

## ESCOAMENTO SUPERFICIAL E FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE NAS BACIAS DOS LAJEADOS SÃO JOSÉ E PASSO DOS ÍNDIOS NO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL

**Cristina Otsuschi**

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil  
[cristina.otsuschi@uffs.edu.br](mailto:cristina.otsuschi@uffs.edu.br)

**Bernardo Sayão Penna e Souza**

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
[bernardosp@yahoo.com.br](mailto:bernardosp@yahoo.com.br)

**Waterloo Pereira**

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
[waterloopf@gmail.com](mailto:waterloopf@gmail.com)

### RESUMO

Os principais objetivos deste trabalho são compreender e comparar os efeitos do processo de fragmentação da Mata Atlântica no escoamento superficial entre as bacias hidrográficas dos lajeados São José e Passo dos Índios. Para isso foram elaborados mapas de uso da terra de 2015 que serviram de base para simular três mapas: a) o de Áreas de Preservação Permanente conforme as leis ambientais; b) o que substituiu fragmentos de mata nativa menores a 1 hectare por cultivo; e c) o que substituiu fragmentos por edificações. Para estimar o escoamento superficial foram simulados cenários ambientais com o modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* – SWAT. Ademais, foram utilizados dados climáticos diários entre 1985 e 2015; de nível do rio e vazão entre 1988 e 1997; mapas de solo, de declividades e uso da terra. Esses dados foram importantes para o modelo simular o escoamento superficial. Desse modo, constatou-se que em todos os cenários ambientais as sub-bacias com maior taxa de escoamento superficial pertencem à bacia do lajeado Passo dos Índios, tendo como principal tipo de uso da terra a ocupação urbana. Enquanto nas Áreas de Preservação Permanente o escoamento superficial foi menor, evidenciando a importância da vegetação remanescente.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica; Cenários Ambientais; SWAT, Chapecó; Cordilheira Alta.

### SURFACE RUNOFF AND FRAGMENTATION OF REMANESCENT VEGETATION IN THE WATERSHEDS OF SLABS 'SÃO JOSÉ' AND 'PASSO DOS ÍNDIOS' IN THE WEST OF SANTA CATARINA STATE, BRAZIL

### ABSTRACT

The main objectives of this work are to understand and compare the effects of the fragmentation process of the Atlantic Forest on the surface runoff between the watersheds of the slabs 'São José' and 'Passo dos Índios'. For this purpose, 2015 land use maps served as base to simulate three maps: a) the Permanent Preservation Areas, according to environmental laws; b) one which replaced fragments of native forest with less than 1 hectare per crop; and c) another one which replaced fragments by buildings. In order to estimate surface runoff, environmental scenarios were simulated using the hydrological model *Soil and Water Assessment Tool* – SWAT. In addition, daily climatic data among 1985 and 2015; river level and flow data among 1988 and 1997; land, slopes and land use maps were used. These data were important for the model to simulate surface runoff. Thus, it was observed that in all environmental scenarios watershed 'Passo dos Índios' presented the highest surface runoff rates, with urban occupation as the main type of land use. As for the scenario with more Permanent Preservation Areas, surface runoff was lower, pointing out the importance of the remaining vegetation.

**Keywords:** Atlantic Forest; Environmental Scenarios; SWAT, Chapecó; Cordilheira Alta.

## INTRODUÇÃO

O desmatamento do Bioma Mata Atlântica pode comprometer as funções dos fragmentos da vegetação remanescente, como as funções relacionadas ao equilíbrio ambiental, tais como conforto térmico, processos erosivos, aumento da infiltração da água pluvial, redução do escoamento superficial concentrado, entre outros. A substituição dessa vegetação por diferentes usos da terra pode desencadear problemas econômicos, sociais e ambientais. O aumento do escoamento superficial pode acarretar danos ambientais, como: erosão, turbidez, redução do tempo em que a água pluvial fica na bacia hidrográfica e inundações. Nesse sentido, é importante considerar as funções ambientais da mata nativa no processo de planejamento ambiental municipal como critério para definir áreas de lazer e expansão urbana.

Em Chapecó/SC, com o aumento populacional significativo nas últimas décadas, verifica-se que a expansão urbana exerce pressão nos recursos naturais, principalmente, na vegetação, o que resulta em fragmentos menores, e muitas vezes, isolados. A fim de constatar a afirmação supracitada, foram selecionadas duas bacias hidrográficas que pudessem ser comparadas: a do lajeado São José, com predomínio de propriedades rurais, além de possuir maior proteção à vegetação nativa e a do lajeado Passo dos Índios, considerada bacia urbanizada.

O trabalho teve como principais objetivos: pesquisar a contribuição dos remanescentes florestais na diminuição do escoamento superficial e comparar o escoamento superficial entre as bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios.

Ao considerar o número de fragmentos de mata nativa em Chapecó, o aumento populacional nos últimos anos nessa cidade, os problemas ambientais que podem ser desencadeados com a ocupação, e a expansão urbana, a questão principal da pesquisa discute se os fragmentos do Bioma Mata Atlântica estão sendo conservados e, se são capazes de sustentar suas funções ambientais nas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios. Por essa razão, tem-se como hipótese de pesquisa: “Os fragmentos da vegetação remanescente do Bioma Mata Atlântica não estão sendo conservados, comprometendo suas funções ambientais na área de estudo”.

Para realizar tal discussão, o uso e ocupação da terra, o mosaico dos fragmentos de vegetação remanescente, escoamento superficial, como função ambiental, e a pressão urbana foram as variáveis de análise consideradas nesta pesquisa.

## ÁREA DE ESTUDO

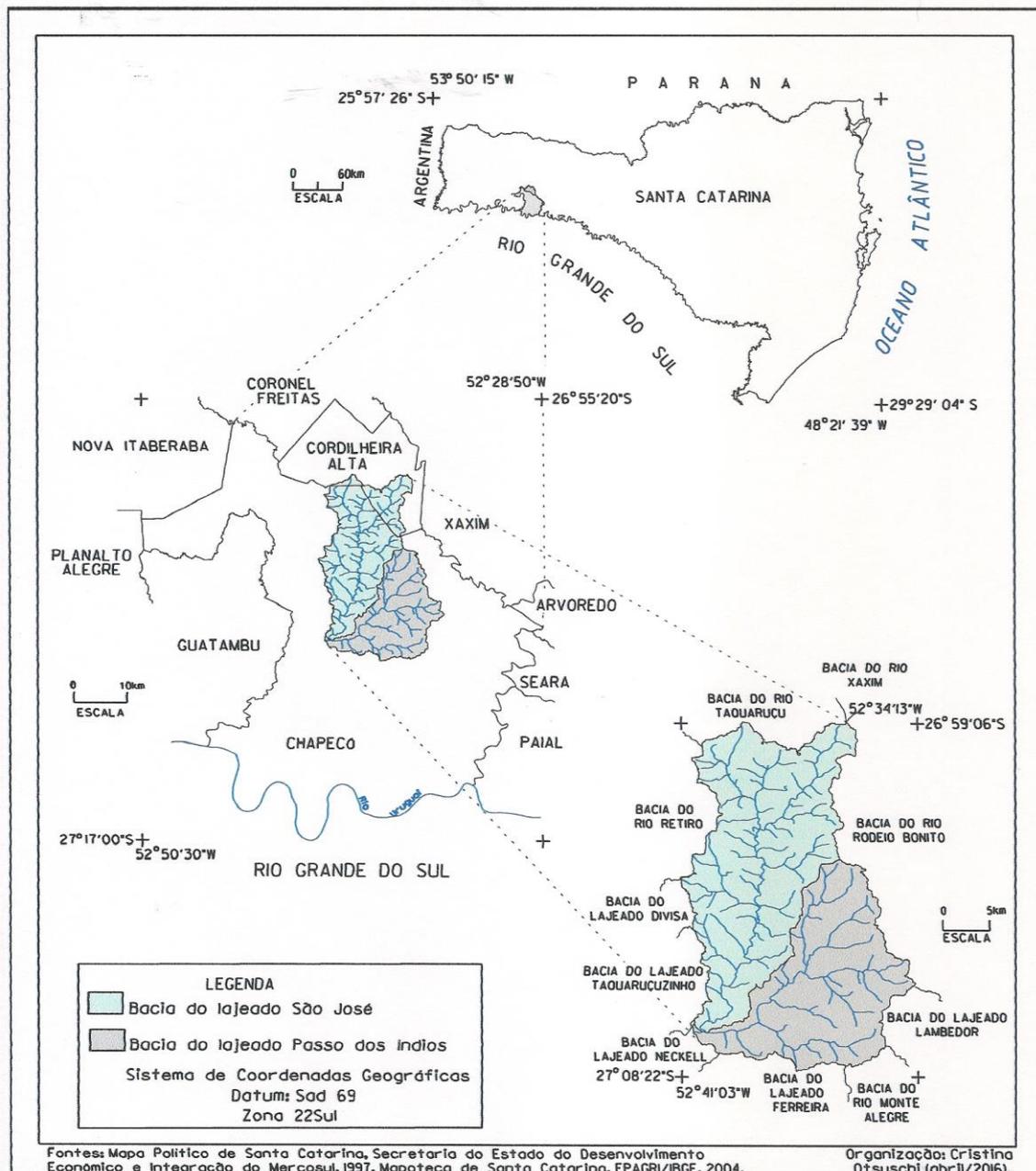
Os municípios de Chapecó e Cordilheira Alta fazem parte da Microrregião de Chapecó e da Mesorregião do Oeste de Santa Catarina, conforme classificação do IBGE. O primeiro localiza-se a 630 km da capital Florianópolis e situa-se entre as latitudes 26° 56' 14" S e 27° 17' 00" S e entre as longitudes 52° 28' 50" O e 52° 50' 30" O. O município de Cordilheira Alta está entre as latitudes 26° 55' 20" S e 27° 02' 08" S, e entre as longitudes 52° 35' 04" O e 52° 43' 06" O (Figura 1).

A área de estudo é composta pelas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios (Figura 1). O lajeado São José é um curso d' água intermunicipal em que a principal nascente encontra-se no município de Cordilheira Alta e esse lajeado drena principalmente o município de Chapecó. O lajeado Tormen e as sangas dos Rosas, Eldorado, Pombas, Caramuru e Água Santa, são alguns afluentes desse lajeado. A bacia do lajeado São José possui 7371,54 hectares com predomínio de propriedades rurais.

A presença de agroindústrias, algumas fábricas, lojas, residências, universidade, e especialmente, de propriedades rurais ressaltam preocupações quanto à proteção dos recursos naturais. Desde a década de 1970, essa bacia hidrográfica passou a ser utilizada para captação de água para Chapecó. Por isso, há uma preocupação com as atividades desenvolvidas nessa área, já que o tipo e a forma de uso e ocupação da terra podem comprometer as funções ambientais locais, principalmente, em relação à disponibilidade da água com qualidade.

