Baixo	134,43		29,60	
Moderado	189,73	454,14	41,77	100
Alto	53,54		11,78	
Muito alto	76,44		16,83	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 8 – ZRA da zona de amortecimento do reservatório.

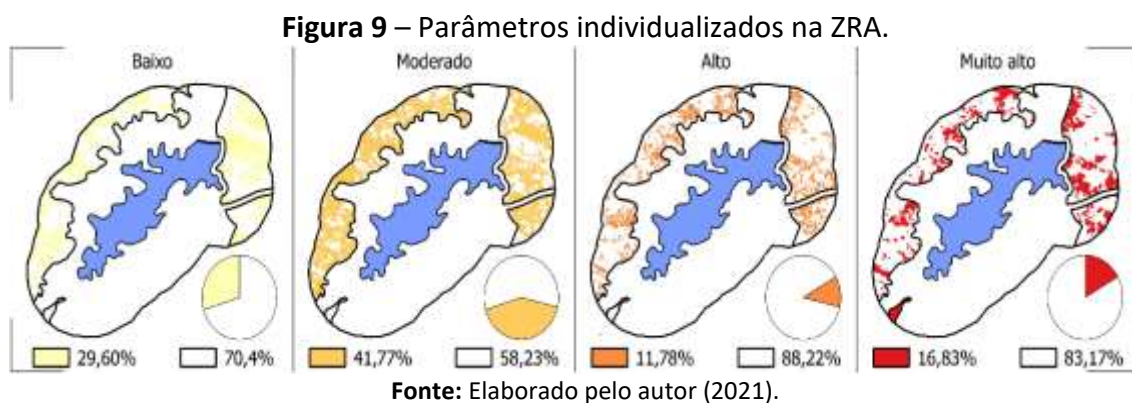


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

É uma área (Figura 9) que atualmente vem passando por uma baixa intensidade de uso do meio natural, especialmente no sentido norte/oeste. As perturbações humanas são, em geral, as múltiplas formas de exploração, oriundas de distintas técnicas e métodos de transformação da paisagem, seja em maior ou menor grau de área utilizada; tal temática pode ser encontrada em pesquisas de Costa (2015) e Chaves (2019). Ainda, em estudos de Souza e Nascimento (2015) pode-se verificar que a transformação sem controle do ambiente gera severos danos em suas múltiplas acepções, principalmente sobre as áreas dos canais fluviais.

A área alterada diz respeito, portanto, a todo tipo de uso, em especial, o plantio de cultura temporária, bem como pastagem nativa não melhorada. De forma geral, as perturbações humanas neste ambiente representam a substituição da cobertura natural em função das necessidades econômicas de subsistência que, de algum modo, determinam a configuração do sistema ambiental. Na perspectiva de Lima (2012) e

Chaves (2019), as transformações dessas áreas acarretam grandes impactos negativos, fato este que altera a dinâmica da recomposição da cobertura vegetal, trazendo, assim, consequências para a biodiversidade deste sistema.



O desempenho do comprometimento ambiental obteve valor de 0,79, o qual, segundo a classificação de Mattar Neto, Krüger e Dziedzic (2009), corresponde à intensidade muito forte de sustentabilidade. As transformações nesta área necessitam, portanto, de um controle no que se refere às múltiplas acepções da área que está sendo utilizada, de maneira a fornecer subsídios ao desenvolvimento sustentável, para que seja possível proteger o conjunto de sistema ambiental, principalmente quando se trata do corpo hídrico e seu entorno.

Como medidas a serem tomadas no tocante a esse ambiente, faz-se necessário proteger a cobertura nativa, seguindo as práticas de sustentabilidade, assim como também se recomenda o reflorestamento de espécies nativas, nesse caso, espécies que sejam de rápido crescimento, visando tornar estável o funcionamento do ambiente; essas recomendações são descritas em estudos realizados por Abdala (2005), Thomas (2012) e também em Rodrigues e Leite (2018). Ademais, torna-se necessário incluir áreas de uso da terra, desde que as atividades não impliquem em grandes impactos, pois, segundo Lima (2012), essas áreas são fundamentais para a subsistência da população tradicional.

