Análise da dinâmica dos usos e cobertura da terra enquanto indicador para gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio Púnguè, Moçambique

DOI: 10.54446/bcg.v15i2.3933

Pedro Herculano Arrone[1]

Resumo

Nos últimos tempos, as paisagens têm vindo a registrar mudanças significativas como resultado da evolução tecnológica e socioeconômica no âmbito dos usos da terra, para além da influência desencadeada pelas variações climáticas, pelo que a sistematização de dados sobre essas modificações se reveste de grande importância para os processos de planejamento e gestão ambiental de modo a garantir a sustentabilidade nas diferentes vertentes. O presente artigo centra-se na análise da dinâmica dos usos e cobertura da terra enquanto indicador para gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio Púnguè, em Moçambique. Quanto a metodologia, para além da pesquisa bibliográfica, foi realizado o processamento de imagens satélites do OLI/Landsat, através da Google Earth Engine, constituindo a base para geração de mapas de usos e cobertura de terra do período em análise (1990 a 2020), sendo que as acurácias desses mapas estiveram na ordem de 97%. A análise das transições foi efetuada através do programa QGIS com recurso ao plugin semi-automatic classification. Os resultados da análise das transições da cobertura da terra no período em referência mostram significativas perdas na categoria de floresta para savana e de savana para solo exposto, revelando falta de equilíbrio entre processos de exploração nas formações vegetais e os processos de reposição. Por outro lado, registra-se evolução gradual das áreas de solo exposto ao longo da bacia, o que acarreta intervenções de reposição das formações vegetais, dada a função vital que desempenham.

PALAVRAS-CHAVE: usos, cobertura, terra, dinâmica, análise.

1 Docente da Universidade Licungo (Extensão da Beira – Moçambique), doutor em Geografia pela Unicamp, mestre em Gestão e Auditoria ambiental pela Europeia de Atlântico, licenciado em Ensino de Geografia pela Universidade Pedagógica de Moçambique. E-mail: parone@unilicungo.ac.mz. OrcID: https://orcid.org/0000-0002-5027-1197.

Introdução

A evolução tecnológica tem vindo a influenciar na dinâmica das formas e da intensidade de intervenção humana nas condições e recursos ambientais, com consequente repercussão na dinâmica da paisagem no geral e no caso particular com enfoque na cobertura da terra. Importa salientar que a dinâmica da cobertura da terra, não é só resultado da atuação dos fatores antrópicos, mas também os de ordem natural como o clima e a geodinâmica interna da terra como defende Ross (2019) ao afirmar que a conjugação oposta das forças endógenas e exógenas constitui a causa da toda existência e de toda dinâmica dos meios abióticos e bióticos.

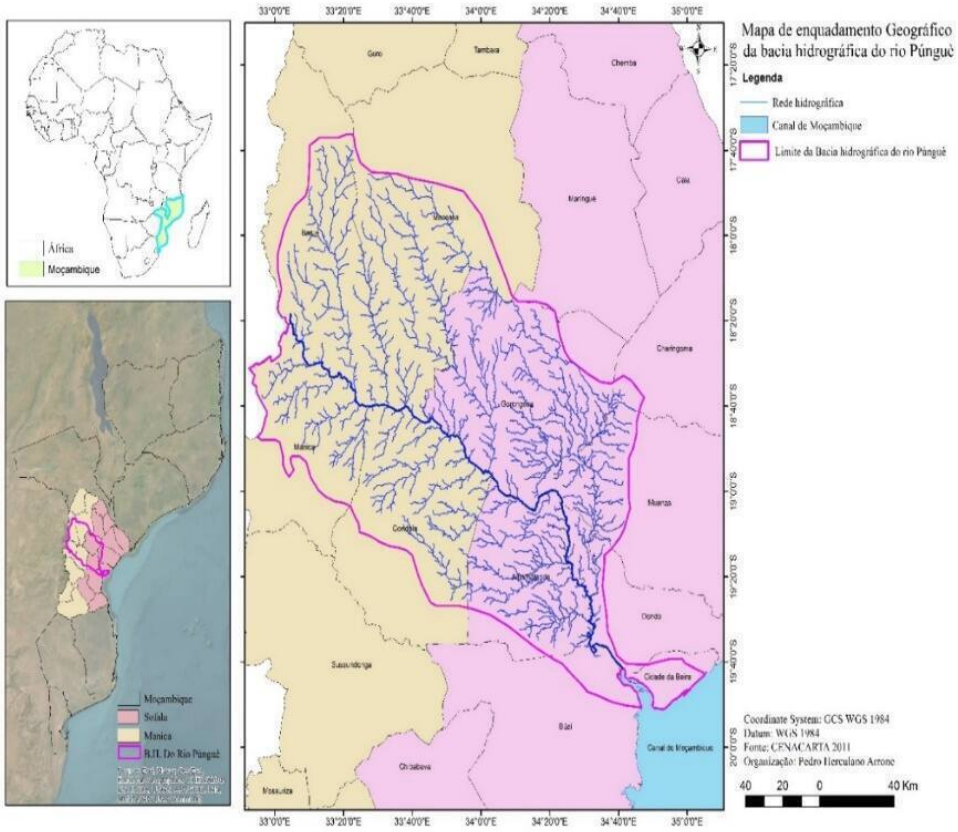
A dinâmica de uso e cobertura da terra pode se caracterizar pela alteração duma categoria para outra (ex. floresta à pastagem) ou modificação dentro da mesma categoria (ex. agricultura de subsistência à agricultura intensiva) (JANSEN, 2002), sendo que essas mudanças podem gerar impactos de ordem negativa quando os usos da terra são desenvolvidos sem obedecer aos padrões de sustentabilidade (ZACHARIAS, 2010).

