



MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS PARA VALORAÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NO ÂMBITO DO PROJETO: PRODUTORES DE ÁGUA E FLORESTA (PAF) SUB-BACIA DO RIO SACRA FAMÍLIA

AYRTON DURÃES MANSO ^a; CAIO GABRIEL BACELAR ^b; HUGO PORTOCARRERO ^c; ALUÍSIO GRANATO DE
ANDRADE ^d

^a UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

^b UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

^c UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

^d EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA

e-mail: ayrtongeo@gmail.com

RESUMO

O recente histórico de crises hídricas cada vez mais recorrentes, tem deixado o governo dos principais centros urbanos do país em alerta, uma vez que a escassez de água coloca em xeque a manutenção de atividades industriais e agrícolas, assim como a garantia de abastecimento e geração de energia destinado à população em geral. Parte deste fenômeno atribui-se aos impactos resultantes da constante degradação ambiental e a imprevisibilidade das mudanças climáticas. Estratégias como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), surgem da necessidade de reverter o quadro de degradação que chegamos, culminando na perda de importantes Serviços Ecossistêmicos (SEs) em muitos casos, dessa forma, vislumbra dotar de valor econômico as ações voltadas para conservação da natureza e seus atributos, geradas por produtores rurais por meio do princípio “protetor-recebedor”. O monitoramento dos parâmetros hidrossedimentológicos pretende preencher uma lacuna na avaliação do impacto efetivo dos tratamentos testados pelo Projeto: Produtores de Águas e Florestas (PAF) sob o balanço hídrico em suas áreas de abrangência contempladas, uma vez que as metodologias de valoração até então adotadas não envolvem variáveis relacionadas à hidrologia das vertentes e a qualidade do solo, mas sim, exclusivamente de caráter vegetativo. A partir de instrumentação implementada na propriedade Sítio Vô Lisse, localizada no município de Mendes, o monitoramento vem sendo conduzido através de 4 parcelas de erosão de (22 m x 4 m) instaladas no terço superior de uma vertente, 16 Sensores de Matriz Granular distribuídos igualmente no interior de cada parcela nas profundidades de 5 – 15 cm e 15 – 25 cm e 2 pluviômetros instalados próximos a estação experimental.

Palavras-chave: Balanço Hídrico; PSA Hídrico; Parcelas de Erosão; Sensor de Matriz Granular.

Keywords: Hydric balance; Hydro PES; Erosion Plots; Granular Matrix Sensor.

Introdução

A água é a principal matéria dos sistemas hidrológicos, sendo o material mobilizado pela ação das diferentes forças atuantes no meio físico. No subsistema caracterizado pelas vertentes, a água configura a entrada “input” de matéria e energia, interagindo diretamente com a vegetação, os solos e a atmosfera, que desempenham papel de reguladores, repartindo essa energia armazenando-a ou fazendo-a atravessar o sistema, sendo assim a saída “output” (Christofoletti, 1980).

O solo é elemento que pode ser concebido como sistema em si mesmo, por ser abrigo para a fauna, meio de crescimento para as plantas, regulador do abastecimento de água, meio de sustentação de obras de engenharia e uma das principais fontes de suprimento e alimentos (Brady & Weil, 2013).

Se tratando do relevo, a ação da água nas vertentes degradadas é a principal responsável pelo desenvolvimento dos processos erosivos mais comuns na superfície terrestre, provocando a degradação física, química e biológica dos solos, condicionando a perda da fertilidade natural e da sua capacidade produtiva em diversas regiões do planeta (Stralio et al., 2022).

Compreender o comportamento hidrossedimentológico das vertentes exige o entendimento de que as características físicas, químicas e mineralógicas dos solos determinam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de retenção de água pelo sistema (Guerra, 2021).

As práticas de restauro florestal que vêm sendo empregadas dentro do contexto do Projeto Produtores de Água e Floresta (PAF), conduzido pela ONG Crescente Fértil na Sub Bacia do Rio Sacra Família, têm como objetivo contribuir na minimização da erosão para melhoria da qualidade da água mediante a redução de sólidos suspensos oriundos dos processos erosivos, uma vez que a vegetação possui influência direta no comportamento da água e na dissipação de sua energia ao longo das bacias.

