

E-Book



IMPACTOS AMBIENTAIS POR DESFLORESTAMENTO EM AMBIENTES URBANOS

Poesia sobre a Natureza. Elaborada por Elisa, neta do Coordenador do Livro.

Graças as suas flores e plantas a natureza com certeza tem muita beleza.
A natureza tem árvores de diferentes tipos que quase todos nós já vimos.
A natureza oferece frutas deliciosas cremosas e gostosas.
A natureza tem vários animais que todos acham algo demais.
A natureza oferece com certeza coisas de pura beleza.
Tem animais na natureza de pura lealdade e nobreza.
Mas nós fazemos o desmatamento o que estraga todo o momento.
As queimaduras machucam animais fofinhos que ficam muito machucadinhos.
E a poluição quando entra em ação faz uma grande confusão.
Parar de desmatar e queimar é como a natureza ajudar.
E também parar de poluir é como nós podemos contribuir.
Mas mesmo com desvantagens a natureza é muito bela disso eu tenho certeza

Autora: Elisa Basílio de Almeida Costa



PREFÁCIO

Bem-vindo a uma jornada fascinante pelo coração dos desafios ambientais que afetam nossas cidades. Este e-book é um mergulho em um tema de crescente importância: impactos ambientais por desflorestamento em ambientes urbanos.

À medida que nossas cidades se expandem e se desenvolvem, os efeitos do desmatamento urbano se tornam cada vez mais evidentes e preocupantes. É uma narrativa que merece ser contada, analisada e compreendida.

Este trabalho é dividido em três capítulos, cada um explorando diferentes aspectos dos impactos do desflorestamento nas áreas urbanas. No primeiro capítulo, "Impactos Ambientais Hidrológicos Ocasionalmente pelo Desflorestamento Metropolitano: Petrópolis, RJ," examinamos como o desmatamento afeta diretamente os ciclos hidrológicos em ambientes urbanos, com um foco especial em uma cidade emblemática, Petrópolis.

O segundo capítulo, "Aplicação de Avaliação Preliminar de Perigo em Cenário de Desflorestamento Urbano," mergulha em métodos e ferramentas que podem ser usados para avaliar os riscos e perigos associados ao desmatamento em áreas urbanas. Esta seção oferece insights valiosos para planejadores urbanos, pesquisadores e qualquer pessoa interessada na preservação de nossos espaços urbanos.

Por fim, no terceiro capítulo, "Avaliação dos Impactos Ambientais do Desflorestamento sobre o Regime Hídrico da Região Metropolitana de Petrópolis (RJ)," levamos você a uma análise detalhada dos efeitos do desmatamento na região metropolitana de Petrópolis, Rio de Janeiro. Este capítulo destaca os impactos específicos na hidrologia local, fornecendo uma visão abrangente das complexas interações entre o meio ambiente e a urbanização.

À medida que você se aprofunda na leitura, espero que aprecie a importância crítica do nosso tema e se sinta inspirado a buscar soluções para os

desafios ambientais que enfrentamos nas cidades. O desmatamento urbano é uma realidade que não pode mais ser ignorada, e este e-book é um passo em direção à conscientização e ao entendimento.

À medida que viramos as páginas, convido você a refletir sobre como podemos, coletivamente, abordar e mitigar esses impactos ambientais. Nosso compromisso com um futuro sustentável começa com o conhecimento e a conscientização. Que esta obra possa ser uma fonte de inspiração e um guia em sua própria jornada em busca de soluções ambientais.

Boa leitura e que este e-book desperte em você um profundo senso de responsabilidade para proteger nosso ambiente urbano.

Prof.^a Dra. Patricia dos Santos Matta

SUMÁRIO

CAPÍTULO **1**

6
IMPACTOS AMBIENTAIS HIDROLÓGICOS OCASIONADOS PELO
DESFLORESTAMENTO METROPOLITANO: PETRÓPOLIS, RJ

CAPÍTULO **2**

18
APLICAÇÃO DE AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE PERIGO EM CENÁRIO DE
DESFLORESTAMENTO URBANO

CAPÍTULO **3**

30
AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO DESFLORESTAMENTO SOBRE O
REGIMÉ HÍDRICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PETRÓPOLIS (RJ)

CAPÍTULO 1

IMPACTOS AMBIENTAIS HIDROLÓGICOS OCASIONADOS PELO DESFLORESTAMENTO METROPOLITANO: PETRÓPOLIS, RJ

HYDROLOGICAL ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY DEFORESTATION UNDERGROUND: PETROPOLIS, RJ

IMPACTOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS CAUSADAS POR LA DEFORESTACIÓN METROPOLITANA: PETRÓPOLIS, RJ

Laís Alencar de Aguiar - lais.aguiar@ird.gov.br

Josimar Ribeiro de Almeida - almeida@poli.ufrj.br

Patrícia dos Santos Matta – patricia.matta@uerj.br

Raphael do Couto Pereira - rcoutopereira1@gmail.com

Tetyana Gurova – gurova@lts.coppe.ufrj.br

Tatiana Santos da Cunha - tatiana.cunha@uerj.br

Resumo: A expansão urbana na região de Petrópolis é decorrente de intenso desmatamento para moradia e outras atividades antrópicas. Desflorestamento é a causa principal de desequilíbrios ecológicos, resultando em: inundações, diminuição da porosidade do solo e desertificação. Através da técnica de AIA de análise semiquantitativa estudou-se possíveis prejuízos e benefícios da expansão urbana na localidade, se as mudanças eram passíveis ou não de ocorrência e seu nível de impactação. Observou-se que a probabilidade de ocorrências de prejuízos era muito maior que a de benefícios. O resultado corrobora a literatura, sendo assim, foi visto que a vegetação possui papel importante no controle hídrico da localidade, e também na integridade física e química do solo. A probabilidade de consequências catastróficas, por conta do desmatamento, é extremamente alta, e mesmo as consequências de médio porte possuem capacidade de impactos ambientais que tendem a ser irreversíveis. O desmatamento intensifica as consequências das grandes precipitações frequentes no verão do Estado do Rio de Janeiro, logo, quanto maior o desmatamento, maior a probabilidade de eventos recorrentes e intensos resultantes das grandes precipitações. Logo, é necessário um controle da expansão urbana na região para diminuir o impacto ambiental hídrico na região.

Palavras-Chave: Desflorestamento; Expansão urbana; Alagamento; Deslizamentos de terra

Abstract: Urban expansion in Petropolis region is due to massive deforestation for housing and other human activities. Deforestation is the main cause ecological imbalances, resulting in: flooding, decrease in porosity and desertification of soil. By AIA semi-qualitative technique analysis it studied possible losses and benefits of urban expansion in the locality, if changes were likely or not of occurrence and their level of impact. It was observed that the probability of occurrence of damage was much higher than that of benefits. The result corroborates the literature, therefore, has been seen that vegetation plays an important role in water control of the town, and also in the physical and chemical soil. The probability of catastrophic consequences, due to deforestation, is extremely high, and even mid-sized consequences have capacity of environmental impacts that are likely to be irreversible. Deforestation intensifies the consequences of major frequent rainfall in the summer of the State of Rio de Janeiro, so the higher the deforestation, the greater the likelihood of recurrent and intense rainfall events resulting from large. Therefore, it is necessary to control urban sprawl in the region to reduce water environmental impact in the region.

Keywords: Deforestation; Urban sprawl; Flooding; Landslides.

Resumen: La expansión urbana en la región de Petrópolis se debe a la deforestación masiva de viviendas y otras actividades humanas. La deforestación es la principal causa de desequilibrios ecológicos, lo que resulta en: inundaciones, disminución de la porosidad y la desertificación de los suelos. Por AIA análisis semiquantitativa técnica estudió posibles pérdidas y beneficios de la expansión urbana de la localidad, si los cambios eran probables o no de ocurrencia y su nivel de impacto. Se observó que la probabilidad de ocurrencia de daño fue mucho mayor que la de beneficios. El resultado corrobora la literatura, por lo tanto, se ha visto que la vegetación desempeña un papel importante en el control de agua de la ciudad, y también en el suelo física y química. La probabilidad de consecuencias catastróficas, debido a la deforestación, es extremadamente alta, e incluso consecuencias medianas tienen la capacidad de los impactos ambientales que puedan ser irreversibles. Deforestación intensifica las consecuencias de gran lluvias frecuentes en el verano del Estado de Río de Janeiro, por lo que cuanto mayor es la deforestación, mayor es la probabilidad de eventos recurrentes e intensas lluvias que resultan de gran tamaño. Por lo tanto, es necesario controlar la expansión urbana en la región para reducir el impacto ambiental del agua en la región.

Palabras clave: Deforestación; Expansión urbana; Inundaciones; Deslizamientos de tierra.

