

Caracterização das ações antrópicas na bacia do rio Una: estudo de caso no bairro Serrinha, no município de Taubaté/SP

Heloisa Tavares de Mattos Martins¹

Julien César Mélega²

Maria Dolores Alves Cocco³

*Marcelo Santos Targa³

¹Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Taubaté, SP

²Secretaria Municipal de Educação e Cultura de Taubaté, SP

³Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté
(UNITAU), Taubaté, SP, Brasil

e-mail: martins.heloisa@gmail.com, melegajulien@gmail.com,
targa.marcelo@gmail.com, maria.cocco@unitau.com.br,

*autor correspondente

RESUMO

Os efeitos e impactos das transformações antrópicas no ambiente devem ser estudados objetivando conhecer e evitar a degradação ambiental. O presente estudo visa caracterizar os impactos das transformações antrópicas na bacia hidrográfica do rio Una, trecho inserido no bairro Serrinha, no município de Taubaté, de forma a contribuir com a implantação de políticas públicas voltadas à conservação e recuperação da área. Os procedimentos metodológicos utilizados para a caracterização geral da área envolveram o georreferenciamento e a vetorização pelo programa Arcgis de fotos e imagens aéreas do território, o que possibilitou a quantificação da ocupação e uso do solo em seis categorias: cursos de água, mata ciliar, campo ou pastagem, mata nativa, área urbana e reflorestamento. Posteriormente aplicou-se o Índice de Transformação Antrópica - ITA e obteve-se o índice 3,5, que indica uma área regular, a partir da porcentagem de uso e ocupação do solo. Concluiu-se que houve uma mudança na paisagem da área no curto espaço temporal de 10 anos, onde se pode observar uma pressão antrópica acentuada. Porém, tal pressão de certa forma foi compensada pelo aumento da cobertura vegetal, mesmo que oriunda grande parte de reflorestamento, uma vez que se observou redução do escoamento superficial e aumento da infiltração superficial.

Palavras-chave: Ciências ambientais, uso e ocupação do solo, escoamento superficial, infiltração potencial.

SUMMARY

The effects and impacts of anthropic transformations on the environment must be studied in order to know and avoid environmental degradation. The present study aims to characterize the impacts of the anthropic transformations in the river basin of the river Una, part of the Serrinha neighborhood, in the municipality of Taubaté, in order to contribute to the implementation of public policies aimed at the conservation and recovery of the area. The methodological procedures used for the general characterization of the area involved the georeferencing and the vectorization by the Arcgis program of aerial photos and aerial images of the territory, which allowed the quantification of the occupation and land use in six categories: water courses, ciliary forest, field or pasture, native forest, urban area and reforestation. Afterwards, the

Anthropic Transformation Index (ITA) was applied and the index 3.5 was obtained, which indicates a regular area, based on the percentage of land use and occupation. It was concluded that there was a change in the landscape of the area in the short time span of 10 years, where a strong anthropic pressure can be observed. However, this pressure was somewhat compensated by the increase of the vegetation cover, even if it came from a great part of reforestation, since it was observed a reduction of the surface runoff and increase of the superficial infiltration.

Keywords: Environmental sciences, soil use and occupation, surface runoff, potential infiltration.

1. INTRODUÇÃO

Estudos têm demonstrado que, nas últimas décadas, o crescimento populacional acelerado e a falta de planejamento urbano têm provocado ocupação urbana desordenada e sérios impactos e perdas ambientais, tais como desmatamento, destruição de nascentes, perda de biodiversidade, erosão, alagamentos e alterações climáticas sem precedentes. Segundo Santos (2016), impactos são gerados quando o uso e ocupação da terra ocorrem desconsiderando a dinâmica do meio físico e, por isso, acabam resultando na geração de riscos provocados por movimentos de massa, processos erosivos, enchentes, inundações e alagamentos.

Além disso, o aumento da atividade humana também influencia a disponibilidade hídrica das bacias. De acordo com Moreira *et al.* (2015), o uso da terra também afeta a produção de água, por isso é um dos fatores mais relevantes a serem considerados no estudo e manejo de bacias hidrográficas. Segundo Silveira (2000), quanto mais o processo de urbanização avança, ocorre menos perdas por evapotranspiração e maiores perdas por escoamento ocorrem para os corpos d'água, diminuindo assim, a recarga dos aquíferos.

Estudos hidrológicos considerando a dinâmica de uso e ocupação do solo contribuem para ampliar o conhecimento sobre os impactos e consequências causados pelas ações antrópicas. Segundo Cardoso (2008) a avaliação de uma bacia hidrográfica sob o ponto de vista de sua ocupação, poderá contribuir para o estudo da vocação urbanística da área e o planejamento de medidas de intervenção visando o equilíbrio entre o ambiente construído e o natural.