O conceito uso e cobertura da terra é complexo na medida em que contempla duas expressões distintas entre si. Entende-se como cobertura da terra, a estrutura biofísica da superfície terrestre, caracterizada pela presença da vegetação natural enquanto ao uso da terra é o desenvolvimento e distribuição geográfica das atividades antrópicas sobre a superfície da terra, como sustentam Seabra e Cruz (2013) ao afirmar que uso da terra é a expressão das atividades humanas na superfície terrestre.

A perspectiva espacial de análise no presente artigo é de bacia hidrográfica, a do rio Púnguè, na região central de Moçambique, na medida em que raros são estudos sobre dinâmica dos usos e cobertura da terra, marcando a insuficiência de conhecimentos sistematizados (banco de dados) que possam sustentar os processos de planejamento e de gestão ambiental, pelo que, o presente artigo objetiva analisar a dinâmica dos usos e cobertura da terra enquanto indicador para gestão ambiental.

A bacia hidrográfica do rio Púnguè, abrange dois países (Zimbabwe e Moçambique) com uma área total de 31,151 km2, dos quais 1.461 km2 (4.7%) no Zimbabwe, e 29.690 km2 (95.3%) em Moçambique. Portanto, o estudo recai apenas na parte moçambicana, particularmente nas províncias de Sofala e Manica (vide a figura 1).

Figura 1. Enquadramento Geográfico da bacia Hidrográfica do rio Púnguè.



Fonte: Base de dados da CENACARTA (2011) / Os autores.

A noção de bacia hidrográfica envolve elementos geomorfológicos caracterizados por um conjunto de vertentes onde a água precipitada é escoada em direção a áreas mais baixas e rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exultório (MACIEL, 2018).

O conceito de bacia hidrográfica não é concebido apenas numa perspectiva físico geográfica, mas também, num contexto de constituir uma unidade de estudo, planejamento e gerenciamento (PIRES, SANTOS e DEL PRETTE,2002), na medida em que a informação gerada pode conduzir à exploração e gestão sustentável das condições e recursos naturais, influenciando o alcance da sustentabilidade ambiental, ecológica, social e econômica.

Para Paungartten et al (2016), as bacias hidrográficas, como unidades naturais da paisagem, são áreas extremamente sensíveis a pequenas mudanças (naturais e antrópicas), sendo que a alteração paisagística afeta a sustentabilidade dos recursos hídricos e outros processos ao nível da bacia. Portanto, o conhecimento da dinâmica dos usos e cobertura da terra, configura-se como um atributo essencial na busca de soluções em processos de gestão ambiental.

Material e Métodos

Os procedimentos metodológicos resumem-se na revisão bibliográfica, geoprocessamento (análise de imagens satélites) e trabalho de campo. O processo de análise de imagens satélites para gerar mapas da dinâmica dos usos e cobertura da terra, obedeceu a quatro etapas principais nomeadamente: acesso e seleção das imagens, coleta das amostras, classificação das imagens e análise das transições de usos e cobertura da terra. Na perspectiva temporal foram considerados 30 anos, com intervalos de 10 anos, sendo que se tomou como referência os anos de 1990, 2000, 2012 e 2020.

Entretanto, no ano 2010 não foi possível encontrar imagens satélites sem nuvens e que possibilitassem a sua classificação, pelo que se optou pelas imagens do ano mais próximo (2012) e que tinham condições de serem classificadas e gerar mapas. Os dados de uso e cobertura de terra foram obtidos por meio da classificação de imagens *OLI/Landsat 7* e 8, na Plataforma *Google Earth Engine* (GEE), utilizando redutores de mediana e seguindo todos os passos de processamento digital de imagens desde a seleção das imagens, remoção de nuvens até a geração de matrizes para avaliação da acurácia do mapeamento.

As amostras coletadas foram divididas em 70% para treinamento e 30% para validação. Não obstante, os dados de uso e cobertura da terra de 2020, para a sua validação contou com dados colhidos em trabalho de campo realizado em maio de 2022. A Acurácia Global foi de 97% e índice Kappa 0.96 e as classes definidas foram: água, floresta, savana, urbano, solo exposto/campo limpo, vegetação inundada e agricultura. A análise das transições dos usos e cobertura da terra foi efetuada com recurso ao QGIS, através do *plugin semi-automatic classification*, processando de dois em dois períodos (1990 a 2000, 2000 a 2012 e 2012 a 2020).

Resultados e Discussão

Dinâmica dos usos e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Púnguè no período de 1990 a 2020

Os resultados da distribuição espacial dos usos e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Púnguè em 1990 apontam para uma predominância da cobertura por savana, na ordem de 64,1% em relação a área total da bacia. Em 2000, prevaleceu a predominância da cobertura por savana, mas com um incremento para 68,9% da área total, resultando em grande parte da perda da cobertura por floresta numa área correspondente a 8,2%. Na sequência, em 2012, embora prevalecesse a predominância da cobertura da terra por savana, registou-se redução para 58,9% do total da área e em 2020 a cobertura por savana voltou a registar incremento para 60,5%, continuando a ser a cobertura vegetal mais predominante ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè como ilustram os mapas da figura 4.

