



Otimização de zonas de vegetação para minimizar a perda de solos em bacias hidrográficas

Getulio Fonseca Domingues

Orientador – Prof. Alexandre Rosa dos Santos

O Problema

- 30% dos solos do mundo estão degradados e as alterações climáticas aceleram este processo (FAO, 2015).
- A perda de solos tem efeitos nefastos para a segurança alimentar e a agricultura familiar, enquanto em 2050 ocorrerá um aumento de 60% na demanda por alimentos (FAO, 2015).
- O assoreamento dos recursos hídricos prejudica a fauna e aumenta os riscos de cheias e enchentes.
- As pastagens e áreas agrícolas, que ocupam vastas extensões do território nacional, apresentam um manejo inadequado, associado a forte degradação ambiental.

Soluções

- Medidas de caráter mecânico
- Manejo adequado do solo e da vegetação
 - Zonas de vegetação

Desafio

- Qual é o tamanho, forma ideal e os locais mais apropriados para instalação das zonas de vegetação para que apresentem maior eficiência na retenção de sedimentos e na prevenção da erosão.

Desafio

- O problema de localização-alocação de zonas de vegetação é de natureza combinatória.
- O número de avaliações que um algoritmo necessita fazer aumenta de forma explosiva (função exponencial - 2^n ou função fatorial - $n!$) com o aumento do tamanho (n) do problema.

Objetivo

- Criar uma metodologia para otimizar a alocação de zonas de vegetação para reduzir a erosão e aumentar a retenção de sedimentos em uma bacia hidrográfica.

Metodologia

- Modelagem Numérica do Terreno (Tarboton, 1997).
- Modelagem da Erosão e Deposição de Sedimentos (Mitasova et al, 1996).
- Otimização das zonas de restauração utilizando um modelo heurístico.

Metodologia

- Modelagem Numérica do Terreno (Tarboton, 1997).

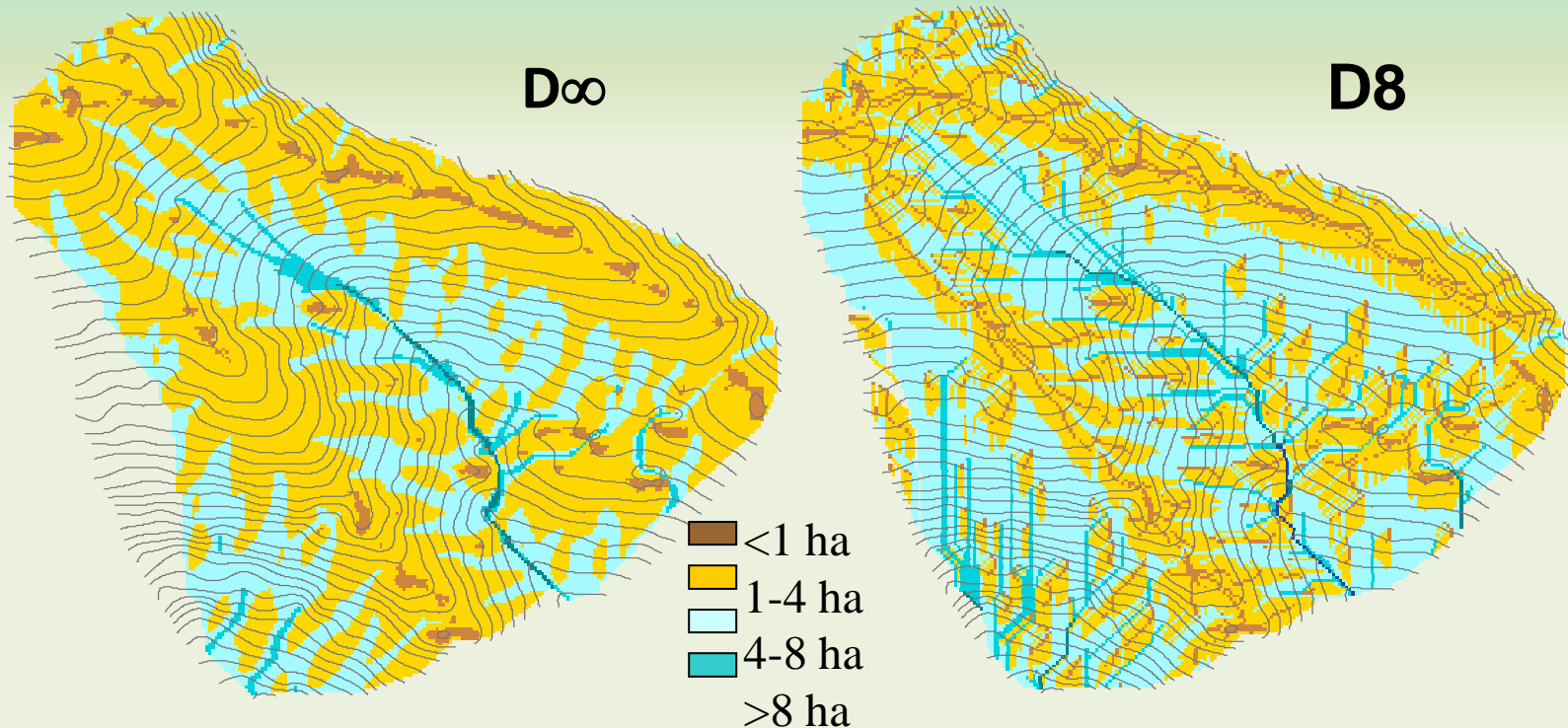


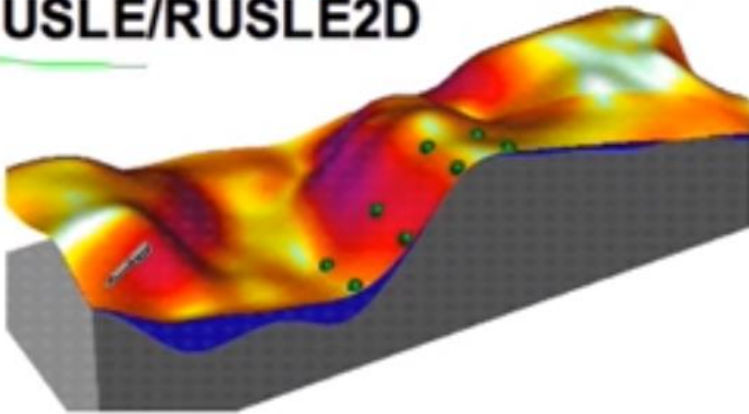
Table 2. Differences Between Theoretical and DEM-Computed Upslope Area for Test Examples Expressed in Terms of the Mean Error and Mean Square Error