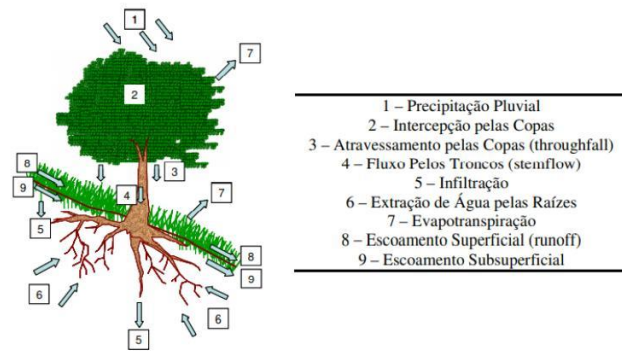


Figura 1. Aspectos hidrológicos da vegetação. Fonte: Portocarrero (2009).

Comumente atribui-se à vegetação o papel de proteção do solo, interceptando a água proveniente da chuva e modificando a trajetória através dos galhos, folhas e troncos. A presença de cobertura vegetal diminui drasticamente o impacto das gotas sobre a superfície do solo, reduzindo o poder de destaque das partículas superficiais. Quando exposto, o solo se encontra mais susceptível à erosão por salpicamento “*splash*”, que seria o estágio inicial da erosão hídrica nas vertentes (Morgan, 2005; Portocarrero, 2009; Neves, 2015; Coelho Netto, 2021).

No momento em que os agregados superficiais do solo se rompem por conta do impacto provocado pela força cinética das gotas de chuva, são formadas crostas, que aumentam a compactação superficial do solo e dificultam a infiltração da água (selamento superficial), acarretando no desenvolvimento do escoamento superficial (Lepsch, 2011; Guerra, 2012; Nepomuceno & Nachornik, 2015; Guerra, 2021).

A disponibilidade de água nos solos varia entre suas classes, de horizonte para horizonte e de acordo com o tamanho e distribuição dos poros (Cassel & Nielsen, 1986). O desenvolvimento da agricultura de precisão

trouxe avanços no monitoramento da umidade nos solos, a fim de maximizar a produtividade das lavouras e reduzir gastos com água nas irrigações. Dentre as inovações, os Sensores de Matriz Granular, auxiliam na obtenção da curva de retenção de água no solo, expressa pela relação entre o potencial mátrico e a umidade do solo. A partir da curva, é possível a obtenção de valores referentes ao ponto de murcha permanente e a capacidade de campo, sendo respectivamente, a capacidade máxima de absorção de água pelas plantas e o ponto máximo de retenção de água no solo. A diferença de umidade entre ambos é definida como a capacidade de água disponível de um solo (Souza *et al*, 2016).

Os estudos acerca da infiltração dos solos e do escoamento superficial em bacias hidrográficas são de suma importância para compreensão dos processos erosivos, uma vez que na maioria dos casos a concentração de fluxos superficiais ocasionam a formação de sulcos, que evoluem para ravinas e podem se tornar voçorocas (Filizola, 2003). Por esse motivo a técnica envolvendo o monitoramento por parcelas de controle de erosão tem sido adotada em diferentes regiões do país e do globo com algumas variações metodológicas como: Jardim *et al* (2017) em Paty dos Alferes – RJ; Antoneli *et al* (2018) em Ivaí – PR; Pereira *et al* (2022) em Ubatuba – SP; Carretta *et al* (2021) em Padova – Itália; Lou *et al* (2022) em Shanxi – China.

A utilização de parcelas de controle de erosão é um entre os muitos métodos de monitoramento que em conjunto de pluviômetros oferecem a possibilidade da aquisição de dados referentes ao comportamento hidrológico superficial e subsuperficial local com maior precisão (Loureiro *et al.*, 2022).

O objetivo do trabalho é, portanto, realizar o monitoramento dos parâmetros hidrossedimentológicos mediante a obtenção dos dados adquiridos pela instrumentação instalada na sub-bacia do Rio Sacra Família, uma área prioritária do Médio Vale do Paraíba do Sul para a condução de iniciativas de PSA hídrico no Estado do Rio de Janeiro. Este estudo representará um importante subsídio para a melhoria da valoração dos serviços prestados, uma vez que até o momento as metodologias utilizadas para o pagamento aos provedores de serviços e avaliação do efeito das práticas de restauro florestal não envolveram variáveis hidrossedimentológicas.

Estratégia Metodológica

A sub-bacia do Rio Sacra Família engloba os municípios de Engenheiro Paulo de Frontin, Mendes e Vassouras, onde se concentram as cabeceiras de drenagem que destinam suas águas para formarem o rio Sacra Família, um importante afluente do rio Pirai em seu baixo curso. O clima da região é o tropical úmido,

apresentando médias de precipitação anual em torno de 1200 mm a 1400 mm (CPRM, 2015).