No município de Taubaté/SP, a expansão urbana avança em direção à bacia hidrográfica do rio Una. De acordo com Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica – PMMA, Taubaté (2018), a bacia do rio Una apresenta sérios problemas decorrentes da ocupação desordenada, o que é visível em várias localidades no interior da bacia, onde predominam loteamentos irregulares de pequenas glebas rurais, causando erosão ao longo das encostas em razão da abertura de acessos não planejados e de platôs para construção. Além disso, a ampliação do acesso à tecnologia (energia, internet e telefonia móvel) e a presença de estradas pavimentadas são elementos que aceleram o processo de “rurbanização”, aumentando a pressão do vetor ocupação irregular na bacia. De acordo com Mateus (2011), a rurbanização é o nome dado ao processo de transformação dos bairros rurais em áreas com identidade urbana, em detrimento da qualidade ambiental.

Diante disso, este estudo propõe analisar as transformações antrópicas causadas pelo uso e ocupação do solo no bairro Serrinha na bacia do rio Una, no município de Taubaté, SP num período de 10 (dez) anos (2008 a 2018).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local

O local de estudo compreende uma área de 242 ha situada no bairro rural Serrinha, localizado na bacia hidrográfica do rio Una, no município de Taubaté, pertencente à Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, no Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1):

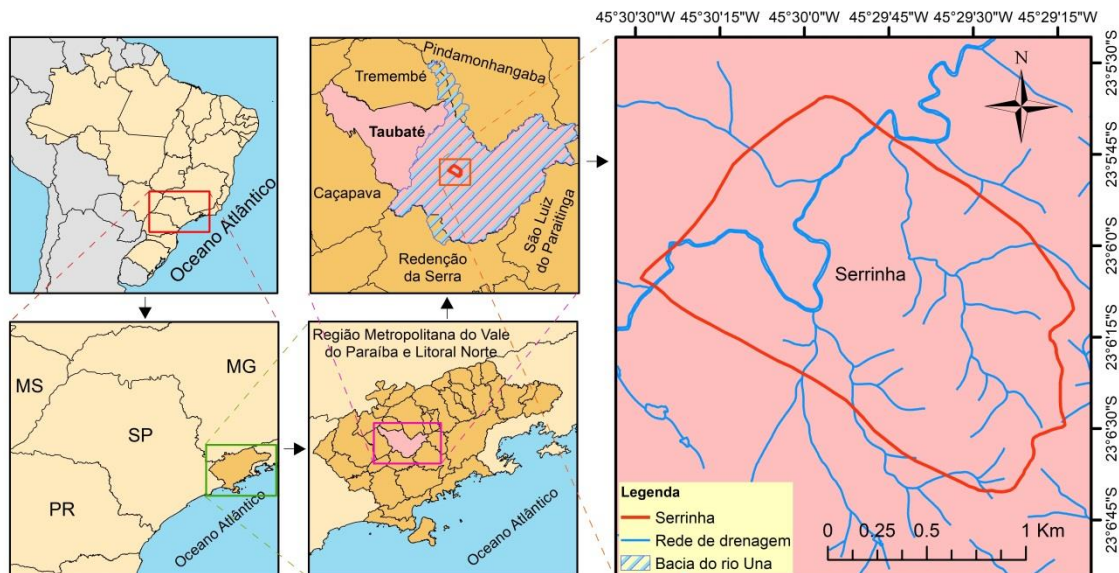


Figura 1 Localização da área de estudo.

Afluente do rio Paraíba do Sul, o rio Una é considerado o quarto em importância em abastecimento público de água e taxa de urbanização da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul (Batista et al., 2002). Além de Taubaté (78%), sua bacia hidrográfica abrange também pequenas áreas em Tremembé (8%), Pindamonhangaba (8%) e Redenção da Serra (8%).

Em 2017, com a aprovação do Plano Diretor Físico de Taubaté/SP (Lei 412/2017), o Serrinha foi reconhecido oficialmente como uma “Área Especial Rural de Interesse Local”. De acordo com o Plano Diretor, por possuírem características de núcleos urbanos consolidados em meio rural, foram estabelecidas diretrizes especiais para estas localidades, tais como: a obrigatoriedade do poder público de dotar de infraestrutura necessária; elaborar projeto urbanístico específico de regularização fundiária junto ao Ministério Público; fiscalizar e cobrar impostos devidos; descrever e congelar as ocupações até a aprovação do projeto urbanístico específico.

2.2. Procedimento metodológico

A metodologia utilizada neste trabalho para a mensuração e análise dos efeitos e transformações provocadas por ações antrópicas na área de estudo, foi baseada na aplicação do Índice de Transformação Antrópica (ITA) e da estimativa do escoamento superficial pelo método curva-número (CN).

De acordo com Rocha e Cruz (2002), o Índice de Transformações Antrópicas - ITA foi desenvolvido por Lèmechev e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1997), Teixeira (2003) e Richter (2004) em estudos geocológicos, com o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais. Segundo Perim *et al* (2016), o Índice de Transformações Antrópicas (ITA) é comprovadamente eficiente para análises espaço-temporais em bacias hidrográficas.

Segundo Machado (2002), o método Curva-Número ou CN, desenvolvido pelo NRCS-USDA, é considerado o método mais utilizado para a estimativa do escoamento superficial em bacias hidrográficas.