A área de solo exposto/campo limpo foi aumentando gradualmente ao longo dos primeiros três períodos e tendo diminuído ligeiramente em 2020, conforme indicam os dados percentuais na ordem de 16,4%, 22,5%, 33,3% e 30.5%

respectivamente. Torna-se importante referenciar que nem sempre o legendado como solo exposto é totalmente solo exposto, na medida em que nalgumas sub-regiões, regista-se a presença de formações vegetais dispersas como ilustra a figura 2, apresentando características de campo limpo ou campo sujo, mas que as imagens analisadas apresentavam características de solo exposto.

Figura 2. Imagem ilustrativa de solo exposto com presença dispersa de vegetação



Fonte: Extraída pelos autores na sub-região de Gorongosa

A variação de áreas com solo exposto ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè pode ser resultado de vários fatores tanto de ordem natural, como de origem antrópica. No ponto de vista natural, importa referenciar que existem espaços localizados com rochas mais antigas e duras e que não desenvolveram nenhum solo, consequentemente sem vegetação, sobretudo no alto Púnguè que se notabiliza a unidade morfoestrutural dos Crátons Neoarqueanos.

Por outro lado, na estação climática seca e fria, parte significativa da vegetação rasteira seca. Sob ponto de vista de fatores antrópicos, para além da prática de agricultura, pastagem, exploração de madeira, entre outras atividades que concorrem para o desmatamento. Importa destacar a prática de queimadas descontroladas no âmbito de abertura de campos agrícolas e da caça furtiva, devastando grandes áreas temporariamente como ilustra a figura 3.

Figura 3. Imagem ilustrativa de queimadas descontroladas

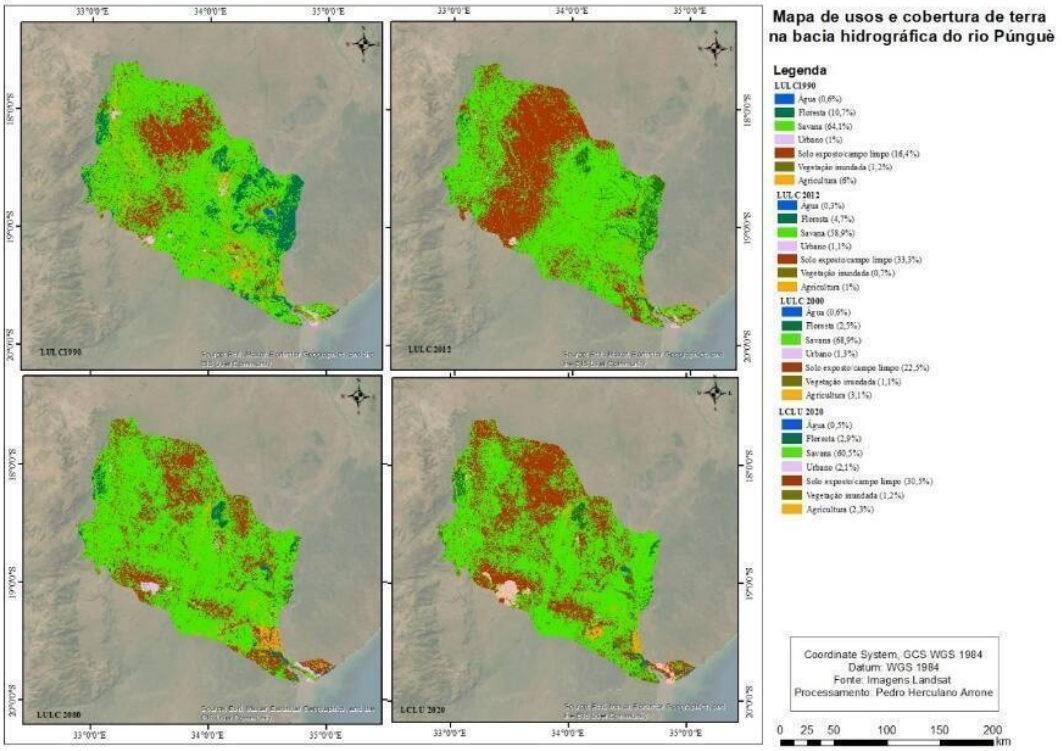


Fonte: Extraída pelos autores na sub-região de Gorongosa

Os usos e cobertura de terra no ano de 2012 (vide a figura 4) apresentam uma expansão acentuada de solo exposto em comparação com os anos anteriores e posteriores, podendo ser justificado por uma diversidade de fatores, na medida em que as imagens satélites obtidas com alguma nitidez para classificação, coincidiram com estação seca e fria, portanto, grande parte da vegetação rasteira seca e as árvores deixam cair maior parte das suas folhas.

Por outro lado, foi neste período que se registou maior migração da cidade para meio rural com o fim da guerra civil, como também se assinala como período de intensificação do processo da exploração dos recursos florestais madeireiros, sobretudo com influência do mercado chinês.

Figura 4 – Usos e cobertura de terra na bacia hidrográfica do rio Púnguè.



Fonte: Imagens Landsat 7,8/ processado pelos autores

Em relação aos usos de terra, em 1990 se notabiliza a agricultura na ordem dos 7% (1789,8 km^2) do total da área, sendo que maior parte da área ocupada pela prática da agricultura é do cultivo da cana de açúcar para a fábrica *Tungatt Hullet*, Açucareira de Moçambique, localizada no distrito de Dondo, Posto administrativo de Mafambisse. Nos anos 2000, 2012 e 2020 notou-se redução da área da agricultura, sendo que este fenômeno pode ser explicado pelo pousio que tem se observado tanto na agricultura mecanizada como na agricultura de subsistência, sendo que estas áreas passam a ter vegetação do tipo gramínea como ilustra a figura 5.