A partir dessa inquietação, torna-se importante um levantamento histórico do uso da água pelas ações antrópicas do município em estudo. Em 1978, ocorreu a implantação do primeiro aterro sanitário de Chapecó em área de banhado, nas proximidades da Sanga Água Santa, que é afluente do lajeado São José. Esse aterro funcionou até 1980, e depois a deposição de resíduos sólidos urbanos foi transferida para outra área na bacia do lajeado Passo dos Índios (FACCO, 2011). Para minimizar os efeitos negativos das atividades antrópicas, a bacia do lajeado São José passou por intervenções. Um exemplo é o Projeto Microbacias/BIRD que atuou a partir de 1990 (BASSI, 1990).

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: OTSUSCHI. (2017).

Os planos diretores de 1974, 1980, 2004 e 2014 de Chapecó sinalizam outras tentativas para diminuir impactos negativos na bacia do lajeado São José com restrições de uso, assim como o Plano Diretor de Cordilheira Alta, de 2010, menciona algumas medidas de proteção aos recursos naturais, com destaque para a vegetação. A bacia do lajeado São José é uma das bacias contempladas pelo projeto Água Boa desde 2007, em que as ações visam colaborar com o aumento da vegetação remanescente, como, por exemplo, a entrega de materiais (palanques e arames) para proteger as Áreas de Preservação Permanente e a doação de mudas nativas para a recuperação da vegetação.

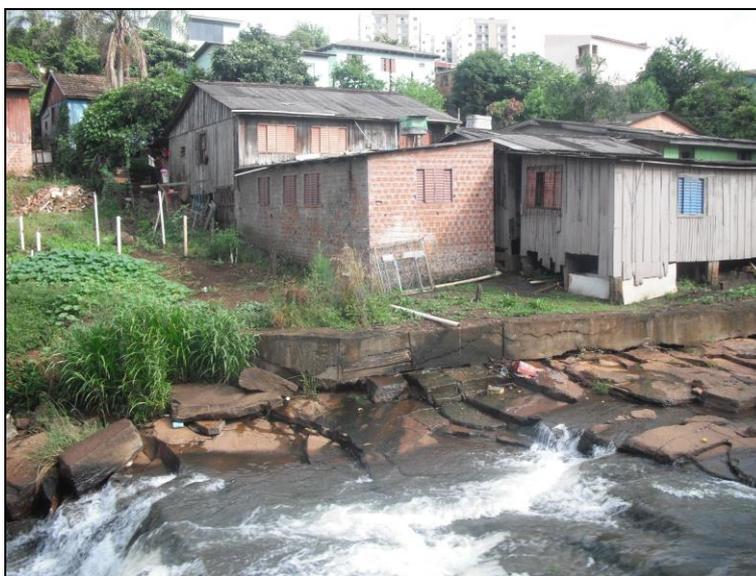
A bacia do lajeado Passo dos Índios possui aproximadamente 5328,3 hectares, localiza-se a leste da bacia do lajeado São José. Suas nascentes encontram-se no município de Chapecó e a bacia tem como principais afluentes os lajeados Passo dos Fortes, Bela Vista, São Pedro, Santa Maria, Palmital e Santo Antônio. Essa bacia é considerada urbanizada, com propriedades rurais nas proximidades das nascentes.

Ela se destaca por ter vários trechos de seus afluentes canalizados para evitar inundações e alagamentos. Ao total são 52,61 km de canalização, em que 6,82 km são de canalização fechada, 0,55 km de canalização parcial/aberta e 45,24 km de canais com escoamento livre (BINDA, FRITZEN, 2013). Observa-se que apesar da canalização, as inundações continuam ocorrendo.

De acordo com Bottin (2007) e Zeni (2007), a ocupação antrópica alterou bastante o meio natural e são encontrados poucos remanescentes da vegetação nos locais mais elevados topograficamente, sendo mais difícil a ocupação. Na parte mais baixa, as águas das chuvas acabam se concentrando no lajeado Passo dos Índios, o que contribui para as inundações. A esse respeito, Binda (2015) ressalta que há a dinâmica natural de enchente e inundação, mas que a ocupação e expansão urbana podem potencializar esses problemas ambientais. E Araújo, Almeida e Guerra (2005, p. 64) comentam sobre os efeitos da urbanização na hidrologia natural de uma área e que os maiores problemas referem-se ao aumento no volume do escoamento superficial, ao desencadeamento de processos erosivos e à produção de sedimentos depositados nos cursos d'água.

Diante de tais apontamentos, constata-se que para minimizar os problemas decorrentes da urbanização é importante conhecer a dinâmica dos processos ambientais a fim de não potencializar os efeitos negativos. Em relação à formação das cidades no Brasil, Bitoun (2003, p. 300) destaca que a apropriação do solo revela um "círculo vicioso", em que "[...] os setores sociais mais poderosos [...]" têm acesso às melhores terras, enquanto "[...] os setores menos poderosos e mais pobres [...]" ocupam, muitas vezes, as planícies de inundação e as encostas íngremes. Em Chapecó, essa realidade fica evidente na área de estudo (Figura 2), considerando que muitos moradores foram atraídos pela oferta de trabalho, porém, em decorrência da dificuldade de se fixarem na área central da cidade, optaram pelas áreas mais afastadas ou menos valorizadas.

**Figura 2:** Vista parcial da ocupação na margem direita do lajeado Passo dos Índios



**Foto:** Bruno Casaka. (2013).

Essas residências foram construídas há mais de trinta anos, e muitos moradores foram trabalhar nas agroindústrias. A encosta é mais íngreme, a mata ciliar foi retirada e substituída por residências e lojas. Em várias casas é perceptível a ausência da rede coletora de esgoto e de depósito de resíduos sólidos urbanos nas encostas, e os resíduos residenciais são lançados no curso d'água.

## FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE E OS PROBLEMAS AMBIENTAIS

O desmatamento de remanescentes florestais pode ser considerado um problema ambiental muito comum nas cidades. Destacam-se alguns problemas ambientais resultantes do desmatamento, tais como: a diminuição da infiltração da água pluvial no solo, o aumento do escoamento superficial, o desencadeamento de processos erosivos e de inundações.

De acordo com Marques (2010, p. 175), a presença da vegetação, principalmente, “[...] a nativa nas margens dos cursos d’água são importantes pelas funções de preservar o recurso hídrico, evitando o assoreamento e, mantendo o corredor da fauna, por onde transitam os animais, onde eles se alimentam, se protegem e se abrigam”. Importantes serviços ambientais das florestas urbanas são ressaltados por Bolund e Hunhammar (1999), eles mencionam, por exemplo: filtragem do ar, regulação do clima, redução de ruídos, drenagem de água pluvial recreação/valores culturais. Esses autores, ainda, ressaltam as funções ambientais que a vegetação remanescente desempenha, o que evidencia a importância da permanência dos fragmentos florestais para melhorar os serviços ambientais, fundamentais para a sociedade.

Com o crescimento populacional e a necessidade de espaços para a expansão urbana, há uma pressão cada vez maior nos recursos naturais. Graeff (2011) chama atenção para as cidades médias localizadas na Mata Atlântica, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, que podem ser mais afetadas pela falta de cumprimento das leis ambientais, como, por exemplo, a ausência das Áreas de Preservação Permanente – APPs. O autor também faz um resgate das leis associadas às APPs, como: o Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65), a Medida Provisória nº 2.166-67; as Resoluções nº04 de 1985 e nº 303 de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Tais instrumentos legislativos sobre a delimitação de APPs, com ou sem vegetação nativa, considera suas funções ambientais e abrange as margens dos rios e áreas de topos.

Ademais, como já mencionado, o aumento populacional e a expansão urbana ampliam os desafios para reduzir os problemas sociais e ambientais. Sobre essas questões, Tucci e Clarke (1997, p. 135) apontam que o uso da terra e a forma de ocupação podem potencializar problemas decorrentes das “[...] modificações naturais e artificiais na cobertura vegetal das bacias hidrográficas [...]” e influenciar no comportamento hidrológico, desencadeando diversos impactos negativos sobre o meio ambiente e a disponibilidade dos recursos hídricos. Por essa razão, é importante considerar a dinâmica da natureza nos planejamentos ambiental e territorial para reduzir os problemas sociais, econômicos e ambientais nos municípios.

Nas regiões de Mata Atlântica, os problemas levantados pelos estudiosos não são diferentes. Em relação ao desmatamento da Mata Atlântica e ao processo de fragmentação das florestas e dos corredores de vegetação, Zaú (1998) menciona a necessidade de mais estudos sobre a dinâmica ecológica da vegetação remanescente para conciliar a conservação e o desenvolvimento. Em um contexto geral, Bernatzky (1983 apud BOLUND; HUNHAMMAR, 1999) aponta que, nas áreas urbanas sem vegetação, cerca de 60% da água da chuva escoam superficialmente; já em áreas com vegetação, o valor é de apenas de 5% a 15%. Tucci e Clarke (1997) afirmam que durante a precipitação, quanto maior for a superfície de folhagem, maior será a possibilidade de infiltração da água no solo. Ao compararem bacias hidrográficas urbanizadas com as florestadas, Botelho e Silva (2007, p. 160) atestam que a impermeabilização significativa nos ambientes urbanos gera importantes fluxos superficiais com pouca infiltração de água no solo.

## METODOLOGIA

Para melhor compreender os efeitos decorrentes do desmatamento e da fragmentação da vegetação remanescente em relação ao escoamento superficial, este estudo utiliza a bacia hidrográfica como unidade de estudo por possibilitar compreender os efeitos das alterações na mata nativa remanescente nas funções ambientais de forma integrada.

A estimativa de escoamento superficial foi obtida com a simulação de cenários ambientais. De acordo com Santos (2004), a modelagem, a simulação e a construção de cenários podem ser consideradas como procedimentos de planejamento ambiental com visão integrada para identificar fragilidades, potencialidades, conflitos e alternativas. Para este trabalho, o modelo hidrológico escolhido foi o *Soil and Water Assessment Tool*, conhecido como SWAT, pois esse considera a fisiografia, como dados climáticos, tipos de solo, características do solo e declividades; sendo aplicado em bacias hidrográficas.

O SWAT foi criado nos Estados Unidos por Jeff Arnold do Serviço de Pesquisa Agrícola, recebendo colaborações de diversas instituições e universidades, principalmente de Texas A & M *University System*. Com o modelo SWAT pode-se simular diferentes tipos de processos físicos em bacias hidrográficas para estudar impactos resultantes de mudanças, como, por exemplo, o desmatamento (NEITSCH et al., 2011).

Para a simulação do escoamento superficial foram necessários dados climáticos diários de precipitação, temperatura, evaporação, radiação solar e umidade relativa do ar entre janeiro de 1985 e dezembro de 2015. Os dados de vazão e nível foram de abril de 1988 a outubro de 1989 e entre dezembro de 1994 e abril de 1997 coletados diariamente em uma estação fluviométrica localizada na bacia do lajeado São José, na área urbana de Chapecó. A estação meteorológica de Chapecó também se encontra na bacia mencionada. O Modelo Digital de Elevação, os mapas de declividade, de tipos de solo e uso da terra foram necessários para a modelagem.