INTRODUÇÃO

O desmatamento é uma das intervenções humanas mais prejudiciais à sustentabilidade ambiental, podendo culminar em desequilíbrio físico, químico e ecológico. A vegetação possui papel fundamental na manutenção do microclima, principalmente no processo hidrológico da bacia hidrográfica. As principais consequências do desmatamento são a perda de biodiversidade, a degradação

do solo, mudanças climáticas e na hidrografia. (FERREIRA et al., 2005; FEARNSSIDE et al., 2006).

Solos florestados possuem uma capacidade de infiltração maior do que solos descobertos, mas uma quantidade menor de água chega ao solo florestado que no solo descoberto, por conta de uma parcela dessa água ser interceptada pela copa das árvores. Por esse motivo, áreas florestadas apresentam menor infiltração, no entanto, no solo descoberto podem ocorrer alterações nas propriedades do solo por conta do impacto das gotas de chuva, ocasionando diminuição de infiltrações (ALMEIDA et al., 2013).

Em áreas florestadas o microclima criado se deve principalmente ao controle da evapotranspiração. A água evaporada é transportada a outros locais por correntes de ventos, e a floresta mais densa contribui na diminuição na evaporação do solo, amenizando temperatura e diminuindo as correntes de ventos. Há também, a redução de vazões de rios, por conta da evaporação que fica interceptada no dossel, sendo assim um desmatamento leva a uma maior vazão dos rios. A retenção de água, também, promove redução na ocorrência de inundações, a vegetação contribui para o aumento da porosidade e favorece a liberação contínua de água em níveis mais controlados, mesmo em épocas de menos chuvas. (ALMEIDA et al., 2013).

Petrópolis é uma das quatro glebas disjuntas que constituem a APA Petrópolis, criada em 1982, pelo Decreto Federal 87.561, de 13/09/82 e oficializada em 1992. É a primeira APA federal criada no país (BAPTISTA e CALIJURI, 2007).

Durante muito tempo a expansão urbana na região metropolitana de Petrópolis foi regulada pelo plano urbanístico elaborado pelo major Koeler por volta do século XVIII, com o objetivo de se manter o equilíbrio entre a expansão urbana e a preservação do ambiente. Com o tempo tais regras elaboradas começaram a ser desrespeitadas, e logo houve casos de grandes áreas desmatadas, para dar lugar a culturas agrícolas, pastagens e ocupação imobiliária, oferecendo riscos a própria população ali vivente (ALMEIDA et al., 2013) (GUERRA et al., 2007).

Hoje a ocupação é caracterizada por uma junção de áreas de ocupação desordenada, e outras de ocupação “orientada”, feita por um parcelamento e distribuição de lotes sem critérios urbanísticos ou parcialmente dentro das

regulamentações municipais. A ocupação apresenta um nível acentuado de habitações com características de sub-habitação e favelização, em áreas até então valorizadas pelo mercado imobiliário. (BAPTISTA e CALIJURI, 2007).

O solo da bacia hidrográfica estudada possui uma boa capacidade de infiltração da água, sendo composta médio-argilosa ou franco-argilosa, o desflorestamento reduz a quantidade de água captada da chuva pela transpiração e evaporação da vegetação, aumentando o volume escoado e desbalanceado o balanço hídrico da bacia. E a baixa taxa de água evapotranspirada acaba sendo transferida para outras regiões pelas correntes de ar, reduzindo o volume de água total disponível no local provocando a desertificação (ALMEIDA et al., 2013).

Na região de Petrópolis há alta incidência de chuvas, com o desmatamento, houve um aumento na taxa de água superficiais de escoamento, causando assim processos erosivos e deslizamentos de terra (BAPTISTA e CALIJURI, 2007). A avaliação desses impactos é fundamental para identificar os efeitos esperados de atividades e projetos no ambiente (biofísico e social), e principalmente, avaliar meios e medidas necessárias para monitorar e minimizar estes impactos. Para isso é necessário o estudo de caso da situação ambiental na presença e na ausência de uma atividade, e assim saber se o projeto é passível ou não de aprovação (MOREIRA, 1985).

METODOLOGIA

Foi utilizada a metodologia de AIA (avaliação de impactos ambientais) que tem como objetivo principal determinar se o projeto é passível ou não de causar danos ao meio ambiente, e se ocasionar prejuízos ao meio ambiente, é feita a análise onde será levado em conta o benefício do projeto para a aprovação do mesmo (MOREIRA, 1985).

Como não é possível obter números reais de uma grande gama de impactos e riscos, foram usadas todas as informações disponíveis a respeito do evento para se elaborar possíveis consequências relativas ao ambiente estudado.

Nesse trabalho foi usado a técnica de abordagem semiquantitativa para determinar os impactos e riscos prováveis do desmatamento na região.

Nesse processo foi estudado o grau de consequência e probabilidade de ocorrência dos eventos, sendo cada um deles pontuados com o grau de impactação referente. Não sendo totalmente acurada a real magnitude ou de ocorrência, mas tendo o objetivo de estar mais próximo possível da realidade.

São utilizados cinco níveis de severidade – 1-Insignificante, 2-Menor, 3-Moderado, 4- Maior e 5-Catastrófico. Nas consequências foram consideradas tanto impactos ambientais quanto riscos ambientais.

Foram separadas em categorias gerais (Quadro 1) e pontuais (Quadros de 2 a 5), sendo as pontuais, desenvolvidas sobre pontos de maiores importâncias.

Quadro 1 – Medidas qualitativas das consequências dos eventos gerais.

Nível	Valor	Características
Insignificante	1	Não impactado, sem mudanças homeostáticas no ambiente. A mudança possui baixo valor de impacto e/ou é recuperável em pouco tempo. Baixa/nenhuma detecção dos eventos.
Menor	2	Impactos homeostáticos de baixo valor, a curto prazo há mudanças no ecossistema local. Mudanças com aspecto de impacto natural. Potencial de detecção de impacto baixo.
Moderado	3	Impacto a longo prazo, com alteração pontual no ecossistema (espécies não ameaçadas), podendo contribuir para efeito sinérgico. Comprometimento da saúde humana improvável.
Maior	4	Dano ecológico grande, ocorrência de uma ou mais espécies se tornarem ameaçadas. Sustentabilidade do ecossistema prejudicado. Efeito sinérgico moderado. Saúde humana pode ser afetada.
Catastrófico	5	Extinção de espécie(s). Pouca chance de reversão do impacto. Contribui grandiosamente para o efeito sinérgico. Saúde humana provavelmente afetada.

Fonte: ALMEIDA *et al.*, 2013

Os quadros de 2 a 4 apresentam critérios específicos para medidas qualitativas das consequências dos eventos.

Quadro 2 – Ecossistema

Nível	Valor	Características
Insignificante	1	Efeitos adversos diminutos, poucas espécies afetadas a curto-prazo. Reversíveis de imediato.
Menor	2	Mudança no padrão de vida de determinadas espécies, danos reversíveis a curto prazo.
Moderado	3	Migração e perda de habitats em pequenas localidades, potencial dano ao ecossistema (remoção de vegetação), modificação do solo (drenagem), danos reversíveis a médio prazo
Maior	4	Migração, destruição esparsa de habitats, morte de animais, perda de espécies reversíveis, grandemodificação do solo, danos reversíveis somente com a colaboração de programas, a longo prazo.
Catastrófico	5	Morte de grande número de indivíduos (flora e fauna), grande destruição da vegetação, solo sofre modificações irreversíveis.

Fonte: ALMEIDA *et al.*, 2013

Quadro 3 – Paisagem

Nível	Valor	Características
Insignificante	1	Pequenas mudanças na paisagem reversíveis a curto prazo.
Menor	2	Mudanças consideráveis, mas que por meio natural ou por intervenções são reversíveis
Moderado	3	Mudanças causam transformação do ambiente, podendo causar mudança no microclima local. Chance de reversão a longo prazo
Maior	4	Impacto ambiental extenso, grande retirada de vegetação. Impacto físico no solo causada pelas chuvas. Dano ecológico amplo, pouquíssimas chances de reversão.
Catastrófico	5	Destruição da floresta, que pode gerar problemas físicos e químicos no solo da região. Danos irreversíveis.

Fonte: ALMEIDA *et al.*, 2013

Quadro 4 – Regime hídrico

Nível	Valor	Características
Insignificante	1	Aumento da capacidade de infiltração.
Menor	2	Infiltração pode afetar positivamente o escoamento sub-superficial. Capacidade de retenção de água no solo é pouco comprometida, alimentação mais rápida dos cursos d'água em períodos de chuva.
Moderado	3	Variações de temperatura e umidade do ar, evapotranspiração é afetada consideravelmente, diminuição ainda maior da capacidade de retenção de água no solo, cursos d'água podem sofrer erosões.
Maior	4	Evapotranspiração é afetada, microclima é quebrado, causa mudanças no ciclo de água no local, cursos d'água sofrem erosões pela chuva, podendo ainda haver deslizamentos e/ou inundações.
Catastrófico	5	Ciclo hidrológico é modificado, inundações recorrentes em épocas de chuva intensa, formações de sulcos no solo, ajudando a infiltrações de água, deslizamentos ocorrem quando a quantidade de água infiltrada é menor que a quantidade precipitada, assoreamento de rios.