Figura 5– Campos de pousio nos campos de cultivo de cana de açúcar da fábrica *Tungatt Hullet*



Fonte: Extraída pelos autores nos campos agrícolas de cana de açúcar em Mafambisse

Ainda no âmbito de usos da terra para agricultura, importa referenciar que no caso particular da agricultura de subsistência, muitas das vezes tem sido em espaços muito pequenos em relação a vastas áreas com vegetação natural, para além de alguns campos agrícolas terem uma mistura de culturas agrícolas e vegetação natural como ilustra a figura 6, sendo que no processo de mapeamento, estes espaços foram confundidos como sendo de vegetação natural.

Figura 6. Imagem ilustrativa de agricultura de subsistência nalgumas áreas da bacia



Fonte: Extraída pelo autor no distrito de Nhamatanda

O uso da terra no âmbito da urbanização, no ano de 1990 registou uma área de 1% (302,2 km^2) em relação a área total e apenas no ano de 2020 que foi possível notar aumento significativo da área urbanizada, avaliada em 2,1% (635,6 km^2) da área total, o que significa ter duplicado em relação ao ano de 1990. Não obstante, há semelhança da dificuldade assinalada no mapeamento de espaços de agricultura de subsistência, registou-se o mesmo caso nos assentamentos humanos em meio rural, na medida em que são ocupações muito dispersas, em espaços pequenos como

ilustra a figura 7, sendo praticamente impossível a sua visualização em imagens satélites.

Figura 7. Imagem ilustrativa de assentamentos humanos no meio rural



Fonte: Extraída pelos autores no distrito de Gorongosa

Análise das transições dos usos e ocupação de terra na bacia hidrográfica do rio Púnguè no período de 1990 a 2020

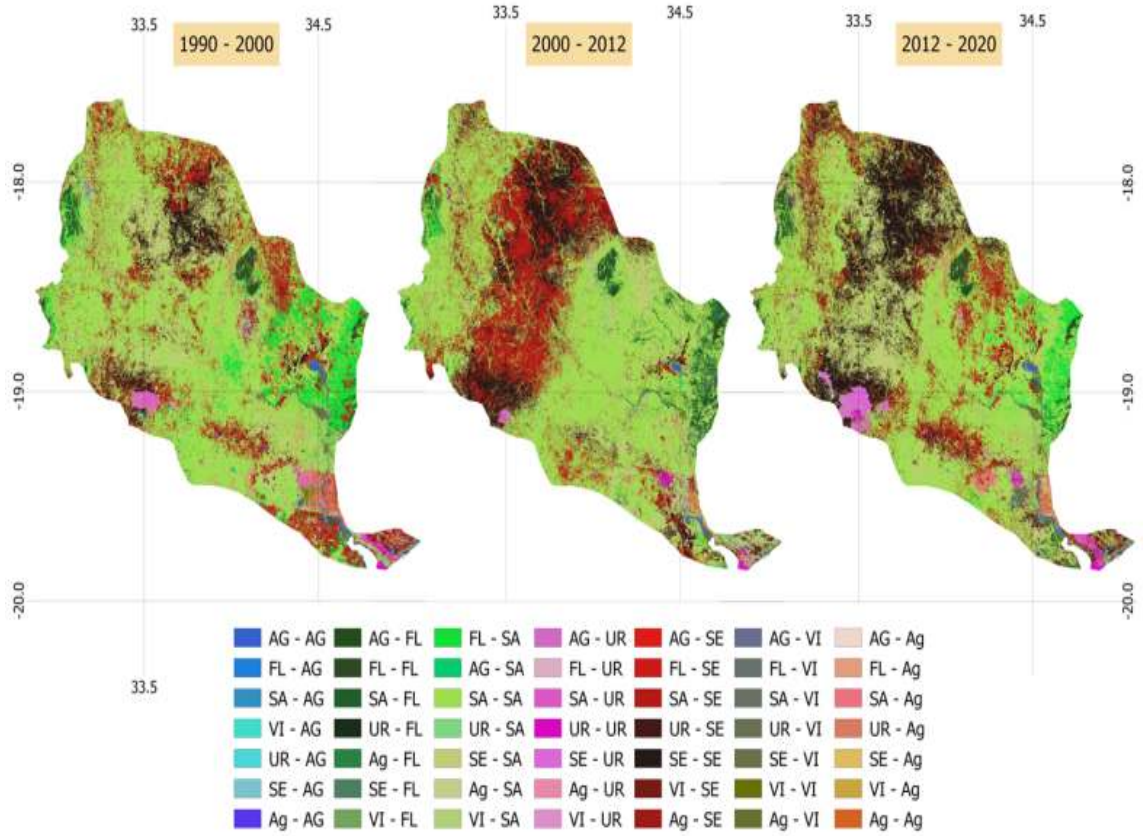
O período de análise das transições subdividiu-se em 4 anos de referência (1990, 2000, 2012 e 2020), sendo que as transições foram analisadas obedecendo dois em dois anos consecutivos de referência, portanto, de 1990 a 2000, de 2000 a 2012 e de 2012 a 2020. Os dados apresentados nas figuras 8 e 9 e na tabela 1, ilustram as diferentes transições entre as classes do usos e cobertura da terra para o período em análise.

