



MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E RISCO DE INUNDAÇÃO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO SANTANA/LAJEDO EM PATOS-PB

Avanil Martins Alves Neto

Engenharia Civil, IFPB, Patos, Paraíba, Brasil
avanil.neto@academico.ifpb.edu.br

Rute Helena Andrade Brito

Engenharia Civil, IFPB, Patos, Paraíba, Brasil
rute.helena@academico.ifpb.edu.br

Lucas Gabriel Monteiro dos Santos

Engenharia Civil, IFPB, Patos, Paraíba, Brasil
lucas.monteiro@academico.ifpb.edu.br

Denize Monteiro dos Anjos

Engenharia Civil, IFPB, Patos, Paraíba, Brasil
denize.anjos@ifpb.edu.br

Deividy Kaik de Lima Araújo

Engenharia Civil, IFPB, Patos, Paraíba, Brasil
Deividy.araujo@ifpb.edu.br

Resumo: O presente artigo aborda o avanço da urbanização e o aumento do risco de inundações na microbacia hidrográfica do Riacho Santana/Lajedo em Patos-PB. Nos últimos 20 anos, a mancha urbana cresceu consideravelmente, contribuindo para a conversão de terras agropecuárias para urbanas. Embora o plano diretor atual proíba novos loteamentos em áreas sem saneamento, mais áreas verdes continuam a se tornar urbana sem infraestrutura adequada, aumentando a ineficiência da drenagem urbana. Para investigar essa situação, foi realizada uma análise temporal de série de imagens de satélite e dados geoespaciais e técnicas de geoprocessamento. Os resultados revelam que a falta de revisão do plano diretor em vigor em pelo menos dezoito anos provocou o crescimento da expansão urbana e agravou o risco de inundações. Esta pesquisa conclui que a revisão do plano diretor e a sua plena aplicação é uma solução de emergência, conferir planejamento urbano sustentável em toda a microbacia hidrográfica.

Palavras-chave: Uso e Ocupação do Solo, Microbacia Hidrográfica, Urbanização, Inundações, Geoprocessamento.



1. Introdução

Atualmente, um dos maiores desafios para os problemas de drenagem urbana é o crescimento acelerado, que leva à urbanização e, consequentemente, à impermeabilidade do solo (Formentini; Monteiro e Sotero, 2024). Isso, por sua vez, é causado pela substituição da cobertura vegetal natural por superfícies impermeáveis, resultando em mudanças no ciclo hidrológico e um aumento significativo no escoamento superficial, o que causa danos humanos e materiais (Sousa et al., 2023).

A microbacia hidrográfica desempenha um papel vital na gestão dos recursos hídricos, especificamente em áreas urbanas onde a necessidade de desenvolvimento e ocupação do solo é uma ameaça. Segundo Kumar, Sreejith e Dwarakish (2024), as microbacias são essenciais para o equilíbrio ecológico e regulação do ciclo hidrológico, desempenhando funções de recarga e manutenção da qualidade da água. A urbanização descontrolada causa impactos negativos, como impermeabilidade do solo e perdas de capacidade de infiltração, resultando em aumento do risco de Runnof e inundações (Matos e Cauduro, 2021).

Recentemente, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, localizado no sul do país, a ocorrência de inundações e inundações nos primeiros meses de 2024 revelou a vulnerabilidade das áreas urbanas e demonstrou a necessidade de repensar imediatamente o planejamento e a ocupação do solo (Rocha; Rebolita e Crespo, 2024). De acordo com a Defesa Civil do Estado, os eventos extremos de chuva causaram danos significativos, que ocorreram devido a estruturas de drenagem inadequadas e ocupação informal de área de risco (Defesa Civil, 2024). Tais eventos revelam a necessidade de integrar o uso da terra em estudos hidrológicos urbanos para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de riscos ambientais.

Portanto, a sustentabilidade urbana requer a gestão adequada dos recursos hídricos. A abordagem para a análise do uso e ocupação do solo deve ser combinada com métodos que poderiam ajudar a avaliar o risco de inundação. Isso permitiria o planejamento adequado e permitiria a implementação de políticas adequadas semelhantes àquelas que abordam a política hídrica. Assim, o objetivo deste estudo é analisar o avanço o uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do Rio Santana/Lajedo, em Patos, Paraíba e em seguida a avaliação do risco de inundação da microbacia. Isso permitirá a discussão sobre a gestão integrada da água e a importância do planejamento urbano sustentável.

2. Metodologia

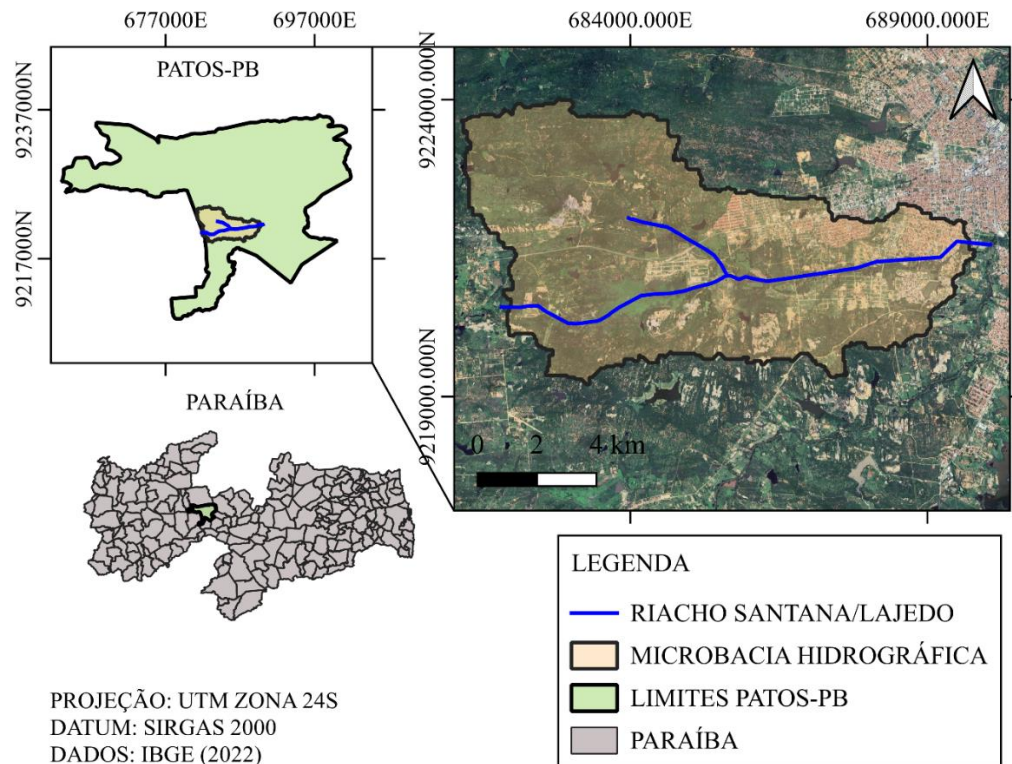
Neste tópico serão apresentados os materiais e métodos empregados durante a pesquisa, sendo divididos em dois tópicos essenciais, sendo eles: área de estudo e metodologia de pesquisa.