Fonte: ALMEIDA *et al.*, 2013

Quadro 5 – Medidas qualitativas dos fatores de risco dos eventos

Nível	Valor	Características
Insignificante	1	Pequenos acidentes de trabalho durante a derrubada, ferimentos leves.
Menor	2	Acidentes de trabalho, falta de equipamentos pessoais de segurança causando ferimentos médios.
Moderado	3	Acidentes médios a graves de trabalho, pequenas emissões de gases do efeito estufa, pequenas erosões causam falhas no terreno. Baixo perigo de vida.
Maior	4	Acidentes graves de trabalho, destruição do habitat, grandes emissões do efeito estufa, diminuição da retenção de água e porosidade do solo causando pequenos deslizamentos, erosões e inundações pouco recorrentes. Perigo de morte.
Catastrófico	5	Grandes deslizamentos, inundações, grandes erosões e depósito de sedimentos nos canais fluviais. Perigo a vida humana.

Fonte: ALMEIDA *et al.*, 2013

A partir da classificação qualitativa é feito um estudo de caso para a probabilidade de ocorrência dos eventos descritos (Quadro 6), tendo como base ocorrências passadas e sendo feita numa escala de 1 a 5 variando de raro para quase certo.

Quadro 6 – Probabilidade de ocorrência.

Frequência	Nível	Crítérios
Quase certo	5	99% de possibilidade de ocorrência durante o tempo devida do projeto OU ocorreu muitas vezes na história da indústria, incluindo eventos altamente frequentes ou contínuos.
Provável	4	90% de possibilidade de ocorrência durante o tempo devida do projeto OU ocorreu muitas vezes em operações similares na indústria e provavelmente vai ocorrer durante a atividade.
Possível	3	50% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto OU ocorreu frequentemente na indústria, possivelmente vai ocorrer durante a atividade.
Improvável	2	10% de possibilidade de ocorrência durante o tempo devida do projeto OU ocorreu muito poucas vezes na indústria, improvável ocorrer durante a atividade.
Raro	1	1% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto, apenas em circunstâncias excepcionais OU não ocorreu na indústria e é extremamente improvável que aconteça durante a atividade, ainda que possa ocorrer.

Fonte: Adaptado de MARIANO, 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos quadros apresentados, é possível fazer uma estimativa e avaliação dos impactos e riscos ambientais, sendo calculado como mostrado a seguir:

$$\text{Impacto Ambiental} = \text{Probabilidade de ocorrência} \times \text{Consequência}$$

Tendo como resultado uma matriz com valor aproximado do risco ambiental. É feita uma divisão de quatro categorias – Extremo, Alto, Moderado e Baixo - definindo os níveis de vulnerabilidade ambiental, e é inserido os resultados da matriz nessas categorias.

- Extremo – Grande risco/impacto ambiental, situação de emergência dos recursos naturais disponíveis.
- Alto – Necessária intervenção política e gerenciamento de alto nível para a redução do impacto/risco.
- Moderado – Implementação de programas de gerenciamentos futuros, e responsabilidade social, para não aumentar os impactos/riscos.
- Baixo – Aceitável, operações de rotina e manutenção, através do Plano de Gestão Ambiental e de Riscos.
-

Quadro 7 – Matriz Probabilidade de ocorrência x Consequência

Probabilidade de Ocorrência do Evento	Consequências do Evento				
	Insignificante (1)	Meno (2)	Moderado (3)	Maior (4)	Catastrófico (5)
A (Quase Certo) (5)	Médio 5	Alto 10	Extremo 15	Extremo 20	Extremo 25
B (Provável) (4)	Baixo 4	Médio 8	Alto 12	Extremo 16	Extremo 20
C (Moderado) (3)	Baixo 3	Médio 6	Alto 9	Alto 12	Extremo 15
D (Improável) (2)	Baixo 2	Baixo 4	Médio 6	Médio 8	Alto 10
E (Raro) (1)	Baixo 1	Baixo 2	Baixo 3	Baixo 4	Médio 5

Fonte: Adaptado de MARIANO, 2007.

No quadro 7 é apresentado o risco/impacto que pode resultar na probabilidade de ocorrência de uma determinada consequência. Multiplicando-se os fatores na matriz (Probabilidade X Consequências), verificamos que quanto maior o fator, pior será a aceitabilidade ou a vulnerabilidade do ambiente.

O crescimento desordenado das cidades aliado a pressão antrópica geram problemas de ordem socioambiental sabidamente conhecidos. A vegetação age como reservatório para contenção de cheias, tendo importância também na área de produção madeireira, na proteção de outros recursos naturais, bem como habitat para diversas espécies. Tendo grande papel no controle hídrico, o desmatamento, portanto, faz parte de uma importante parcela de fatores que determinam ocorrências de cheias, sendo indiretamente responsável pela erosão de solo e assoreamento de rios, sendo diretamente responsável pelo aumento de escoamento de água e aumento de nível dos cursos d'água. Tendo em vista a taxa de infiltração de água em solos florestados e descobertos, é chegada a conclusão que as cheias duram menor tempo em áreas descobertas que em áreas florestadas (ALMEIDA *et al.*, 2013).

As ocupações urbanas e o desmatamento mais recentes de encostas de morros, causam impactos negativos a topografia, o que pode levar também a maior incidência de acidentes, como por exemplo, o deslizamento de solo, por conta da movimentação de terras, que diminui a estrutura natural do solo e diminuição da resistência a água, que antes era causada pelas raízes da cobertura vegetal natural (GUERRA *et al.*, 2007).

A área estudada está localizada em um núcleo urbano de rápido crescimento populacional e pobre infraestrutura, o que faz com que a probabilidade de desastres seja mais alta do que o normal, talvez até, mais alta que a prevista em estudos anteriores. O desmatamento leva, quase que impreterivelmente, impactos ambientais importantes, e na maioria das vezes apresenta-se irreversível (BAPTISTA e CALIJURI, 2007; GUERRA *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2013).

CONCLUSÃO

O uso do solo urbano sofre mudanças em resposta às forças econômicas,

sociais e ambientais. O gerenciamento adequado através do monitoramento e o planejamento da ocupação urbana resultam em melhores infraestruturas e em controle da expansão urbana reduzindo os impactos ambientais na região. Este gerenciamento inclui a realocação de moradias em áreas de risco e a promoção de ações socioeducativas a famílias já residentes, de modo a minimizar os impactos já ocorridos.

A sustentabilidade urbana fica então a cargo de gestores ambientais e públicos, que analisam e corroboram, quanto ao processo de planejamento urbano, as medidas preventivas e/ou corretivas que poderão ser implantadas no meio.

De acordo com a literatura consultada e a metodologia empregada, foi possível observar que os deslizamentos na região do município de Petrópolis não estão necessariamente ligados a grandes precipitações pontuais, mas sim a problemas inerentes ao balanço hídrico. Ou seja, quando há grande precipitação local e não há tempo para que a água excedente possa escoar pelas áreas subterrâneas do solo.

Esta ocorrência, de maior incidência no verão, intensifica o acúmulo de água na superfície do solo, onde a formação de sulcos no terreno pela passagem da água, aliado a declividade e ausência de cobertura, dificultam a drenagem e agem como fatores que influenciam os deslizamentos de terra que ocorrem na cidade de Petrópolis. Sendo assim, o desmatamento intensifica as consequências das grandes precipitações, logo, quanto maior o desmatamento, maior a probabilidade de eventos recorrentes e intensos resultantes das grandes precipitações frequentes no verão do Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOI do Artigo Original: <https://doi.org/10.12957/sustinere.2015.17327>

Autores Originais: Tamara Magalhães da Silva; Thereza Cristina Ferreira Camello; Josimar Ribeiro Almeida

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; RODRIGUES, M. G.. Avaliação dos impactos ambientais do desflorestamento sobre o regime hídrico da região metropolitana de Petrópolis (RJ). **Engineering Sciences**, Aracaju, v. 1, n. 1, p.6-13, 31 ago. 2013. DOI: 10.6008/ess2318-3055.2013.001.0001. Disponível em: <http://sustinere.co/journals/index.php/engineeringsciences/article/view/ESS2318-3055.2013.001.0001>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

BAPTISTA, A. C.; CALIJURI, M. L. Caracterização espaço-temporal por sensoriamento remoto da expansão urbana na APA Petrópolis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5091-5098. CD- ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.07.01.06>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

FEARNSIDE, P. M.. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 3, p.395-400, 2006. DOI: 10.1590/s0044-59672006000300018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672006000300018>. Acesso em: 15 jun. 2015.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S.. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p.157-166, 2005. DOI: 10.1590/s0103-40142005000100010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000100010>. Acesso em: 15 jun. 2015.