Tabela 1. Dados estatísticos das transições de usos de e cobertura da terra entre 1990–2020

Transições de usos e cobertura da terra 1990-2000					Transições de usos e cobertura da terra 2000-2012					Transições de usos e cobertura da terra 2012-2020				
1990	**2000**	**Pixel**	**%**	**Área (km²)**	**2000**	**2012**	**Pixel**	**%**	**Área (km²)**	**2012**	**2020**	**Pixel**	**%**	**Área (km²)**
AG	AG	301574	0,2	59,4	AG	AG	260910	0,2	55,4	AG	AG	257326	0,2	54,6
FL	AG	89348	0,1	19,0	FL	AG	16381	0,0	3,5	FL	AG	11732	0,0	2,5
SA	AG	249387	0,2	52,9	SA	AG	47758	0,0	10,1	SA	AG	227579	0,2	48,3
UR	AG	11191	0,0	2,4	UR	AG	1375	0,0	0,3	UR	AG	10676	0,0	2,3
SE	AG	89496	0,1	19,0	SE	AG	36321	0,0	7,7	SE	AG	166237	0,1	35,3
VI	AG	60385	0,0	12,8	VI	AG	16879	0,0	3,6	VI	AG	69104	0,0	14,7
Ag	AG	35234	0,0	7,5	Ag	AG	11287	0,0	2,4	Ag	AG	12749	0,0	2,7
AG	FL	63902	0,0	13,6	AG	FL	18878	0,0	4,0	AG	FL	22831	0,0	4,8
FL	FL	2397021	1,7	508,9	FL	FL	1895809	1,4	402,5	FL	FL	2036489	1,5	432,3
SA	FL	854077	0,6	181,3	SA	FL	4138044	3,0	878,5	SA	FL	1647888	1,2	349,8
UR	FL	3564	0,0	0,8	UR	FL	13480	0,0	2,9	UR	FL	19325	0,0	4,1
SE	FL	30307	0,0	6,4	SE	FL	345379	0,2	73,3	SE	FL	128362	0,1	27,3
VI	FL	101242	0,1	21,5	VI	FL	51948	0,0	11,0	VI	FL	109167	0,1	23,2
Ag	FL	60429	0,0	12,8	Ag	FL	119062	0,1	25,3	Ag	FL	57076	0,0	12,1
AG	SA	186664	0,1	39,6	AG	SA	255764	0,2	54,3	AG	SA	64521	0,0	13,7
FL	SA	10334846	7,4	2194,0	FL	SA	1351300	1,0	286,9	FL	SA	4302353	3,1	913,4
SA	SA	65385169	46,8	13881,0	SA	SA	62812812	44,9	13334,9	SA	SA	58163589	41,6	12347,7
UR	SA	552755	0,4	117,3	UR	SA	715746	0,5	151,9	UR	SA	518835	0,4	110,1
SE	SA	13273931	9,5	2818,0	SE	SA	13459698	9,6	2857,4	SE	SA	20285927	14,5	4306,6
VI	SA	562239	0,4	119,4	VI	SA	819047	0,6	173,9	VI	SA	434933	0,3	92,3
Ag	SA	6012761	4,3	1276,5	Ag	SA	2993456	2,1	635,5	Ag	SA	822726	0,6	174,7
AG	UR	4866	0,0	1,0	AG	UR	11088	0,0	2,4	AG	UR	2569	0,0	0,5
FL	UR	50525	0,0	10,7	FL	UR	8909	0,0	1,9	FL	UR	4787	0,0	1,0
SA	UR	941938	0,7	200,0	SA	UR	724145	0,5	153,7	SA	UR	1043951	0,7	221,6
UR	UR	363444	0,3	77,2	UR	UR	327460	0,2	69,5	UR	UR	473266	0,3	100,5
SE	UR	243028	0,2	51,6	SE	UR	261257	0,2	55,5	SE	UR	1437724	1,0	305,2
VI	UR	24994	0,0	5,3	VI	UR	29917	0,0	6,4	VI	UR	871	0,0	0,2
Ag	UR	216072	0,2	45,9	Ag	UR	138842	0,1	29,5	Ag	UR	30813	0,0	6,5
AG	SE	122891	0,1	26,1	AG	SE	204777	0,1	43,5	AG	SE	19342	0,0	4,1
FL	SE	1359005	1,0	288,5	FL	SE	111420	0,1	23,7	FL	SE	75183	0,1	16,0
SA	SE	18770806	13,4	3985,0	SA	SE	27304515	19,5	5796,6	SA	SE	18306146	13,1	3886,3
UR	SE	447046	0,3	94,9	UR	SE	742764	0,5	157,7	UR	SE	346967	0,2	73,7
SE	SE	9069483	6,5	1925,4	SE	SE	17214668	12,3	3654,6	SE	SE	23724282	17,0	5036,5
VI	SE	274885	0,2	58,4	VI	SE	211780	0,2	45,0	VI	SE	53783	0,0	11,4
Ag	SE	1457150	1,0	309,3	Ag	SE	776804	0,6	164,9	Ag	SE	128505	0,1	27,3
AG	VI	134061	0,1	28,5	AG	VI	71494	0,1	15,2	AG	VI	14982	0,0	3,2
FL	VI	337032	0,2	71,6	FL	VI	85787	0,1	18,2	FL	VI	42668	0,0	9,1
SA	VI	557324	0,4	118,3	SA	VI	420799	0,3	89,3	SA	VI	853528	0,6	181,2
UR	VI	9377	0,0	2,0	UR	VI	8335	0,0	1,8	UR	VI	37346	0,0	7,9
SE	VI	34786	0,0	7,4	SE	VI	70737	0,1	15,0	SE	VI	317288	0,2	67,4
VI	VI	389861	0,3	82,8	VI	VI	364520	0,3	77,4	VI	VI	345601	0,2	73,4
Ag	VI	67187	0,0	14,3	Ag	VI	13168	0,0	2,8	Ag	VI	34235	0,0	7,3
AG	Ag	28626	0,0	6,1	AG	Ag	13731	0,0	2,9	AG	Ag	9377	0,0	2,0
FL	Ag	387158	0,3	82,2	FL	Ag	41124	0,0	8,7	FL	Ag	109568	0,1	23,3
SA	Ag	2816639	2,0	598,0	SA	Ag	859263	0,6	182,4	SA	Ag	2166765	1,5	460,0
UR	Ag	36055	0,0	7,7	UR	Ag	35827	0,0	7,6	UR	Ag	95240	0,1	20,2
SE	Ag	217586	0,2	46,2	SE	Ag	113343	0,1	24,1	SE	Ag	507238	0,4	107,7
VI	Ag	252708	0,2	53,6	VI	Ag	35776	0,0	7,6	VI	Ag	21404	0,0	4,5
Ag	Ag	582137	0,4	123,6	Ag	Ag	268380	0,2	57,0	Ag	Ag	281348	0,2	59,7