O estudo feito considerou um período de dez anos (2008 a 2018) e se baseou em imagens capturadas do programa Google Earth referentes aos anos de 2008, 2014 e 2018, com as seguintes etapas de processamento: (1) preparação da base cartográfica, levando em conta elementos geográficos e morfológicos urbanos; (2) georreferenciamento de ortofotos originadas do Google Earth, utilizando o software ArcGIS; (3) classificação manual das classes de uso do solo e cobertura vegetal, identificando: mata nativa, reflorestamento, área urbana, campo, curso de água e mata ciliar. (4) elaboração de mapas temáticos vetorizados no programa ArcGIS e determinação das áreas de ocupação de cada classe; (5) a aplicação do Índice de Transformações Antrópicas (ITA) para quantificar as ações antrópicas na área de estudo; (6) estimativa da infiltração potencial e do escoamento superficial da área de estudo pelo método do número da curva (CN).

2.3 Índice de Transformação Antrópica (ITA)

O ITA foi calculado com base na fórmula abaixo, a partir das classes do mapa de uso e ocupação do solo:

$$ITA = (\%uso \times peso) \div 100 \quad (1)$$

Em que:

uso = valores percentuais da classe de uso e cobertura do solo;

peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura do solo quanto ao grau de alteração antrópica, com a variação de 1 a 10, em que 10 indica as maiores pressões.

Rocha e Cruz (2002) classificaram o ITA em: pouco degradada (0 - 2,5), regular (2,5 - 5), degradada (5 - 7,5) e muito degradada (7,5 - 10). Para tanto foi aplicada a classificação do ITA, proposta por Rocha e Cruz (2002), conforme Tabela 1, e os pesos de ITA foram utilizados para cada imagem de acordo com a situação de degradação encontrada.

Tabela 1. Peso para cálculo do ITA.

Classes	Pesos
Pouco degradada	0 - 2,5
Regular	2,6 - 5
Degradada	5,1 - 7,5
Muito degradada	7,6 - 10

Fonte: Cruz, 2002

De acordo com o método, um peso deve ser atribuído por classe em função do conhecimento que o autor tem a respeito do grau de antropização sobre a mesma. No presente estudo, a cada classe, foi definida uma atribuição de pesos considerando as seguintes ponderações: (1) a faixa de ITA 0 - 2,5, pouco degradada: foi atribuída nos casos em que, apesar de haver ação antrópica, há alteração mínima no recurso natural; (2) a faixa 2,6 - 5,0, regular: atribuída nos casos de áreas onde, por não haver um planejamento objetivando preservação, há uma alteração antrópica esperada, porém, sem haver uma degradação acelerada; (3) a faixa 5,1 - 7,5, degradada: foi atribuída nos casos em que a alteração foi considerável, tendo em vista o período de tempo transcorrido entre uma foto ou imagem analisada; (4) a faixa 7,6 - 10,00, muito

degradada: foi atribuída às categorias que sofreram uma acentuada ação antrópica em extensão de área e alteração da paisagem.

2.4 Infiltração potencial e escoamento superficial pelo método Curva-Número (CN).

Neste trabalho, utilizou-se o método Curva-Número ou CN desenvolvido pelo NRCS – USDA. Segundo Targa et.al. (2012), considerado o método mais utilizado para estimar o escoamento superficial em bacias hidrográficas, com resultado mais eficiente quando utilizado técnicas de geoprocessamento.

A partir de dados de precipitação e de outros parâmetros da bacia em estudo o método Curva Número estima o escoamento superficial.

O método é baseado nas seguintes equações:

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad (2)$$

$$S(mm) = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

Em que:

Pe = Escoamento Superficial (mm)

P = Precipitação no Período de Retorno (mm)

S = infiltração Potencial (mm)

CN = Curva Número, valor adimensional tabelado.

Utilizou-se neste estudo precipitações máximas de Taubaté, SP com tempo de duração de 3 horas com tempos de retorno de 2, 10, 25 e 50, cujos valores são 54,4; 80,8; 90,9 e 94,10, respectivamente, conforme Martinez Junior e Magni (2018).

A estimativa do escoamento superficial foi feita utilizando-se o método do CNponderado (Equação 4), em que consideram-se as diversas classes de cobertura vegetal da bacia (Aguiar, 2004) para a definição do valor do CN (Tabela 2).

$$CN_{pond} = \Sigma \frac{CN \text{ da classe} \times \text{área da classe}}{\text{área total da bacia}} \quad (4)$$

De acordo com Targa et. al. (2012), o NRCS (1997) distingue no método Curva Número os grupos hidrológicos de solos (A, B, C e D), conforme Tabela 2.

No caso da área em estudo, o solo da Bacia se enquadra no Grupo C, com as seguintes características: solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo considerável porcentagem de argila e pouco profundo (barrentos com teor total de argila de 20 a 30 % mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2 m).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação da área de estudo foi feita a partir da imagem obtida do Google Earth, estabelecendo por meio da ferramenta um traçado que considerou um entorno do núcleo mais urbanizado do bairro Serrinha, em Taubaté/SP, onde se procurou garantir que na composição da paisagem houvessem amostras dos diversos elementos que compõe a morfologia geográfica e urbana da área. O levantamento resultou na

delimitação de uma área total de 242 ha para a qual foram elaborados os mapas de uso e ocupação de solo, referentes aos anos 2008, 2014 e 2018. A escolha do período de análise se deu devido à disponibilidade das imagens de satélite catalogadas no software Google Earth, sendo em 2008 o primeiro registro disponível da área de estudo, em 2014 o primeiro registro disponível após 5 anos e em 2018, o último registro feito após 10 anos.