GUERRA, A. J. T.; LOPES, P. B. M.; SANTOS FILHO, R. D.. Características Geográficas e Geomorfológicas da APA, Petrópolis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p.77-86, 2007. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/87>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MARIANO, J.B.. **Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore**. 2007. 571 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/dmariojb.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MOREIRA, I. V. D.. **Avaliação De Impacto Ambiental–AIA**. Rio de Janeiro: Feema, 1985. Disponível em: <http://dgx64hep82pj8.cloudfront.net/PAT/Upload/1492611/AIA CONCEITOS.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

CAPÍTULO 2

APLICAÇÃO DE AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE PERIGO EM CENÁRIO DE DESFLORESTAMENTO URBANO

PRELIMINARY HAZARD ASSESSMENT APPLICATION IN URBAN DEFORESTATION SCENARIOS

APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS EN EL ESCENARIO DE DEFORESTACIÓN URBANA

Laís Alencar de Aguiar - lais.aguiar@ird.gov.br

Josimar Ribeiro de Almeida - almeida@poli.ufrj.br

Patrícia dos Santos Matta – patricia.matta@uerj.br

Raphael do Couto Pereira - rcoutopereira1@gmail.com

Tetyana Gurova – gurova@lts.coppe.ufrj.br

Tatiana Santos da Cunha - tatiana.cunha@uerj.br

Resumo: A extensão e intensificação das atividades de produção em geral, como indústrias, a taxa de desmatamento apresenta-se em um nível alarmante. É de amplo conhecimento de toda sociedade as potenciais consequências que o desmatamento pode causar em áreas metropolitanas. Para a avaliação das consequências desse crescente fenômeno, é possível lançar mão de vários tipos de técnica de avaliação de impactos ambientais. Uma dessas opções é a Análise Preliminar de Perigo (APP), que se baseia em uma análise qualitativa e estatística, podendo ser utilizada em associação com outras técnicas de AIA (Avaliação de Impacto Ambiental). Esta técnica objetiva analisar os possíveis perigos (eventos indesejados), suas causas e consequências, onde é feita também uma análise de risco associado, sendo este a combinação entre as classificações de sua severidade e frequência, e o apontamento de recomendações de medidas mitigadoras. Dentre esses perigos identificados para este estudo, nenhum deles apresenta risco desprezível ou baixo (0%), 16% apresentam risco médio e alto e 66% apresentam risco crítico. Esses dados indicam que a situação de deflorestamento pode acarretar perigos com consequências graves para a área Metropolitana de Petrópolis, como enchentes e deslizamentos, o que sinaliza urgência na necessidade de gestão da área.

Palavras-chave: Deflorestamento; Análise Preliminar de Perigo (APP); Área Metropolitana de Petrópolis.

Abstract: With the rising and intensification of production's activities, as industries, the deforestation taxes show to be on an alarming level. It is wide spread known the consequences that deforestation might cause in metropolitan areas. In order to evaluate the consequences of this growing phenomenon, is possible to use a role of ambiental impacts evaluations techniques. One of them is the Preliminary Analysis of Danger (PAD), which is based on qualitative and statistics analysis and might be used in association with other ambiental impacts evaluations techniques. It's goal is to analyze dangers in potential, it's causes and consequences, in which is also done an associated risk analysis, which the last is the association between the classifications of frequency and severity, and, in the end, it gives suggestions of measures to avoid these dangers (undesired events). In this study, six dangers have been identified, in which none of them present despicable or low risk (0%), 16% present medium or high risk and 66% present critic risk. These datas point out that the deforestation situation might cause dangers with great consequences to Petropolis' metropolitan area, just as floodings and earth slidings, which highlights the urgency of management of the area.

Keywords: Deforestation; Preliminary Analysis of Danger (PAD); Petropolis's metropolitan area.

Resumen: La extensión y la intensificación de las actividades productivas en general, tales como la industria, la tasa de deforestación se presenta a un ritmo alarmante. Es ampliamente conocido en toda sociedad las posibles consecuencias que la deforestación puede causar en las áreas metropolitanas. Para la evaluación de las consecuencias de este fenómeno creciente, se puede hacer uso de varios tipos de evaluación técnica de los impactos ambientales. Una de estas opciones es el Análisis de Riesgos Preliminar (APP), que se basa en un análisis cualitativo y estadístico y se puede utilizar en combinación con otras técnicas de EIA (Evaluación de Impacto Ambiental). Esta técnica objetiva para analizar los posibles riesgos (eventos no deseados), sus causas y consecuencias, que también se hizo un análisis del riesgo asociado, que es la combinación de las clasificaciones de severidad y frecuencia, y el nombramiento de recomendaciones de medidas de mitigación. Entre estos peligros identificados en este estudio, ninguno de ellos tiene riesgo insignificante o bajo (0%), el 16% son medianas y de alto riesgo y el 66% tienen riesgo crítico. Estos datos indican que la situación de la deforestación puede conducir a peligros con consecuencias graves para el área metropolitana de Petrópolis, como inundaciones y deslizamientos de tierra, lo que indica la necesidad urgente de que la gestión de la zona.

Palabras clave: Deforestación; Análisis Preliminar de Peligros (PPA); Área Metropolitana de Petrópolis.

INTRODUÇÃO

Com a extensão e intensificação das atividades agrossilvopastoris, industriais, ligadas ao funcionamento de metrópoles, entre outras, a taxa de desmatamento apresenta-se em um nível alarmante. Segundo a Organização

das Nações Unidas Para a Agricultura e Alimentação (FAO), com dados entre 2000 e 2010, o mundo perdeu anualmente 0,15% de áreas florestadas, tendo os países da América do Sul destaque nessa taxa (SENADO FEDERAL, 2015).

É de amplo conhecimento de toda sociedade as potenciais consequências que o desmatamento pode causar em áreas metropolitanas. Um grande exemplo de catástrofe foi o ocorrido em 2011, onde a área da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro esteve no holofote devido aos últimos acontecimentos com fortes chuvas, que causou centenas de mortes. Este cenário enfatiza a fragilidade da região ao entorno da cidade de Petrópolis, que devido a extração ilegal de madeira e avanço de indústrias, segundo os sites da prefeitura de Petrópolis e da OAB (Ordem dos Advogados do Brasil), respectivamente, vem sofrendo como desmatamento e seus desdobramentos (OAB – RJ, 2015; PREFEITURA DE PETRÓPOLIS, 2015).

Para a avaliação das consequências desse crescente fenômeno, é possível lançar mão de vários tipos de técnica de avaliação de impactos ambientais, para então, ser possível criar um programa de gestão ambiental para a região desejada. Uma dessas opções é a Análise Preliminar de Perigo (APP) (AGUIAR, *et al.*, 2008). Com esse estudo objetiva-se aplicar a técnica de APP sobre o deflorestamento na região metropolitana de Petrópolis para apontar os perigos, avaliar as causas, consequências e riscos dos potenciais eventos indesejados identificados.

METODOLOGIA

A metodologia de APP se baseia em uma análise qualitativa e estatística, podendo ser utilizada em associação com outras técnicas de AIA (Avaliação de Impacto Ambiental). Esta técnica objetiva analisar os possíveis perigos (eventos indesejados), suas causas e consequências, onde é feita também uma análise de risco associado, sendo este a combinação entre as classificações de sua severidade e frequência, sendo esta uma matriz de risco. Na presente metodologia também se sugere medidas preventivas ou mitigadoras a fim de sanar a causa do problema ou minimizar suas consequências. Dessa forma, além de apontar os perigos de um empreendimento ou de determinada situação, é possível também utilizar a técnica para ajudar a priorizar os pontos mais

graves. Nesta APP são analisados os perigos que o desmatamento podem causar na área metropolitana de Petrópolis, assim como todas as causas, consequências e riscos, permitindo, ao final, uma análise completa visto que são considerados um conjunto de fatores.

A análise por APP é montada em uma planilha onde são analisadas separadamente cada área distinta de uma situação. Por exemplo, se fosse analisado um processo produtivo, para cada fase desse processo seria feita uma tabela de APP, cada uma com os perigos, causas, consequências e riscos associados a cada fase em particular. A planilha montada deve seguir as seguintes condições:

1ª coluna - Perigo: Fonte potencial para causar danos às pessoas, às instalações ou ao meio ambiente. É um evento indesejado.

2ª coluna - Causas: As causas responsáveis pela ocorrência do perigo, que podem envolver tanto falhas de equipamentos como falhas humanas.

3ª coluna - Consequências: As consequências associadas ao perigo caso ele venha de fato se efetivar.

4ª coluna - Frequência: A frequência de ocorrência das causas é definida conforme descrito na Tabela 1.

5ª coluna - Severidade: A severidade das consequências é definida conforme descrito na Tabela 2.

6ª coluna - Risco: O risco é estimado a partir da matriz de risco, pela combinação da frequência e da consequência, como exemplificado na tabela 3 e na faixa de risco.

7ª coluna - Recomendações: As recomendações propostas devem ser de caráter preventivo e/ ou mitigador. (AGUIAR, *et al.*, 2008, p.229-230).

