



XX RBMCSA

XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

O SOLO SOB AMEAÇA:
conexões necessárias ao
manejo e conservação
do solo e água!

20 a 24
de novembro de 2016
Foz do Iguaçu-PR

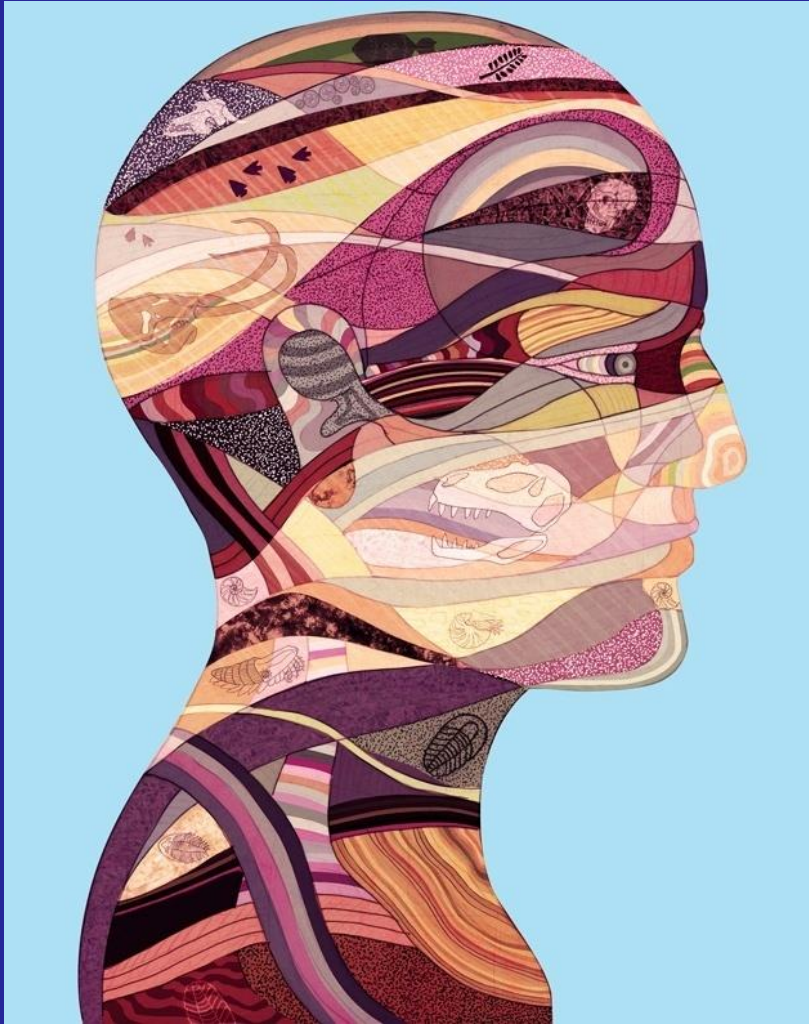
A CONTRIBUIÇÃO DA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA NO MONITORAMENTO E NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS IMPACTADAS POR DESASTRES AMBIENTAIS



PROF. MARX LEANDRO NAVES SILVA
SETOR DE FÍSICA E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA
UFLA-DCS - marx@dcs.ufla.br

Introdução

Será que estamos numa nova era geológica, o Antropoceno?