As imagens foram georreferenciadas no software ArcGIS para posterior classificação manual, a qual ocorreu por interpretação visual direta sobre imagem, corroborada por ambulação de campo.

Tabela 2 – Valores dos parâmetros CN para bacias rurais na condição antecedente de umidade do solo II. Fonte: Seltzer; Porto (1979). Adaptado (2018).

Cobertura vegetal ou tipo de uso do solo	Condição da superfície	Situação hidrológica	Grupo hidrológico do solo				
			A	B	C	D	E
Solo arado ou quase, sem cobertura	SR	Boa	65	80	88	92	95
	SR	Boa	65	78	86	90	92
Cultivos de ciclo curto e arações freqüentes	SR	Má	60	72	81	87	90
	SR	Boa	52	66	75	82	86
	C	Má	56	65	78	84	87
	C	Boa	48	60	72	78	82
	C-T	Má	52	62	74	80	84
Cultivos de ciclo médio e arações anuais	C-T	Boa	45	55	67	75	80
	SR	Má	58	65	73	82	88
	SR	Boa	54	62	70	79	85
	C	Má	55	64	72	78	84
	C	Boa	50	60	67	75	83
Semeadura densa ou a lanço; cobertura curta mas densa, como a das leguminosas e dos pastos em rodízio	T	Má	52	62	70	77	82
	T	Boa	48	55	65	73	80
	SR	Má	56	64	72	80	86
	SR	Boa	50	58	66	76	82
Pastagem velha com arbustos	C	Má	54	60	69	76	83
	C	Boa	48	56	64	72	80
	T	Má	50	58	65	75	80
	T	Boa	45	52	60	70	76
	C	Má	65	70	78	85	90
Reflorestamento	C	Boa	60	66	75	82	87
	C	Má	56	62	72	79	84
	C	Boa	55	62	70	78	86
	C	Má	42	59	67	75	82
	C	Boa	50	56	64	72	79
Mata Capoeira velha	SR	Má	35	50	62	74	83
	SR	Boa	30	42	55	68	78
	C	Má	30	45	57	69	80
	C	Boa	25	36	52	64	75
Gramados tratados	Má	32	40	55	67	76	
	Boa	18	25	42	58	70	
Estradas de terra	Má	65	72	78	84	88	
	Boa	59	67	74	81	86	
Estradas de terra	Má	80	85	90	93	95	
	Boa	74	80	86	90	92	

Notas: SR=sulcos retos; T=terraceamento; C=cultivo em contorno, paralelamente às curvas de nível.
Para estradas de terra: SR=quando a água é alojada ao pé do barranco; C= quando não atravessa a estrada.
Fonte: Seltzer & Porto (1979).

As três ortofotos, capturadas do programa Google Earth, têm altitude do ponto de visão de 4 quilômetros, segundo informações da Empresa DigitalGlobe, com resolução de 30 centímetros.

O datum do georreferenciamento utilizado foi o WGS 84 - World Geodetic System 1984, projeção Universal Transversa de Mercator, fuso 23S. As ortofotos foram projetadas para SIRGAS 2000, fuso 23S, de modo a permitir o cálculo das áreas poligonais. Os polígonos de cada classe de uso do solo e cobertura vegetal foram desenhados e editados por cima das ortofotos projetadas, resultando em mapas temáticos de seis categorias de uso da terra (Figura 2). Por meio da tabela de Atributos do ArcGIS foi feita a quantificação dos polígonos em hectares.

Geraram-se polígonos para cada categoria de uso de solo: (1) cursos de água: composta por rios, açudes, lagoas; (2) mata ciliar: cobertura vegetal nativa, que fica às margens de rios, igarapés, lagos, nascentes e represas; (3) área de campo ou pastagem: ocupada ou disponível para cultivo ou pecuária; (4) área de mata nativa: que

corresponde a vegetação mais densa nativa; (5) área de reflorestamento: que corresponde ao plantio da monocultura de eucaliptos; e (6) área urbana: conjunto de construções.

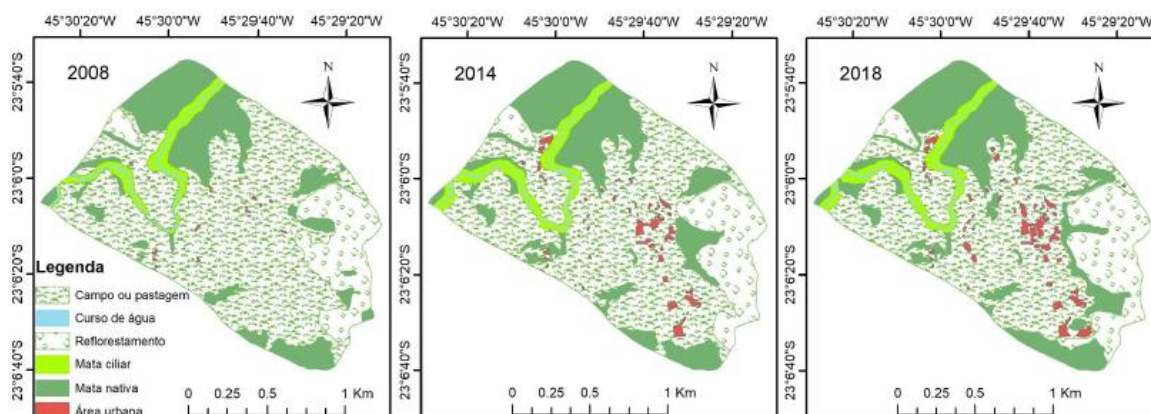


Figura 2: mapas temáticos de uso e ocupação do solo, referentes ao período de 2008-2018. Fonte: Os autores (2018)