Os dados tabulares e cartográficos foram utilizados para a simulação da vazão, em que foi preciso realizar as etapas de aquecimento, calibração e validação. Com o processo de validação, verificou-se que a vazão medida e a vazão simulada representam bem o regime hidrológico. Para a confirmação deste resultado, o desempenho do modelo também foi verificado através do coeficiente de Nash-Sutcliffe (*NSE*) com 0,82 e o coeficiente de massa residual (*CMR*) com 0,07. Os valores  $NSE = 1$  e  $CMR = 0$  indicam ajuste perfeito entre dados simulados com os dados medidos (BRIGHENTI, BONUMÁ, CHAFFE, 2016). Após a confirmação estatística da confiabilidade do modelo, o escoamento superficial foi estimado para os cenários ambientais de acordo com o uso da terra.

Os mapas de uso da terra foram elaborados com a realização de procedimentos de sensoriamento remoto e classificação de imagens, através da cena de imagem orbital do satélite LandSat 8, *datum* WGS-84. Esses mapas foram elaborados com as seguintes classes temáticas: mata nativa, silvicultura, pasto, cultivo, solo exposto, massa d'água e urbano/edificações.

O mapa de uso da terra de 2015 serviu como referência para elaborar três mapas temáticos simulando: Áreas de Preservação Permanente; ampliação de áreas de cultivo com a substituição dos fragmentos de mata nativa remanescente menores ou iguais a um hectare e o outro mapa; o aumento de áreas com edificações, ao substituir aqueles fragmentos por edificações/construções. As Áreas de Preservação Permanente, denominadas de APP, como nascentes, margens de rios, encostas e as de topo de morro, foram delimitadas de acordo com as legislações federal, estadual e municipal em vigor.

Como não foi encontrada na literatura uma medida que servisse de referência para verificar a relação do tamanho do fragmento da mata nativa com o escoamento superficial, optou-se em substituir fragmentos menores ou iguais a um hectare por cultivo e por edificações.

Para obter mais detalhes do escoamento superficial em relação ao tipo de uso da terra a bacia hidrográfica do lajeado São José foi dividida em 24 sub-bacias, enquanto a bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios, em 16 sub-bacias. Para verificar como a vegetação florestal remanescente pode reduzir o escoamento superficial, foram definidos quatro cenários ambientais considerando o uso da terra, a saber:

- cenário 2015 com o uso da terra de 2015;
- cenário 2015 – APP: simulando Áreas de Preservação Permanente conforme as leis ambientais;
- cenário 2015 – Cultivo: simulando a substituição de fragmentos de remanescentes da mata nativa por cultivo;
- cenário 2015 – Edificações: simulando a substituição de fragmentos de remanescentes florestais por construções/edificações.

Para a elaboração desses cenários ambientais optou-se em evidenciar que a variável é o uso da terra e que ao mudar o tipo de uso da terra têm-se respostas diferentes no escoamento superficial. Nesse sentido, foi feita uma média dos dados climáticos diários, sendo esses um valor constante para todos os cenários ambientais, variando somente o uso da terra por sub-bacia. De acordo com Machado (2002), o SWAT permite o estudo de vários cenários diferentes para melhor compreensão dos processos físicos, sendo possível prever situações futuras para subsidiar ações de decisão.

## A VEGETAÇÃO NATIVA REMANESCENTE E O USO DA TERRA

Em 2015, na bacia do lajeado São José, a vegetação nativa remanescente representava 9,83%; a silvicultura, 2,34%; o solo exposto, 12,4%; o cultivo, 9,91%; edificações, 9,36%; massa d' água, 0,29%; e destaque para os pastos com 13,93% (Tabela 1).

**Tabela 1:** Uso da terra (%) nas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios em 2015

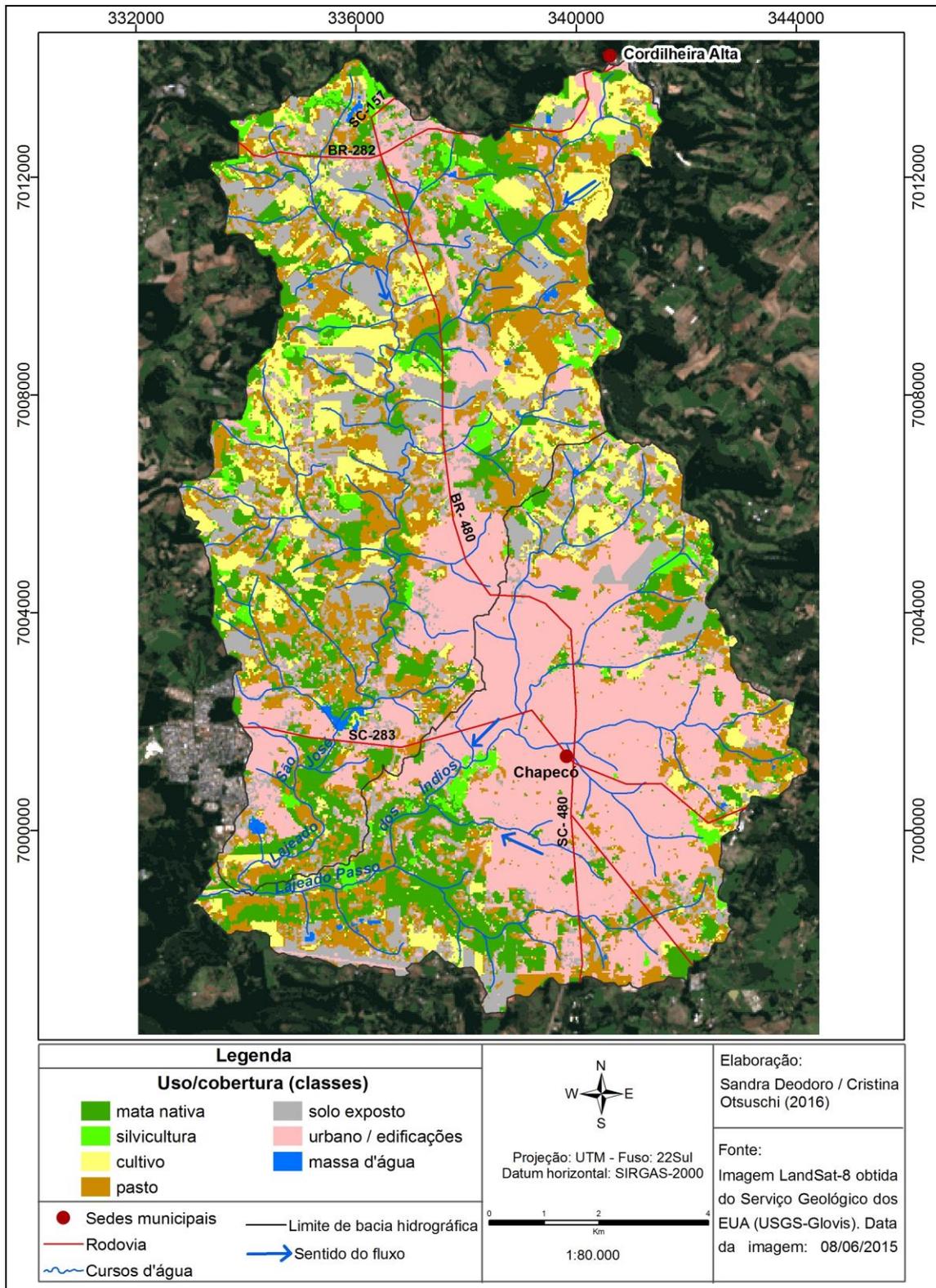
	Sub-bacia	Mata nativa	Silvicultura	Solo Exposto	Cultivo	Massa d' água	Edificações	Pasto
Bacia do Lajeado São José	1	16,29	5,44	33,18	19,33	0	4,73	20,85
	2	16,03	10,86	29,62	12,45	1,63	14,41	14,61
	3	18,85	0,99	32,33	19,35	0,21	2,61	25,93
	4	24,26	7,96	23,43	10,81	0,31	16,71	16,11
	5	16,27	3,33	15,83	27,84	0,40	7,78	27,99
	6	6,77	5,14	16,96	20,25	1,45	1,91	47,08
	7	10,46	9,80	19,05	38,02	0	2,36	20,57
	8	27,20	5,76	8,83	10,69	0	34,36	13,44
	9	9,98	2,71	39,58	22,38	0	4,55	21,07
	10	11,54	6,87	23,08	19,12	0	16,10	22,87
	11	9,75	6,80	20,31	33,59	0	7,17	22,35
	12	14,50	4,72	28,87	22,52	0	5,46	24,00
	15	29,54	0,93	22,57	17,63	0	2,66	26,94
	16	7,50	2,56	20,59	16,96	0	19,05	33,63
	17	56,75	0	0	0	0	0	43,52
	18	1,43	0,94	3,64	1,19	0	86,56	6,50
	21	27,51	1,10	18,39	9,64	0	2,68	40,94
22	15,72	1,43	23,23	3,18	0	35,34	21,38	
23	9,43	0	34,43	0	0	38,09	18,33	
24	22,14	0	22,21	2,20	0	11,42	42,30	
25	17,57	0,29	13,06	6,98	0,06	34,33	27,99	
28	23,62	2,45	16,82	11,20	1,87	19,92	24,40	
29	11,84	0,60	16,57	5,76	7,48	41,01	17,01	
37	31,84	1,31	10,83	5,04	1,24	29,30	20,72	
Bacia do Lajeado Passo dos Índios	13	6,52	3,59	36,33	26,96	0,64	10,34	15,29
	14	7,58	2,43	28,71	24,14	0	20,28	15,95
	19	18,13	5,81	17,62	4,51	0	40,62	13,41
	20	8,80	0,62	16,14	7,34	0	53,66	13,30
	26	5,54	1,04	10,62	4,86	0	73,39	4,82
	27	1,63	0,67	0,56	0,37	0	96,05	0,99
	30	1,68	0	0,44	0,06	0	97,10	1,00
	31	6,89	0,74	3,68	6,23	0,26	64,45	17,26
	32	0,56	0	0	0,17	0	98,63	0,91
	33	5,74	9,82	4,78	1,58	0	72,78	5,57
	34	0,41	3,61	0,63	1,08	0	88,85	5,49
	35	11,37	1,39	3,73	1,35	0	75,04	7,40
	36	41,21	3,19	15,99	3,65	0,20	15,42	20,61
	38	46,03	0,46	9,90	6,01	0	5,08	32,78
39	32,50	3,61	17,69	7,65	1,55	4,07	33,21	
40	28,80	0,92	13,65	4,41	0,06	33,37	18,91	

Fonte: OTSUSCHI (2017, p. 154).