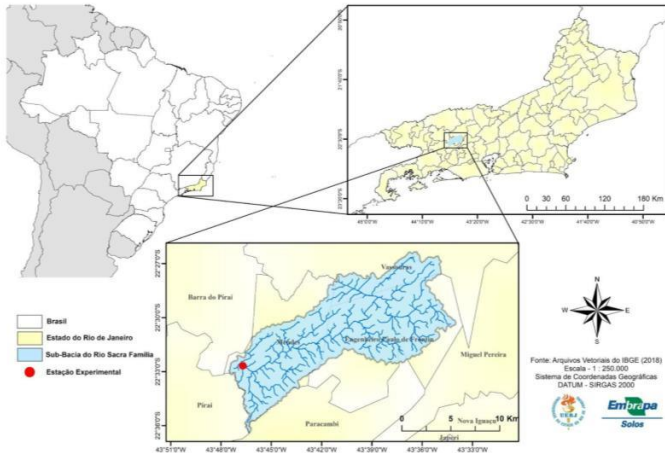


Figura 2. Localização da Sub-Bacia do Rio Sacra Família e da área de estudo. Fonte: O autor (2022).

O projeto vem sendo conduzido em 4 parcelas de controle de erosão nas dimensões de (22 m x 4 m) instaladas em uma vertente, onde foram implementadas duas diferentes técnicas de restauro florestal com o intuito de avaliar o desempenho destas em relação aos parâmetros hidrológicos da vertente em questão.



Figura 3. Parcela de controle de erosão disposta na área de estudo. Fonte: O autor (2022).

Para realizar a quantificação do escoamento superficial é preciso que as encurradas geradas durante os eventos de precipitação pluvial sejam coletadas através das caixas d'água conectadas ao corpo das parcelas. Sendo delimitadas por chapas de zinco galvanizado de 0,5 mm x 0,5 m, as quais foram fixadas ao solo em valetas de aproximadamente 20 cm e diretamente conectadas as caixas d'água de (1000 L) por um cano PVC 100 mm por onde o escoamento superficial é

conduzido. Havendo escoamento excedente, quarteadado com cinco saídas para tubos PVC 50 mm, uma delas conduzindo para uma segunda caixa d'água (1000 L).

As medidas foram realizadas em intervalos diários e de forma manual com o auxílio de uma régua de campo graduada. Importante ressaltar que as caixas previamente foram calibradas, isto é, foi feito um ensaio experimental para determinação do volume correspondente a cada altura aferida, sendo uma atividade que exigiu o preenchimento das caixas e a anotação do volume encontrado a cada (20 L) removidos com o auxílio de um latão.

Após a aferição, o material é homogeneizado no interior das caixas e são coletadas amostras individuais em recipientes plásticos de (300 ml). Em laboratório as amostras são submetidas a secagem em estufa a (105°C) em beckers de vidro ou recipientes metálicos de massa previamente conhecida para que possa ser feita posteriormente a pesagem do material seco e subtração do peso do recipiente.

Foram utilizados 16 sensores de Sensores de Matriz Granular ou GMS (Granular Matrix Sensors) ligados aos seus respectivos *dataloggers* no interior das parcelas de controle de erosão, para o monitoramento da sucção matricial dos solos. Os sensores foram introduzidos nas profundidades de 0-15 cm e 15-25 cm, sendo utilizado em torno de 320 metros de cabeamento. A implantação dos sensores seguiu a seguinte disposição: 4 sensores por parcela, sendo divididos igualmente em linha horizontal entre os terços superior e inferior seguindo um afastamento de 2 metros entre cada.



Figura 4. Instalação dos sensores GMS no interior das parcelas. Fonte: O autor (2022).

Visando o monitoramento da precipitação pluvial foi instalado um par de pluviômetros em área adjacente às parcelas, sendo do tipo *Ville de Paris* e HOB0 RG3-M. O pluviômetro digital foi configurado para realizar leituras de chuva e de temperatura em um intervalo de 5 minutos, enquanto que no *Ville de Paris* as leituras são feitas em intervalo diário manualmente.

Discussão de resultados

Foram registrados 28 eventos de precipitação pluvial desde o início do monitoramento, o qual ocorreu no final de março, durante os últimos dias de verão e período de maiores índices pluviométricos da região (CPRM, 2015).