	Outward Cone		Inward Cone		Plane	
	Bias Mean $(A - \hat{A})$	MSE Mean $((A - \hat{A})^2)$	Bias Mean $(A - \hat{A})$	MSE Mean $((A - \hat{A})^2)$	Bias Mean $(A - \hat{A})$	MSE Mean $((A - \hat{A})^2)$
D8	-0.13	2.13	1.76	118.88	-0.17	0.065
MS	-0.81	0.69	-1.07	5.70	-1.37	2.065
Lea's [1992] method	-1.29	2.41	-4.05	44.00	-2.57	7.912
DEMON	-0.37	0.17	-0.37	19.23	-0.40	0.161
D_{∞}	-0.13	0.20	1.87	30.58	-0.17	0.065

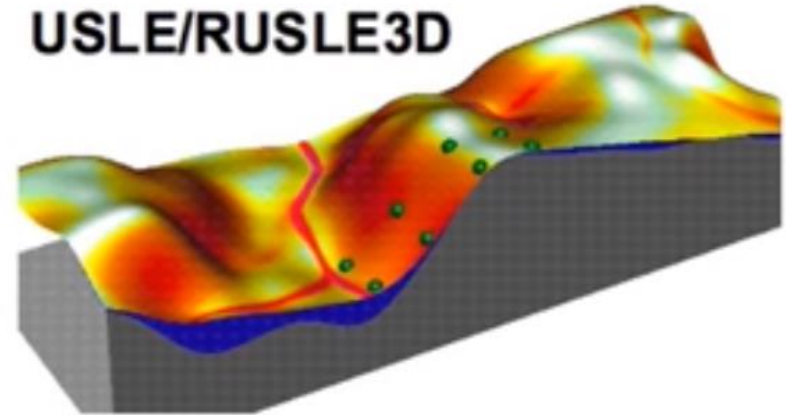
Metodologia

- Modelagem da Erosão e Deposição de Sedimentos (Mitasova et al, 1996).

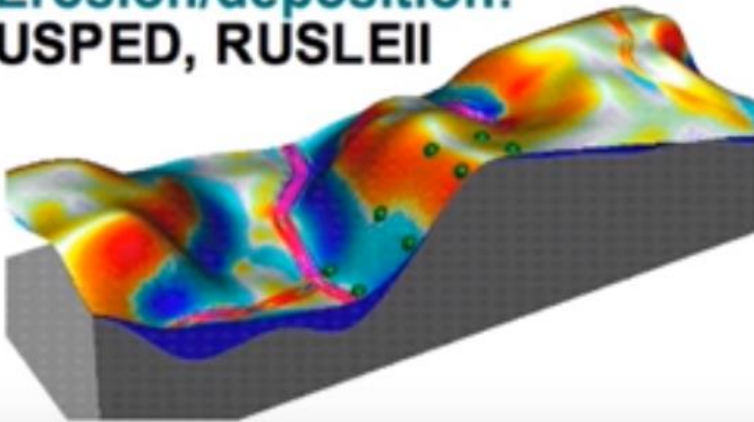
Erosion only:
USLE/RUSLE2D



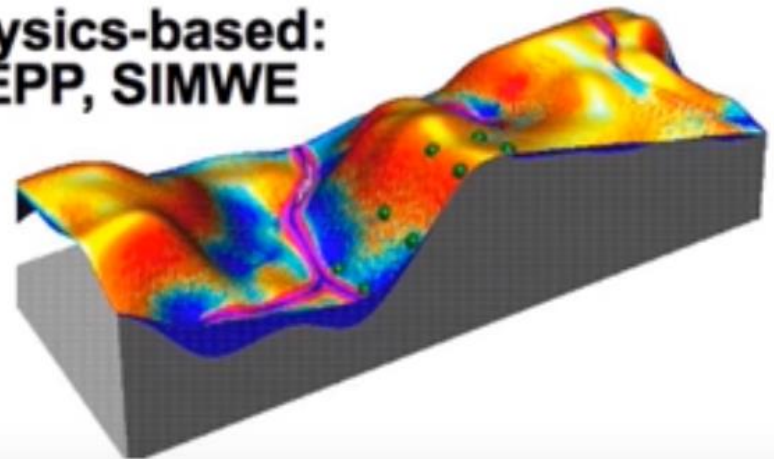
USLE/RUSLE3D



Erosion/deposition:
USPED, RUSLEII



physics-based:
WEPP, SIMWE



Metodologia

- Modelagem da Erosão e Deposição de Sedimentos (Mitasova et al, 1996).

USPED Model (Unit Stream Power Erosion Deposition)

$$T = R.K.C.P.U^m . (\sin\beta)^n$$

onde

R: fator de erosividade da chuva (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹);

K: fator de erodibilidade do solo (Mg.h.MJ⁻¹.mm⁻¹);

C: fator de uso/manejo do solo (adimensional)

P: fator de práticas conservacionistas (adimensional)

U: área de contribuição por unidade de largura (m².m⁻¹);

β : o ângulo de inclinação em graus;

$$ED = d(T * \cos a)/dx + d(T * \sin a)/dy$$

Metodologia

Inicializar

Gera N soluções viáveis aleatoriamente;

Salva N na população Pop;

Repita Gerações vezes:

Avaliação e Seleção

Aplica o Modelo USPED para cada solução em Pop;

Seleciona N/2 melhores soluções e as salva em Pais;

Recombinação

Repita N/4 vezes:

Seleção por amostragem estocástica uniforme de duas soluções, pai1 e pai2, de Pais;

gera filho1 e filho2 por recombinação de pai1 e pai2;

salva filho1 e filho2 em Filhos;