No curso superior do lajeado São José, os maiores fragmentos da vegetação nativa (Figura 3) encontram-se entre 0 e acima de 25% de declividade, no curso médio do lajeado predominam entre 0 e 25% e em direção à foz, acima de 11% (Figura 4). Destacam-se as sub-bacias 17 com 56,75% e a 18, com 1,43% de mata nativa, sendo a maior área de mata nativa e a menor, respectivamente na bacia desse lajeado.

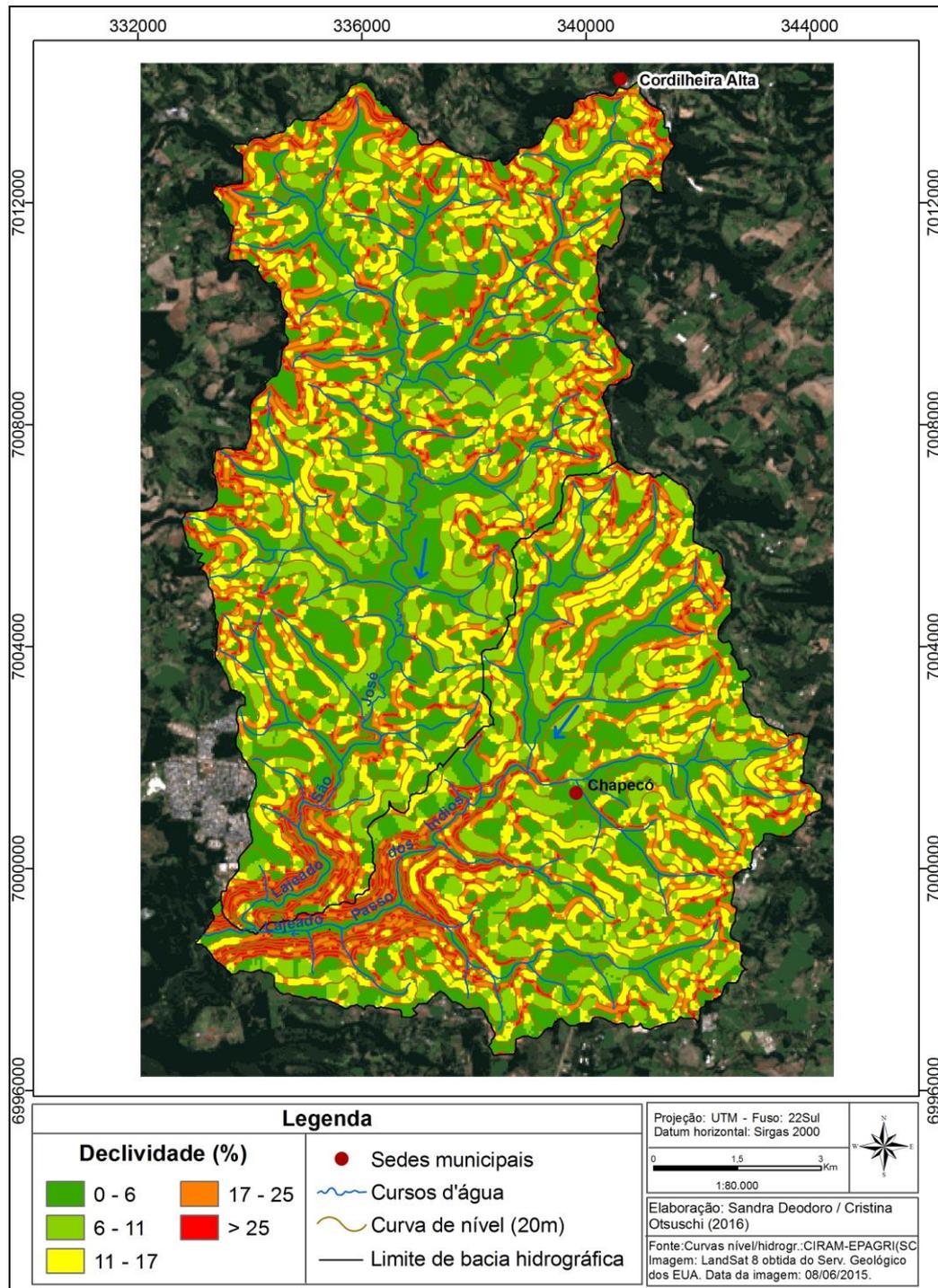
Geralmente, a silvicultura encontra-se próximo aos fragmentos de mata nativa e prevalecem nos cursos superior e médio da bacia hidrográfica, considerando que na parte inferior da bacia sobressaem as declividades superiores a 11% com áreas mais íngremes. Os maiores fragmentos com solo exposto preponderam declividades entre 0 e 25%. Ressalta-se que, provavelmente, o solo exposto, identificado na imagem de satélite, retrate também a preparação do solo para cultivo, considerando a data da imagem.

**Figura 3:** Mapa de uso da terra nas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios em 2015



Fonte: OTSUSCHI. (2017).

**Figura 4:** Mapa das declividades nas bacias hidrográficas dos lajeados São José e Passo dos Índios



Fonte: OTSUSCHI. (2017)

O lajeado São José drena parte da área urbana de Cordilheira Alta. As edificações em Chapecó concentram-se nas proximidades do limite com a bacia do Passo dos Índios e próximo à barragem, onde é realizada a captação de água para consumo, com predomínio de declividades entre 0 e 11%. Em direção norte, as construções acompanham a BR 480. A área de pasto vem aumentando com o investimento na bovinocultura nessa bacia hidrográfica. Os maiores fragmentos com pastagem

encontram-se até o curso médio do lajeado, entre as áreas de cultivo e solo exposto, em que prevalecem declividades entre 0 e 25%.

Na bacia do lajeado Passo dos Índios, 6,25% seria de mata nativa; 1,04%, de silvicultura; 4,87%, de solo exposto; 2,54%, de cultivo; 21,17%, de edificações; 5,99%, de pasto; e 0,08%, de massa d' água. A silvicultura localiza-se principalmente em declividades superiores a 11%. Os maiores fragmentos de vegetação nativa encontram-se no curso superior e inferior do lajeado, neles sobressaem declividades acima de 11%. Nas proximidades das nascentes dos afluentes do lajeado, os fragmentos de vegetação remanescente encontram-se mais isolados em relação às proximidades da foz. Comparando as sub-bacias do lajeado Passo dos Índios, a sub-bacia 38 com 46,03% de cobertura, é a sub-bacia com maior área de mata nativa. Porém, a sub-bacia 34 com 0,41% de mata nativa, possui a menor área de remanescente florestal.

O solo exposto concentra-se no sul da bacia e no norte, com limite da bacia do lajeado São José, em que predominam declividades entre 0 e 15%. As áreas de cultivo encontram-se nas proximidades das nascentes dos afluentes do lajeado Passo dos Índios, principalmente em declividades entre 0 e 17%. As áreas de pasto localizam-se nas proximidades de algumas nascentes e trechos de alguns afluentes, com predomínio de declividades acima de 11%. As edificações sobressaem nessa bacia hidrográfica, principalmente entre 0 e 17% de declividade e entre altitudes de 600 e 760m. O centro da área urbana de Chapecó encontra-se nessa bacia hidrográfica.

Ao considerar as características fisiográficas, a ocupação inicial na cidade se deu nessa bacia, tendo como referência o lajeado Passo dos Índios, e a mata ciliar vem sendo substituída por moradias desde a década de 1930. As áreas mais planas foram ocupadas e a tendência é a expansão da cidade para o oeste da bacia do lajeado São José. A simulação de Áreas de Preservação Permanente sinalizou que na bacia do lajeado São José a mata nativa remanescente teria o predomínio com 14,66%, seguido por pasto com 12,32%, solo exposto com 11,13%, culturas anuais com 9,06%, edificações ou ocupação urbana com 8,5%, silvicultura com 2,12% e massa d' água com 0,26% (Tabela 2). No leste e no nordeste dessa bacia, as Áreas de Preservação Permanente de topo de morro foram identificadas entre 760 e 820m de altitude.

Perto da confluência entre os dois lajeados foram identificados algumas Áreas de Preservação Permanente de topo de morro, variando entre 520 e 680m de altitude. As Áreas de Preservação Permanente com declividades acima de 100% ou 45° encontram-se perto da confluência entre os lajeados São José e Passo dos Índios. Também foram representadas as Áreas de Preservação Permanente nas nascentes e margens dos cursos d' água. Na bacia do lajeado Passo dos Índios predominam edificações e ocupação urbana com 19,66%, tendo 9,21% de mata nativa, 5,39% de pasto, 4,4% de solo exposto, 2,32% de culturas anuais, 0,91% de silvicultura e 0,06% de massa d' água.

As Áreas de Preservação Permanente de área de topo encontram-se no leste dessa bacia, próximas ao limite com a bacia do lajeado São José, isto é, entre 760 e 820m de altitude. Como na bacia do lajeado São José, as Áreas de Preservação Permanente de declividades acima de 100% concentram-se próximas da confluência entre os lajeados São José e Passo dos Índios. A bacia do lajeado Passo dos Índios tem menos Áreas de Preservação Permanente de nascentes e margens de rios, considerando que possui menos cursos d' água em relação à bacia do lajeado São José.

Se as Áreas de Preservação Permanente fossem respeitadas conforme as leis ambientais na bacia do lajeado São José, a vegetação nativa remanescente aumentaria em 4,83%, enquanto as demais classes de uso da terra teriam decréscimo: de 0,22% de silvicultura, 1,27% de solo exposto, 0,85% de culturas anuais, 0,86% de edificações/ocupação urbana e 1,61% de pasto. Na bacia do lajeado Passo dos Índios teria aumento de 2,96% de mata nativa e redução: de 0,13% de silvicultura, 0,47% de solo exposto, 0,22% de culturas anuais, 1,51% nas edificações/ocupação urbana e 0,6% de pasto.

Na bacia hidrográfica do lajeado São José a maior área de mata nativa, continuaria com a sub-bacia 17 com 56,75%; enquanto a sub-bacia 18 com 9,57% teria a menor cobertura florestal nativa. Ressalta-se que nessa sub-bacia teria aumento 8,14% com a simulação de Área de Preservação Ambiental. Enquanto na bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios, a sub-bacia 38 continuaria com mais mata nativa, com 58,80% de cobertura. E a sub-bacia 32 teria 4,59% de cobertura florestal nativa, destacando-se por ser a sub-bacia com menor área de mata nativa entre todas as sub-bacias estudadas.