2.1. Área de Estudo

O estudo possui como área de estudo a microbacia hidrográfica do Riacho Santana/Lajedo, localizado na zona oeste da cidade de Patos-PB, com uma área de influência de 25,23 Km², com o seu ponto de exutório no Rio Espinharas. A Figura 01 mostra a localização da microbacia hidrográfica do Riacho Santana/Lajedo no município do Patos-PB.



Figura 1: Mapa de Localização da Microbacia Hidrográfica do Riacho Santana/Lajedo no Município de Patos-PB.



FONTE: Autores (2024).

O município de Patos localiza-se na mesorregião do sertão paraibano (IBGE, 2021), tendo a sua sede distante 306 km da capital estadual, João Pessoa, com uma população estimada pelo IBGE (2022) em 103.165 habitantes, distribuídos em uma área territorial de 472,892 Km². Em se tratando do clima no município, Patos enquadra-se nos tipos climáticos Bsh da classificação elaborada por Koppen, apresentando período chuvoso entre os meses de janeiro e abril (Francisco, 2015).

Ainda de acordo com Lucena (2015), em relação a hidrografia do município, podemos destacar que ele faz parte da bacia hidrográfica do Piranhas, uma das nove bacias hidrográficas da região nordeste do país. Além do mais, o município é cortado pelos rios Farinhas, Cruz e o Espinharas, no qual o riacho Santana/Lajedo desagua.

Segundo estudos da Embrapa (2020), a região de Patos está localizada em uma região de solos do tipo TCo, sendo Luvisolos Crômicos Orticos. Esse tipo de solos configura-se como sendo rasos.

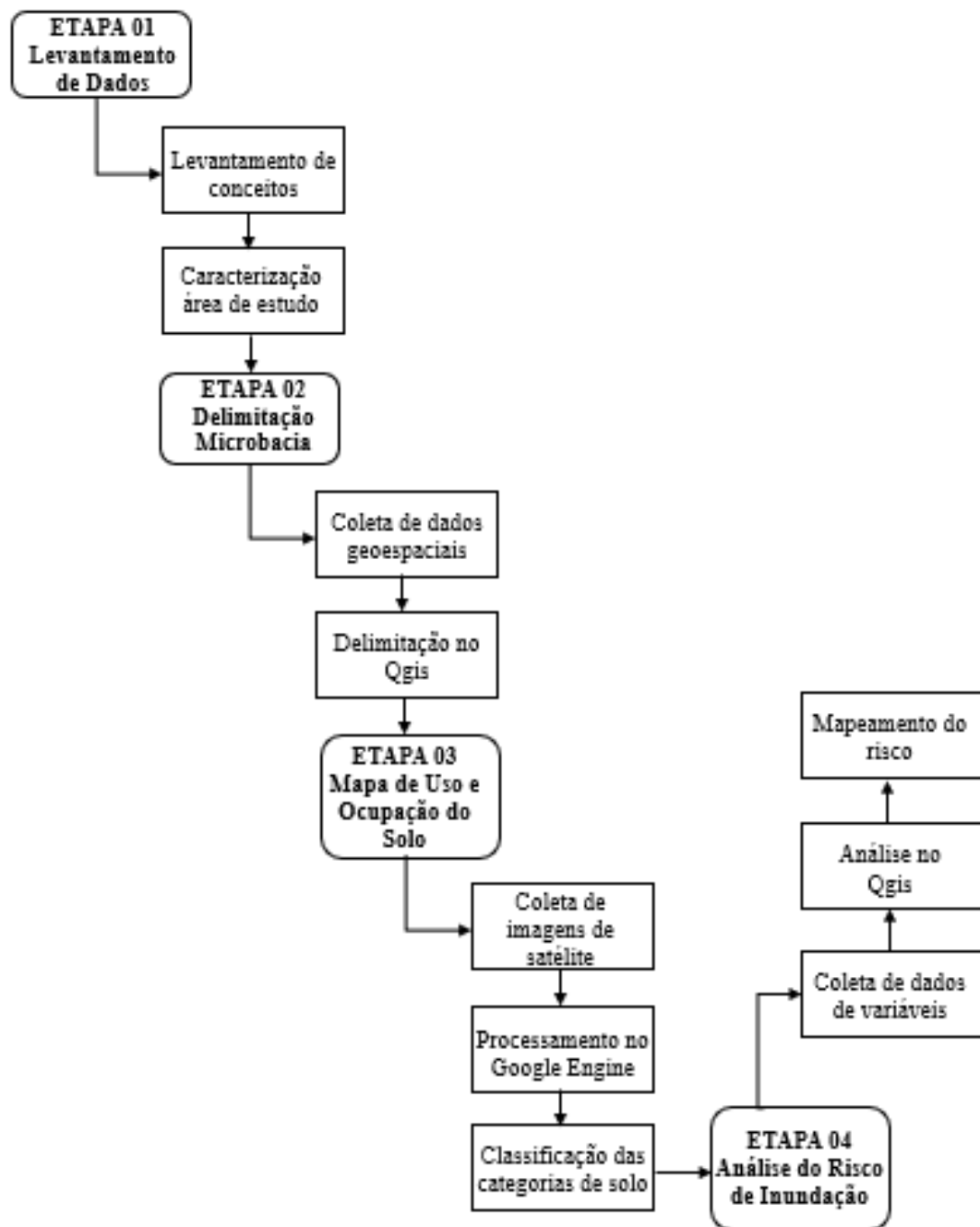
2.2. Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos empregados no estudo consistem na elaboração e interpretação de mapas de uso e ocupação do solo e a posterior análise do risco de inundação na área de estudo.