Memética

Repita N/2 vezes:

seleciona uma solução filho de Filhos;

Realoca probabilisticamente X células com base na vizinhança;

Aloca probabilisticamente as X células pelo inverso da distância das zonas de restauração;

atualiza filho em Filhos

Mutação

Repita N/2 vezes:

seleciona uma solução filho de Filhos;

se valor aleatório < 20%:

Realoca probabilisticamente X células com base na vizinhança;

Aloca probabilisticamente as X células diretamente proporcional à distância euclidiana das zonas de restauração;

atualiza filho em Filhos

Atualiza a População

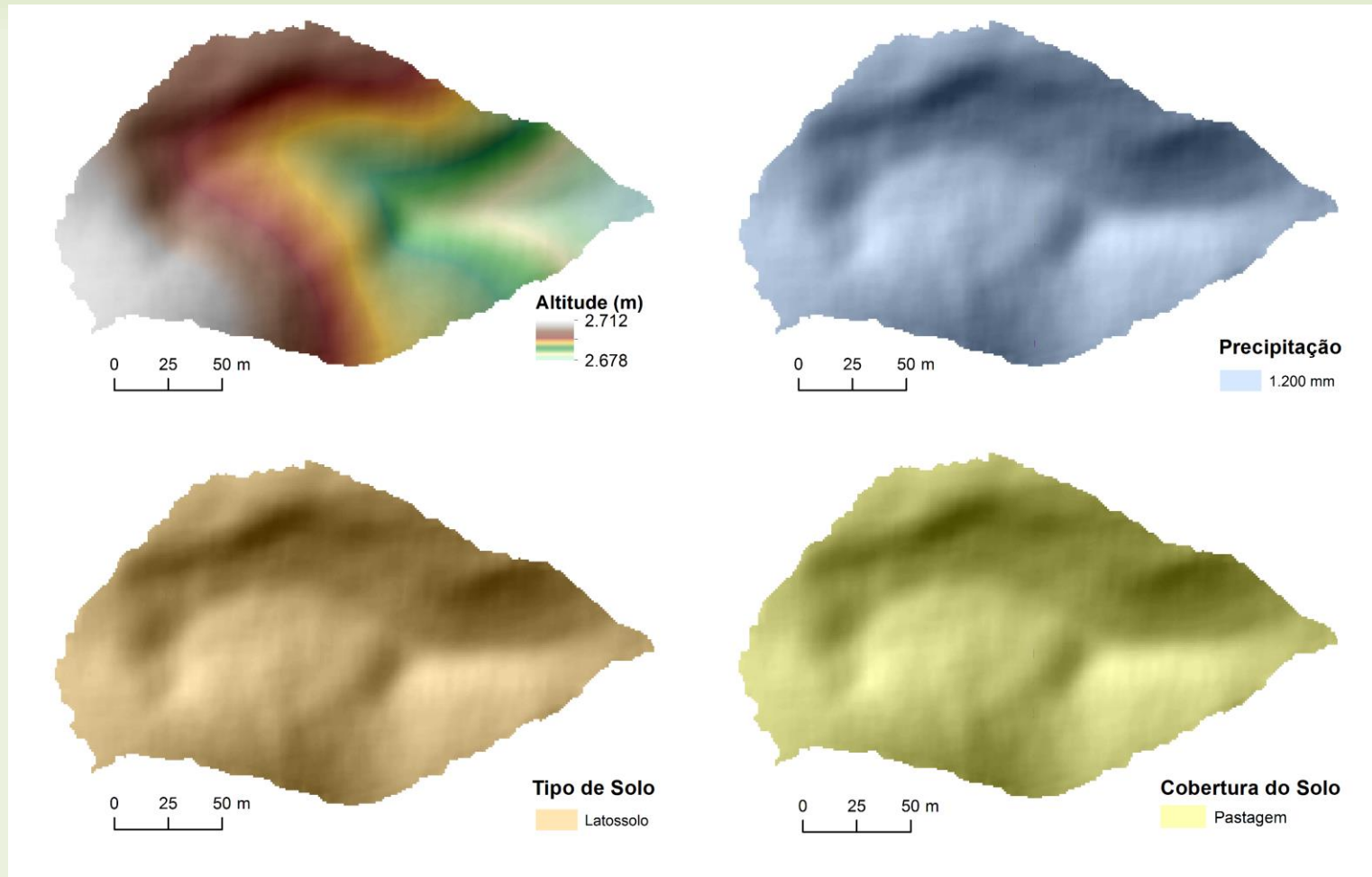
Pop = Pais + Filhos

Retorna a melhor solução

retorna a melhor solução em Pop;