**Tabela 2:** Uso da terra em 2015 (%), simulando Áreas de Preservação Permanente nas bacias hidrográficas dos lajeados São José e Passo dos Índios

	Sub-bacia	Mata nativa	Silvicultura	Solo Exposto	Cultivo	Massa d' água	Edificações	Pasto
Bacia	1	25,33	5,34	28,81	18,07	0	4,06	18,22
	2	20,03	10,35	28,60	11,38	1,63	14,30	13,31
do	3	27,66	0,85	28,24	17,80	0,21	2,16	23,35
	4	31,46	7,27	21,13	10,18	0,17	15,51	13,85
Lajeado	5	23,76	3,19	14,16	25,84	0,36	6,97	25,16
	6	15,52	3,94	14,90	19,53	1,40	1,52	42,76
São	7	19,88	8,59	16,84	35,21	0	2,04	17,72
	8	34,55	3,59	8,16	10,05	0	31,26	12,66
José	9	19,83	2,54	35,67	19,63	0	4,07	18,54
	10	19,04	6,17	21,31	17,80	0,15	14,48	20,78
	11	18,14	6,73	18,74	29,65	0	6,54	20,18
	12	22,80	4,69	26,81	20,90	0	4,31	20,55
	15	35,24	0,93	20,86	15,91	0	2,36	24,97
	16	16,13	2,56	17,22	15,69	0	18,96	29,72
	17	56,75	0	0	0	0	0	43,52
	18	9,57	0,94	3,41	1,17	0	78,96	6,22
	21	34,50	1,02	16,78	9,21	0	1,64	37,11
	22	24,06	1,28	21,44	2,96	0	32,51	18,04
	23	23,30	0	32,60	0	0	26,05	18,33
	24	35,04	0	19,69	1,65	0	9,01	34,88
	25	27,43	0,29	10,84	6,26	0,06	31,24	24,15
	28	32,13	2,10	15,23	9,81	1,23	18,13	21,66
	29	15,12	0,60	15,78	5,51	5,99	40,73	16,54
	37	43,24	1,08	8,86	4,19	1,03	25,16	16,72
Bacia	13	16,43	2,80	32,44	25,15	0,33	8,88	13,64
	14	19,30	2,43	23,90	20,64	0	19,28	13,52
do	19	24,65	4,65	16,94	4,03	0	37,94	11,90
	20	13,91	0,56	15,16	6,57	0	51,03	12,64
Lajeado	26	14,46	1,01	9,38	4,09	0	67,10	4,24
	27	6,09	0,35	0,56	0,29	0	92,01	0,98
Passo	30	12,38	0	0,44	0	0	86,46	1,00
	31	15,03	0,74	3,36	5,95	0,21	59,13	15,11
dos	32	4,59	0	0	0,03	0	94,74	0,91
	33	14,09	8,94	3,88	1,50	0	66,73	5,14
Índios	34	9,84	3,36	0,59	1,07	0	79,82	5,39
	35	15,69	1,36	3,63	1,28	0	71,19	7,11
	36	46,10	2,73	14,28	3,50	0,20	15,16	18,31
	38	58,80	0,30	5,65	3,66	0	1,88	29,99
	39	40,28	2,87	15,47	7,17	1,49	3,05	29,94
	40	33,49	0,92	12,72	4,07	0,05	31,81	17,05

Fonte: OTSUSCHI (2017, p. 155).

Na bacia hidrográfica do lajeado São José a maior área de mata nativa, continuaria com a sub-bacia 17 com 56,75%; enquanto a sub-bacia 18 com 9,57% teria a menor cobertura florestal nativa. Ressalta-se que nessa sub-bacia teria aumento 8,14% com a simulação de Área de Preservação Ambiental. Enquanto na bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios, a sub-bacia 38 continuaria com mais mata nativa, com 58,80% de cobertura. E a sub-bacia 32 teria 4,59% de cobertura florestal nativa, destacando-se por ser a sub-bacia com menor área de mata nativa entre todas as sub-bacias estudadas.

Para conhecer os efeitos da retirada da mata nativa para ampliar outros usos foi feita simulação com base no mapa de uso da terra de 2015, retirando fragmentos de vegetação menores ou iguais a 1 hectare substituindo-os por culturas anuais, isto é, áreas de cultivo (Tabela 3).

Na bacia do lajeado São José teria o predomínio de pasto com 13,93%, solo exposto com 12,4%; as culturas anuais seriam de 11,41%; a mata nativa, de 8,33%; as edificações com 9,37%; a silvicultura com 2,34%; e a massa d' água com 0,29%. Os fragmentos de cobertura florestal remanescente retirados representam 1,5%, o que corresponde aproximadamente a 191,56 hectares a mais de culturas anuais.

Na bacia do lajeado Passo dos Índios, a ocupação urbana teria 21,17%; o pasto; 5,99%; a vegetação remanescente, 5,62%; solo exposto, 4,87%; culturas anuais, 3,17%; silvicultura; 1,04%; e massa d' água, 0,08%. Dessa forma, 0,63% da mata nativa foi substituído por áreas de cultivo, o que equivale

aproximadamente a 80,46 hectares. Praticamente, foram retirados 2,13% da mata nativa na área de estudo, ou seja, aproximadamente, 272,02 hectares de áreas de cultivo simuladas.

A sub-bacia 17 pertence à bacia hidrográfica do lajeado São José, continuaria com a maior cobertura de mata nativa entre todas as sub-bacias. Já as sub-bacias 23 e 30 não teriam cobertura florestal nativa, pertencendo às bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios, respectivamente. Nessa última bacia hidrográfica, a sub-bacia 38 teria a maior área de mata nativa com 45,57% de cobertura.

**Tabela 3:** Uso da terra em 2015(%) simulando ampliação de cultivo nas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios

	Sub-bacia	Mata nativa	Silvicultura	Solo Exposto	Cultivo	Massa d' água	Edificações	Pasto
Bacia do lajeado São José	1	11,63	5,44	33,18	23,99	0	4,73	20,85
	2	11,36	10,86	29,62	17,12	1,63	14,41	14,61
	3	16,94	0,99	32,33	21,27	0,21	2,61	25,93
	4	21,06	7,96	23,43	14,00	0,31	16,71	16,11
	5	14,47	3,33	15,83	29,65	0,40	7,78	27,99
	6	3,54	5,14	16,96	23,48	1,45	1,91	47,08
	7	6,38	9,80	19,05	42,10	0	2,36	20,57
	8	25,43	5,76	8,83	12,45	0	34,36	13,44
	9	8,40	2,71	39,58	23,96	0	4,55	21,07
	10	9,66	6,87	23,08	21,01	0,16	16,10	22,87
	11	6,20	6,80	20,31	37,14	0	7,17	22,35
	12	10,42	4,72	28,87	26,61	0	5,46	24,00
	15	28,55	0,93	22,57	18,62	0	2,66	26,94
	16	5,30	2,56	20,59	19,15	0	19,05	33,63
	17	56,75	0	0	0	0	0	43,52
	18	0,01	0,94	3,64	2,61	0	86,56	6,50
	21	23,42	1,10	18,39	13,74	0	2,68	40,94
22	14,35	1,43	23,23	4,55	0	35,34	21,38	
23	0	0	34,43	9,43	0	38,09	18,33	
24	19,25	0	22,21	5,09	0	11,42	42,30	
25	12,74	0,29	13,06	11,80	0,06	34,33	27,99	
28	19,95	2,45	16,82	14,86	1,87	19,92	24,40	
29	7,20	0,60	16,57	10,40	7,48	41,01	17,01	
37	30,04	1,31	10,83	6,85	1,24	29,30	20,72	
Bacia do lajeado Passo dos Índios	13	2,80	3,59	36,33	30,68	0,64	10,34	15,29
	14	5,25	2,43	28,71	26,47	0	20,28	15,95
	19	16,47	5,81	17,62	6,17	0	40,62	13,41
	20	6,27	0,62	16,14	9,87	0	0,20	13,30
	26	4,74	1,04	10,62	5,65	0	73,39	4,82
	27	0,08	0,67	0,56	1,92	0	96,05	0,99
	30	0	0	0,44	1,74	0	97,10	0,44
	31	5,49	0,74	3,68	7,62	0,26	64,45	17,26
	32	0,74	0	0	0	0	98,63	0,91
	33	4,66	9,82	4,78	2,67	0	72,78	5,57
Bacia do lajeado Passo dos Índios	34	3,61	0	0,63	1,50	0	88,85	0,15
	35	10,48	1,39	3,73	2,23	0	75,04	7,40
	36	39,80	3,19	15,99	5,05	0,20	15,42	20,61
	38	45,57	0,46	9,90	6,48	0	5,08	32,78
	39	30,77	3,61	17,69	9,37	1,55	4,07	33,21
	40	27,13	0,92	13,65	6,08	0,06	33,37	18,91

Fonte: OTSUSCHI (2017, p. 156).

O mesmo procedimento para a simulação ampliando a área de cultivo foi realizado para simular a ocupação e a expansão urbana na área de estudo. Dessa forma, 10,9% da bacia do lajeado São José seriam de edificações, ter-se-ia aproximadamente 191,56 hectares a mais de edificações e ocupação urbana em relação ao uso da terra de 2015 com a supressão da cobertura florestal nativa em 1,5% (Tabela 4). Pasto; solo exposto; culturas anuais; mata nativa, a silvicultura; e massa d' água, teriam a mesma área do uso da terra de 2015 com a simulação da substituição de pequenos fragmentos de mata nativa por áreas de cultivo.

Para a bacia do lajeado Passo dos Índios, a ocupação urbana seria de aproximadamente 21,80%; com 0,63% da vegetação remanescente sendo substituída por áreas edificadas. Da mesma forma

que a simulação de áreas de cultivo, onde 2,13% da vegetação remanescente eliminada representariam, praticamente, 272,02 hectares.

Verifica-se que muitos dos fragmentos de vegetação florestal nativa que substituídos na simulação estão separados dos fragmentos maiores, o que ressalta a fragilidade na proteção dessas áreas de remanescentes, principalmente, quando estão próximas de ocupações e atividades antrópicas.

As sub-bacias 17 e 38 continuariam destacando-se com maior cobertura de mata nativa. As sub-bacias 23, 30, 32 e 34 não teriam mata nativa, em que a primeira sub-bacia faz parte da bacia hidrográfica do lajeado São José e, as demais fazem parte da bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios.

Para a bacia do lajeado Passo dos Índios, a ocupação urbana seria de aproximadamente 21,80%; com 0,63% da vegetação remanescente sendo substituída por áreas edificadas. Da mesma forma que a simulação de áreas de cultivo, onde 2,13% da vegetação remanescente eliminada representariam, praticamente, 272,02 hectares.