A distribuição e variação das classes de uso e ocupação do solo entre os anos 2008 e 2018, na área de estudo do Serrinha são apresentados na Tabela 2:

Os dados revelam a crescente ocupação do solo em quatro das seis classes analisadas, considerando o período de 2008 a 2018: mancha urbana, variação de 916,6%; mata nativa, variação de 20,51%; mata ciliar, variação de 17,64%; e área de reflorestamento com variação de 17,23%. Os dados também revelam que entre 2008 e 2018 houve uma redução da classe campo/pastagem (-16%) e uma manutenção da área referente ao curso de água (0%).

Este resultado demonstra que apesar do intenso crescimento da ocupação urbana, não houve impacto negativo sobre a vegetação nativa, nem sobre a mata ciliar, nem mesmo a redução do curso de água no trecho de estudo. Esses resultados comprovam que a ocupação urbana avançou mais sobre a área cujo uso anterior era campo/pastagem e isso se deve a redução de custos e ao fato dessas áreas terem menos restrições ambientais.

Tabela 2: Distribuição de uso e ocupação do uso do bairro Serrinha, Taubaté/SP (2008 – 2018)

CLASSES	2008		2014		2018		Variação (%)		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	2008 / 2014	2014/ 2018	2008/ 2018
Mata nativa	50,7	20,99	57,5	23,76	61,1	25,24			
Reflorestamento	32,5	13,44	33,7	13,96	38,1	15,75	3,69	13,06	17,23
Área urbana	0,6	0,27	4,3	1,78	6,1	2,54	616,67	41,86	916,6
Campo/pastagem	145	59,98	131,6	54,40	121,8	50,34	-9,24	-7,45	-16,00
Curso de água	2,6	1,08	2,6	1,08	2,6	1,08	0,00	0,00	0,00
Mata ciliar	10,2	4,24	12	5,01	12	5,01	17,65	0,00	17,64
TOTAL	242	100	242	100	242	100	-	-	-

3.1 ITA – Índice de Transformação Antrópica

A aplicação do Índice de Transformações Antrópicas (ITA) para quantificar as ações antrópicas na área de estudo foi realizada com base na metragem total de cada categoria e os pesos utilizados que obedeceram ao critério do conhecimento dos autores pelas informações históricas e observação das imagens vetorizadas e da visita em campo à área de estudo.

A Tabela 3 apresenta a porcentagem de ocupação da categoria mata nativa no decorrer do período pesquisado e o cálculo do ITA, após a aplicação do grau de alteração antrópica:

Tabela 3: Resultado do cálculo do ITA para categoria mata nativa no período de 2008 a 2018.

MATA NATIVA	% uso do solo	Peso	ITA
2008	20,95	7,5	1,57
2014	23,76	10	2,37
2018	25,24	10	2,52

As porcentagens de uso de solo demonstram que a mata nativa, alterou positivamente. Acredita-se que isso se deva a um processo de regeneração natural possivelmente decorrente da saída do gado (pasto abandonado), motivada pelo fracionamento da área total em pequenos lotes, conforme relatado por moradores locais em visita a campo. Observa-se, que apesar de ter havido aumento da cobertura vegetal nativa, o ITA se revela em crescimento, por conta da elevada alteração antrópica percebida no período, cuja pressão sobre a mata nativa é perceptível em alguns pontos da área.

Com relação às porcentagens de ocupação da categoria reflorestamento (Tabela 4) verificou-se que foi alterada positivamente, demonstrando crescimento das áreas reflorestadas pela monocultura de eucalipto e de outras culturas produzidas em pequena escala, como é o caso da plantação de milho, de algumas espécies frutíferas e do cultivo de hortaliças, conforme observado em pequenas propriedades durante a visita feita em campo.

Tabela 4: Resultado do cálculo do ITA para categoria reflorestamento no período de 2008 a 2018.