Zona de Uso Sustentável (ZUS)

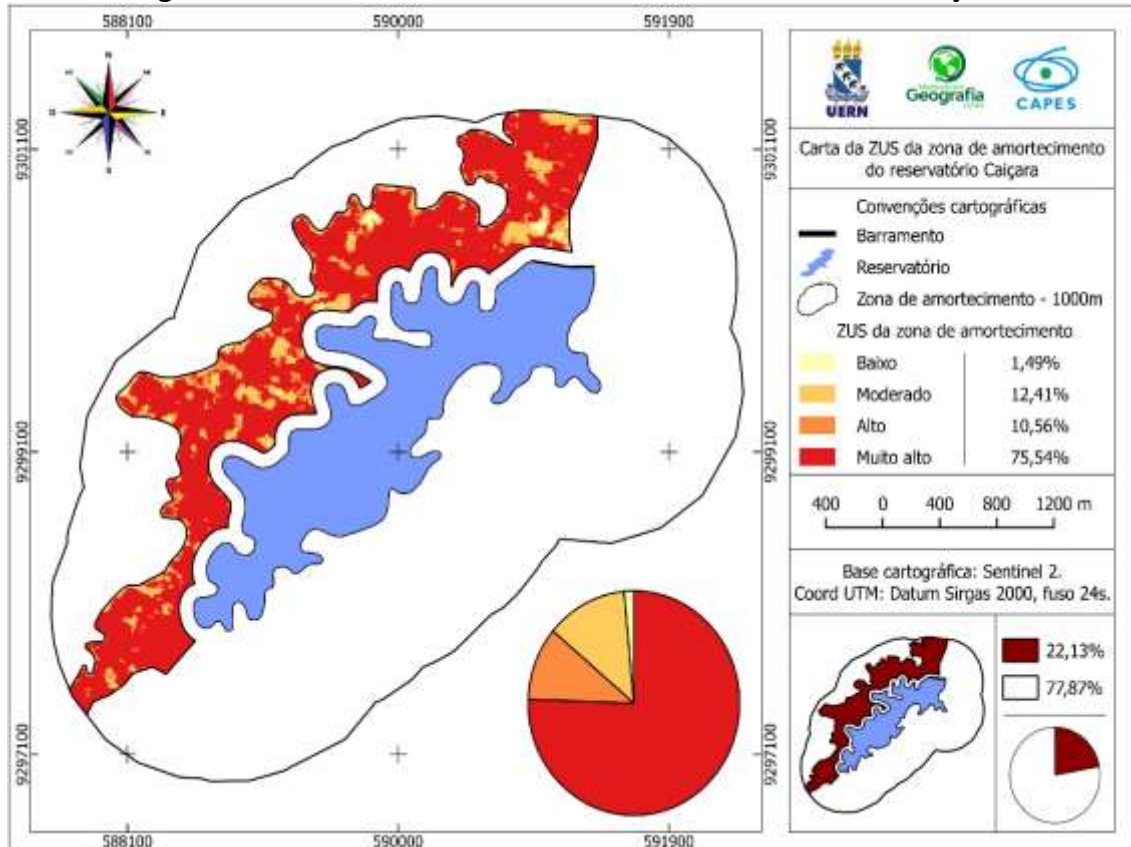
A região da ZUS (Tabela 5 e Figura 10) diz respeito à área que reúne padrões espaciais de múltiplos usos da terra, que, por sua vez, é manejada em maior ou em menor grau pela ação antrópica. Os dados dos parâmetros moderado e alto representaram 10,56% (29,27ha) e 75,54% (209,50ha), respectivamente, o que corresponde a 86,10% (238,77ha) de área total; no entanto, os parâmetros baixo e moderado apresentaram 1,49% (4,11ha) e 12,41% (34,43ha), nessa ordem, totalizando 13,90% (38,54ha) de área.