**Tabela 4:** Uso da terra em 2015 (%) simulando ampliação de edificações nas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios

	Sub-bacia	Mata nativa	Silvicultura	Solo Exposto	Cultivo	Massa d' água	Edificações	Pasto
Bacia do lajeado São José	1	11,63	5,44	33,18	19,33	0	9,39	20,85
	2	11,36	10,86	29,62	12,45	1,63	19,08	14,61
	3	16,94	0,99	32,33	19,35	0,21	4,52	25,93
	4	21,06	7,96	23,43	10,81	0,31	19,90	16,11
	5	14,47	3,33	15,83	27,84	0,40	9,59	27,99
	6	3,54	5,14	16,96	20,25	1,45	5,14	47,08
	7	6,38	9,80	19,05	38,02	0	6,44	20,57
	8	25,43	5,76	8,83	10,69	0	36,12	13,44
	9	8,40	2,71	39,58	22,38	0	6,13	21,07
	10	9,66	6,87	23,08	19,12	0,16	17,99	22,87
	11	6,20	6,80	20,31	33,59	0	10,71	22,35
	12	10,42	4,72	28,87	22,52	0	9,54	24,00
	15	28,55	0,93	22,57	17,63	0	3,65	26,94
	16	5,30	2,56	20,59	16,96	0	21,24	33,63
	17	56,75	0	0	0	0	0	43,52
	18	0,01	0,94	3,64	1,19	0	87,98	6,50
	21	23,42	1,10	18,39	9,64	0	6,78	40,94
22	14,35	1,43	23,23	3,18	0	36,71	21,38	
23	0	0	34,43	0	0	47,52	18,33	
24	19,25	0	22,21	2,20	0	14,31	42,30	
25	12,74	0,29	13,06	6,98	0,06	39,16	27,99	
28	19,95	2,45	16,82	11,20	1,87	23,59	24,40	
29	7,20	0,60	16,57	5,76	7,48	45,65	17,01	
37	30,04	1,31	10,83	5,04	1,24	31,11	20,72	
Bacia do lajeado Passo dos Índios	13	2,80	3,59	36,33	26,96	0,64	14,05	15,29
	14	5,25	2,43	28,71	24,14	0	22,61	15,95
	19	16,47	5,81	17,62	4,51	0	42,28	13,41
	20	6,27	0,62	16,14	7,34	0	56,19	13,30
	26	4,74	1,04	10,62	4,86	0	74,18	4,82
	27	0,08	0,67	0,56	0,37	0	97,61	0,99
	30	0	0	0,44	0,06	0	98,78	1,00
	31	5,49	0,74	3,68	6,23	0,26	65,84	17,26
	32	0	0	0,17	0	0	99,19	0,91
	33	4,66	9,82	4,78	1,58	0	73,87	5,57
	34	0	3,61	0,63	1,08	0	89,27	5,49
	35	10,48	1,39	3,73	1,35	0	75,92	7,40
	36	39,80	3,19	15,99	3,65	0,20	16,83	20,61
38	45,57	0,46	9,90	6,01	0	5,55	32,78	
39	30,77	3,59	17,69	7,65	1,55	5,82	33,21	
40	27,13	0,92	13,65	4,41	0,06	35,04	18,91	

Fonte: OTSUSCHI (2017, p. 157).

A simulação de Áreas de Preservação Permanente, da ampliação das áreas de cultivo e de edificações, foi importante para estimar o escoamento superficial através de cenários ambientais nas sub-bacias.

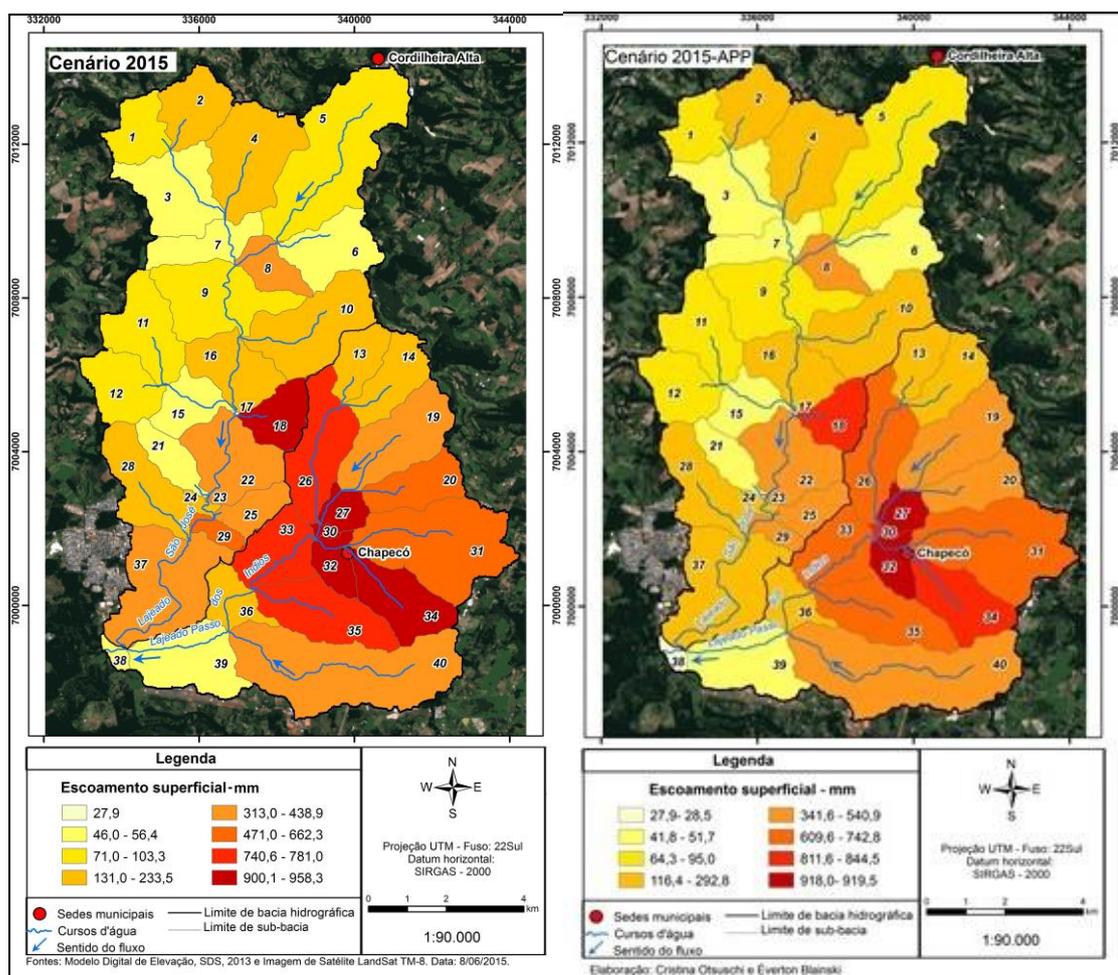
### ESTIMATIVA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM OS CENÁRIOS AMBIENTAIS

Os quatro cenários ambientais apresentam a estimativa de escoamento superficial por sub-bacia, sendo possível identificar os tipos de uso da terra para verificar a contribuição da vegetação remanescente na redução do escoamento superficial.

No cenário 2015, o menor índice de escoamento superficial foi na sub-bacia 17, com 27,9mm (Figura 5), tendo a presença do Latossolo Bruno, em declividades que variam entre 0 e 6% em 86,44% da sub-bacia.

Essa sub-bacia possui como uso da terra a mata nativa com 56,75% e o pasto com 43,53%, pertencendo à bacia do lajeado São José. A sub-bacia 38 teve o menor escoamento superficial na bacia do lajeado Passo dos Índios, com 56,2mm. Ressalta-se que nesta sub-bacia encontra-se a segunda maior área de mata nativa com 46,03% entre as sub-bacias. O pasto ocupava 32,78% de cobertura e as edificações em 5,08%. A presença da cobertura florestal em relação aos demais tipos de uso da terra evidencia a contribuição da mata nativa para a infiltração da água pluvial, reduzindo o escoamento superficial.

**Figura 5:** Escoamento superficial no Cenário 2015 e no Cenário 2015 - APP



Fonte: OTSUSCHI. (2017).

Nesse sentido, constatou-se que as sub-bacias com menores áreas de cobertura florestal nativa, apresentaram maiores valores no escoamento superficial. A sub-bacia 27 tinha 1,63% de mata nativa e 96,05% de edificações, destacando-se com o maior escoamento superficial com 958,3mm. As sub-bacias 30, 32 e 34 apresentaram as menores áreas com mata nativa, variando entre 0,41% e 1,68% de cobertura, e maior escoamento superficial, variando entre 900,1 e 956,4mm.

Na bacia do lajeado São José o maior escoamento superficial foi de 902,2mm na sub-bacia 18, apresentando 1,43% de mata nativa e 86,56% de edificações. Entre as sub-bacias desse lajeado, é a com maior área de edificações e a menor com mata nativa.

Verificou-se que as sub-bacias com maior escoamento superficial encontram-se na bacia do lajeado Passo dos Índios, entre 600 e 780m de altitude, principalmente no centro da cidade de Chapecó, tendo também, o Latossolo Bruno e o Nitossolo Vermelho. As declividades predominantes variam entre 0 e 25%.

Enquanto as sub-bacias com menor escoamento superficial foram identificadas na bacia do lajeado São José, predominando o Latossolo Vermelho e o Cambissolo Háplico, em áreas entre 600 e 780m de altitude. Prevaecem as declividades entre 0 e 25%. A concentração populacional, a impermeabilização e o direcionamento das águas pluviais aos cursos d'água, contribuíram com o aumento do escoamento superficial.

No cenário 2015 – APP, as sub-bacias 17 e 38 teriam 27,9 e 28,5mm, respectivamente (Figura 5). A sub-bacia 38 teria 58,80% de vegetação remanescente e 29,99% de pasto como principais tipos de uso da terra. Esta sub-bacia faz parte da bacia do lajeado Passo dos Índios.

A sub-bacia 17 não teve alteração no uso da terra em relação ao ano de 2015, portanto, não houve alteração no escoamento superficial. Destaca-se que é a sub-bacia com menor escoamento superficial da bacia do lajeado São José e com maior área de mata nativa. As maiores áreas de mata nativa com a simulação de Áreas de Preservação Permanente encontram-se nas sub-bacias 17 e 38.

As sub-bacias 18, 30 e 34 teriam escoamento superficial entre 811,6 e 844,5mm. Dessas sub-bacias, a com maior escoamento superficial seria a 30, com: 86,46% de edificações/ocupação urbana, 12,38% de vegetação, 1,0% de pasto, 0,44% de solo exposto.

Com maior taxa de escoamento superficial teriam as sub-bacias 27, com 918,0mm, e a 32, com 919,5mm. A sub-bacia 27 teria somente 6,09% de vegetação remanescente e predomínio de ocupação urbana com 92%, enquanto a sub-bacia 32 teria 4,59% de vegetação nativa e 94,74% de ocupação urbana. Estas sub-bacias encontram-se na bacia do lajeado Passo dos Índios.

Na bacia do lajeado São José a sub-bacia 18, novamente, seria o destaque pelo maior escoamento superficial com 825,2mm. Essa sub-bacia teria aumento em 8,14% de cobertura florestal com a simulação de APP, resultando em 77mm a menos de escoamento superficial.