Para classificar os perigos quanto a sua frequência, utiliza-se a categoria de frequências segundo a tabela 1 abaixo. Esta informação é muito importante pois influencia na classificação final do risco. Perigos frequentes tendem a ser de natureza branda, pois nenhum sistema consegue se manter estruturado com grandes eventos “graves” ocorrendo a todo tempo. No mesmo raciocínio, perigos extremamente remotos tendem a ter natureza grave.

Para classificar a severidade dos perigos, utiliza-se a seguinte classificação da tabela 2.

Estes seguem o mesmo raciocínio da frequência do perigo.

O risco é estabelecido através de uma matriz que cruza as classificações de frequência (A, B, C, D e E) e de severidade (I, II, III e IV), como demonstrado na figura 1. A faixa de risco representa a resultante do cruzamento da frequência e severidade, apresentando as respectivas classificações.

Tabela 1 – Tabela de classificação de frequência de perigos

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	FAIXA DE FREQUÊNCIA (ANUAL)	DESCRIÇÃO
A	Extremamente Remota	$f < 10^{-4}$	Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
B	Remota	$10^{-4} < f < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
C	Improvável	$10^{-3} < f < 10^{-2}$	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
D	Provável	$10^{-2} < f < 10^{-1}$	Provável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
E	Frequente	$f < 10^{-1}$	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo/instalação.

Fonte: CAMACHO, 2004

Tabela 2: Tabela de classificação de severidade de perigos

CATEGORIA	POTENCIAL DE DANO À SAÚDE HUMANA E SEGURANÇA	INTENSIDADE DE AÇÃO SOBRE O RECEPTOR AMBIENTAL	TEMPO DE RESTAURAÇÃO (ANOS)	RECURSOS FINANCEIROS MOBILIZADOS PARA RECUPERAÇÃO
Menor(1)	<p>Não ocorrem danos/mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ou pessoas (indústria e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.</p>	Efeito restrito	< 1	Pequenos
Moderado (2)	<p>Danos leves em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade.</p>	Efeito moderado	1 e 2]	Moderados
Crítico(3)	<p>Danos de gravidade moderada em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade (probabilidade remota de morte).</p>	Efeito significativo	2 e 5]	Significativos
Catastrófico(4)	<p>Provoca mortes ou danos graves em várias pessoas (empregados, prestadores de serviços ou em membros da</p>	Efeito elevado	> 5	Volumosos

comunidade).

Fonte: Adaptado de AGUIAR, *et al.*, 2008.

Figura 1: Matriz de risco entre frequência e severidade

	A	B	C	D	E
I	2	3	4	5	5
II	1	2	3	4	5
III	1	1	2	3	4
IV	1	1	1	2	3

Fonte: Adaptado de AGUIAR, *et al.*, 2008.

Severidade: I – menor; II – Moderadas; III – Crítica; IV – Catastrófica

Frequência: A – Extremamente Remota; B – Remota; C – Improvável; D – Provável; E – Frequente

Faixa de risco

Risco	1 – Desprezível	2 – Baixo	3 – Médio	4 – Alto	5- Crítico
-------	-----------------	-----------	-----------	----------	------------

FONTE: Adaptado de AGUIAR, *et al.*, 2008.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da tabela de APP foram obtidos a partir de análise de perigos identificados na situação de desmatamento na área metropolitana de Petrópolis. A partir desses dados, foram identificadas as possíveis causas e consequências. A frequência e severidade foram determinadas a partir das

tabelas 1 e 2. A classificação de risco foi obtida através da matriz de risco, sendo representada pela figura 1. As recomendações foram apontadas especificadamente para cada perigo visando maior eficácia do resultado mitigador que estas proporcionam para cada perigo.

Tabela 3: Tabela de APP

PERIGO	CAUSA	CONSEQUÊNCIA	FREQUÊNCIA	SEVERIDADE	RISCO	RECOMENDAÇÃO
Alteração das propriedades físicas do solo.	<ul style="list-style-type: none"> - Deflorestamento - Maior incidência de chuva e vento no solo - Ação antropogênica 	<ul style="list-style-type: none"> - Degradação do solo - Dificuldade de infiltração da água no solo. - Perda da biodiversidade local 	E	2	4	<ul style="list-style-type: none"> 1- Criação de Programas de reflorestamento 2- Criação de Programas de Manejo e recuperação de solo
Aumento do fluxo de água acima da vazão máxima dos rios.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do escoamento superficial - Deflorestamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Cheias repentinas - Perdas humanas, na biodiversidade e econômica. - Erosão das margens do rio 	D	4	5	<ul style="list-style-type: none"> 1, 3- Ampliar a área de vazão do curso de rios e
Diminuição da quantidade da água extraída pela transpiração e da evaporação da parcela interceptada	<ul style="list-style-type: none"> - Deflorestamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração do balanço hídrico da bacia hidrográfica. - Problemas no abastecimento de água da região. - Criação de microclimas 	D	2	3	1
Diminuição da contenção das cheias.	<ul style="list-style-type: none"> - Deflorestamento - Aumento do escoamento superficial - Assoreamento de rios 	<ul style="list-style-type: none"> - Enchentes - Perdas humanas, na biodiversidade e econômica 	D	4	5	<ul style="list-style-type: none"> 1, 3 4- Dragagem de rios

Aumento da erosão do solo e assoreamento de cursos de rios	<ul style="list-style-type: none"> - Deflorestamento - Aumento do aporte de sedimentos para o rio 	<ul style="list-style-type: none"> - Cheias e enxurradas - Aumento do escoamento superficial - Aumento do nível do curso de rios - Perdas humanas, na biodiversidade e econômica. 	D	4	5	1, 2, 4
Problemas no escoamento e infiltração da água no solo ou infiltração em excesso	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas no balanço hídrico (excedente hídrico). - Deflorestamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Deslizamentos - Desabamentos - Cheias e enxurradas - Perdas humanas, na biodiversidade e econômica - Criação de microclimas 	D	4	5	1, 3, 5- Proteção de encostas

FONTE: Adaptado de AGUIAR, *et al.*, 2008.

De acordo com a tabela de APP acima (tabela 5), é possível apontar seis perigos no total para a situação avaliada. Dentre esses perigos identificados, nenhum deles apresenta risco desprezível (0%) ou baixo (0%), porém apresentam risco médio (16%) e alto (16%) e 66% apresentam risco crítico. Dentre as causas de perigo mais comuns, está o deflorestamento (100%). Quanto às consequências, a perda de biodiversidade, humana e econômica aparece em 66% dos perigos. Nas recomendações, a criação de programas de reflorestamento aparece em 100% dos casos, sendo esta em uma medida mais generalista, mas não perdendo a sua eficiência e vitalidade para a situação.

Os resultados apresentados em majoritariedade de riscos críticos (66%) indicam que a situação de deflorestamento pode acarretar perigos com consequências graves para a área Metropolitana de Petrópolis, e que estas demandam um grande tempo para recuperação da área afetada (CAMACHO, 2004), o que sinaliza urgência na necessidade de gestão da área. O fato de o desmatamento estar presente em 100% das causas de eventos indesejados explicita sua capacidade de gerar impactos negativos sobre o âmbito ambiental e socioeconômico e sua severidade, o que pode causar imensos prejuízos para a região em questão. Este é capaz de atingir direta (ex.: enchentes, criação de microclimas) e indiretamente (ex.: perda da biodiversidade local) a área metropolitana, alterando a dinâmica da cidade como um todo.

As recomendações descritas na tabela de APP têm o objetivo de prevenir ou mitigar eventos indesejados (AGUIAR *et al.*, 2014), podendo ser estas mais abrangentes, como a recomendação de reflorestamento, ou mais específicas para o perigo identificado, como a dragagem de rios. Para a situação analisada, é preciso sempre que o manejo de rios esteja associado a recuperação de encostas, o que inclui o seu reflorestamento, por se tratar de uma cidade localizada no vale entre montanhas, como é afirmado no Plano Diretor da Cidade (Plano Diretor de Petrópolis, vol. I, diagnóstico, versão 1, p. 14). É fundamental que sejam determinadas para cada perigo medidas individuais, pois isso evita a generalização do problema, ou seja, que as medidas para um perigo funcionem corretamente e para outro sejam meramente paliativas ou ineficazes. Elas também facilitam a priorização de gestão das áreas com situação agravada, permitindo um trabalho mais focado. Estas medidas são fundamentais para a região, pois as consequências tangenciam não somente a questão ambiental,

que por si só é de grande importância, mas também envolve consequências no âmbito socioeconômico. Estas, em conjunto, podem influenciar no colapso de uma importante região do Estado do Rio de Janeiro, famosa por sua agricultura e indústria têxtil.