Tabela 5 – ZUS da zona de amortecimento do reservatório.

Parâmetros	ha	Total (ha)	%	Total (%)
Baixo	4,11	277,31	1,49	100
Moderado	34,43		12,41	
Alto	29,27	10,56		
Muito alto	209,50	75,54		

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

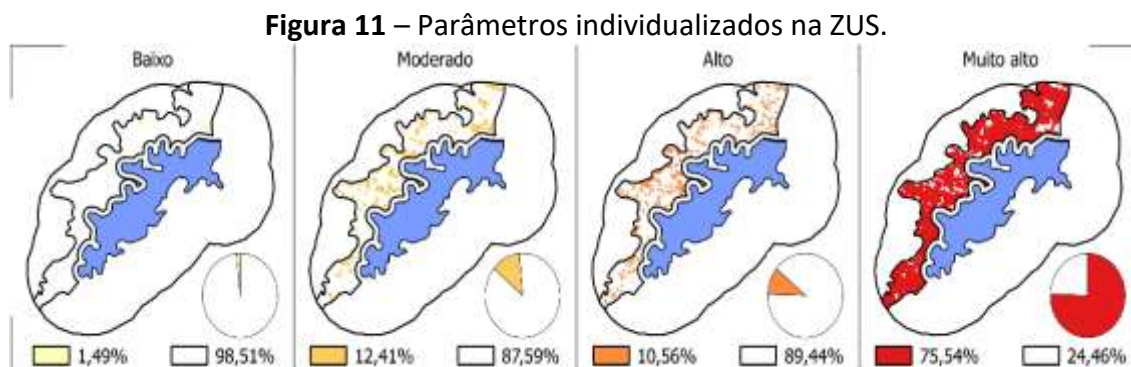
Figura 10 – ZUS da zona de amortecimento do reservatório Caiçara.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os valores encontrados representam as transformações antrópicas (Figura 11) em função das múltiplas configurações de uso da terra no reservatório. De acordo com Costa (2015) e Chaves (2019), as áreas de grande magnitude de impactos negativos levam, muitas vezes, a severos danos ambientais. O ambiente em questão apresenta uma alta densidade de população, representada pelas comunidades Caiçara, Caiçara de Fora, Juazeiro e Junco, as quais, nesse caso, encontram-se com alto grau de consolidação, bem como apresentam adensamento desorganizado em expansão.

Também é possível afirmar que o local se caracteriza por vários tipos de exploração, dentre os quais é possível encontrar a derrubada recente da cobertura natural e o destocamento do solo realizado por meio de equipamentos roçais tradicionais utilizados para o cultivo temporário; por outro lado, é possível visualizar a prática de pecuária extensiva em locais de pastagem nativa não melhorada, levando ao máximo aproveitamento das pastagens. Essas práticas, conforme apontam Bezerra Júnior e Guedes (2016), são comuns nas zonas de amortecimento de reservatórios, tendo levado a uma relação de uso da terra de cunho exploratório e devastador do sistema ambiental.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para o comprometimento ambiental, de acordo com a classificação de Mattar Neto, Krüger e Dziedzic (2009), foi encontrado o valor 0,21, que corresponde à intensidade fraca, portanto, entende-se que as múltiplas ações no ambiente necessitam ser controladas para, a partir de então, ser possível desenvolver formas adequadas de uso, de modo a respeitar, assim, os limites do sistema ambiental com base na sustentabilidade.

Como medidas, propõe-se tanto a criação de áreas de replantio da cobertura natural com espécies nativas, bem como a manutenção dos resquícios de cobertura existente. Será necessária, nesse caso, a criação de um plano específico de uso e manejo, a fim de disciplinar os limites de suporte do ambiente, com vistas a diminuir os impactos negativos. Essas medidas gerenciais podem ser encontradas nas pesquisas de Abdala (2005), Lima (2012), Costa (2015) e Chaves (2019), as quais disciplinam as formas de uso da terra para o controle ambiental.