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados estatísticos dos mapas de análise das transições dos usos e cobertura da terra.

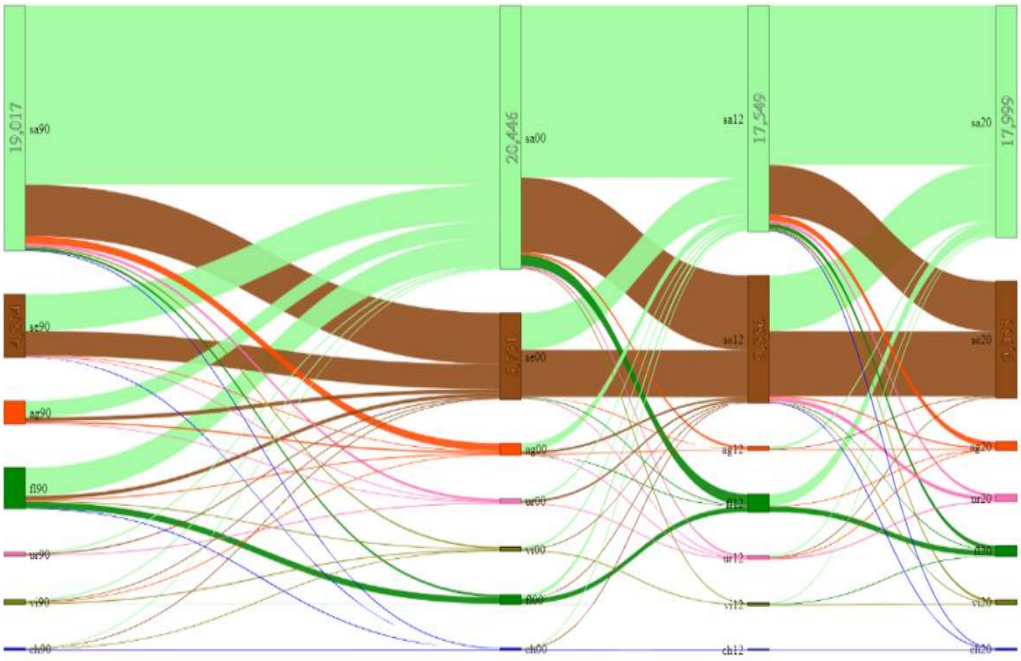
Figura 8. Transições de usos e cobertura de terra na bacia hidrográfica do rio Púnguè



Legenda das abreviaturas: AG=Água, FL=Floresta, SA=Savana, VI= Vegetação inundada, SE=Solo exposto, Ag=Agricultura e UR=Urbano

Fonte: Imagens Landsat 7,8/ processados pelos autores

Figura 9. Transições de usos e cobertura da terra dos anos 1990 a 2000, 2000 a 2012 e 2012 a 2020



Legenda:

Cor do tipo de uso ou cobertura de terra	Abreviatura do tipo de uso ou cobertura de terra	Tipo de uso ou cobertura da terra
	sa	Savana
	ag	Agricultura
	fl	Floresta
	ub	Urbano
	se	Solo exposto
	vi	Vegetação inundada
	ch	Corpo hídrico

Fonte: Elaborado pelos autores partir dos dados estatísticos dos mapas de análise das transições dos usos e cobertura da terra

Os resultados da análise das transições dos usos da terra entre 1990 e 2000 revelam que um total área (3174,9 km^2) com cobertura florestal ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè, em 1990, 1,7% (508,9 km^2), em 2000 manteve o tipo de cobertura e 7,4% de cobertura florestal sofreu transição para savana em 2000.

A cobertura da terra pela savana, de 1990 a 2000 manteve na ordem de 46,8% (13.881 km^2). Importa referenciar que a área com cobertura por savana registou um ganho através da transição do solo exposto/campo limpo na ordem de 9,5% (2.818 km^2). Em contrapartida, a área de cobertura da terra por savana apresentou uma perda significativa para solo exposto na ordem dos 13,4% (3985 km^2) superando os ganhos obtidos da transição do solo exposto para savana no mesmo período (vide os dados na tabela 1).