CONCLUSÃO

A situação do entorno da área metropolitana da cidade de Petrópolis, no que diz respeito a sua cobertura vegetal, inspira cuidados, o que indica a necessidade de um programa de Gestão Ambiental para o local. A metodologia de APP mostra-se eficiente na caracterização dos eventos indesejados da situação avaliada, assim como em suas causas e consequências, visto que analisa vários fatores em conjunto, como severidade e frequência. Esta também auxilia na priorização de esforços para a resolução dos problemas e na esquematização das medidas mitigadoras a serem tomadas, como a criação de programas de reflorestamento, proteção de encostas e dragagem de rios, por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOI do Artigo Original: <https://doi.org/10.12957/sustinere.2015.20003>

Título do Artigo Original: Aplicação de Avaliação Preliminar de Perigo em Cenário de Desflorestamento Urbano

Autores Originais: Amanda Santos de Alencar; Thereza Cristina Ferreira Camello; Josimar Ribeiro Almeida

AGUIAR, Laís Alencar de; ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro; SOARES, Paulo Sérgio Moreira; POSSA, Mauro Valente.. Análise e avaliação de risco ambiental como instrumentos de gestão em instalações de mineração. In: SOARES, Paulo Sérgio Moreira; SANTOS, Maria Dionísia Costa dos; POSSA, Mario Valente (Ed.). **Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Cetem, 2008. p. 213-235.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; SILVA, Carlos Eduardo; RODRIGUES, Manoel Gonçalves. Avaliação dos impactos ambientais do desflorestamento sobre o regime hídrico da região metropolitana de Petrópolis (RJ). **Engineering Sciences**, Aracaju, v. 1, n. 1, p.6-13, 31 ago. 2013. DOI: 10.6008/ess2318-3055.2013.001.0001. Disponível em: <http://sustenere.co/journals/index.php/engineeringsciences/article/view/ESS2318-3055.2013.001.0001> > Acesso em: 12 jun. 2015.

CAMACHO, Eliana Nogueira. **Uma Proposta de Metodologia para Análise Quantitativa de Riscos Ambientais**. 2004. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/docman/doc_download/1799-eliana-nogueira-camacho-mestrado?Itemid= > Acesso em: 10 jun. 2015.

OAB-RIO DE JANEIRO. **Prefeitura de Petrópolis é condenada por autorizar desmatamento**. Disponível em: <http://oab-rj.jusbrasil.com.br/noticias/2544380/prefeitura-de-petropolis-e-condenada-por-autorizar-desmatamento> > Acesso em: 06 fev. 2015.

PREFEITURA DE PETRÓPOLIS. **Operação do GPA evita desmatamento em Itaipava**. Disponível em: <http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/index.php/imprensa/noticias/item/1390-operacao-do-gpa-evita-desmatamento-em-itaipava.html> > Acesso em: 06 fev. 2015.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E URBANISMO. **Plano Diretor de Petrópolis – Diagnóstico – Versão 1**. Petrópolis: Prefeitura Municipal de Petrópolis, 2012. 89 p. Disponível em: http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/Planejamento/comcidade/diagnostico/diagnostico_05_04.pdf > Acesso em: 12 jun. 2015.

SENADO FEDERAL. **Relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) vê avanços**. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/codigo-florestal/organizacao-nacoes-unidas-para-agricultura-alimentacao-fao.aspx> > Acesso em: 26 jan. 2015.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO DESFLORESTAMENTO SOBRE O REGIME HÍDRICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PETRÓPOLIS (RJ)

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY DEFORESTATION IN THE HYDRIC REGIMEN OF THE METROPOLITAN REGION OF PETRÓPOLIS (RJ), BRAZIL

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA DEFORESTACIÓN EN EL RÉGIMEN HÍDRICO DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE PETRÓPOLIS (RJ)

Laís Alencar de Aguiar - lais.aguiar@ird.gov.br

Josimar Ribeiro de Almeida - almeida@poli.ufrj.br

Patrícia dos Santos Matta – patricia.matta@uerj.br

Raphael do Couto Pereira - rcoutopereira1@gmail.com

Tetyana Gurova – gurova@lts.coppe.ufrj.br

Tatiana Santos da Cunha - tatiana.cunha@uerj.br

Resumo: A vegetação tem estreita relação com os processos do ciclo hidrológico, modificando-as em função das condições em que se encontra. A vegetação regula o ciclo hidrológico fazendo com que a água percorra as diversas fases do mesmo, de forma adequada a possibilitar a estabilidade do processo. A vegetação retém grande parcela da água precipitada, libertando-a, aos poucos, para os cursos d'água e reservatórios superficiais e subterrâneos. Neste trabalho, foi analisado o impacto do desflorestamento sobre o regime hídrico da Cidade de Petrópolis. Os resultados mostram que a redução da área de cobertura vegetal provocou aumentos das vazões anuais. A redução de 58% da cobertura vegetal para 39% provocou um acréscimo na vazão média de 60%. Isto implicou no aumento do índice de escoamento de 0.29 para 0.50. Mudanças são, igualmente, verificadas com relação às vazões mínimas e máximas médias anuais. No primeiro caso, teve-se um acréscimo de 86,3% e, no segundo caso, a vazão máxima média anual foi aumentada em 49,9%.

Palavras-chave: Florestas; Vegetação; Cobertura Vegetal; Impactos Ambientais; Regime Hídrico.

Abstract Vegetation has closer relationship with the hydrological cycle, changing them due to their conditions. Vegetation regulates the hydrological cycle making

water faces all the stages adequately causing the process stability. Vegetation retains great parcel of the rainwater, freeing it for the water courses and surface and subterranean reservoirs, little by little. In this work, the impact of deforestation over the hydric regimen of the City of Petrópolis was analyzed. The results show that the reduction of vegetation coverage provoked annual outflows increases. The reduction of the vegetation coverage from 58% to 39% caused additions in average outflow of 60%. This brought the increase of the draining index from 0.29 to 0.50. Changes are also verified concerning the annual average minimum and maximum outflows. In the first case, there was an increase of 86,3% and, in the second case, the annual average maximum outflow was increased in 49,9%.

Keywords: Forests; Vegetation; Vegetation Cover; Environmental Impacts; HydroScheme.

Resumen: La vegetación tiene una estrecha relación con los procesos del ciclo hidrológico, modificando los mismo en función de las condiciones en las que se encuentre. La vegetación regula el ciclo hidrológico, haciendo que el agua recorra las diferentes fases del ciclo, de forma adecuada para asegurar la estabilidad del proceso. La vegetación retiene gran parte del agua precipitada, liberándola, poco a poco, a cursos de agua y embalses superficiales y subterráneos. En este trabajo se analizó el impacto de la deforestación en el régimen hídrico de la ciudad de Petrópolis. Los resultados muestran que la reducción del área de cobertura vegetal resultó en aumentos en los caudales anuales. La reducción del 58% de la cobertura vegetal al 39% resultó en un aumento del caudal medio del 60%. Esto resultó en un aumento en el índice de escorrentía de 0,29 a 0,50. También se verifican cambios en relación con los caudales medio anuales mínimos y máximos. En el primer caso se observó un incremento del 86,3% y, en el segundo, el caudal máximo medio anual se incrementó un 49,9%.

Palabras clave: Bosques; Vegetación; Cobertura vegetal; Impactos ambientales; Régimen Hídrico.

INTRODUÇÃO

Os processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica possuem duas direções de fluxo: vertical (representado pela precipitação, evapotranspiração, infiltração e percolação); e horizontal (representado pelos escoamentos superficiais, sub-superficiais e subterráneos). A vegetação tem papel fundamental em todo o processo hidrológico da bacia hidrográfica, principalmente na interceptação e evapotranspiração, atuando, indiretamente, em todas as fases do ciclo.

Em solos florestados há um aumento da capacidade de infiltração. Entretanto, tem sido verificado que uma maior quantidade total de água é infiltrada num solo descoberto que num solo florestado devido à parcela da água precipitada que consegue chegar ao solo depois de ser interceptada. Esta parcela é tanto maior quanto menor for o porte da vegetação. Áreas florestadas,

por este motivo, apresentam menor infiltração de água. Por outro lado, podem ocorrer problemas de infiltração em solo descoberto devido à alteração das propriedades do solo pelo impacto das gotas de chuva.

O escoamento sub-superficial, aquele que ocorre abaixo, através da manta de detritos foliares e das primeiras camadas do solo, explica o fato da rápida alimentação dos cursos d'água, logo após uma chuva, sem que haja escoamento superficial. Por outro lado, a maioria das florestas atuam no sentido de diminuir as amplitudes das variações de umidade e de temperatura do ambiente.

A evapotranspiração a partir das terras e florestas representa um papel considerável quando se realiza sobre grandes áreas. Em áreas mais restritas, a água evaporada é transportada por correntes de vento para outros locais. A floresta propicia uma diminuição na evaporação do solo, já que ameniza as temperaturas e diminui as velocidades médias dos ventos. Embora a evapotranspiração apresente elevados valores, esta perda é compensada pela melhor economia do restante da água que segue o ciclo hidrológico.

