

# ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO POR CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IQIRI - AC

Gabriel de Paula Rodrigues <sup>1</sup>, Rogério Resende Martins Ferreira <sup>2</sup>, Regina Célia de Oliveira <sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNICAMP, Campinas-SP, g197267@dac.unicamp.br; <sup>2</sup>Embrapa Territorial, Campinas-SP, rogerio.ferreira@embrapa.br; <sup>3</sup>UNICAMP, Campinas-SP, regina5@unicamp.br

## RESUMO

Atualmente, o processo de tomada de decisão se tornou o principal foco dos agricultores rurais junto aos instrumentos computacionais, integrando os dados espaciais e locais com a finalidade de maximizar as produções agrícolas e diminuir a perda de recursos naturais. Para entender o cenário dos manejos e a real necessidade de práticas conservacionistas, tal estudo tem como objetivo identificar áreas com maiores estimativas de perda de solo, atrelado às suas características geomorfológicas por meio da aplicação do software InVEST (módulo SDR) na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia – AC a partir do cenário atual de uso e cobertura da terra. As estimativas seguiram três características geomorfológicas diferentes, a geomorfologia Convexa, a Tabular e a também Tabular com drenagem baixa, com destaque para as classes de Lavouras Perenes e Temporárias que tiveram uma perda de solo no valor de 7,35 Mg e 13,09 Mg por hectare/ano nos respectivos cultivos.

**Palavras-chave** — Sensoriamento remoto, Conservação do solo, Geomorfologia, Gestão territorial, Geotecnologias.

## ABSTRACT

*Currently, the decision-making process adapts to the main focuses of agriculture, integrating spatial and local resources in order to maximize agricultural production and reduce the loss of natural data. In order to understand the management scenario and a real need for conservation practices, the areas with the most studies aim to identify the soil, in relation to its geomorphological characteristics, through the application of the InVEST software (dulo SDR) in the hydrographic basin of the Iquiri River (Ituxi) in Acrelândia – AC from the current scenario of land use and land cover. The estimates followed three different geomorphological characteristics, convex geomorphology, tabular and also tabular with low drainage, with emphasis on the classes of Perennial and Temporary Crops had a soil loss in the amount of 7.35 Mg and 13.09 Mg per hectare/year in the respective crops.*

**Keywords** — Remote sensing, Soil conservation, Geomorphology, Territorial management, Geotechnologies.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos recorrentes problemas encontrados no meio ambiente é a erosão hídrica, um processo que atinge diferentes porções de terra das mais diversas maneiras, seja pela degradação do solo agricultável, pela perda da qualidade dos recursos hídricos ou de nutrientes essenciais. Entre os serviços ecossistêmicos encontrados na natureza, o solo é um dos mais representativos, ele é a base para a produção alimentar, importante na retenção de água e nutrientes, e muitas vezes é o pilar para construções/urbanização e industrialização. Em consequência da constante ocorrência de erosão hídrica nas bacias hidrográficas, o solo e suas utilidades tendem a perder qualidade, quantidade e produtividade na gestão ambiental (THOMAZ, 2019).

No estudo realizado em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi), o software InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem) possibilitou uma análise integrada dos dados locais e espaciais sob uma visão de compensação dos recursos e serviços ecossistêmicos. Além de oferecer estratégias para uma melhor gestão dos serviços ecossistêmicos, o modelo realiza uma valoração econômica dos recursos naturais e dos manejos adotados, com estimativas realizadas em diferentes cenários e integrações. O software InVEST foi desenvolvido a partir de uma parceria entre a Universidade de Stanford, The Nature Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF) e outras instituições (DENNEDY et al., 2016).

Entre as possibilidades oferecidas pelo InVEST, ganha destaque o módulo SDR (Sediment Delivery Ratio) nas estimativas realizadas de perda de solo, um importante recurso na gestão ambiental das bacias hidrográficas. Desta maneira, o principal objetivo deste estudo é identificar áreas com maiores estimativas de perda de solo, atrelado às suas características geomorfológicas por meio da aplicação do software InVEST (módulo SDR) na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia – AC a partir do cenário atual de uso e cobertura da terra.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, corresponde a parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) com cerca de 24.612,05 hectares de terra. Situada no estado do Acre (Figura 1), a bacia apresenta as seguintes coordenadas: 66°57'56,6"W e 9°53'0,5"S possuindo delimitações nos municípios de

Acrelândia, Senador Guimard e Plácido de Castro, abrangendo o Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Pedro Peixoto.