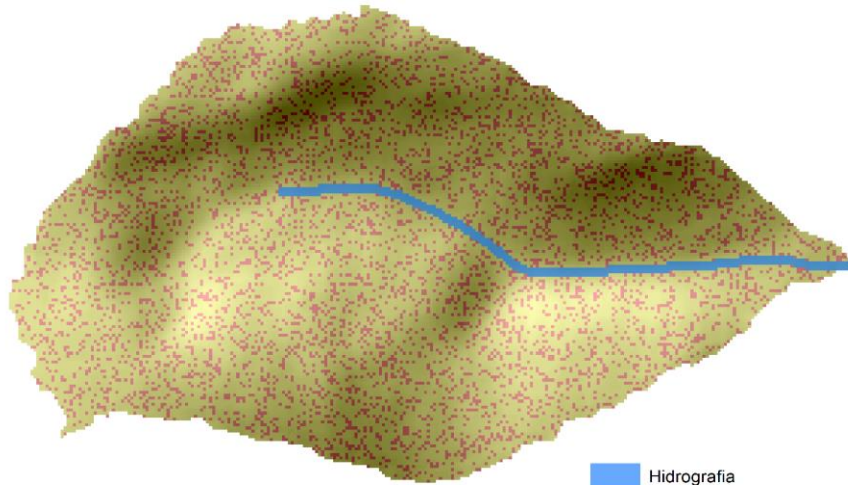
Metodologia

Área de Estudo



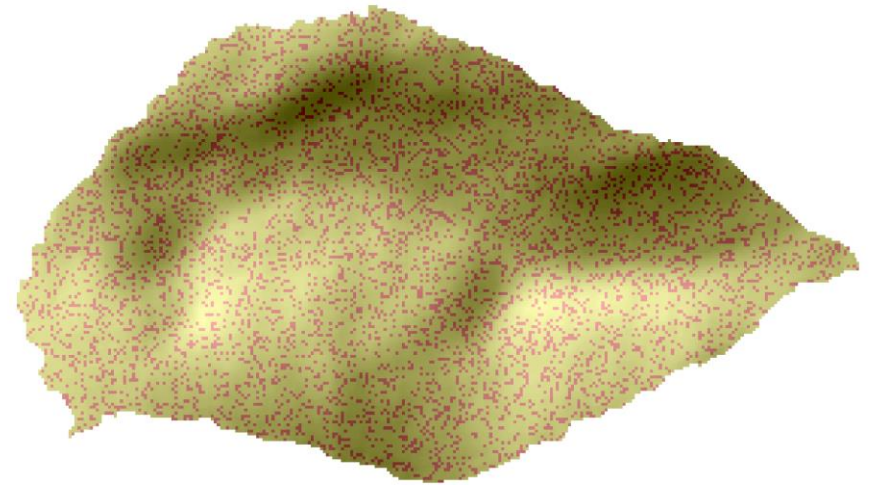
Metodologia

Restauração de 20% da área



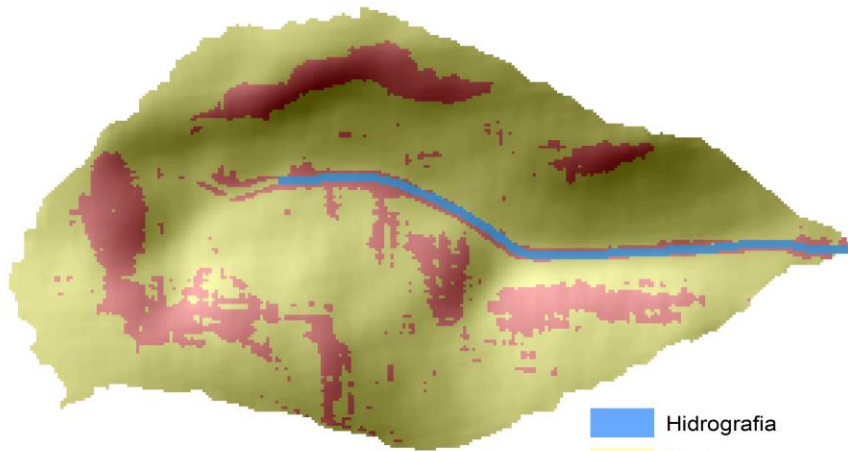
0 25 50 m

■ Hidrografia
■ Pastagem
■ Restauração Florestal



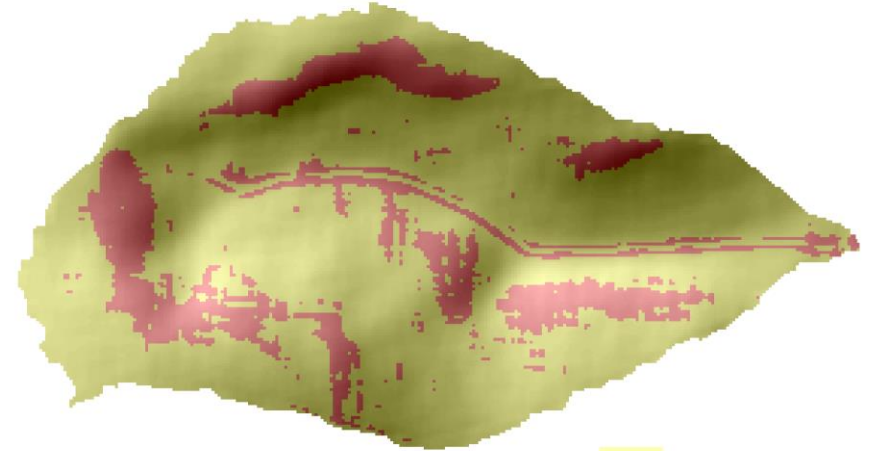
0 25 50 m

■ Pastagem
■ Restauração Florestal



0 25 50 m

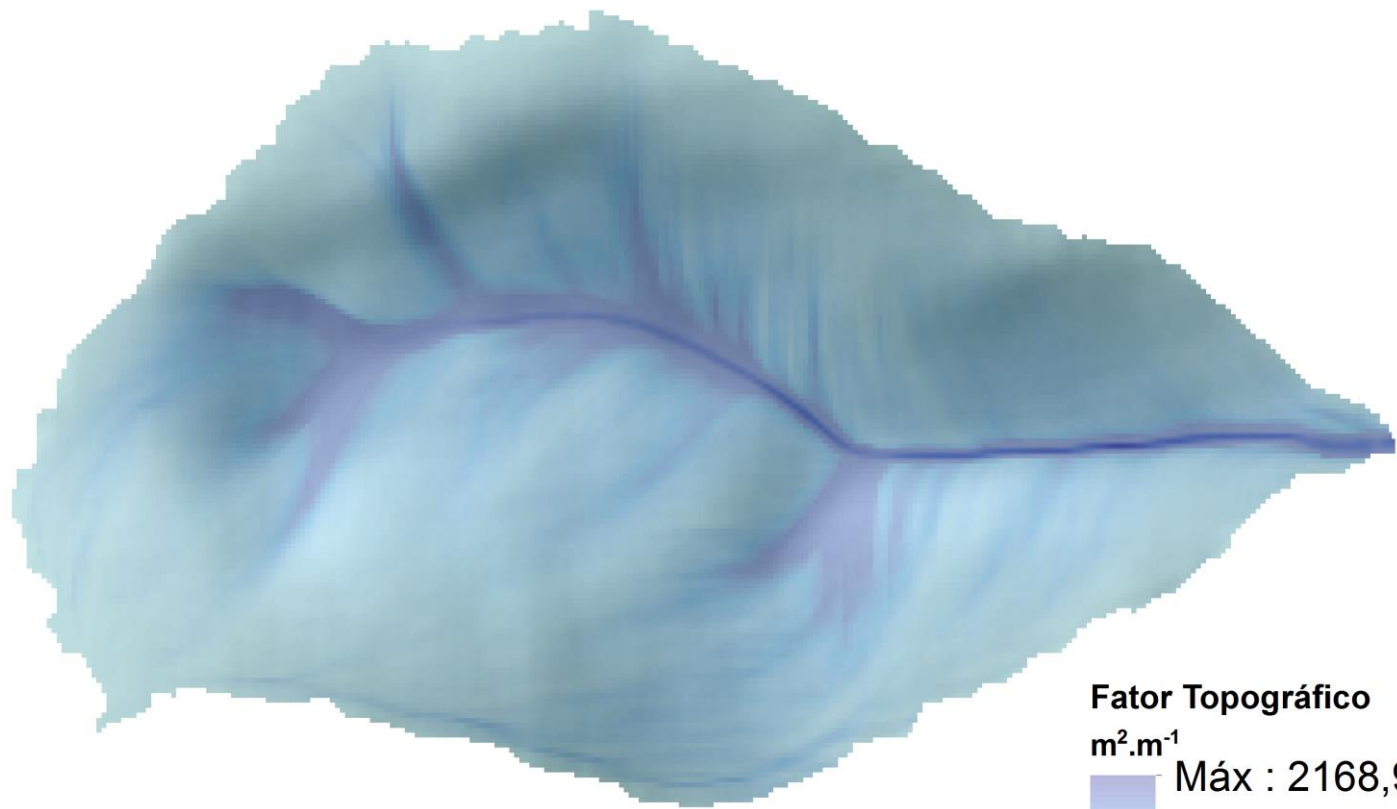
■ Hidrografia
■ Pastagem
■ Restauração Florestal