A área da bacia hidrográfica do rio Púnguè com solo exposto/campo limpo, no período de 1990 a 2000 manteve na proporção de 6,5% em relação a área total. Entretanto, 9,5% da área com solo exposto em 1990, transitou para categoria de savana em 2000, constituindo um ganho ambiental significativo para a bacia. As perdas significativas das coberturas florestais e savana registadas de 1990 a 2000 podem estar associadas ao retorno da população ao meio rural após a assinatura do acordo geral de paz em 1992 no âmbito da guerra civil, na medida em que se incrementaram as intervenções humanas sobre os ecossistemas através da prática da agricultura, pastagem, caça com recurso ao fogo e exploração de recursos florestais para diversos fins.

A cobertura de terra no período de 2000 a 2012, a área ocupada pela floresta manteve na proporção de 1,4% (405 km^2), portanto, registou-se ligeira redução em relação ao período anterior. Quanto a transição da cobertura florestal para outro tipo de cobertura ou uso, salienta-se que o maior percentual da área florestal transitou para savana na ordem de 1% (286,9 km^2). Em relação cobertura da terra por savana, 44,9% (13334,9 km^2) manteve, entretanto, decresceu em comparação com a área que manteve no período anterior.

No entanto, 3% da área com cobertura por savana transitou para floresta, constituindo um incremento em relação ao período anterior que foi de 1,2% de transição nesta mesma categoria. A cobertura por savana no período de 2000 a 2012 registou transição para solo exposto na ordem de 19,5%, constituindo perda para esse período e aumento significativo em relação ao período de 1990 a 2000. Em relação a área da bacia com solo exposto, no período de 2000 a 2012 manteve na proporção de 12,3% indicando para aumento da área em relação ao período de 1990 a 2000.

Importa destacar também que a área com solo exposto/campo limpo em 2000, transitou para savana numa percentagem de 9,6%. A cobertura de terra por floresta na bacia hidrográfica do rio Púnguè no período de 2012 a 2020, 1,5% da área total, manteve a categoria, assinalando ligeiro incremento em relação ao período de 2000 a 2012 e redução em relação ao período de 1990 a 2000. A transição de realce na categoria de cobertura florestal registou para savana numa proporção de 3,1%, logo teve um aumento em comparação ao período de 2000 a 2012. Na categoria de cobertura de terra por savana, 41,6% (12347,7 km^2) em 2012 manteve em 2020.

Entretanto, 13,1% da área de savana em 2012 transitou para solo exposto em 2020, constituindo perda significativa, para além de 1,5% que transitou para uso

agrícola e 0,7% para espaço urbanizado. Quanto ao solo exposto no período de 2012 a 2020, os resultados revelam que 17% de área manteve, afigurando-se como incremento em comparação ao período anterior.

Outro dado a salientar é referente à transição do solo exposto na proporção de 14,1% de área para savana, conferindo a um ganho ambiental. A redução da cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Púnguè ao longo do período em análise coloca-a numa situação de aumento da suscetibilidade a processos erosivos de algumas sub-regiões, na medida em que a vegetação desempenha uma função protetora dos solos como sustenta Machado e Tomiozzo (2013) ao defender que a variação espacial, variação da tipologia e variação da densidade da vegetação, influencia na variação espacial dos processos erosivos.

Por outro lado, a redução da cobertura vegetal e a intensificação das atividades antrópicas ao nível da bacia hidrográfica podem contribuir no incremento de processos erosivos, com consequências nos processos desencadeados pelos rios, incluindo a qualidade da água, sobretudo quando a devastação da vegetação envolve as margens dos rios, como fundamenta Queiroz (2017 p. 128) ao afirmar que "as mudanças no uso do solo nas encostas geram processos erosivos que podem promover alterações na dinâmica fluvial".

Numa perspectiva geral, os resultados revelaram perdas significativas de cobertura florestal para savana e de savana para solo exposto em todos os períodos analisados, constituindo um indicador importante a se ter em conta nas políticas e ações sobre gestão de bacias hidrográficas, pois este cenário demonstra desequilíbrio entre processos de exploração dos recursos naturais e a reposição das formações de vegetação.

Considerações finais

Os resultados da distribuição espacial da cobertura da terra ao longo da bacia hidrográfica do rio Púnguè apontam a predominância de cobertura por savana nos 4 anos de referência, embora com algumas variações ao longo do período em análise. As transições mais significativas na cobertura da terra apontam a perdas significativas de floresta para savana e de savana para solo exposto, podendo influenciar negativamente na biodiversidade e na susceptibilidade em relação aos processos erosivos.

Na sequência, em relação aos usos de terra a transição significativa regista-se entre a cobertura por savana e agricultura, com maior realce em áreas de cultivo de cana de açúcar. Por outro lado, as áreas com solo exposto, os resultados também indicam para uma evolução ao longo do período em análise, o que chama atenção a necessidade de avaliação e monitoramento das políticas e ações que estão a ser desenvolvidas no âmbito de gestão da bacia hidrográfica.

Nos mapas de usos e cobertura da terra, foi notória a falta do cumprimento das distancias legalmente estabelecidas em relação às áreas de proteção ambiental como nascentes dos rios, margens dos rios, margens das vias férreas, margens das estradas

etc., pelo que, para além de potenciar a fiscalização, torna-se importante a sinalização desses espaços e promoção de campanhas de educação comunitária.