Dentro dos aspectos geológicos existentes na região, destacam-se duas sessões importantes para a sua formação, a cobertura de Detrito-Lateríticos e a formação Solimões. Quanto aos solos, a bacia possui importantes características pedológicas que podem variar as estimativas de perda de solo, sendo o Latossolo Vermelho; Argissolo Vermelho; e Argissolo Vermelho Amarelo (SILVA et al. 2006) os mais pertinentes. O clima local é o Am (tropical de monção) Köppen, e sua vegetação pretérita em áreas antropizadas é a Floresta Ombrófila Densa. O mapa de uso e ocupação atual do solo segue referência de Quartaroli et al., prelo.



Figura 1. Área de estudo de parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri - AC.

A Depressão de Endimari – Abunã cobre toda a área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi), formando o principal aspecto geomorfológico da região, sendo classificado de acordo com seu topo ou grau de drenagem. Apresenta três características distintas: uma primeira forma geomorfológica com um topo Convexo; outra com um topo Tabular, e a última também Tabular com uma drenagem muito baixa (IBGE 2009).

Na aplicação do módulo SDR do software InVEST, foi estimado a perda de solo pela Equação Universal de Perda de Solos que corresponde a equação (1):

$$uslei = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

A onde:

uslei = Perda de solo em Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

R = fator erosividade, índice de erosão pela chuva (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

K = fator erodibilidade dos solos face suas características físicas (Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>);

L = índice relativo ao comprimento da vertente ou rampa;

S = índice relativo à declividade média da vertente ou rampa;

C = índice relativo ao uso e manejo da terra;

P = índice relativo à prática conservacionista adotada.

A partir da integração de dados morfométricos (declividade e comprimento de rampa) com dados de precipitação (erosividade), propriedade dos solos (erodibilidade) e do uso e cobertura da terra, o módulo SDR permite estimar a perda de solo anual de cada cultivo e manejo. Além disso, determinar o quanto de solo pode chegar a um determinado local, sua capacidade de reter sedimentos e o custo de remoção do sedimento acumulado (THOMPSON; FIDALGO, 2013).

Os fatores morfométricos (fator LS) foram gerados pelo modelo digital de terreno hidrológicamente consistente – MDTHC utilizando o interpolador Topo to Raster e a extensão Arc Hydro Tools, presentes no ArcMap 10.8 (HUTCHINSON 1988). Os dados referentes à erosividade (fator R) foram desenvolvidos em um mapa isoerodente em formato raster (30m) (OLIVEIRA et al. (2012). Já o fator K (erodibilidade) foram atribuídas para cada classe de solo seguindo referências (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

Desta maneira, integrando e combinando todos os dados de entrada do software InVEST, e seguindo a calibragem ideal para o Threshold, foi possível estruturar uma tabela com os valores de perda de solo para cada característica geomorfológica encontrada.

### 3. RESULTADOS

Com a aplicação do módulo SDR, foi estabelecida uma série de resultados que possibilitam a realização de algumas análises, aplicação de novas estratégias e a manutenção de coberturas e manejos de produtores rurais. Em um primeiro momento, foram obtidos resultados totais de perdas de solos por classes de uso na bacia hidrográfica do rio Iquiri, exemplificado na Tabela 1.

As maiores extensões de terras estão destinadas a Pastagem sem invasora, Floresta Primária e Secundária, além da Pastagem com muita invasora, seguindo esta ordem. Apesar de possuírem maiores distribuições de terra, as três classes citadas anteriormente apresentaram baixas estimativas de perda de solo quando analisado em Mg/ha ano, variando de 0,06 à 0,91 Mg/ha ano (Tabela 1). Por outro lado, os manejos que correspondem a Lavoura Temporária e Perene apresentaram as maiores estimativas de perda, sendo regiões de pequena área de manejo com grandes perdas anuais, chegando a 13,09 e 7,35 Mg/ha ano respectivamente (Tabela 1).

Se analisarmos as estimativas obtidas de acordo com as características geomorfológica Convexa (Tabela 2), Tabular de drenagem média (Tabela 3) e Tabular de drenagem muito baixa (Tabela 4), vamos perceber que as maiores estimativas estão presentes no topo Tabular com drenagem média, em Mg/ha ano. Muito pela presença de

Lavouras e pela intensidade da drenagem, que em apenas 5,95 hectares de Lavoura Temporária, são perdidos cerca de 125,31 Mg de solo por ano (Tabela 3).