Ao considerar os cenários 2015 e 2015 APP, a bacia do lajeado São José teria aumento em 4,83% de mata nativa, enquanto a bacia do lajeado Passo dos Índios teria aumento em 2,96% de cobertura florestal nativa. Na bacia do lajeado São José, 1,61% de pasto e 1,27% de solo exposto, seriam substituídos por Áreas de Preservação Permanente, enquanto na bacia do lajeado Passo dos Índios, a redução significativa seria de edificações para ter Áreas de Preservação Permanente.

Evidencia-se então, a importância da vegetação nativa remanescente a fim de aumentar a infiltração e de reduzir o escoamento superficial, minimizando problemas ambientais como erosão, perda de solo, assoreamento, inundações, entre outros.

O cenário 2015 - Cultivo indicou que o menor escoamento superficial seria de 27,9mm na sub-bacia 17 (Figura 6). Como não houve mudança no uso da terra em relação ao ano de 2015, não houve alteração no escoamento superficial. Vale lembrar que essa sub-bacia caracteriza-se por apresentar 56,75% de vegetação nativa remanescente, mantendo a maior proporção de mata nativa entre todas as sub-bacias. Na bacia do lajeado São José, a sub-bacia 6 teria o menor escoamento superficial com 46,1mm. O aumento seria de 0,1mm com o acréscimo de 3,23% de cultivo.

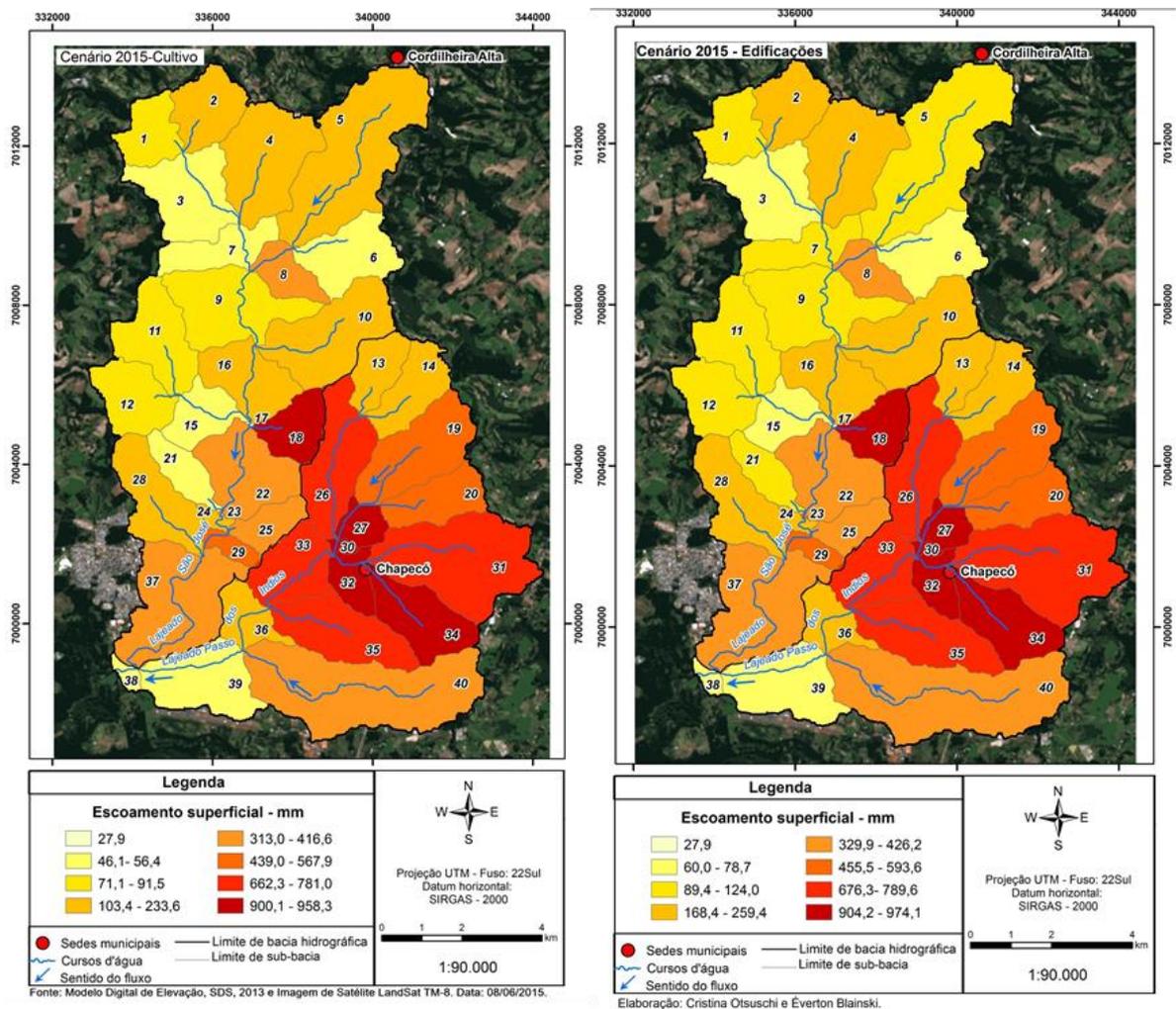
O escoamento superficial com maior índice seria nas sub-bacias 18, 27, 30, 32 e 34, variando entre 900,1 e 958,3mm. Somente a sub-bacia 18 pertence à bacia do lajeado São José. Ressalta-se que esta sub-bacia teria 1,55% de mata nativa a menos e o predomínio de edificações com aproximadamente, 96% de sua área. Mesmo com acréscimo de área de cultivo, não houve alteração no escoamento superficial nessas sub-bacias.

As sub-bacias com maior taxa de escoamento superficial ainda pertencem à bacia do lajeado Passo dos Índios, onde a ocupação urbana e as edificações predominam como tipo de uso da terra. Na bacia do lajeado São José as sub-bacias não possuem construções como na bacia do lajeado Passo dos Índios, mas nas sub-bacias em que as edificações se destacam, verifica-se maior escoamento superficial.

Mesmo com a ampliação de áreas de cultivo, a mudança no escoamento superficial não foi tão significativa em relação ao cenário 2015, como foi constatado com a simulação de Áreas de Preservação Permanente.

No cenário 2015 – Edificações foram considerados os mesmos fragmentos de mata nativa do cenário 2015 – Cultivo, para simular a interferência das áreas construídas no escoamento superficial. Neste cenário, a sub-bacia com menor escoamento superficial foi a 17, com 27,9mm na bacia do lajeado São José (Figura 6). O valor do escoamento foi o mesmo dos cenários 2015 e 2015 - Cultivo, pois não houve mudança no uso da terra.

**Figura 6:** Escoamento superficial no Cenário 2015 – Cultivo e Cenário 2015 - Edificações



Fonte: OTSUSCHI. (2017).

A sub-bacia 38 se destaca por ter a maior área com mata nativa e o menor registro em edificações na bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios. Considerando o exposto, apresenta o menor escoamento superficial nesta bacia hidrográfica com 60mm.

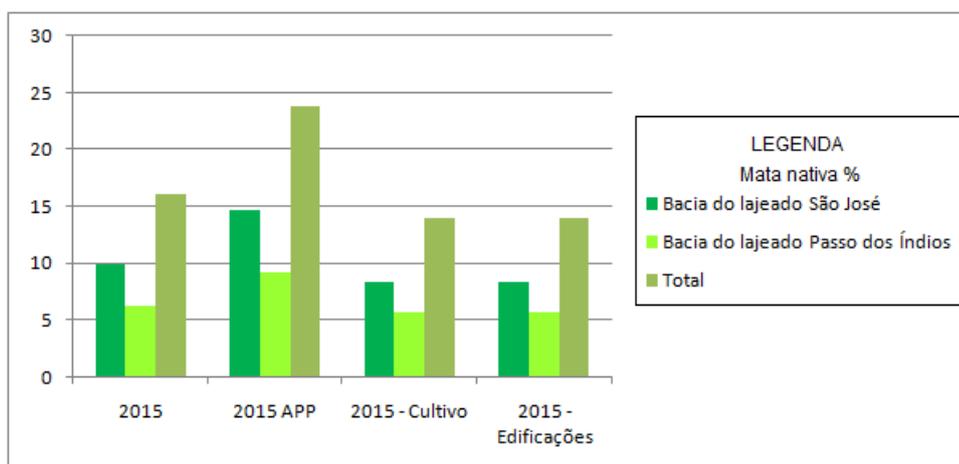
Na bacia do lajeado São José verificou-se que a sub-bacia 18 teria o maior escoamento superficial, com 916,2mm. A redução de 1,42% da mata nativa para simular edificações, indicou acréscimo de 14mm no escoamento superficial.

A sub-bacia 27 teria o maior escoamento superficial com 974,1mm. Em relação ao uso da terra, o destaque seria para 0,08% de vegetação nativa e ocupação urbana em 97,61%. Esta sub-bacia pertence à bacia do lajeado Passo dos Índios e teria o maior percentual de área impermeabilizada com edificações, o que possibilitaria menos infiltração e maior escoamento superficial em menor tempo.

As sub-bacias que apresentariam maior escoamento superficial encontram-se na bacia do lajeado Passo dos Índios, principalmente em área urbana no centro de Chapecó. Na bacia do lajeado São José, as sub-bacias com maior escoamento superficial são aquelas em que as edificações se destacam entre os tipos de uso da terra.

Comparando os cenários 2015 e 2015 – Edificações, vale mencionar que houve aumento significativo do escoamento superficial com a ampliação das áreas impermeabilizadas com as edificações. A relação cobertura florestal e alterações no escoamento superficial sinalizou que o aumento de vegetação florestal reduz o escoamento superficial e o acréscimo de edificações, contribui com o aumento do escoamento superficial (Figura 7 e Tabela 5)

**Figura 7:** Mata nativa nas bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios em 2015 e nos usos simulados



Fonte: OTSUSCHI. (2017).

Conforme comentado anteriormente, a bacia do lajeado São José teria aumento de cobertura florestal nativa em 4,83% e a bacia do lajeado Passo dos Índios, em 2,96% com a simulação das Áreas de Preservação Permanente. A redução do escoamento superficial com a presença de Áreas de Preservação Permanente evidencia que, a manutenção e a recuperação da cobertura florestal em outras áreas das bacias hidrográficas, teriam benefícios como: aumento da infiltração da água pluvial no solo, redução dos processos erosivos hídricos, do assoreamento e de inundações.

Considerando que a bacia do lajeado Passo dos Índios destaca-se pelas edificações, a substituição dos fragmentos florestais por áreas impermeabilizadas para a expansão urbana, pode desencadear ou agravar os problemas ambientais mencionados anteriormente. A ocupação na bacia do lajeado São José e a substituição da mata nativa por usos agrícolas, também podem comprometer as funções ambientais da cobertura florestal.