Para tanto, o processo metodológico empregado na pesquisa pode ser dividido em 04 (quatro) etapas, sendo elas: levantamento de dados, delimitação da microbacia, criação de mapas de uso e ocupação do solo e análise de risco de inundação. O fluxograma presente na Figura 02 mostra de forma visual o procedimento metodológico do estudo.

Figura 2: Fluxograma Metodológico.



FONTE: Autores (2024).



2.2.1. Levantamento de dados

Na primeira etapa do estudo foi realizado o levantamento de dados, que colaboraram para a caracterização da área de estudo, além do auxílio na descrição das principais características da localidade, assim como no estudo de conceitos essenciais para o prosseguimento da pesquisa.

Inicialmente, foi realizado consultas em sites e bases de dados de órgãos oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), além de pesquisas bibliográficas e documentais que possibilitaram a caracterização da área de estudo, como a sua população, localização, área e as características do solo da região e a hidrografia.

Em seguida, foi realizado pesquisas em sites e órgãos municipais para a obtenção de dados acerca do ordenamento da ocupação do solo, plano diretor, código de obras e gestão hídrica no município, de modo que fosse possível compreender toda a dinâmica de gestão administrativa da localidade.

2.2.2. Delimitação da microbacia

Ao longo da segunda etapa da pesquisa foram elaborados mapas temáticos. Inicialmente foram obtidos dados da base cartográfica do IBGE (2022), utilizados para realizar toda a caracterização cartográfica do município, evidenciando os seus limites. Em conjunto, foram utilizados dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE) do programa TOPODATA do INPE (2011), os quais possuem os dados matemáticos que representam o relevo do terreno.

Os dados obtidos foram tratados através do software Qgis, sendo utilizado a versão 3.32. Optou-se pela utilização do software Qgis devido ser um programa destinado ao geoprocessamento que possui acesso gratuito e de fácil utilização. Por possuir código fonte aberto, se torna possível a utilização de plugins no programa, o que se torna útil para o desenvolvimento da pesquisa.

2.2.3. Criação de mapas de uso e ocupação do solo

A terceira etapa do estudo consistiu na classificação de uso e ocupação do solo para a área de estudo. Para a classificação foi utilizado a base de dados de informações geoespaciais de uso e ocupação do solo da oitava coleção do projeto MAPbiomas para os anos de 2002, 2007, 2012, 2017 e 2022, desenvolvidos pelo Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SSEG/OC). Optou-se pela utilização es dados devido estarem na coleção mais recente e criarem uma série histórica de 20 (vinte) anos, sendo possível realizar a análise do avanço do uso e ocupação do solo em intervalos iguais de 5 (cinco) anos.

Através da utilização da base de dados do MAPbiomas foi possível a elaboração dos dados de uso e ocupação do solo por meio do uso do software Google Earth Engine. O uso do software Google foi necessário devido todo o processo de realização da análise temporal requerer o uso de ferramentas não disponíveis no software Qgis. Assim como o software Qgis, o Google Earth Engine possui acesso gratuito. Toda a base de dados digitais do projeto MAPbiomas utilizados para essa pesquisa podem ser consultados de forma gratuita no sita oficial do MAPbiomas.



Em continuidade, as áreas de cada subclassificação de uso e ocupação do solo foram reclassificadas em classes temáticas, de modo a termos uma base de dados enxuta. As classes temáticas escolhidas, que refletem a realidade da área, são: caatinga, formação natural não densa, agropecuária, área não vegetada e corpos d'água.

Ao longo desse processo foram utilizadas técnicas de geoprocessamento de modo a identificar as áreas isoladas de cada classe de uso e ocupação do solo, bem como a relação numérica entre tais áreas e a área total da bacia. Por conseguinte, foi possível a avaliação dessas áreas, realizando comparações entre os cenários dos 5 (cinco) períodos analisados.

2.2.4. Análise do risco de inundação

A última etapa da pesquisa consolidou-se pela análise do risco de inundação na área de estudo para a atualidade. Para isso, fez-se necessário a elaboração do mapa de risco de inundação. O método utilizado, intitulado por Martinelli (2014) de Mapa de Síntese, consiste na realização da sobreposição de mapas temáticos, dando pesos a cada mapa e notas a cada categoria presente nos mapas.

No desenvolvimento do estudo considerou os dados de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação da área de estudo, obtidos através da base de dados do IBGE (2019), e a declividade da área, desenvolvida pelos autores seguindo as classificações sugeridas pela EMBRAPA (1979). As notas dadas a cada categoria variam de 0,0 a 10,0.

Na microbacia hidrográfica do Santana/Lajedo foi identificado 5 (cinco) categorias geológicas, sendo elas: três categorias de corpos d'água, caices e serras. As maiores notas foram atribuídas às categorias de corpos d'água, uma vez que estes se encontram naturalmente em áreas alagadas. Para caices e serras foram dadas notas mais baixas, como pode ser observado na Tabela 01.