ICA sobre a zona de amortecimento

O comprometimento ambiental da zona de amortecimento é considerado forte, com valor de 0,59, de acordo com a escala de intensidade de Mattar Neto, Krüger e Dziedzic (2009). Isso só foi possível porque, em algumas zonas, conseguiu-se um valor elevado de comprometimento, o qual, por sua vez, foi significativo para a zona de amortecimento. Todavia, faz-se necessário o monitoramento das múltiplas acepções de uso em razão do aumento gradativo dos impactos em áreas de alta conservação ambiental. Por isso, é usual que sejam aplicadas medidas de gerenciamento e gestão deste ambiente, visando superar os impactos que possam afetar ou que estejam afetando a estabilidade da zona de amortecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O zoneamento em questão contribuiu no conhecimento da área em pesquisa e, a partir disso, foi possível desenvolver caminhos necessários a gestão e ao gerenciamento. Esses caminhos partem da compreensão de que o sistema ambiental, nesse caso, tem suportado considerável pressão antrópica em decorrência das múltiplas áreas que são utilizadas, que são, em geral, degradantes. Por esse motivo, o zoneamento deve preparar medidas que visem atenuar significativamente as ações antrópicas, em especial, seus problemas potenciais.

Considerando a situação ambiental, optou-se pela elaboração das zonas buscando, com isso, entender as particularidades de área, haja vista os vários cenários de uso da terra que compõem a área em análise na presente pesquisa. Nesta, por sua vez, procurou-se conhecer o grau de pressão antrópica e, conseqüentemente, definir o valor de comprometimento ambiental. Desta forma, isto é, levando as medidas gerenciais em cada zona – no intuito de alcançar sua preservação, conservação e recuperação ambiental, respeitando o sistema antrópico –, foram sugeridas medidas de recuperação, principalmente no tocante à manutenção e à recuperação de áreas vegetais degradadas.

Esse zoneamento, apoiado no cálculo do Índice de Comprometimento Ambiental (ICA), configura-se como proposta inicial que pode, no entanto, ser reavaliada, baseando-se no processo dinâmico em que se encontra a área em pesquisa. Contribui-se, dessa maneira, para a discussão inicial sobre as múltiplas pressões antrópicas; ademais, espera-se que esta pesquisa aponte caminhos para ambientes estáveis, oportunizando, assim, um futuro sustentável para o reservatório e sua zona de amortecimento, viabilizando, para a atual e as futuras gerações, os serviços ecossistêmicos prestados para a sociedade local.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - sob Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABDALA, V. L. **Zoneamento Ambiental da Bacia do Alto Curso do Rio Uberaba-MG como Subsídio para a Gestão do Recurso Hídrico Superficial**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005 (UFU, Dissertação, mestrado em Análise, Planejamento e Gestão Ambiental). Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16099>. Acesso em: 27 de ago. 2020.

ALMEIDA, J. E.; ALVES, A. M. **Zoneamento ecológico-econômico do Alto Oeste Potiguar: microrregiões de Pau dos Ferros, São Miguel e Umarizal**. Mossoró: Queimabucha, 2014.

ANANIAS, F. A.; GUEDES, J. A. Percepção ambiental de comunidades rurais do semiárido do Nordeste: o caso das comunidades do entorno do reservatório de Pilões/RN.

InterEspaço – Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, v.3, n.9, Imperatriz, Programa de Pós-Graduação em Geografia, p.158-174, 2017. Disponível em: <http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/6321>. Acesso em: 25 de ago. 2020.

ASSUNÇÃO, L. M.; LIVINGSTONE, I. Desenvolvimento inadequado: construção de açudes e secas. **Revista Brasileira de Economia**, v.47, n.3, Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, p.425-448, 1993. Disponível em:

<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/582>. Acesso em: 08 de abr. 2020.