Com a substituição de fragmentos de mata nativa menores a 1 hectare por cultivo ou por edificações, houve redução de 1,5% de mata nativa na bacia do lajeado São José e de 0,63% na bacia do lajeado

Passo dos Índios. Estas áreas florestais evidenciam que o processo de fragmentação da mata nativa remanescente resultou em fragmentos isolados.

Para mostrar a relação cobertura florestal nativa e função ambiental nos diferentes cenários, apresenta-se a evolução do escoamento superficial nas sub-bacias (Tabela 5). O cenário 2015 serviu como referência para comparar o escoamento superficial com os demais cenários ambientais.

Observa-se que no cenário 2015 - APP todas as sub-bacias reduziram o escoamento superficial, com exceção da sub-bacia 17. Nesta sub-bacia não houve mudança no uso da terra, sendo constante o escoamento superficial em todos os cenários simulados.

Os resultados do escoamento superficial no cenário 2015 – Cultivo sinalizam que a área substituída não foi suficiente para ter impactos maiores e que o cultivo, por ter área coberta com vegetação, possibilita a infiltração gerando menos escoamento superficial em relação aos outros tipos de uso da terra, como as edificações. As sub-bacias do lajeado São José foram as que mais tiveram alteração neste cenário ambiental.

No cenário 2015 – Edificações o aumento do escoamento superficial ficou em evidência com a substituição da mata nativa por construções em todas as sub-bacias, com exceção para a sub-bacia 17. As sub-bacias com maior escoamento superficial apresentaram predomínio de edificações com pouca cobertura florestal nativa.

**Tabela 5:** Escoamento superficial (mm) nos cenários ambientais nas sub-bacias hidrográficas dos lajeados São José e Passo dos Índios

	Sub-bacias	2015	2015 APP	2015 - Cultivo	2015 - Edificações
Bacia do Lajeado São José	1	71,0	64,3	71,1	115,8
	2	172,2	171,1	172,4	218,4
	3	52,8	48,1	52,8	71,7
	4	194,7	182,3	194,7	226,9
	5	103,3	95,0	103,4	121,5
	6	46,0	41,8	46,1	78,7
	7	49,1	45,8	49,1	89,4
	8	372,3	341,6	372,4	389,6
	9	73,3	68,4	73,3	89,1
	10	188,3	172,0	188,3	207,4
	11	91,4	85,2	91,5	124,0
	12	77,5	65,8	77,6	115,9
	15	54,8	51,7	54,8	64,7
	16	219,3	218,3	219,3	241,6
	17	27,9	27,9	27,9	27,9
	18	902,2	825,2	902,2	916,2
	Bacia do Lajeado Passo dos Índios	21	52,4	41,8	52,5
22		386,6	357,7	386,6	400,5
23		416,4	292,8	416,6	511,3
24		143,5	119,0	143,5	172,8
25		377,2	345,5	377,2	426,2
28		222,5	203,7	222,5	259,4
29		471,0	461,6	471,1	512,9
37		313,0	271,9	313,0	329,9
13		131,0	116,4	131,0	168,4
14		233,5	223,3	233,6	257,1
19		438,9	411,6	439,0	455,5
20		567,9	540,9	567,9	593,6
26		764,0	700,9	764,0	771,9
27	958,3	918,0	958,3	974,1	
30	947,6	844,5	947,6	963,7	
31	662,3	609,6	662,3	676,3	
32	956,4	919,5	956,4	961,8	
33	740,6	681,2	740,6	750,6	
34	900,1	811,6	900,1	904,2	
35	781,0	742,8	781,0	789,6	
36	165,6	162,9	165,6	179,1	
38	56,2	28,5	56,2	60,0	
39	56,4	46,6	56,4	73,8	
40	361,6	345,7	361,6	378,4	

Legenda:

Referência	Sem alteração ao cenário anterior	Redução	Ampliação
------------	-----------------------------------	---------	-----------

Fonte: OTSUSCHI (2017, p. 172).

Comparando-se os cenários 2015 e 2015 – Cultivo na bacia do lajeado São José, as sub-bacias 1, 2, 5, 6, 8, 11, 12, 21, 23 e 29 tiveram acréscimo no escoamento superficial. Na bacia do lajeado Passo dos Índios as sub-bacias 14 e 19 também tiveram aumento. As demais sub-bacias não tiveram alteração no escoamento superficial. O aumento variou entre 0,01 e 1,0mm. Destaca-se a sub-bacia 19 para o maior aumento no escoamento superficial.

O aumento da área impermeabilizada foi fundamental para ampliar o escoamento superficial, mesmo em sub-bacias com presença de mata nativa e cultivo. Ressalta-se que o solo exposto também contribui com o escoamento superficial, mas nas simulações não houve alteração. A simulação de cenários ambientais foi uma tentativa de estimar o escoamento superficial considerando as mudanças no uso da terra, mostrando a importância desta função ambiental da mata nativa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento populacional em Chapecó é importante ter um planejamento ambiental que considere a dinâmica ambiental no processo de expansão urbana. A seleção das bacias dos lajeados São José e Passo dos Índios para verificar a relação entre mata nativa remanescente e escoamento superficial foi fundamental, pois foi possível comparar a bacia hidrográfica mais urbanizada com uma bacia onde predominam propriedades rurais, tendo mais fragmentos de mata nativa.

Mediante a simulação de cenários ambientais, procurou-se compreender o escoamento superficial com a ampliação da mata nativa com a simulação das Áreas de Preservação Permanente. Assim como, simulando a redução da mata nativa e a ampliação por cultivo e por edificações. O modelo hidrológico SWAT possibilitou estimar o escoamento superficial, ao considerar o uso da terra para verificar a contribuição da vegetação remanescente nessa função ambiental.

Constatou-se, ainda, que a presença de Áreas de Preservação Permanente colaborou com a redução do escoamento superficial e a substituição de fragmentos de mata nativa por edificações aumentaria a taxa de escoamento superficial. Com a substituição destes fragmentos florestais por cultivo, muitas sub-bacias não tiveram alteração no escoamento superficial, principalmente na bacia do lajeado Passo dos Índios.

Com a simulação dos cenários, verificou-se que as sub-bacias 22, 23, 25, e 37 teriam contribuição significativa de escoamento superficial na bacia do lajeado São José, com destaque para as sub-bacias 8, 18 e 29 em todos os cenários. Outras sub-bacias que merecem atenção para o aumento do escoamento superficial são 4, 5, 10, 16, 17 e 28. A bacia do lajeado São José possui predomínio de cultivo, pasto, solo exposto, vegetação nativa remanescente e silvicultura. Com a mata nativa, o escoamento superficial foi menor em relação às áreas com mais cultivo, solo exposto e edificações, principalmente, neste último tipo de uso da terra.

Na bacia do lajeado Passo dos Índios, as sub-bacias mais críticas em relação ao escoamento superficial foram: 26, 33 e 35, com destaque para 27, 30, 32 e 34. Outras sub-bacias que tiveram redução da vegetação remanescente e aumento de edificações, passando a ter maior escoamento expressivo foram as sub-bacias 14, 19, 20, 30, 31 e 40. A ocupação, inicialmente, em áreas mais planas, entre 0 e 11% de declividades, está se expandindo para as áreas com declividades maiores em áreas de nascentes.

As maiores taxas de escoamento superficial foram estimadas nas sub-bacias do lajeado Passo dos Índios, o que tem associação direta com a ocupação urbana. A impermeabilização das áreas construídas não possibilita ou dificulta a infiltração da água pluvial no solo, isso resulta no escoamento superficial. As sub-bacias mais críticas dessa bacia hidrográfica encontram-se na área central da cidade de Chapecó, em que ocorrem inundações e alagamentos.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BASSI, Lauro. **Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do lajeado São José, Chapecó, SC**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Santa Maria: UFSM. 1990.

BINDA, Andrey Luís; FRITZEN, Maycon. Uso do solo urbano e alterações na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, Chapecó-SC. **Geografia Ensino & Pesquisa**, vol. 17, n. 2, p. 243 – 259, maio./ago. 2013.

BINDA, Andrey. Os rios urbanos de Chapecó: do esquecimento sob as lajes de concreto às recordações nos dias de chuva. In: Marlon Brandt; Ederson Nascimento. (Org.). **Oeste de Santa Catarina: território, ambiente e paisagem**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

BITOUN, Jan. O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: CARLOS, Ana Fani; LEMOS, Amália Inês Geraiges (Orgs.). **Dilemas urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. São Paulo: Contexto, 2003.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado; SILVA, Antonio Soares da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BOTTIN, Jovane. **Avaliação limnológica da microbacia do lajeado Passo dos Índios - Chapecó, SC**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Chapecó: UNOCHAPECÓ. 2007.

BOLUND, Per; HUNHAMMAR, Sven. *Ecosystem services in urban areas*. Elsevier, *Ecological Economics*, nº 29, 1999, p. 293–301. Disponível em: <<http://www.urban.uiuc.edu/>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

BRIGHENTI, T. M.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. Calibração hierárquica do modelo Swat em uma bacia hidrográfica Catarinense. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 53-64, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016000100053&script=sci\\_abstract&tIng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016000100053&script=sci_abstract&tIng=pt). Acesso em: 4 jun. 2016.

FACCO, Janete. **Os conflitos ambientais no processo de urbanização na bacia hidrográfica de abastecimento de água de Chapecó/SC**. 2011, 231f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Chapecó: UNOCHAPECÓ. 2011.

GRAEFF, Orlando Ricardo. Licenciamento ambiental urbano. In: GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

MACHADO, Ronalton Evandro. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. 152f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba: USP. 2002.

MARQUES, José Roberto. **Meio ambiente urbano**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

NEITSCH, S. L. et al. **Ferramentas de avaliação de solo e água: documentação teórica versão 2009**. Texas, 2011. Disponível em: <http://swat.tamu.edu>. Acesso em: 14 nov. 2014.

OTSUSCHI, Cristina. **Alterações na vegetação florestal nativa nas bacias hidrográficas dos lajeados São José e Passo dos Índios – Oeste de Santa Catarina: efeitos hidrológicos e na perda de solos entre 1989 e 2015**. Tese (Doutorado em Geografia) – Santa Maria: UFSM. 2017.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004.

SPÓSITO, Maria Encarnação Beltrão. O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: CARLOS, Ana Fani; LEMOS, Amália Inês Geraiges (Orgs.). **Dilemas urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. São Paulo: Contexto, 2003.

TUCCI, Carlos E. M.; CLARKE, Robin T.. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 135 – 152, jan./jun. 1997.

ZAÚ, André Scarambone. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**. v. 5, n. 1, p. 160 – 170, jan/dez 1998. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/floramrural/0160.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

ZENI, Vera Lúcia Fortes. **Desenvolvimento de cenários visando a mitigação de impactos ambientais em rios urbanizados: o caso do rio Passo dos Índios - Chapecó-SC**. 2007. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Chapecó: UNOCHAPECÓ. 2007.

---

Recebido em: 13/07/2017

Aceito para publicação em: 26/04/2018