Tabela 1: Notas por Categorias de Geologia.

VARIÁVEL	CATEGORIA	NOTA
Geologia	Corpo D'Água 01	9,0
	Corpo D'Água 02	9,0
	Corpo D'Água 03	9,0
	Caices	5,0
	Serras	3,0

FONTE: Autores (2024).

Para a área foi identificado 6 (seis) categorias geomorfológicas, sendo elas: três categorias de corpos d'água, cinturões móveis neoproterozóicos com topo agurado, cinturões móveis neoproterozóicos com topo convexo e cinturões móveis neoproterozóicos com topo tabular. As maiores notas foram atribuídas às categorias de corpos d'água, uma vez que estes se encontram naturalmente em áreas alagadas. Para os diferentes tipos de cinturões evidenciados foram dadas notas mais baixas, como pode ser observado na Tabela 02.



Tabela 2: Notas por Categorias de Geomorfologia.

VARIÁVEL	CATEGORIA	NOTA
Geomorfologia	Corpo D'Água 01	9,0
	Corpo D'Água 02	9,0
	Corpo D'Água 03	9,0
	Cinturões Móveis Neoproterozóicos com Topo Agurado	5,0
	Cinturões Móveis Neoproterozóicos com Topo Tabular	5,0
	Cinturões Móveis Neoproterozóicos com Topo Convexo	4,0

FONTE: Autores (2024).

Para a variável pedologia foram identificadas 7 (sete) categorias, sendo elas: três categorias de corpos d'água, luvisolos, neossolos, afloramentos de rochas e outros. As maiores notas foram atribuídas às categorias de corpos d'água, uma vez que estes se encontram naturalmente em áreas alagadas. Para os luvisolos e neossolos foram dadas notas medianas a baixas e, para os afloramentos de rochas e outros, foram atribuídas notas baixas, como pode ser observado na Tabela 03.

Tabela 3: Notas por Categorias de Pedologia.

VARIÁVEL	CATEGORIA	NOTA
Pedologia	Corpo D'Água 01	9,0
	Corpo D'Água 02	9,0
	Corpo D'Água 03	9,0
	Luvisolos	6,0
	Neossolos	4,0
	Afloramentos Rochosos	3,0
	Outros	3,0

FONTE: Autores (2024).

Ao se abordar a variável de vegetação no estudo, foi observado a existência de 7 (sete) categorias distintas, sendo elas: três categorias de corpos d'água, área urbanizada, savana arborizada, savana florestada e savana parque. As maiores notas foram atribuídas às categorias de corpos d'água, uma vez que estes se encontram naturalmente em áreas alagadas e à áreas urbanizadas, que impermeabilizam o solo, dificultando a infiltração. Para os diferentes tipos de savanas foram atribuídas notas mais baixas, visto que possibilitam uma maior infiltração. As notas podem ser vistas na Tabela 04.



Tabela 4: Notas por Categorias de Vegetação.

VARIÁVEL	CATEGORIA	NOTA
Vegetação	Área Urbanizada	10,0
	Corpo D'Água 01	9,0
	Corpo D'Água 02	9,0
	Corpo D'Água 03	9,0
	Savana Arborizada	5,0
	Savana Florestada	4,0
	Savana Parque	3,0

FONTE: Autores (2024).

A declividade utilizada para o estudo foi categorizada de acordo com as 6 (seis) classificações sugeridas pela EMPRABA (1979), sendo elas: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado. As notas foram aplicadas de acordo com o grau, onde as categorias que mais se aproximam de plano receberam as maiores notas, enquanto as que se assemelham e/ou se aproximam de áreas escarpadas receberam notas medianas a baixas, como pode ser observado na Tabela 05.

Tabela 5: Notas por Categorias de Vegetação.

VARIÁVEL	CATEGORIA	NOTA
Declividade	Plano	10,0
	Suave Ondulado	9,0
	Ondulado	8,0
	Forte Ondulado	7,0
	Montanhoso	6,0
	Escarpado	5,0

FONTE: Autores (2024).

Com as notas criadas para cada categoria das variáveis listadas, conduz-se a conversão para camadas raster, que viabiliza a execução do modelo e a criação do mapa de risco de inundação. Os pesos de cada variável, mostrados na Tabela 06, são utilizados pela calculadora raster do software para a composição da malha.

Tabela 6: Relação de Pesos por Variável.

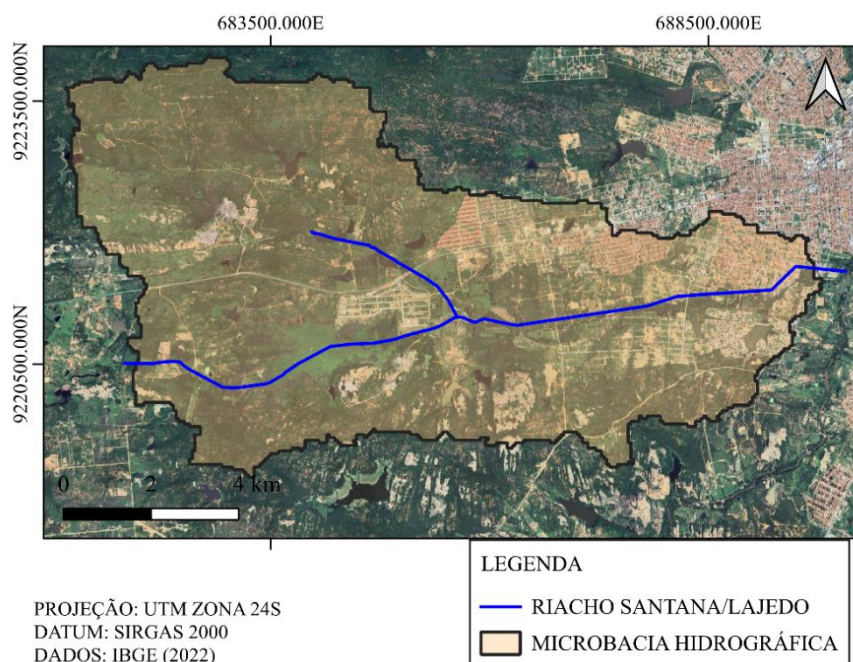
VARIÁVEL	PESO
Geomorfologia	2,7
Declividade	2,5
Pedologia	2,0
Vegetação	1,5
Geologia	1,3

FONTE: Adaptado de Martinelli (2014).