Nos sistemas de cobertura vegetal não protegidos ocorre a exploração dos recursos florestais madeireiros e não madeireiros para diversos fins como a produção de carvão vegetal e aquisição de lenha como combustível, para além exploração de estacas para construção de habitações, sendo que a exploração destes recursos também é destinada para comercialização e na maioria dos casos de produção de carvão vegetal não envolve licenciamentos.

Face a esse cenário, propõe-se desenvolvimento de projetos comunitários de reflorestamento de algumas áreas na escala local com espécies vegetais com curto ciclo vegetativo como é o caso de eucalipto, de modo que se destine para produção de carvão vegetal, permitindo assim, o abandono do uso da vegetação nativa para produção de carvão vegetal, obtenção de lenha e estacas.

Bibliografia

JANSEN, L.J.; DI GREGORIO, A. *Parametric land Cover and Land-Use Classifications as Tools for Environmental Change Detection*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 91, p. 89-100. 2002.

MACHADO, José Oliveira e TAMIOZZO, Filipe, *Introdução à Hidrogeografia*, Cengage Learning, São Paulo, 2013.

MACIEL, E. M. *A Complexidade no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas: Consumo e Gestão Integrada*, Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo, 2018.

PAUNGARTTEN, S. P. L.; BORDALO, C. A. L.; LIMA, A. M. M. *Análise evolutiva da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica (PA): Processos, dinâmica e tendências*. Ambiente & Educação, v. 21, n. 2, p. 87–107. 2016.

PIRES, J. S; R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. *A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais*. In: SCHIAVETTI, Alexandre, e CAMARGO, Antônio F. M. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações, Ilhéus, Ba: Editus, 2002.

QUEIROZ, P. H. B. *Mapeamento de declividade e das tipologias de uso da terra como subsídio ao zoneamento ambiental de um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacotice*, Revista Geonorte, v.8, n.29, p.116-133, 2017.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches, *Geomorfologia, Ambiente e Planeamento*, Editora Contexto, 9ª edição, 3ª reimpressão, São Paulo, 2019.

SEABRA, Vinicius da Silva e CRUZ, Carla Madureira, *Mapeamento da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São João*, RJ, Soc. & Nat., Uberlândia, 2013.

ZACHARIAS, A. A. *A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, São Paulo, 2010

Agradecimentos

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

Analysis of the dynamics of lan use and land cover as an indicator for environmental management in the Púnguè river basin, Mozambique

In recent times, landscapes have been experiencing significant changes as a result of technological and socioeconomic evolution, in addition to the influence triggered by climate variations, which is why the systematization of data on these changes is of great importance for planning processes and environmental management, in order to guarantee sustainability in the different aspects. This article focuses on the analysis of the dynamics of land use and land cover as an indicator for environmental management in the Púnguè river basin, in Mozambique. As for the methodology, in addition to the bibliographical research, the processing of satellite images from OLI/Landsat was carried out, through Google Earth Engine, constituting the basis for the generation of land use and cover maps for the period under analysis (1990 to 2020), and the accuracies of these maps were around 97%. The analysis of the transitions was carried out using the QGIS program using the semi-automatic classification plugin. The results of the analysis of land cover transitions in the reference period show significant losses in the category of forest to savannah and from savannah to exposed soil, revealing a lack of balance between exploitation processes in plant formations and replacement processes. On the other hand, there is a gradual evolution of the areas of exposed soil along the basin, which entails interventions to replace plant formations, given the vital function they perform.

KEYWORDS: Uses, Roof, Earth, Dynamics, Analysis.

Análisis de la dinámica del uso y cobertura del suelo como indicador de la gestión ambiental en la cuenca del río Púnguè, Mozambique

En los últimos tiempos, los paisajes vienen experimentando cambios importantes como resultado de la evolución tecnológica y socioeconómica en el ámbito del uso del suelo, además de la influencia desencadenada por las variaciones climáticas, por lo que la sistematización de datos sobre estas modificaciones es de gran importancia para los procesos de planificación y gestión ambiental con el fin de garantizar la sostenibilidad en diferentes aspectos. Este artículo se centra en el análisis de la dinámica del uso y cobertura del suelo como indicador de gestión ambiental en la cuenca del río Púnguè, en Mozambique. En cuanto a la metodología, además de la investigación bibliográfica, se realizó el procesamiento de imágenes satelitales de OLI/Landsat a través de Google Earth Engine, constituyendo la base para generar mapas de uso y cobertura del suelo para el período en análisis (1990 a 2020), siendo la precisión de estos mapas del orden del 97%. El análisis de las transiciones se realizó a través del programa QGIS utilizando el plugin de clasificación semiautomática. Los resultados del análisis de las transiciones de cobertura vegetal en el período en cuestión muestran pérdidas significativas en las categorías de suelo bosque a sabana y sabana a expuesto, revelando una falta de equilibrio entre los procesos de exploración en las formaciones vegetales y los procesos de reemplazo. Por otra parte, se observa una evolución gradual de las áreas de suelo expuesto a lo largo de la cuenca, lo que conlleva intervenciones de sustitución de formaciones vegetales, dada la función vital que desempeñan.

PALABRAS CLAVE: Usos, Cobertura, Suelo, Dinámica, Análisis.

Artigo recebido em outubro de 2025. Aprovado em dezembro de 2025.