BEZERRA JÚNIOR, A. Avaliação ambiental do reservatório Caiçara (Marcelino Vieira/RN). Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2021 (UERN, Dissertação, mestrado em Geografia). Disponível em:

https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=10555537. Acesso em: 18 de mar. 2021.

BEZERRA JÚNIOR, A.; GUEDES, J. A. Caracterização e análise do uso e ocupação da terra no entorno do reservatório Santana, Rafael Fernandes/RN. **Revista Okara**, v.10, n.3, João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Geografia, p.517-530, 2016. Disponível em: www.periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/download/28365/16852. Acesso em: 26 de nov. 2019.

BRASIL, Presidência da República – Casa Civil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 Código Florestal**. Brasília. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato20112014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 27 de mar. 2020.

BRASIL, Presidência da República – Casa Civil. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm. Acesso em: 27 de mar. 2020.

CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográficas do rio Apodi-Mossoró, RN. **Revista Sociedade & Natureza**, v.23, n.1, Uberlândia, p.143-159, 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/11259>. Acesso em: 10 de mai. 2019.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Texto, 2014.

CHAVES, J. I. **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento territorial da sub-bacia hidrográfica do Riacho Encanto, RN**. Pau dos Ferros: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2019 (UERN, Dissertação, mestrado em Planejamento e Dinâmicas

Territoriais no Semiárido). Disponível em:

<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao>.

Acesso em: 26 de ago. 2020.

COSTA, L. B. **Análise e proposta de zoneamento geoambiental da sub-bacia hidrográfica do Riacho Santana, Sudoeste do Rio Grande do Norte**. Sobral:

Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2015 (UVA, Dissertação, mestrado em Geografia).

Disponível em: <http://www.uvanet.br/mag/documentos/dissertacao.pdf>. Acesso em: 26 de ago. 2020.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Ficha técnica do açude de Marcelino Vieira**. Disponível em:

https://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_reservatorio.php?codigo_reservatorio=277&descricao_reservatorio=A%E7ude+Marcelino+Vieira. Acesso em:

28 de jun. 2019.

EGLER, C. A. G.; CRUZ, C. B. M.; MADSEN, P. F. H.; COSTA, S. M.; SILVA, E. A. S. Proposta de zoneamento ambiental da Baía de Guanabara. **Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ**, v.26, n.1, Rio de Janeiro, p.127-138, 2003. Disponível em:

http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2003/anuario_igeo_2003_claudio.pdf. Acesso em: 15 de jul. 2020.

FREITAS, F. W. S.; GUEDES, J. A.; COSTA, F. R. Análise socioambiental do reservatório público do município de Riacho da Cruz (RN). **Revista Geotemas**, v.6, n.1, Pau dos Ferros, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido, p.03-18, 2016. Disponível em:

<http://www2.uern.br/index.php/geotemas/article/view/1742>. Acesso em: 25 de jul. 2020.

FREITAS, F. W. S.; SILVA, M. R. F.; GUEDES, J. A. Gestão de recursos hídricos: a percepção de atores sociais acerca do reservatório Passagem. **Revista Geopauta**, v.4, n.2, Vitória da Conquista, Programa de Pós-Graduação em Geografia, p.71-90, 2020. Disponível em:

<http://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/6369>. Acesso em: 25 de jul. 2020.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Perfil do seu Município – Marcelino Vieira**. Natal, v.10, p. 01-22, 2008.

Disponível em:

<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000013965.PDF>. Acesso em: 26 de jun. 2019.

JENKS, G. F. **Optimal data classification for choropleth maps**: Occasional Paper. University Kansas: Lawrence, 1977.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2019.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012 (UFC, Tese, doutorado em Geografia). Disponível em:

http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7817/1/2012_tese_eclima.pdf. Acesso em: 12 de dez. 2018.