0 25 50 m

■ Pastagem
■ Restauração Florestal

Resultado



0 25 50 m

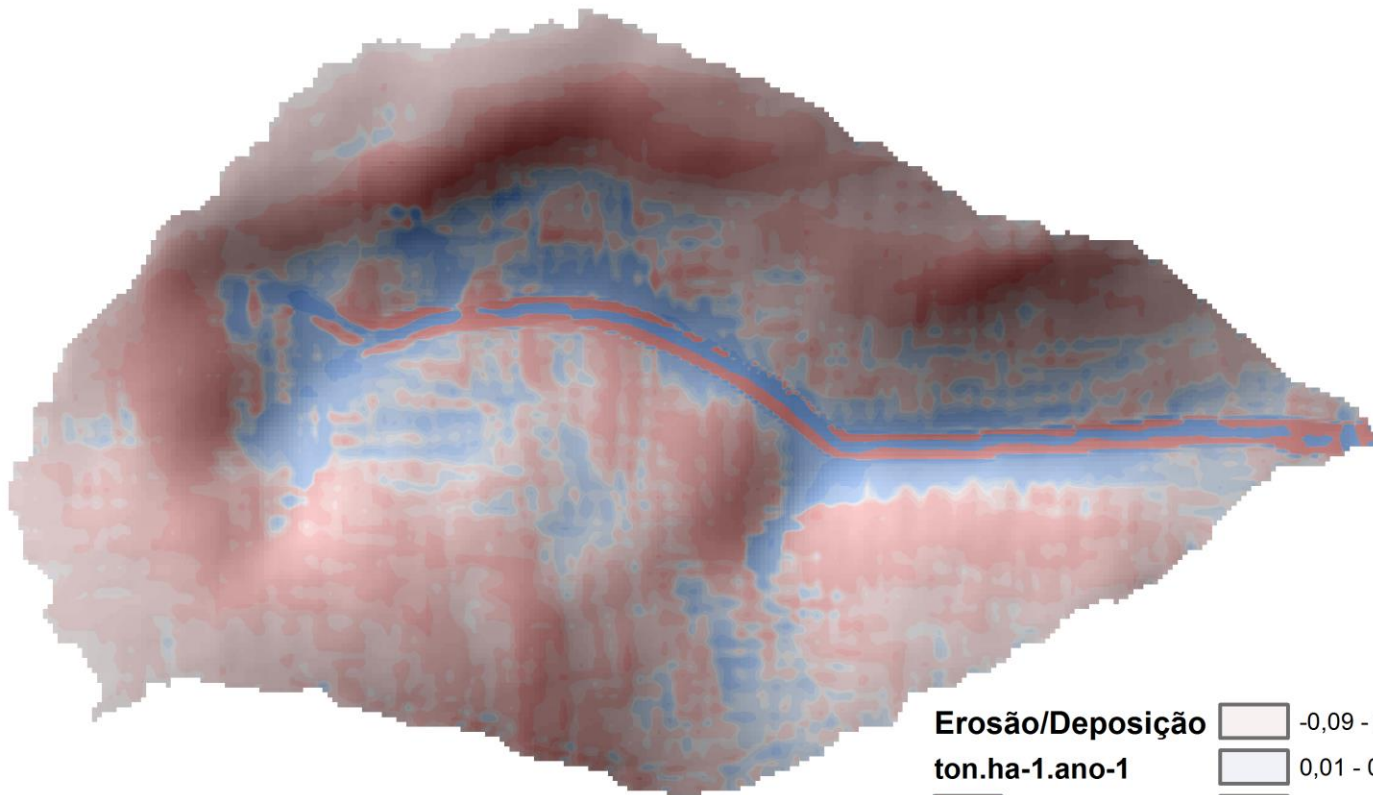
Fator Topográfico

$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$











Máx : 2168,99

Mín : 0,0084

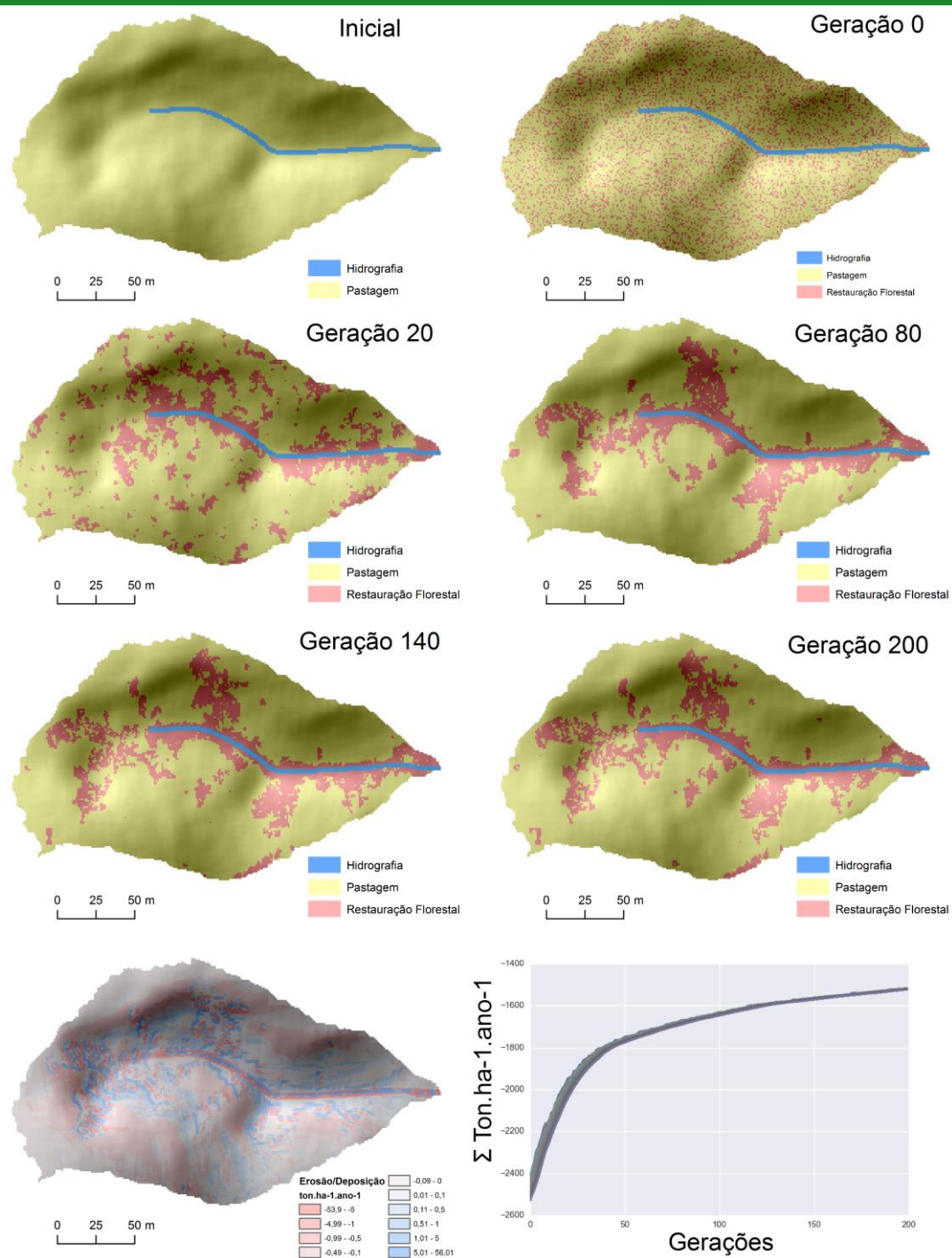
Resultado



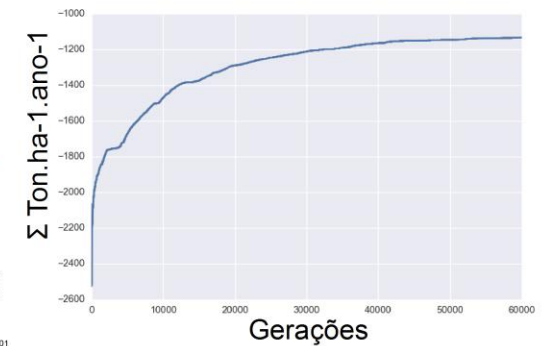