3. Resultados e Discussão

A microbacia do riacho Santana/Lajedo possui seus limites bem definidos, englobando em seu domínio uma parcela da área rural do município de Patos-PB e uma parte considerável da mancha urbana da cidade, como pode ser observado na Figura 03. O local objeto deste estudo possui uma área de 24,98 km², perímetro total de 33,74km e talvegue de 8,67km. É observável que o processo de ocupação do solo pela urbanização da cidade de Patos ocorre em ambas as margens do riacho principal, o desenvolvimento mais acentuado das atividades antrópicas é predominante no setor Norte da bacia.

Figura 3: Presença de Mancha Urbana na Microbacia.

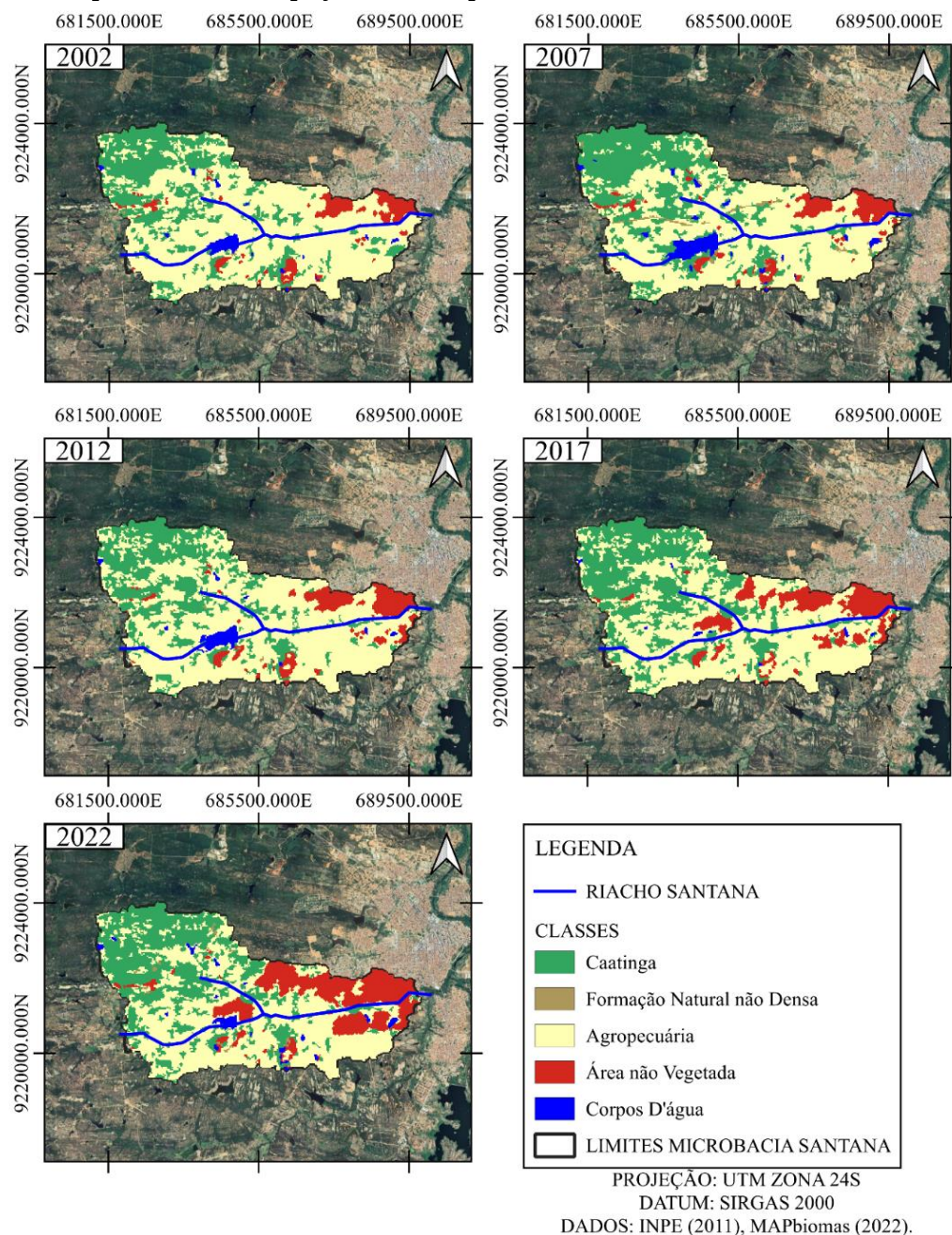


FONTE: Autores (2024).

Analisando a área de contribuição que forma a microbacia, pelo ponto de vista da pedologia local, observa-se que a região é composta em sua grande parte por luvisolos

argilosos, sendo possível também a identificação de corpos d'água, neossolos e afloramentos rochosos. Por meio da utilização das imagens processadas com base nos dados obtidos no projeto MAPbiomas foi possível realizar a classificação supervisionada e analisar o avanço do uso e ocupação do solo para os anos de 2002, 2007, 2012, 2017 e 2022, formando uma série histórica de 20 (vinte) anos, com a análise do avanço podendo ser observada a cada 5 (cinco) anos. A Figura 04 mostra os mapas gerados através da classificação supervisionada.