Dons (1986) mostra que existem reduções das vazões dos rios em pequenas bacias hidrográficas, provocadas pelo incremento da evaporação de água interceptada pelo solo durante as chuvas. Segundo a mesma lógica, a falta das árvores provocaria um aumento da vazão dos rios. Espécies vegetais de rápido crescimento apresentam, como consequência, reduções nas vazões de bacias hidrográficas. Scott e Lesch (1977), em pesquisa realizada na África do Sul, constataram o aumento da ordem de 51% durante a estação de chuvas e 52% na estação seca, nos seis primeiros anos após o plantio de *Eucalyptus*. spp.

A floresta reduz a ocorrência de inundações, na medida em que intercepta a água de modo que esta não atinja rapidamente o solo; conserva e aumenta a capacidade de infiltração; contém e reduz a erosão e o consequente depósito de sedimentos nos canais fluviais; aumenta a capacidade de retenção de água no solo pela manutenção e aumento da porosidade; e favorece a eliminação da água armazenada no solo nos períodos de intervalo entre tormentas.

Portanto a vegetação tem estreita relação com os processos do ciclo hidrológico, modificando-a sem função das condições em que se encontra. Neste trabalho, foi analisado o impacto do desflorestamento sobre o regime hídrico da

Cidade de Petrópolis.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende a região de Petrópolis situa-se a uma altitude média de 865m, sendo cercada por três serras: a Serra do Couto, a Serra das Araras e a Serra dos Órgãos, esta última atingindo as maiores altitudes com a Pedra do Sino com 2.232 m de altitude. A cobertura vegetal era, originalmente, composta por “floresta ombrófila densa” e “floresta ombrófila mista”; esta segunda, em menor escala. A “floresta ombrófila densa” é uma formação que se caracteriza por árvores perenifoliadas com alturas de 20 a 30 metros, com brotos foliares sem proteção contra a seca. Sua área de ocorrência é formada por encostas íngremes da Serra do Mar formando vales profundos e estreitos. A média anual de precipitação varia de 1300 a 1500mm.

A distribuição da pluviosidade mostra uma variação sazonal bem delineada, com períodos mais chuvosos nos meses de verão e mais secos nos meses de inverno, comportamento característico dos regimes tropicais. A grande concentração de pluviosidade no verão deve-se principalmente à orografia local que atua como barreira às penetrações de massas de ar úmido provenientes do litoral, ocasionando as chuvas orográficas. Os solos são, na sua grande maioria, cambisol distrófico e cambisolálico. As altitudes variam de 200 a 1000 metros. Os rios de Petrópolis possuem perfil longitudinal com declividades bastantes acentuadas, com inúmeros saltos e corredeiras.

Mudanças radicais no uso do solo ocorreram nas últimas décadas. A floresta cedeu lugar, principalmente, às culturas agrícolas cíclicas, às pastagens e a ocupação imobiliária. Os remanescentes florestais são, na maioria, degradados. A maior parte das terras não é apta para uso agrícola. Somente uma pequena parcela tem aptidão regular para culturas de ciclo curto ou longo.

Quanto à cobertura vegetal, optou-se por trabalhar com a área da bacia hidrográfica com vegetação de porte arbóreo, em dados relativos e absolutos. Os vários tipos de vegetação de porte arbóreo, tais como capoeira, mata secundária e mata primária, foram agrupados em um tipo único, apesar das particularidades de cada um em relação ao ciclo hidrológico. Utilizou-se o Cartão Brasil em escala 1:50.000, e imagem de satélite em escala 1:250.000

(TM-LANDSAT). A avaliação das áreas foi feita utilizando-se planimetria. Os dados diários de precipitação e de vazão foram fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Determinou-se o tempo de trânsito das ondas de cheia, assim entendido como o intervalo de tempo entre o centro de gravidade do hietograma excedente e o pico do hidrograma de volum e unitário. Adotou-se a equação de Snyder para o tempo de trânsito $t_p \approx C_t \cdot (L \cdot L)^{0,3} (h)$, onde: L = comprimento de curso d'água principal, desde o divisor de águas até a foz; L = distância entre o centro de gravidade da bacia e o exutório, medida ao longo do curso d'água principal; C_t = constante regional, que segundo Snyder varia entre 1,35 e 1,65 quando as distâncias são medidas em km. Para o cálculo da duração da chuva unitária a equação proposta foi: $t_U / t_p = 5,5(h)$.

Para o cálculo da descarga de pico do hidrograma unitário de duração t_u , correspondente a uma precipitação efetiva de 1mm uniforme sobre a bacia, empregou-se a expressão: $Q = 0,28 \cdot C \cdot A / t (m^3/s)$, onde A é a área de drenagem em km^2 e C_p (constante empírica regional, com valores compreendidos, entre 0,56 e 0,69). Um indicador do tempo de base do hidrograma unitário é dado pela expressão: $t_b = 3 + 3 \cdot t_p / 24$ (dias).

Uma vez obtido o hidrograma unitário, obteve-se os hidrogramas componentes concebendo-se uma tormenta e aplicando-a ao hidrograma unitário de acordo com os princípios da Teoria do Hidrograma Unitário. Para a concepção de estudos, valeu-se de relações intensidade – duração – frequência para observações da região. Aplicou-se à chuva no ponto um coeficiente de dispersão e adotou-se uma distribuição temporal considerada conveniente conforme histórico regional.

A equação de chuvas intensivas para período de retorno de dois anos (T) foi $P_{t,2} = 54,068 \cdot t^{0,458}$ mm (Precipitação P_t , T , $t(h)$) e para cinco anos foi $P_{t,5} = 66,144 \cdot t^{0,458}$. As expressões que fornecem a descarga de pico do hidrograma unitário e o tempo de bases são:

$$Q = \frac{220}{t_p} P (m^3 / s \cdot 100 km^2, t_b = 2,525 t_p (h))$$

O valor de t_p é constante para uma dada duração unitária numa determinada bacia, e para um hidrograma unitário correspondente a uma chuva

efetiva de uma hora. Calcula-se pela expressão: $t_p = \frac{L}{S} \cdot (1 + u) \cdot R_c$, onde: L = comprimento do curso d'água principal em km; S = declividade média do curso d'água do curso principal, calculada entre pontos situados a 0,1 . L e 0,8 . L do exutório; u = grau de impermeabilização da bacia; e R_c = índice climático.

Calculou-se a declividade média da bacia da cidade de Petrópolis transformando-a em outra constituída por uma série de terraços sobrepostos delimitados por curvas de nível de igualcota relativamente ao nível do mar (isoipsas). Considerou-se duas curvas isoipsas próximas de comprimentos s_1 e s_2 e envolveu-se uma área a_s , a declividade média i da parte da bacia definida pelas duas curvas, através da expressão: $i = \frac{h_s}{a_s} \cdot \frac{s_1 + s_2}{2}$, sendo h_s o espaçamento entre as curvas de nível. A declividade média da bacia tornou-se igual à média das declividades médias, a declividade média da bacia é dada pela relação entre a soma dos comprimentos das isoipsas multiplicada pela equidistância entre elas, e a soma das superfícies horizontais dos terraços ou patamares. A soma das superfícies horizontais dos patamares equivale à superfície da projeção horizontal da bacia hidrográfica.

O ângulo α que representa a declividade média foi calculado através da expressão: $\tan \alpha = \frac{\text{equidistância}}{\text{semi-soma do comprimento das isoipsas}} = \frac{h_s}{\frac{s_1 + s_2}{2}}$. O comprimento das isoipsas foi obtido de um mapa por curvimetria e as áreas por planimetria. Na medição dos s . Para simplificar os cálculos, construí-se uma curva clinográfica da seguinte forma: num plano cartesiano bidimensional grafou-se as equidistâncias h sobre o eixo y, em seguida, sobre paralelas ao eixo x, marcou-se alguns comprimentos das isoipsas a partir dos valores de h . A curva resultante da interpolação desses pontos permitiu aproximar todos os comprimentos das isoipsas.

Determinou-se a superfície efetiva da bacia da cidade de Petrópolis, recorrendo-se às expressões: $\Delta h_o = \Delta \omega \cdot \cos \beta$, ou $\Delta \omega = \frac{h_o}{\cos \beta} = h_o \cdot \sec \beta$, onde β é o ângulo que um elemento de superfície $\Delta \omega$ forma com sua projeção horizontal Δh_o . Somando-se as expressões de todos os elementos obteve-se o valor da superfície:

$$\Omega = \sum_{i=1} \Delta \omega = \sum_{i=1} \Delta h_o \cdot \sec \beta$$

Como os ângulos β são desconhecidos, admitiu-se que exista um ângulo δ tal que: $\sec\delta = \frac{\sum \Delta h_o}{\sum \Delta h_o \cdot \sec \beta}$ = superfície efetiva/superfície horizontal, e considerou-se que esse ângulo pode ser assumido com suficiente aproximação igual ao ângulo da declividade média. A superfície efetiva foi dada por:

$$\Omega = \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{i=l} = \text{Seca} \sum_{i=1}^n \Delta h_o$$

Portanto, a superfície efetiva da Bacia Hidrográfica da cidade de Petrópolis foi considerada igual ao produto de sua projeção horizontal pela secante da declividade média da mesma bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimou-se que, no início da colonização, a bacia hidrográfica em questão possuía 100% de cobertura vegetal arbórea nativa. O processo de transformação evoluiu de tal forma que, em 1966, existiam 58%, ou seja, 198.129 hectares e, em 1986, apenas 39% de área coberta por florestas, ou seja, 134.714 hectares. O desflorestamento ocorreu, portanto, à taxa média aproximada de 3000 hectares por ano, durante o período de 1966 a 1986 (Tabela 1).