Entre as características geomorfológicas, as maiores perdas de solo se encontram na parte central da bacia, na região do baixo Acre onde temos a jusante da bacia hidrográfica (Figuras 2 e 3). A característica de topo Tabular com drenagem muito baixa foi a região que apresentou menor perda em média anual de solo, mostrando que a intensidade da drenagem é um fator determinante para as estimativas realizadas (Tabela 4).

Classes de uso	Área (ha)	Perda de solo	
		Mg/ano	Mg/ha ano
Outros Usos	574,99	0,00	0,00
Quintal Doméstico	84,39	87,45	1,04
Floresta Primária Secundária	8.829,46	538,24	0,06
Mata Ciliar	82,89	14,07	0,17
Floresta Plantada	287,83	553,69	1,92
Pastagem sem invasora	12.063,05	10.949,56	0,91
Pastagem com invasora	667,86	922,31	1,38
Pastagem muita Invasora	1.711,31	419,58	0,25
Pastagem Solo Exposto	48,96	109,44	2,24
Lavoura Perene	172,69	1.268,64	7,35
Lavoura Temporária	88,62	1.160,14	13,09
<b>TOTAL</b>	<b>24.612,05</b>	<b>16.023,12</b>	<b>0,65</b>

Tabela 1. Área e estimativas de perda de solo por classe de uso e manejo em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri – AC.

Classes de uso	Área (ha)	Perda de solo Mg/ano	Perda de solo Mg/ha ano
Outros Usos	43,67	0,00	0,00
Quintal Doméstico	15,73	14,00	0,89
Floresta Primária Secundária	409,08	18,50	0,05
Mata Ciliar	39,81	4,03	0,10
Floresta Plantada	52,67	56,13	1,07
Pastagem sem invasora	1.046,09	1.337,47	1,28
Pastagem com invasora	49,16	89,42	1,82
Pastagem muita Invasora	175,49	26,84	0,15
Pastagem Solo	13,61	133,23	9,79

Exposto			
Lavoura Perene	19,45	7,15	0,37
Lavoura Temporária	1,88	7,60	4,05
<b>TOTAL</b>	<b>1.866,63</b>	<b>1.694,38</b>	<b>0,91</b>

Tabela 2. Estimativa de perda de solo a partir da geomorfologia de topo Convexo e drenagem Média em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri - AC.

Classes de uso	Área (ha)	Perda de solo Mg/ano	Perda de solo Mg/ha ano
Outros Usos	66,19	0,00	0,00
Quintal Doméstico	8,05	17,24	2,14
Floresta Primária Secundária	954,89	51,85	0,05
Mata Ciliar	22,86	6,23	0,27
Floresta Plantada	22,29	117,00	5,25
Pastagem sem invasora	1.896,03	2.581,08	1,36
Pastagem com invasora	80,18	189,16	2,36
Pastagem muita Invasora	189,40	95,26	0,50
Pastagem Solo Exposto	25,09	96,74	3,86
Lavoura Perene	42,27	982,10	23,23
Lavoura Temporária	5,95	125,31	21,05
<b>TOTAL</b>	<b>3.313,22</b>	<b>4.261,99</b>	<b>1,29</b>

Tabela 3. Estimativa de perda de solo a partir da geomorfologia de topo Tabular e drenagem Média em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri - AC.

Classes de uso	Área (ha)	Perda de solo Mg/ano	Perda de solo Mg/ha ano
Outros Usos	286,74	0,00	0,00
Quintal Doméstico	59,38	56,84	0,96
Floresta Primária Secundária	6.119,20	289,81	0,05
Mata Ciliar	151,35	13,75	0,09
Floresta Plantada	187,37	374,05	2,00
Pastagem sem invasora	7.638,64	5.587,60	0,73
Pastagem com invasora	463,87	617,81	1,33
Pastagem muita Invasora	1.186,49	286,32	0,24



Pastagem Solo Exposto	80,42	344,82	4,29
Lavoura Perene	60,13	188,42	3,13
Lavoura Temporária	86,28	1.213,05	14,06
<b>TOTAL</b>	<b>16.319,88</b>	<b>8.972,47</b>	<b>0,55</b>

Tabela 4. Estimativa de perda de solo a partir da geomorfologia de topo Tabular e drenagem Muito Baixa em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri - AC.