Figura 4: Mapa de Uso e Ocupação do Solo para os Anos de 2002, 2007, 2012, 2017 e 2022.



FONTE: Autores (2024).



Para o ano de 2002, a classe predominante na microbacia hidrográfica do Santana/Lajedo foi a agropecuária, englobando 64,90% da área total da localidade, sendo seguida pela cobertura de caatinga, com 27,06%; para o mesmo ano vemos a área não vegetada cobrindo 6,29% da sua área, seguido por corpos d'água com 1,68% e formações naturais não densas com 0,06%.

As áreas de atividades agropecuárias continuam como classe predominante na microbacia durante toda a série histórica em análise, englobando 57,29% em 2007, 62,50% em 2012, 54,58% em 2017 e 47,64% para o ano de 2022, representando, dessa forma, uma redução de 26,59% em área ocupada.

É importante destacar ainda que para o mesmo período as áreas de caatinga saíram de 6,83 Km², em 2002, para 8,23 Km² em 2022, sendo um aumento de 20,51% na área de cobertura nativa do solo. Enquanto isso, em 2002 1,59 Km² da microbacia eram não vegetadas, configuradas por atividades antrópicas que impermeabilizam o solo, podendo citar como exemplo o avanço do urbanismo, para uma cobertura de 4,43 Km² em 2022, representando um aumento de 178,62%.

A partir dos mapas temáticos apresentados anteriormente pode-se elaborar o Quadro 1 que apresenta as áreas das classes de uso e ocupação do solo juntamente com as suas respectivas percentagens durante os anos de 2002, 2007, 2012, 2017 e 2022.

Quadro 1: Áreas e Porcentagens das Classes de Uso e Ocupação do Solo.

CLASSES	ANO									
	2002		2007		2012		2017		2022	
	ÁREA (Km ²)	%	ÁREA (Km ²)	%	ÁREA (Km ²)	%	ÁREA (Km ²)	%	ÁREA (Km ²)	%
Caatinga	6,83	27,06	7,78	30,84	6,85	27,14	8,37	33,19	8,23	32,61
Formação Natural não Densa	0,02	0,06	0,43	1,72	0,04	0,16	0,02	0,07	0,14	0,55
Agropecuária	16,37	64,90	14,45	57,29	15,77	62,50	13,77	54,58	12,02	47,64
Área não Vegetada	1,59	6,29	1,74	6,89	2,09	8,28	2,97	11,78	4,43	17,54
Corpo D'Água	0,42	1,68	0,82	3,26	0,48	1,92	0,10	0,38	0,42	1,66

FONTE: Autores (2024).

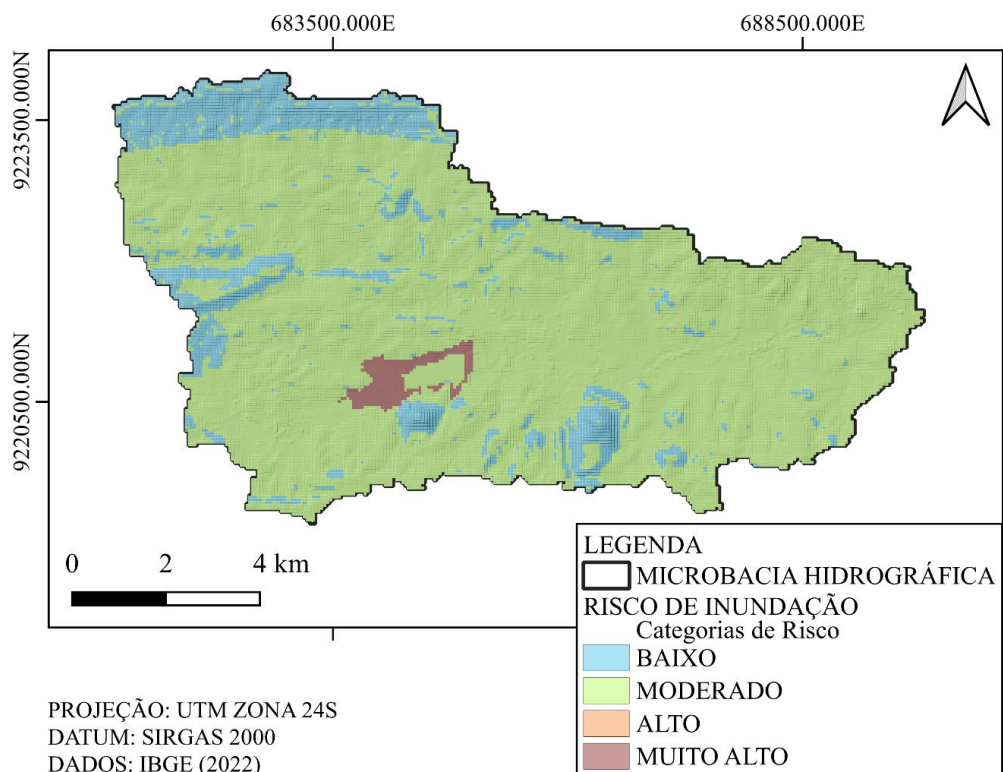
É perceptível através destas análises que a microbacia do riacho Santana/Lajedo ao longo dos 20 anos abordados pelo estudo teve mudanças significativas na sua ocupação, podendo ser destacado o aumento expressivo de áreas antrópicas que impermeabilizam o solo. Observa-se ainda que o avanço de tais áreas não vegetadas ocorrem principalmente perto do ponto de exutório que naturalmente é um ponto crítico, visto o expressivo acúmulo de águas durante eventos de chuvas. Além de impermeabilizar o solo, impondo uma dificuldade na infiltração de água no solo, a urbanização colabora para que se tenha um aumento significativo no escoamento



de águas pluviais, como pontua Guimarães et al. (2024). Em seu estudo acerca da urbanização na planície de inundação do rio Pinheiros, localizado em São Paulo, Luz e Rodrigues (2020) observaram que o aumento populacional na região gerou um agravamento nos casos de enchentes, impactando em significativos prejuízos socioeconômicos. O uso do solo, nesse sentido, se torna um fator importante para se entender os casos de inundações em centros urbanos.