REFLORESTAMENTO	% uso do solo	Peso	ITA
2008	13,44	7,5	1,00
2014	13,96	7,5	1,04
2018	15,75	7,5	1,18

O acréscimo exponencial de área urbanizada leva a um cálculo crescente de ITA, conforme Tabela 5, revelando a tendência atual para a área. Como grande parte das cidades médias brasileiras, Taubaté possui dificuldades para estabelecer um planejamento de longo prazo, destinado a regulamentar às ocupações em áreas rurais no sentido de impedir a expansão urbana desordenada e o respeito às regras de preservação ambiental. Por essa razão, os bairros rurais que se estendem às margens da rodovia SP 125, que liga o município de Taubaté ao litoral norte do estado de São Paulo, vêm assistindo a um crescimento acelerado e desordenado de construções, mais acentuado no uso residencial. Pela vetorização das imagens observa-se um crescimento muito elevado

da mancha urbana no bairro Serrinha, na ordem de 916,6% no período de apenas 10 anos (2008 a 2018), sendo grande parte desse crescimento sido consolidado entre os anos de 2008 a 2014 (606,67% em apenas 6 anos), provavelmente como consequência da falta de fiscalização e não exigência de aprovação de projeto para a edificação, uma vez que o bairro constava até o ano de 2017, como área rural igual às demais áreas da bacia.

Tabela 5: Resultado do cálculo do ITA para categoria área urbana no período de 2008 a 2018.

ÁREA URBANA	% uso do solo	Peso	ITA
2008	0,27	2,6	0,007
2014	1,78	10	0,178
2018	2,54	10	0,254

A Tabela 6 demonstra porcentagens sobre a ocupação da categoria campo ou pastagem. A redução observada na área de campo/pastagem se dá pela sua substituição por área urbana, oriunda da intensificação da ocupação humana. Parte da área onde era campo/pastagem agora abriga residências, oriundas de ocupação irregular.

O ITA cresceu porque a intervenção antrópica foi muito relevante. A diminuição da área de campo nas imagens vetorizadas indica o crescimento de mata secundária em alguns pontos do bairro, locais que abrigavam plantações e, no decorrer dos anos, não se transformou em área de pastagem, possibilitando o surgimento de árvores de médio porte.

Tabela 6: Resultado do cálculo do ITA para categoria campo/pastagem no período de 2008 a 2018.

CAMPO	% uso do solo	Peso	ITA
2008	59,98	5	2,99
2014	54,40	10	5,44
2018	50,34	10	5,03

Enquanto na imagem de 2008 a área de campo era em torno de 60% da área total do bairro, nas imagens após 10 anos tem-se uma porcentagem de campo em torno de 50%, decrescendo, e um aumento da porcentagem de mata mais densa e da mata ciliar, em torno de 13 e 17% respectivamente. Diante disso, por se tratar de uma bacia hidrográfica é possível identificar a extensão das áreas que são inundadas periodicamente pelo regime de cheias do rio Una para elaboração de um plano de manejo com a seleção das espécies a serem plantadas, objetivando recuperar a mata nativa.

A Tabela 7 apresenta a porcentagem de ocupação da categoria cursos de água no decorrer dos anos em pesquisa e o cálculo do ITA, após a aplicação do grau de alteração antrópica. Os dados revelam que a área e consequentemente o volume dos cursos de água, do bairro Serrinha foram mantidos, apesar do acentuado processo de ocupação urbana registrado.

Tabela 7: Resultado do cálculo do ITA para categoria cursos de água no período de 2008 a 2018.

CURSO DE ÁGUA	% uso do solo	Peso	ITA
2008	1,08	2,5	0,027
2014	1,08	3,5	0,037
2018	1,08	3,5	0,037

Com relação à categoria mata ciliar, conforme Tabela 8, verificou-se que também foi alterada positivamente. Assim como ocorreu com a mata nativa, acredita-se que o aumento da mata ciliar tenha ocorrido devido a um processo de regeneração natural, possivelmente decorrente da saída do gado (pasto abandonado), motivada pelo fracionamento da área total em pequenos lotes, conforme relatado por moradores locais em visita a campo.

Tabela 8: Resultado do cálculo do ITA para categoria mata ciliar no período de 2008 a 2018

MATA CILIAR	% uso do solo	Peso	ITA
2008	4,24	3	0,127
2014	5,01	1	0,050
2018	5,01	1	0,050

Após a aplicação do Índice de Transformações Antrópicas (ITA), para quantificar as ações antrópicas na área de estudo, foi possível uma análise quantitativa da dinâmica do uso e ocupação do solo no bairro Serrinha, conforme Tabela 9:

Somando-se as alterações de ITA por categoria analisada no período de 2008 a 2018, tem-se o resultado de 3,49 para a área. Tal índice, portanto, classifica a área como regular, ou seja, uma área onde apesar de não haver um planejamento objetivando preservação, há uma alteração antrópica esperada, mas sem degradação acelerada.

As alterações de ITA foram maiores entre os anos de 2008 - 2014 do que entre os anos de 2014 a 2018. Neste período, apesar dos impactos ainda serem crescentes, percebe-se uma desaceleração do ritmo de urbanização em relação ao período anterior (2008 a 2014).

Tabela 9. Análise quantitativa da dinâmica do uso e ocupação do solo, no período de 2008 a 2018, para o bairro Serrinha, em Taubaté/SP

CLASSE	Alteração (%)	Alteração do ITA
Mata nativa	20,51	0,95
Reflorestamento	17,23	0,18
Área urbana	916,6	0,24
Campo/pastagem	-16	2,04
Curso de água	0	0,01
Mata ciliar	17,64	0,07

3.2 Infiltração potencial e escoamento superficial pelo método Curva-Número (CN).

A partir dos dados referentes ao uso e ocupação do solo, foi possível calcular a infiltração potencial (S) e ao escoamento superficial (Pe) pelo método Curva-Número (CN).