Tabela 1 – Registro do total acumulado diário das precipitações

N	Eventos	Chuva(mm)	N	Eventos	Chuva(mm)
1	21/03/2022	11	15	04/06/2022*	1
2	25/03/2022	1,2	16	19/06/2022*	1,4
3	26/03/2022	6,8	17	26/06/2022*	5
4	27/03/2022	1,4	18	27/06/2022*	1
5	31/03/2022	3,2	19	18/07/2022*	0,6
6	01/04/2022	3	20	25/07/2022	3
7	02/04/2022	42,6	21	29/07/2022	5,6
8	03/04/2022	42	22	30/07/2022	1
9	06/04/2022	0,8	23	08/08/2022	0,2
10	09/04/2022	28,4	24	09/08/2022	1
11	13/04/2022	1,2	25	10/08/2022	12
12	14/04/2022	30,4	26	11/08/2022	0,4
13	15/04/2022	2	27	12/08/2022	1,2
14	06/05/2022*	3,8	28	19/08/2022	2,4

*Obtenção pelo pluviômetro manual. Fonte: O autor (2022).

Os eventos de escoamento superficial se concentraram nos meses de março e principalmente abril, tendo sido identificados em 5 ocasiões, nas quais os totais de precipitação diários ultrapassaram 28,4 mm, com exceção do dia 15/04/2022, onde houve um pequeno registro de escoamento na parcela 4.

Os tratamentos adotados em cada parcela foram conduzidos a partir do dia 28/03/2022, ou seja, os dados obtidos representam o início da condução das práticas de restauro florestal implementadas pelo projeto. Na parcela 1 foram introduzidas espécies arbóreas nativas com espaçamento 3x2, sendo linhas de preenchimento

e linhas de diversidade; na parcela 2 o plantio também foi feito com o espaçamento 3x2 com linhas de preenchimento e diversidade com o acréscimo de adubação verde no espaçamento 1x1, nas linhas e entre as linhas, as espécies utilizadas foram feijão de porco, guandu e crotalária; as parcelas 3 e 4 não receberam nenhum tipo de tratamento, no entanto, houve a capina e remoção total respectivamente da vegetação então presente, com isso espera-se ao longo da pesquisa realizar comparações entre os diferentes usos de solo em mesmas condições de declividade, clima e morfologia.

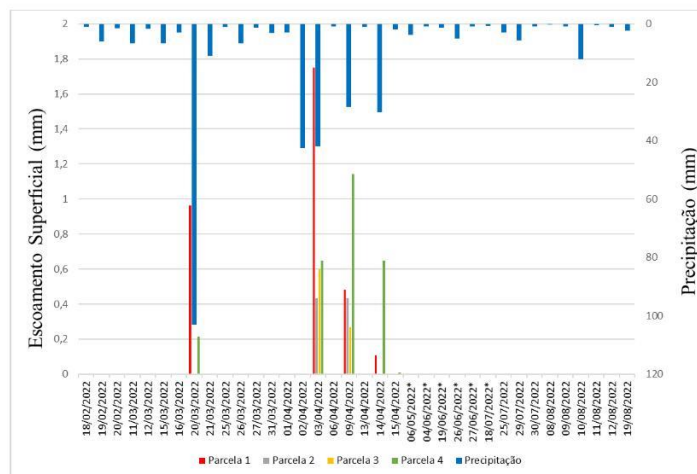


Figura 5. Gráfico das séries de precipitação e escoamento superficial.

O volume total escoado desde o início do monitoramento foi de 6,54 mm, representando a soma do volume retido durante os quatro eventos em que se identificou a presença do escoamento superficial. Já a soma total da precipitação registrada representa 343,4 mm, no decorrer de aproximadamente 5 meses de monitoramento.

Os dados referentes ao monitoramento utilizando os Sensores de Matriz Granular ainda não foram obtidos, uma vez que sua instalação foi realizada no dia 19/08/2022, entretanto, a partir de um trabalho de campo futuro, será possível já realizar a leitura das informações e correlaciona-las com os dados aqui apresentados.

Com a chegada dos meses de outubro em diante, durante a estação das chuvas na região, se espera uma geração de amostras de escoamento superficial maior e mais relevante para os estudos comparativos. Em relação aos dados obtidos pelo GMS, independentemente dos volumes de chuva, constantemente irão fornecer informações relacionadas à capacidade de sucção de água entre os tratamentos de cada uma das parcelas, podendo-se avaliar também

os potenciais de retenção hídrica entre os diferentes usos de solo.

Considerações Finais

A aquisição dos dados referentes ao escoamento superficial, a perda de solo, infiltração de água nos solos, as taxas de precipitação, retenção hídrica e a sucção matricial dos solos, podem trazer importantes contribuições para a melhoria das ações adotadas pelo projeto e estabelecer os parâmetros necessários para aprimorar a metodologia de valoração atual dos serviços ambientais.