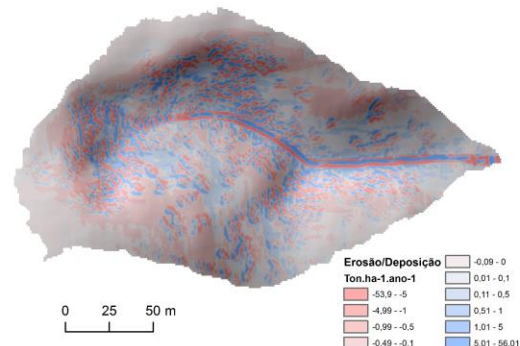
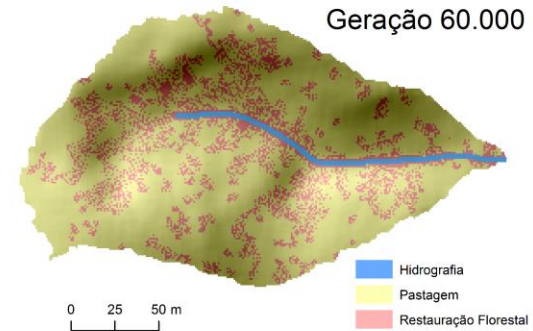
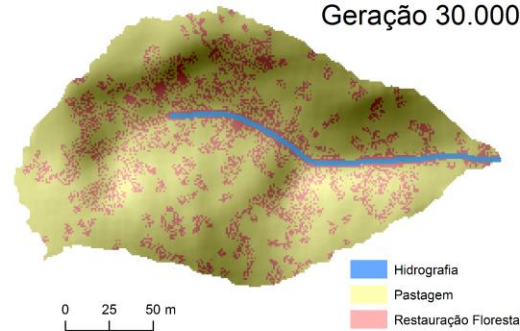
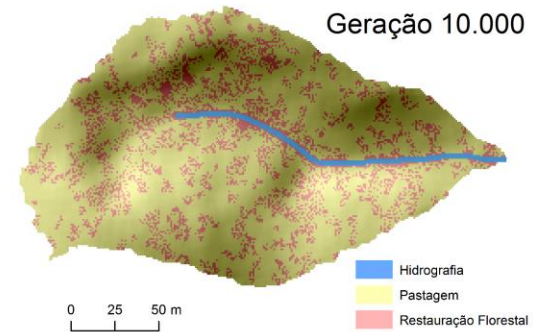
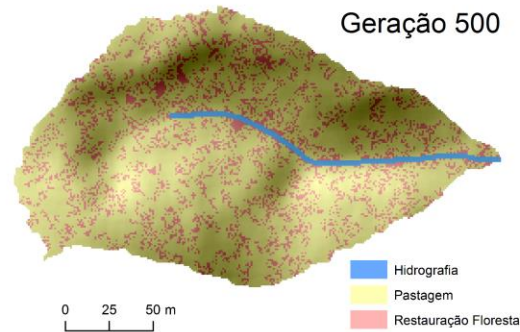
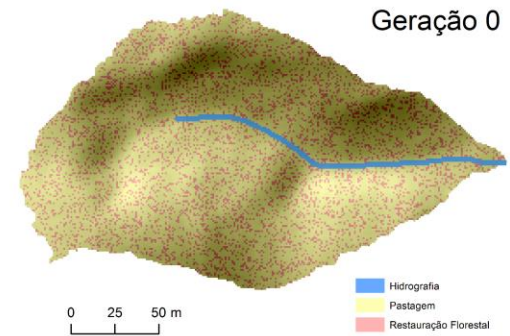
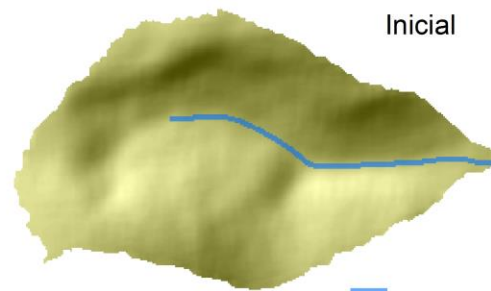
0 25 50 m