Através da pesquisa foi possível realizar o mapeamento do risco de inundação na microbacia em estudo, o qual está apresentado na Figura 05. O mapa classifica o risco de inundação em 4 (quatro) categorias diferentes, sendo elas: baixo, moderado, alto e muito alto. Por meio do mapeamento foi constatado que 00,00% (000,00 km²) da bacia está em categoria de baixo risco, sendo seguido pelas categorias de moderado e alto risco com 00,00% (000,00 km²) e (000,00 km²), respectivamente, enquanto para a indicação de risco muito alto foi destacado 00,00% (000,00 km²) da área total.

Figura 5: Mapa de Risco de Inundação.

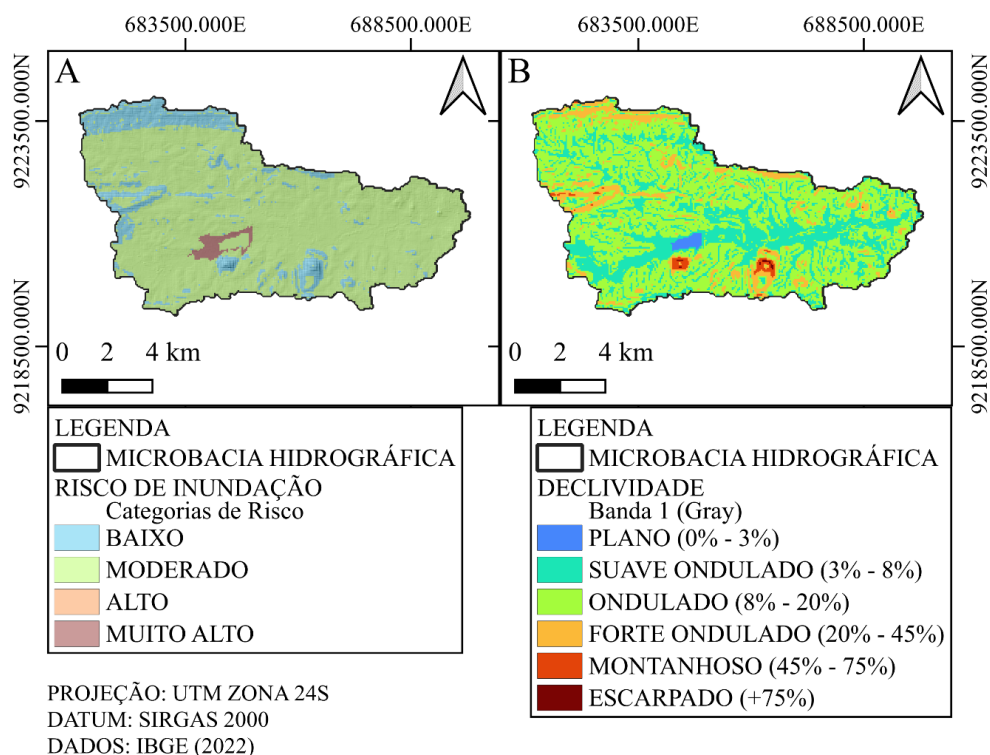


FONTE: Autores (2024).

Como evidenciado anteriormente, a declividade do terreno possui o segundo maior peso para a análise do risco de inundação, ficando atrás apenas da geomorfologia. Através do mapa de risco observa-se que a categoria de risco considerada baixo concentra-se principalmente em áreas com maiores declividades, como as regiões classificadas como ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado. Por outro lado, as categorias de risco moderado, alto e muito alto

encontram-se predominantemente nas áreas com menores declividades, como regiões planas e suave ondulado, como pode ser visto na Figura 06, que realiza uma comparação entre o risco de inundação e a declividade na microbacia.

Figura 6: Comparação Entre o Risco de Inundação (A) e a Declividade (B).



FONTE: Autores (2024).

Através da Lei Municipal nº 3.503 de 06 de outubro de 2006, que define o plano diretor de desenvolvimento integrado do município de Patos, e dá outras providências, define em seu artigo 4º que um dos principais objetivos das leis complementares é a proteção, preservação e restauração do meio ambiente. O artigo 30 do plano diretor do município estabelece, além de outros pontos, que deveriam ser impedidas as aberturas de novos loteamentos em área onde não há adequado saneamento ambiental e, também, estabelece que deveria ser criado um sistema municipal de áreas de proteção do tipo APP, unidades de conservação.

O Estatuto da Cidade, criado através da Lei Federal nº 10.257:2001, no terceiro parágrafo do artigo 30 estabelece que os planos diretores das cidades brasileiras devem ser revisados a cada dez anos. O Plano diretor do município de Patos-PB está em vigor há 18 (dezoito) anos e, através da análise dos mapas de uso e ocupação evidenciados neste trabalho percebe-se nitidamente o crescimento desordenado da mancha de urbanização na margem norte do talvegue, concentrando-se principalmente no ponto de exutório da mesma. O crescimento desordenado da impermeabilização do solo, em conjunto com a falta de uma rede de drenagem eficiente colabora para que a maior parte da microbacia esteja classificada como área de risco moderado de inundações.



5. Conclusões

O presente estudo teve seu desenvolvimento focado em conhecer a dinâmica do uso e ocupação do solo e o mapeamento do atual risco de inundações na microbacia hidrográfica do riacho Santana/Lajedo, localizado no setor oeste do município de Patos-PB, uma vez conhecida a sua importância na dinâmica da drenagem urbana da cidade.