Tabela 10: Cálculo do escoamento para cada classe de uso e ocupação do solo em 2008. (2018)

2008	ha	CN	CN _{pond}
Mata nativa	50,7	42	2129,4
Área urbana	0,6	90	54
Campo ou pastagem	145	78	11310
Curso de água	2,6	90	234

Reflorestamento	32,5	62	2015
Mata ciliar	10,2	42	428,4
Total	241,6		66,93

Tabela 11: Cálculo CN_{pond} e da Infiltração potencial (S) para 2014.

2014	ha	CN	CN_{pond}
Mata nativa	57,5	42	2415
Área urbana	4,3	90	387
Campo ou pastagem	131,6	78	10264,8
Curso de água	2,6	90	234
Reflorestamento	33,7	62	2089,4
Mata ciliar	12	42	504
Total	241,7		65,76

Tabela 12: Cálculo do CN_{pond} e da Infiltração potencial (S) para 2018.

2018	ha	CN	CN_{pond}
Mata nativa	61,1	42	2566,2
Área urbana	6,1	90	549
Campo ou pastagem	121,8	78	9500,4
Curso de água	2,6	90	234
Reflorestamento	38,1	62	2362,2
Mata ciliar	12	42	504
Total	241,7		65,02

A Tabela 13 apresenta as classes de uso do solo e suas respectivas áreas ocupadas (em hectares), bem como a condição hidrológica adotada e os respectivos valores de CN para a bacia do rio Uma.

Tabela 13. Uso do solo, condição hidrológica adotada e os respectivos valores de CN

Classes	Mata Nativa	Área Urbana	Campo ou pastagem	Curso de água	Reflorestamento	Mata Ciliar
Gr. Hidrológico C	BOA	RUIM	RUIM	BOA	RUIM	BOA
CN	42	90	78	90	62	42
2008	50,7	0,65	145	2,6	32,5	10,2
2014	57,5	4,3	131,6	2,6	33,7	12,0
2018	61,1	6,1	121,8	2,6	38,1	12,0

Na Tabela 14 o cálculo do escoamento superficial (Pe, mm) para precipitações máximas (P, mm) com Tempos de retorno variando de 2, 10, 25 e 50 anos.

Observa-se que durante o período de 2008 a 2018, apesar do elevado crescimento da área urbanizada, houve uma redução do escoamento superficial devido ao aumento da infiltração potencial que se deu em função do crescimento observado no mesmo período das áreas de mata, de mata ciliar e de reflorestamento com eucaliptos.

Tabela 14: Cálculo do escoamento superficial, para Tempo de retorno de 2,10,25 e 50 anos para chuva máxima de duração 180 minutos.

T. retorno (anos)	P (mm)	Pe (mm)			Variação
		2008	2014	2018	%
2	54,4	5,55	4,88	4,48	-19,33
10	80,8	17,13	15,83	15,04	-12,20
25	94,1	24,49	22,89	21,91	-10,49
50	103,9	30,4	28,6	27,5	-9,55

A representação da variação do escoamento superficial (Figura 3) para diferentes períodos e tempos de retorno na área de estudo:

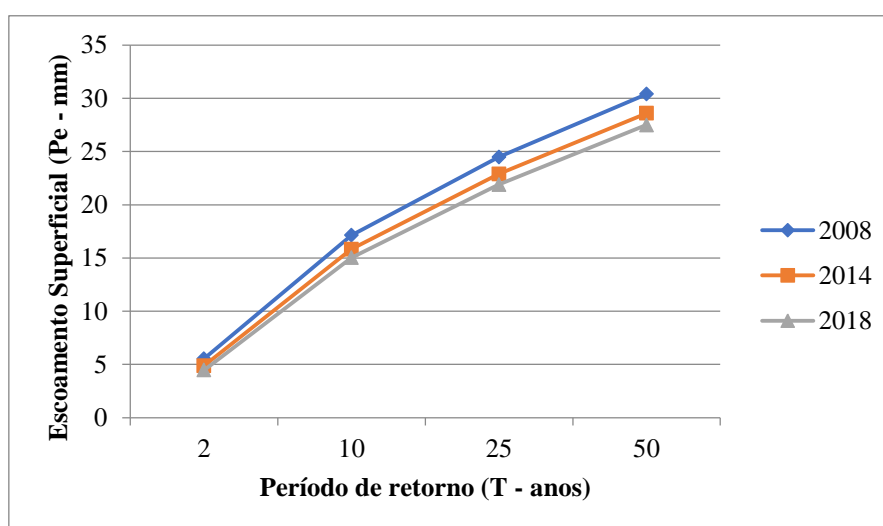


Figura 3. Variação do Escoamento superficial (Pe, mm) para os diferentes períodos em função dos Tempos de retorno (Anos)

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que nos períodos de 2008 a 2018, apesar do elevado aumento da área urbanizada motivada pela expressiva ocupação de áreas irregulares, houve uma espécie de compensação dos impactos ambientais gerado, especialmente no que diz respeito aos índices de escoamento superficial da água. Acredita-se que, à medida que no mesmo período também tenha se observado um aumento da vegetação (nativa, ciliar e de reflorestamento), essa tenha proporcionado o aumento da infiltração potencial da água.