Erosão/Deposição	
	-0,09 - 0
	0,01 - 0,1
	-53,9 - -5
	0,11 - 0,5
	-4,99 - -1
	0,51 - 1
	-0,99 - -0,5
	1,01 - 5
	-0,49 - -0,1
	5,01 - 56,01

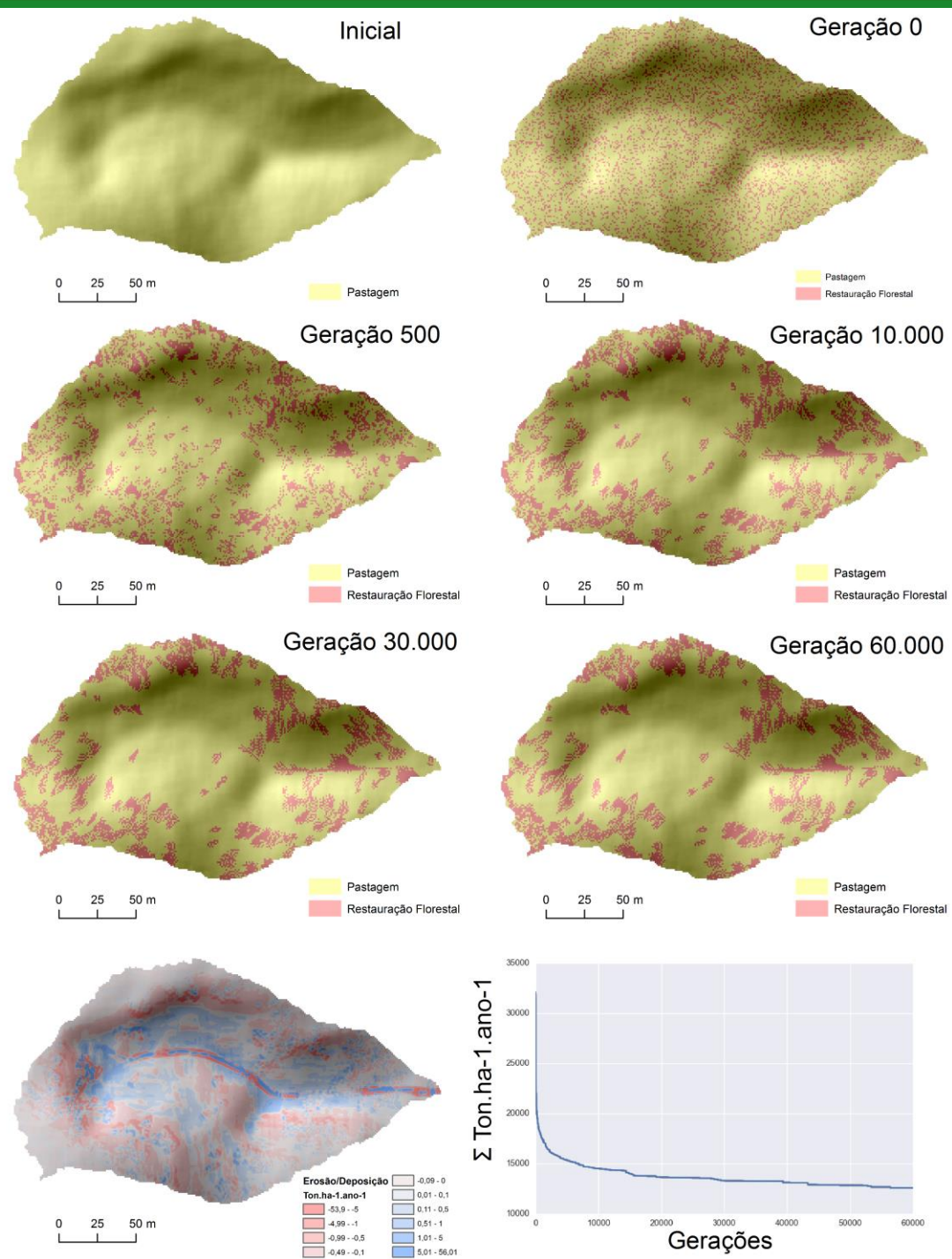
Resultado



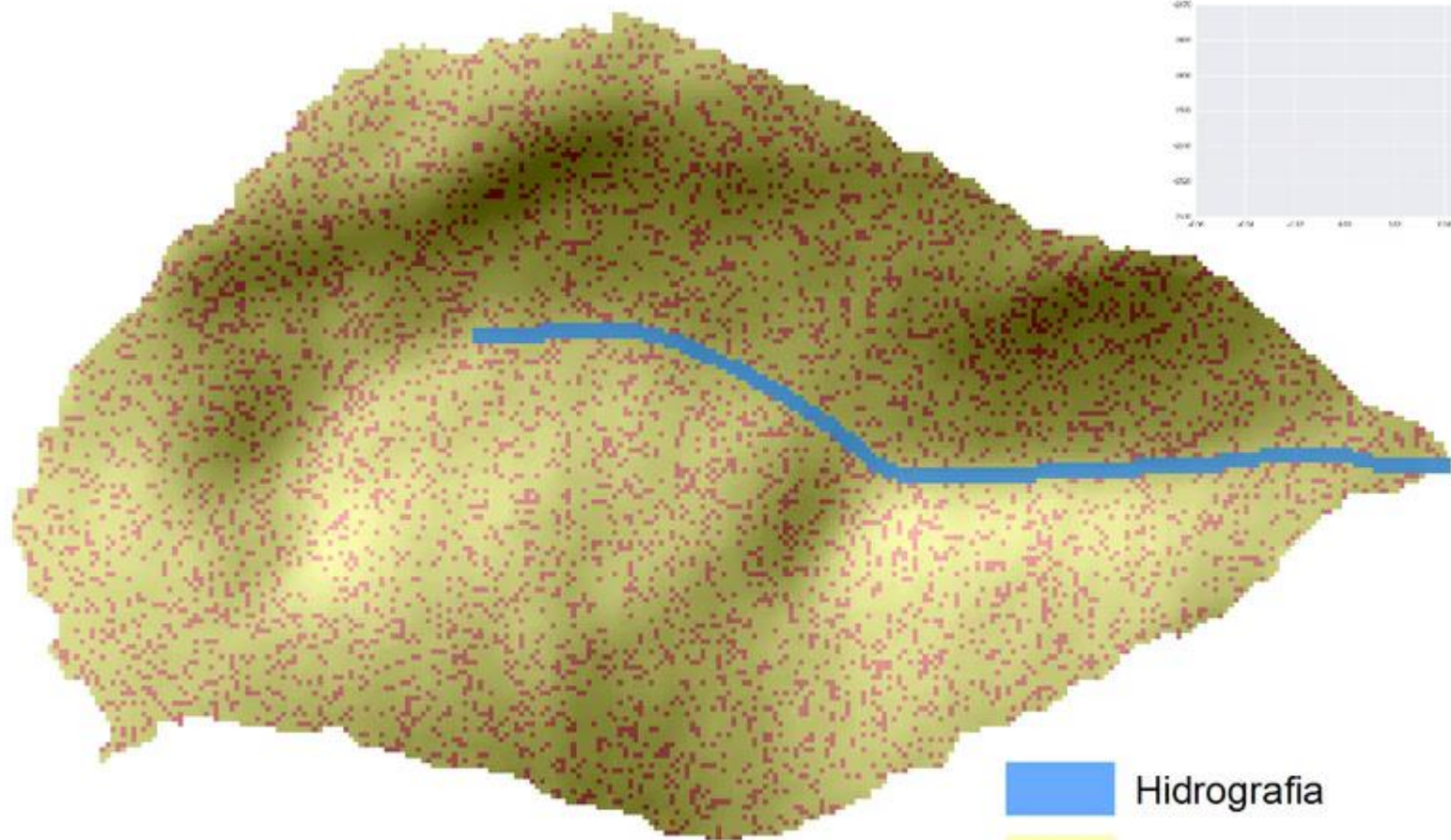
Resultado



Resultado



Resultado



0 25 50 m

-  Hidrografia
-  Pastagem
-  Restauração Florestal

Resultado

	Hidrografia	
	Presença	Ausência
Inicial	-2.358,46	16.058,62
Geração 0	-2.478,51	31.074,07
Geração 60.000	-1.132,29	12.581,23
20% de maior Erosão	-2.045,55	23.223,98

Resultado

População	Iterações	horas
50	60000	58,3
50	60000	58,3
5000	140	99,4

Discussão

- O modelo USPED mostrou-se de fácil aplicabilidade em uma bacia hidrográfica, além de representar adequadamente os padrões de erosão e deposição de sedimentos;
- A metodologia proposta permitiu otimizar tanto a redução da erosão quanto o aumento da retenção de sedimentos;
- Na escala de uma bacia hidrográfica, recuperar as áreas que sofrem maior erosão não é a melhor solução;
- A solução obtida apresentou um ganho de 52% para a solução inicial e um ganho de 45% a mais que solução intuitiva;

Discussão

- Deve-se ter cautela ao interpretar os resultados de modificações da EUPS/EUPSM, como o USPED, pois para prever com acurácia as taxas de erosão e deposição, esses modelos precisam ser calibrados para uma área geográfica específica;
- Neste estudo, a intensidade dos fenômenos, bem como a influência dos fatores, e.g., o uso e a cobertura do solo, possuem maior importância quando analisados de forma relativa, ou seja, o seu verdadeiro valor é menos importante do que os padrões formados, pois o algoritmo é capaz de retornar boas soluções apenas considerando, por exemplo, que áreas reflorestadas têm maior efeito na prevenção da erosão e na retenção de sedimentos do que as pastagens;
- A inovação é considerar a bacia como um todo e realizar a otimização em nível de célula do *raster*, alocando áreas de restauração ao longo de toda a paisagem e buscando o melhor arranjo possível, ou seja, efetuando-se uma restauração de precisão;

Conclusão

- O algoritmo genético e o modelo USPED foram eficientes na alocação de zonas de restauração florestal para minimizar o problema de perda de solos, melhorando em até 52% o cenário inicial ao recuperar 20% da área total da bacia hidrográfica.
- A metodologia de otimização pode ser aplicada a qualquer bacia hidrográfica no mundo, considerando outras práticas de conservação do solo, i.e. utilizando-se gramíneas, agroflorestas, ou, ainda, outros modelos de erosão e deposição de solos.

OBRIQADO!!!