MATTAR NETO, J.; KRÜGER, C. M.; DZIEDZIC, M. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna, **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.2, Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p.205-213, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522009000200008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 01 de jun. 2019.

MOLLE, F. **Marcos históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento**. Recife: SUDENE, 1994.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE, 1992.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Gerenciamento ambiental em unidade de conservação: bacia hidrográfica como estudo de caso. **Revista Geografia**, v.12, n.2, Londrina, Programa de Pós-graduação em Geografia, p.111-130, 2003. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6676>. Acesso em: 26 de agosto. 2020.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PERIOTTO, N. A.; TUNDISI, J. G. Ecosystem Services of UHE Carlos Botelho (Lobo/Broa): a new approach for management and planning of dams multiple-uses. **Brazilian Journal of Biology**, v.73, n. 3, São Carlos, Instituto Internacional de Ecologia, p.471-482, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1519-69842013000300471&lng=pt&nrm=iso&tlng=en. Acesso em 8 de maio. 2020.

RODRIGUES, L. P.; LEITE, E. F. Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Acôgo (MS). **Revista Geoambiente-Online**, v.1, n.31, Jataí, Departamento de Geografia, p.212-234, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/52542>. Acesso em: 26 de ago. 2020.

ROSA, R. Metodologia para Zoneamento de Bacias Hidrográficas Utilizando Produtos de Sensoriamento Remoto e Integrados por Sistema de Informações Geográficas. 1996. Salvador. **Anais...** Salvador, Brasil: INPE, 14-19 abril de 1996, p. 363-368. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.03.08.55/doc/T46.pdf>. Acesso: 15 de jul. 2020.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SEMARN. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Ficha técnica do reservatório de Marcelino Vieira**. Disponível em:

<http://servicos.searh.rn.gov.br/semarn/sistemadeinformacoes/consulta/cResFichaTecnica.asp?IdReservatorio=7>. Acesso em: 28 de jun. 2019.

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.21, n.2, Brasília, Embrapa, p.221-263, 2004. Disponível em:

<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8710>. Acesso em: 15 de jul. 2020.

SOUSA, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v.24, n.1, Bogotá, Departamento de Geografía, p.13-27, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v24n1/v24n1a2.pdf>. Acesso em: 25 de ago. 2020.

THOMAS, B. L. Proposta de zoneamento ambiental para o município de Arroio do Meio – RS. **Revista RAEGA**, v.24, n.1, Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Geografia, p.199-226, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/26215>. Acesso em: 26 de ago. 2020.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios: estudos de casos e perspectivas. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A (Org.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2 ed. Botucatu: RiMa, 2006. Cap.1, p.1-21.

Aluizio Bezerra Júnior – Graduado em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN (2014 - 2018) / Campus de Pau dos Ferros. Mestre em Geografia Pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN (2019 - 2021) / Campus Mossoró. Técnico em Desenvolvimento de Sistema - IFSULDEMINAS (2023 - Em andamento). Atuando nas áreas: Hidrosistema de reservatório; Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

Josiel de Alencar Guedes – Bacharel e Licenciado em Geografia, Mestre em Geociências e Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, todos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Atualmente sou professor do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Campus de Assú (RN) e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) no Campus Central. Minhas pesquisas e ensino estão relacionadas a área da Geografia, com ênfase em Geografia Física atuando principalmente nos seguintes temas: Hidrogeografia e Geocartografia.

Agassiel de Medeiros Alves – Professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Avançado de Pau dos Ferros. Doutor em Ciência e Engenharia do Petróleo (PPGCEP) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, na linha de pesquisa de Meio Ambiente; Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (2006); Graduado com Licenciatura Plena em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2003). Tem experiência na área de Geografia Física com ênfase em Meio Ambiente, Ecologia e Biogeografia.

Recebido para publicação em 03 de junho de 2023.

Aceito para publicação em 04 de agosto de 2023.

Publicado em 15 de agosto de 2023.