Somando-se a isso os resultados obtidos do ITA, que demonstram que a área encontra-se classificada como regular, conclui-se que o uso está relativamente adequado à área, pois a mesma já se encontrava em parte degradada, devido ao uso anterior para pastagem de gado.

A substituição de pastagem por construção de moradias até o presente momento não gerou impactos negativos, considerando o escoamento e a infiltração de água. No entanto, outros elementos são igualmente importantes de serem considerados para que haja uma análise mais adequada dos efeitos e impactos causados pelas transformações antrópicas no local, tais como a qualidade e a disponibilidade hídrica para abastecimento da população local, a contaminação do solo provocada pelo aumento da geração de resíduos e do esgoto residencial, bem como o efeito de borda causado pela pressão sobre as matas. A condição de regularidade dada pelo cálculo do ITA, demonstra ainda, uma possibilidade de melhoria do índice, desde que a ocupação do local seja melhor planejada objetivando também a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L.S.G. **Estimativa do escoamento superficial a partir de testes da infiltração potencial na Bacia do ribeirão Itaim, Taubaté – SP.** 2004. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

BATISTA, G. T.; TARGA, M.; FIDALGO E. C. C. **Banco de dados ambientais da Bacia do Rio Una, Bacia do Rio Paraíba do Sul.** 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/27458418_Banco_de_Dados_Ambientais_da_Bacia_do_Rio_Una_Bacia_do_Rio_Paraiba_do_Sul. Acesso em: 26 de setembro de 2018.

CARDOSO, A. S. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação de intervenção em cursos de água em áreas urbanas.** 2008. Dissertação (Mestrado Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento de produção de sedimento em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002.154f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARTINEZ JR.F; MAGNI, N.L.G. **Precipitações Intensas no estado de São Paulo.** In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2018, 270p. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1RGnmGZte9sIM1z8RscIsnPkDUSS6Ogbl/view>>. Acesso em: 24 de setembro de 2018.

MATEO, J. **Apuntes de Geografia de Los Paisajes.** La Habana: Ed. Universitaria, 1984.

MATEUS, Maria de Lurdes Roxo. **O rural em mudança: breve nota sobre os processos de urbanização.** Publicado por: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/31162>. Acesso em: 26 de setembro de 2018.

MOREIRA, T. R. et al. **Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no Município de Muqui, ES.** *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p. 141-152, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v22n2/2179-8087-floram-22-2-141.pdf>>. Acesso em: 18 setembro de 2018.

PERIM, M. A.; COCCO, M. D. A. **Efeito das transformações antrópicas às margens do rio Una, Taubaté, São Paulo, Brasil**, 2016. Rev. Ambient. Água vol. 11 (suplemento) Taubaté, 2016. Disponível em <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1917>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

RICHTER, Monika **Geotecnologias no suporte ao planejamento e gestão de Unidades de Conservação. Estudo de caso: Parque Nacional do Itatiaia** 162 f. 2004 Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ROCHA, S. P. da; CRUZ, C. B. M. **Monitoramento da cobertura vegetal nas APAs da Mantiqueira e Serrinha do Alambari, no Município de Resende com auxílio do Sensoriamento Remoto**. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 13., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2002. p. 357.

SANTOS, C. L.; Souza, A. S; Vital, S. R. O; Girão, O. Wanderley. L. S. A5. REGNE, Vol. 2. Nº Especial, 2016.

SARTORI; A.; NETO, F. L.; GENOVEZ; A. M. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**, 2005. Disponível em <<https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox?projector=1>>. Acesso em: 24 set. 2018.

SETZER, J.; PORTO, R. L. L. **Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo**. **Boletim Técnico do DAEE**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 82-135, maio/ago. 1979.

SILVEIRA, A.L.L., 2000, **Impactos hidrológicos da urbanização em Porto Alegre**, In : Tucci, C.E.M.; Marques, D.M., 2000, Avaliação e Controle da Drenagem Urbana, Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, pp 153-163. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arroiodiluvio/conteudo-antigo/copy_of_sobre-o-arroio-diluvio/impactos.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

TARGA, M. S; BATISTA, G. T; DINIZ, H. N; DIAS, N. W; MATOS, F. C. de; **Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil**, 2012. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/905/pdf_670> Acesso em: 26 set. 2018.

TAUBATÉ. Prefeitura Municipal de Taubaté. **Plano Diretor de Taubaté**, 2017 Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-taubate-sp>>. Acesso em: 25 set. 2018.

TAUBATÉ. Prefeitura Municipal de Taubaté. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica – PMMA**, 2018. Disponível em: <<https://www.taubate.sp.gov.br/pmma/>>. Acesso em: 25 set. 2018.

TEIXEIRA, Alexandre J. A. **Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – O caso da Baía de Guanabara**. 2003 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

VICENS, Raul Sanches **Abordagem Geocológica aplicada as bacias fluviais de tabuleiros costeiros no norte de Espírito Santo: Uma avaliação e gestão de recursos hídricos**. 2003 252 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.