Obtendo-se os parâmetros necessários para compreensão do balanço hidrossedimentológico das áreas prioritárias do PAF, os próximos passos da pesquisa visam tornar estes dados aplicáveis para uso em conjunto da 'Calculadora da Restauração Florestal' proposta pelo INEA para o monitoramento e avaliação de áreas sob restauração florestal. Espera-se que as respostas do efeito das diferentes práticas de restauro florestal adotadas pela executora do projeto sob o comportamento hidrológico local, seja um caminho a fim de aprimorar as políticas que envolvem o pagamento dos responsáveis por proverem serviços ambientais em áreas destinadas à conservação, tornando maior o valor atribuído às atividades sustentáveis de proteção ambiental e uso dos recursos naturais.

Agradecimentos

Agradecemos à UERJ, ao Laboratório de Geotecnia Ambiental, à Embrapa e à Crescente Fértil, esta última responsável pela execução do PAF Sub-bacia do Sacra Família.

Referências

ANTONELLI, Valdemir *et al.* **Soil Erosion Induced by the Introduction of New Pasture Species in a Faxinal Farm of Southern Brazil.** *Geosciences*, v. 8, n. 5, 2018.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray. **Elementos da natureza e propriedades dos solos:** Nyle C. Brady, Ray R. Weil; tradução de Igo Fernando Lepsch. 3.ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.

CARRETTA, Laura *et al.* **Evaluation of runoff and soil erosion under conventional tillage and no-till management: A case study in northeast Italy.** *Catena*, 197, 2021.

CASSEL, D.Keith; NIELSEN, Donald Rodney. **Field capacity and available water capacity.** In: KLUTE, A. (Ed). *Methods of soil analysis : physical and mineralogical methods.* 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Introdução à Geomorfologia** In: CHRISTOFOLETTI, A. (Org). *Geomorfologia.* Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1980.

COELHO NETTO, Ana Luiza (2021). **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia.** In: *Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos.* Orgs. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha. Ed. Bertrand Brasil, 15a edição, 2021.

CPRM. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Mendes - RJ.** 2015. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/15075>> Acesso em: setembro/2022.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira. **O início do processo erosivo.** In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação de solos.* 7 Ed. Rio de Janeiro: Bertrand,2012.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira. **Processos Erosivos nas Encostas.** In: *Geomorfologia - Uma Atualização de Bases e Conceitos.* Orgs. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 15a edição, 2021.

LEPSCH, Igo. **Degradação e Conservação dos Solos.** In: LEPSCH, I. (Org). *19 lições de pedologia.* São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2011.

LOU, Yongcai *et al.* **Runoff scouring experimental study of rill erosion of spoil tips.** *Catena*, 214, 2022.

Loureiro, Hugo *et al.* **Monitoramento da Erosão Hídrica no Brasil: dos Métodos Manuais aos Digitais.** In: Júnior, O. A. C. *Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira.* 2022.

JARDIM, H. L.; FERNANDES, N. F.; SOUZA, A. P. de. **Perda de solo em parcelas de erosão, sob diferentes culturas e técnicas de manejo e a análise de estratégias de conservação.** In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (orgs.). *Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento.* Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation.** 3. ed. England: Blackwell, Oxford, 2005.

NEPOMUCENO, Aline Nikosheli; NACHORNIK, Valdomiro Lourenço. **Estudos e técnicas de recuperação de áreas degradadas.** Curitiba: Intersaberes, 2015.

NEVES, Sara; GUERRA, Antônio Jose Teixeira.; NUNES, Gabriel Finotti dos Reis. **A erodibilidade dos solos no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes (Paraty, RJ).** In: *Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades*, 16., 2015, Teresina, Piauí: v. 16, 2015.

PEREIRA, Leonardo *et al.* **Detrimental effects of tourist trails on soil system dynamics in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil.** *Catena*, 216, 2022.

PORTOCARRERO, Hugo. **Avaliação do Efeito de Técnicas de Bioengenharia em Parâmetros Hidrossedimentológicos Utilizando Instrumentação Automatizada.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio, 2009.

SOUZA, Joabe Martins de *et al.* **Variabilidade espacial da capacidade de campo e ponto de murcha permanente em argissolo amarelo coeso.** *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 2016.

STRALIOTTO, Rosângela *et al.* **Intensificação da agricultura com sustentabilidade.** In: TORRES, L. A.; CAMPOS, S. K. (ed.). *Megatendências da Ciência do Solo 2030.* Brasília, DF: Embrapa, 2022.