Através da utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto foi possível realizar o estudo para uma série histórica de 20 (vinte) anos, realizando a análise da dinâmica de uso e ocupação a cada 5 (cinco) anos, sendo constatado que em todo o período, apesar de ser observado uma diminuição, a classe de uso e ocupação para agropecuária se destaca abrangendo a maior parcela da área, visto que a microbacia se encontra nos limites da zona urbana e rural do município. Apesar disso, foi observado na série histórica o aumento acentuado de áreas não vegetadas, áreas essas que são advindas do desenvolvimento urbano da cidade que está em crescimento, substituindo as áreas que no início do período em estudo, no ano de 2002, que eram destinadas para agropecuária fossem sendo substituídas ao longo do tempo pela mancha urbana.

Conciliado com a dinâmica de uso e ocupação do solo, foi realizado o mapeamento do risco de inundações para a microbacia para o período atual, sendo observado que a maior parcela da região em estudo encontra-se em categoria de risco moderado. Para se obter os graus de risco foi realizado a sobreposição de mapas temáticos referentes a geologia, geomorfologia, declividade, vegetação e pedologia da área. Observa-se no estudo que a região de ponto de exutório da microbacia possui uma grande densidade de urbanização que, em conjunto com a declividade e os outros fatores, se tornou uma área de risco moderado para inundações.

Além disso, ficou constatado através da pesquisa que o plano diretor da cidade, apesar de abordar em seus artigos que o município deverá criar um comitê para preservação de APPs, na microbacia abordada no estudo não existe uma preservação das margens do riacho principal, colaborando para problemas relacionados ao assoreamento do seu leito e a erosão do solo.

O plano diretor da cidade está defasado à pelo menos 8 (oito) anos, dessa forma, se torna necessário uma revisão desse documento e, através da sua atualização, venha a sua real implementação de forma contínua no município, de forma que seja garantido a preservação das áreas marginais aos corpos hídricos, além de se estabelecer critérios para o avanço da urbanização na localidade e também a implementação de sistemas de drenagem que abordem sistemas convencionais e sustentáveis para auxiliar na drenagem local, evitando-se casos de inundações como os ocorridos na região sul do país no início de 2024.

Através do desenvolvimento desta pesquisa, espera-se que o estudo possibilite e viabilize novos trabalhos acerca da microbacia do riacho Santana/Lajedo, além de fornecer dados concretos que colaborem para a gestão sustentável dos recursos hídricos do município.

6. Referências bibliográficas

BRASIL. **Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001.



DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL. **Inundações**. Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br>. Acesso em: 12 out. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979. 83p.

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Boletim de Pesquisa). **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode/%3Abrasil_solos_5m_20201104. Acesso em: 07 de Abr. 2024.

FORMENTINI, A. B.; MONTEIRO, D. C. P; SORETO, E. M. O. A Drenagem Urbana das Águas Pluviais e Sua Relação com a Impermeabilização do Solo na Avenida Ininga. **Contemporânea**, v.4, n.1, 2024.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. de; SANTOS, D; MATOS, R. M. de. Classificação Climática de Koppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 8, p. 1006 – 1016, jan. 2015.

GUIMARÃES, E. A.; et al. Suscetibilidade à Inundação e Alagamento Urbano em Municípios de Pequeno Porte: Aspectos Hidrogeomorfológicos e de Uso e Ocupação do Solo Numa Análise Multicritério. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.18, n.9, p.1-17, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n9-040>. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/6513/2800>. Acesso em: 12 de Out. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal de Mapas**. 2019. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 07 de Out. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal Cidades**. Cidades e Estados do Brasil – Patos-PB. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/panorama>. Acesso em: 07 de Abr. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Malha Municipal**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html>. Acesso em: 01 de Abr. 2024.



INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. 2011. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 01 de Abr. 2024.

KUMAR, G. P.; SREEJITH, K. S.; DWARAKISH, G. S. The Influence of Land Use and Land Cover Transitions on Hydrology in a Tropical River Basin of Southwest India. **Water Conserv Sci Eng**, v. 9, n.64, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41101-024-00301-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41101-024-00301-8#citeas>. Acesso em: 12 out. 2024.

LUCENA, D. **Patos de Todos os Tempos A Capital do Sertão da Paraíba**. [S.l.]: A UNIÃO, 2015.

LUZ, R. A.; RODRIGUES, C. O Processo Histórico de Ocupação e de Ocorrência de Enchentes na Planície Fluvial do Rio Pinheiro de 1930 Até os Dias Atuais. **GEOUSP: espaço e tempo**, v.24, p.340-360.

MARTINELLI, M. **Mapas, gráficos e redes: elabore você mesmo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

MATOS, H. de.; CAUDURO, F. Drenagem e a Urbanização – Estudo de Caso dos Impactos da Urbanização no Sistema de Drenagem em uma Cidade de Pequeno Porte. **Revista Técnica-Científica de Engenharia Civil**, v.5, n.2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18616/civiltec.v5i2.6567>. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/engcivil/article/view/6567>. Acesso em: 12 out. 2024.

PATOS. **Lei Nº 3.503, de 06 de outubro de 2006**. Define o plano diretor de desenvolvimento integrado do município de Patos, e dá outras providências. Patos, PB: Diário Oficial, 2006.

ROCHA, R. P.; REBOLITA, M. S.; CRESPO, N. M. Análise do Evento Extremo de Precipitação Ocorrido no Rio Grande do Sul entre Abril e Maio de 2021. **Journal Health NPEPS**, v.9, n.1, 2024.

SOUSA, I. E. O. de.; et al. The Influence of Urbanization on the Natural Course of Water in the Ouro Verde Neighborhood in Açailândia, Maranhão, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. L.], v.12, n.11, p.e133121142446, 2023 DOI: 10.33448/rsd-v12i11.42446. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42446>. Acesso em: 13 set. 2024.