Tabela 1: Taxas de Cobertura vegetal arbórea da bacia da cidade de Petrópolis-RJ.

Ano	Superfície(ha)	%
1966	198.129	58
1986	134.714	39

Fonte: Os próprios autores

A capacidade de infiltração do solo é menor em um solo descoberto, mas, ao menos em um momento imediato ao desmatamento, a taxa de infiltração é maior no solo descoberto. Em princípio, esperava-se que a vazão mínima fosse diminuir, já que o curso de água, em época de estiagem, é alimentado pelo lençol subterrâneo que, por sua vez, obtém água da infiltração da chuva no solo. Outro fato que contribui para esta hipótese é que, com o desflorestamento, as características físicas do solo, principalmente a estrutura, vão-se degradando e tornando a infiltração mais difícil. As características geológicas e geomorfológicas e as características dos solos da área estudada contribuem para

que a vazão mínima sofra acréscimo como o que foi constatado.

Tabela 2: Dados de chuva máxima em um dia para Região de Petrópolis, com valores estimados correspondentes aos períodos de retorno de 2,5,10,25,50,75 e 100 anos, pelo método de Chow-Gumbel.

	Interv.deConfiança	Precipit.Mínim a	Precipit.Médi a	Precipit.Máxima
Retôrnodo2anos	68%	99	104	110
	80%	97	104	112
	90%	95	104	114
	95%	93	104	116
Retôrnodo5anos	68%	131	142	152
	80%	128	142	155
	90%	124	142	159
	95%	121	142	162
Retôrnodo10anos	68%	152	166	181
	80%	148	166	185
	90%	142	166	190
	95%	138	166	195
Retôrnodo25anos	68%	177	197	217
	80%	172	197	223
	90%	165	197	230
	9,5%	158	197	236
Retôrnodo50anos	68%	196	220	244
	80%	190	220	251
	90%	181	220	260
	95%	173	220	267
Retôrnodo75anos	68%	207	234	260
	80%	200	234	267
	90%	191	234	277
	95%	182	234	285
Retôrnodo100ano s	68%	215	243	271
	80%	207	243	279

90%	197	243	289
95%	188	243	298

Fonte: Os próprios autores

De um modo geral os solos da bacia hidrográfica em questão têm textura médio-argilosa ou franco-argilosa, são bem drenados e porosos e, portanto, possuem boa capacidade para infiltração da água. O escoamento superficial também sofre um considerável acréscimo, decorrente da parcela da água desviada da interceptação, que não infiltra no solo. Isto tem ação direta no aumento das vazões máximas. Com relação à vazão média, o desflorestamento provoca uma redução da quantidade da água da precipitação extraída pela transpiração, assim como da evaporação da parcela interceptada. Isto provoca um aumento dos escoamentos, alterando desta forma o balanço hídrico da bacia. Além do mais, na condição com florestas, os volumes evapotranspirados são transferidos para outras regiões, reduzindo o volume disponível para geração dos escoamentos.

Tabela 3: Valores médios de precipitação, vazão e taxa de escoamento dos períodos estudados na bacia da cidade de Petrópolis-RJ.

	Período I	Período II	Diferença	Diferença Relativa
<i>Precipitação(mm)</i>	1442,00	1347,57	-67,44	-4,7%
<i>Vazão Mínima(m³/s)</i>	6,13	11,42	5,29	86,3%
<i>Vazão Média(m³/s)</i>	44,40	71,03	26,63	60,0%
<i>Vazão Máxima(m³/s)</i>	547,18	820,20	273,02	49,9%
<i>Taxa de Escoamento</i>	0,29	0,50	0,21	72,4%

Fonte: Os próprios autores

Desta forma, verifica-se que a vegetação funciona como se fosse um reservatório de contenção de cheias, com a vantagem de se prestar a outros fins de grande importância ambiental, econômica e social, tais como a produção madeireira, a produção hídrica, a biomassa, a proteção a outros recursos naturais como o solo e a fauna e os bancos de germoplasma.

Além do mais, o desflorestamento faz parte do conjunto de fatores que determinam a ocorrência ou a maior incidência de cheias e enxurradas, seja

atuando de forma direta ou indireta. Indiretamente, a retirada da floresta aumenta a erosão do solo e o assoreamento dos cursos d'água. O desflorestamento atua diretamente no aumento do escoamento das águas superficiais, por consequência, no nível dos cursos d'água. As cheias e enxurradas ocorrem, portanto, em áreas desflorestadas, num período de tempo menor do que ocorreriam em áreas cobertas por florestas, devido à melhoria das condições hidrodinâmicas.

Ressalta-se que, na relação vegetação – água, existe uma série de variáveis que poderiam ter sido consideradas, tais como o porte da vegetação, a distribuição espacial dos indivíduos, o tipo de sistema radicular, a morfologia externa e a taxa de crescimento do vegetal. Deve-se também distinguir o tipo de influência de cada tipo de vegetação no ciclo hidrológico.

Neste trabalho, estes aspectos foram considerados de forma global. Eles permitiram evidenciar a influência da vegetação no ciclo hidrológico, devendo, portanto, ser esta considerada em qualquer projeto (estrutural ou não), especialmente aqueles de contenção de cheias (tais como as barragens e represas) e enxurradas, evitando-se, desta forma, o desperdício de recursos e o impacto socioambiental de tais projetos.

Observou-se, à nível de campo, que o transbordamento dos rios das cidades de Petrópolis começa a ocorrer com precipitações superiores a 90mm, em menos de 3 horas. Observou-se, também, que uma grande precipitação dificilmente ocorre em intervalo superior a três horas, pelo menos para precipitações em torno de 90mm. Tem-se com um intervalo de confiança de 95%, um retorno de cada 2 anos de uma precipitação entre 93 e 116 mm. Estatisticamente tem-se então um transbordamento dos rios Petropolitanos a cada 2 anos.

Os deslizamentos não estão necessariamente ligados a grandes precipitações em um dia, mas sim, à problemas de Balanço Hídrico. Observa-se que o Balanço Hídrico, no verão, apresenta um grande excedente. Este excedente, no entanto, não representa grande problema enquanto no período entre as precipitações houver tempo para que a água excedente percole para camadas subterrâneas do solo. O perigo dos desabamentos nas encostas Petropolitanas torna-se maior quando a quantidade de água percolada dentro do solo para as camadas subterrâneas for menor ao volume precipitado em um

mesmo período. O problema se torna ainda mais grave quando o escoamento superficial estiver prejudicado ou quando houver infiltrações no solo por meio de pequenos sulcos. A declividade, o tipo de solo, a sua cobertura e a sua drenagem são fatores muito importantes para determinar se uma encosta é segura ou não.

Observou-se a nível de campo que pequenos deslizamentos começam a ocorrer a partir de precipitações máximas diárias em torno de 140 mm, sendo que com 160 mm esses deslizamentos começam a se intensificar. Ressalta-se que este dado empírico pode variar bastante, devido ao nível de saturação do solo, antes de uma grande precipitação.

Os dados empíricos obtidos, são válidos partindo-se de um solo saturado (capacidade de campo), condição esta bem comum no período de verão em Petrópolis. O período de retorno para chuvas de 140 mm é de cinco anos.

CONCLUSÃO

Dentre as causas não climatológicas que agravam cada vez mais as consequências das grandes precipitações, pode-se citar o contínuo desmatamento, o aumento das áreas construídas e o assoreamento dos rios. O desmatamento é, certamente, a principal de todas as causas citadas. Como consequência deste, temos um escoamento superficial muito maior e muito mais rápido, fazendo com que a água precipitada chegue em tempo muito mais rápido aos rios, provocando, então, as enchentes.

REFERÊNCIAS

DOI do Artigo Original: <https://doi.org/10.6008/ESS2318-3055.2013.001.0001>

Autores Originais: Josimar Ribeiro Almeida; Carlos Eduardo Silva; Manoel Gonçalves Rodrigues

DONS, A.. The effect of large-scale afforestation on Tarawera river flows. **Journal of Hydrology**, v.25, n.2, p.61-73, 1986.

FUJIEDA, M.; TETSUYA, K.; CICCIO, V.; CALVARCHO, J. L.. Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serrado Mar, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology**, n.196, p.26-46, 1997.

SCOTT, D. F.; LESCH, W..Streamflow responses to afforestation with *Eucaliptusgrandis* and *Pinuspatula* and to felling in the Mokubulaan experimental catchments, South Africa.**JournalofHidrology**, n.199,p.360-377,1997.