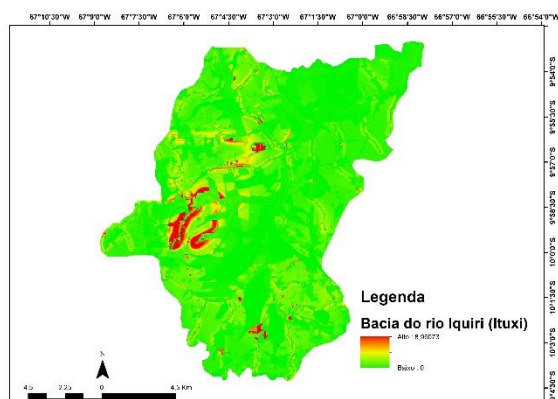


Figura 2. Espacialização da perda de solo total em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri - AC.

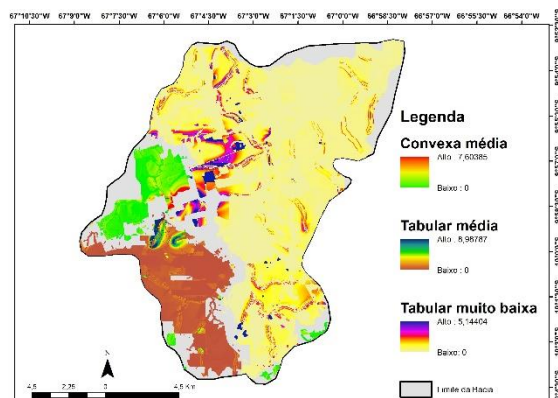


Figura 3. Espacialização da perda de solo por característica geomorfológica em parte da bacia hidrográfica do rio Iquiri - AC.

#### 4. DISCUSSÃO

A partir das estimativas obtidas e expostas nas tabelas, podemos pontuar classes de manejo e situações que intensifiquem a perda de solo. Destacam-se como principal foco de perda de solo as classes de Lavoura Perene e Temporária, apesar de uma queda nos valores quando analisada no topo Tabular com drenagem muito baixa (Tabela 4). Outra observação é a espacialização destas perdas, como visto nas Figuras 2 e 3, acontece uma concentração de perda de solo na parte central da bacia,

onde temos a região do baixo Acre e a jusante da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi).

#### 5. CONCLUSÕES

A aplicação do software InVEST e seu módulo SDR, proporcionou resultados que permitem a identificação de áreas com maiores estimativas de perda de solo, em um cenário atual de erosão. Em praticamente todas as características que foram analisadas, exceto a geomorfologia de topo Convexo (Tabela 2), a classe de uso que cobre as Lavouras Temporária e Perene foi a que apresentou maiores valores de perda de solo em Mg/ha ano, muito pelo cultivo de banana e café, que são predominantes na região e provocam uma grande exposição do solo em sua base. Uma alternativa para controlar tal perda, seria a adoção de práticas conservacionistas tais como cultivo com cobertura do solo, terraceamento. O mesmo se encaixa para as estimativas obtidas no assentamento Pedro Peixoto, onde se exige muito das terras para a manutenção de pequenos agricultores.

#### 6. REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p.

DENNEDY-FRANK, P. J.; MUENICH, R. L.; CHAUBEY, I.; ZIV, G. Comparing two tools for ecosystem service assessments regarding water resources decisions. *Journal of Environmental Management*, v. 177, n. April, p. 331–340, 2016.

HUTCHINSON, J.N. **General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology : Proc 5th International Symposium on Landslides**, Lausanne, 10–15 July 1988 V1, P3–35. Publ Rotterdam: A A Balkema, 1988. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 26.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociências: informações ambientais, vegetação, vetores, escala 1:250.000, versão 2009**.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M.A. **Rainfall erosivity in Brazil: a review**. *Catena*, p.139-147, 2012.

QUARTAROLI, C. F.; TÔSTO, S. G.; GOMES, M.A F.; FERREIRA, R. R. M. Uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia- AC (prelo).

SILVA, J. M. L.; RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A.; CARVALHO, E. J. M.; CAMPOS, A. G. S.; RAPOSO, R. P. **Levantamento de reconhecimento de Alta Intensidade dos solos no município de Acrelândia, Estado do Acre**. Folhetos, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2006.

THOMAZ, E. L. **Erosão do solo: teorias, métodos e perspectivas** / Edivaldo L. Thomaz – Curitiba: CRV, 2019. 260 p.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. Vulnerabilidade dos Solos à Erosão: Estimativa da Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu – RJ, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 237, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2015. 30 p