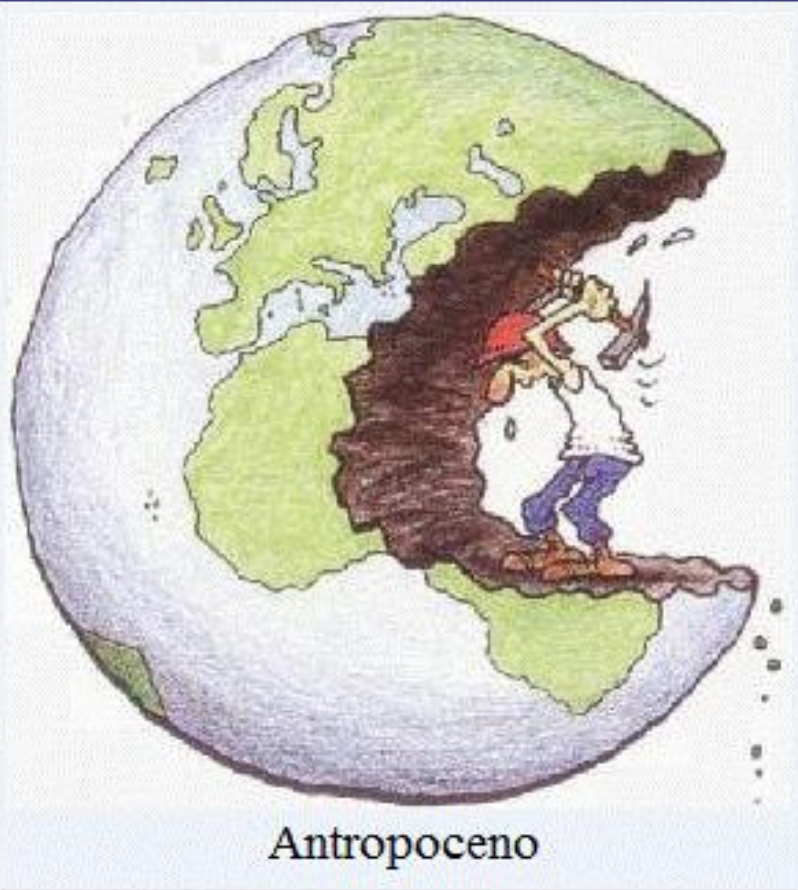


Não há dúvidas de que as atividades humanas podem ser sentidas e até medidas em escala global.

Mas será que essa influência é tão forte quanto as antigas forças da natureza que transformaram para sempre a Terra?

SIM!

Qual o papel da conservação do solo nesta nova era, o Antropoceno?



Antropoceno

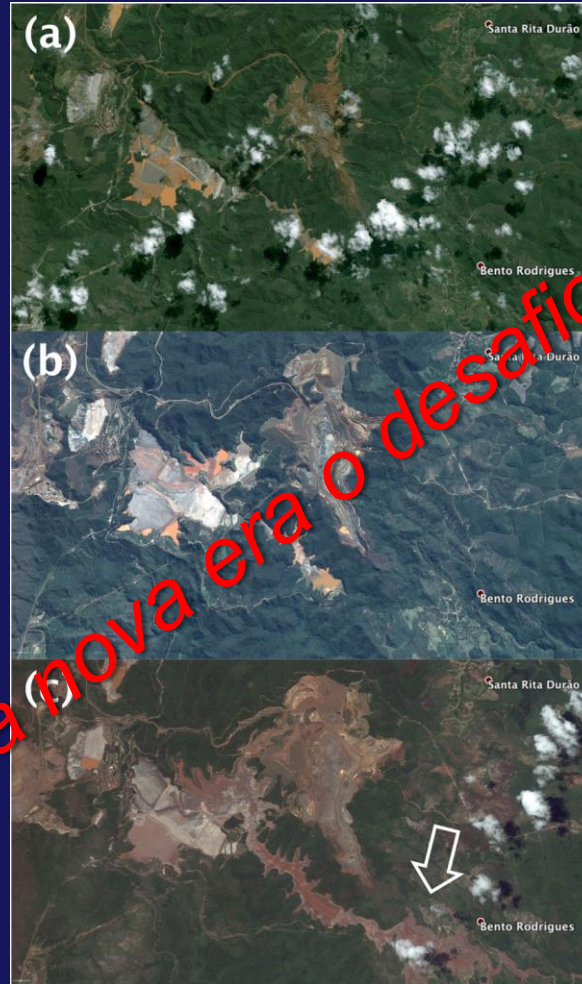
<http://geoconceicao.blogspot.com.br/>

A resiliência dos meios naturais foi ultrapassada.

A capacidade de auto-recuperação dos ecossistemas não consegue mais agir para voltar ao estado anterior a um desastre ambiental.

Precisamos das novas tecnologias e abordagens da conservação do solo e da água desenvolvidas pelo próprio homem que geraram o impacto ambiental.

Humans and the Earth's surface

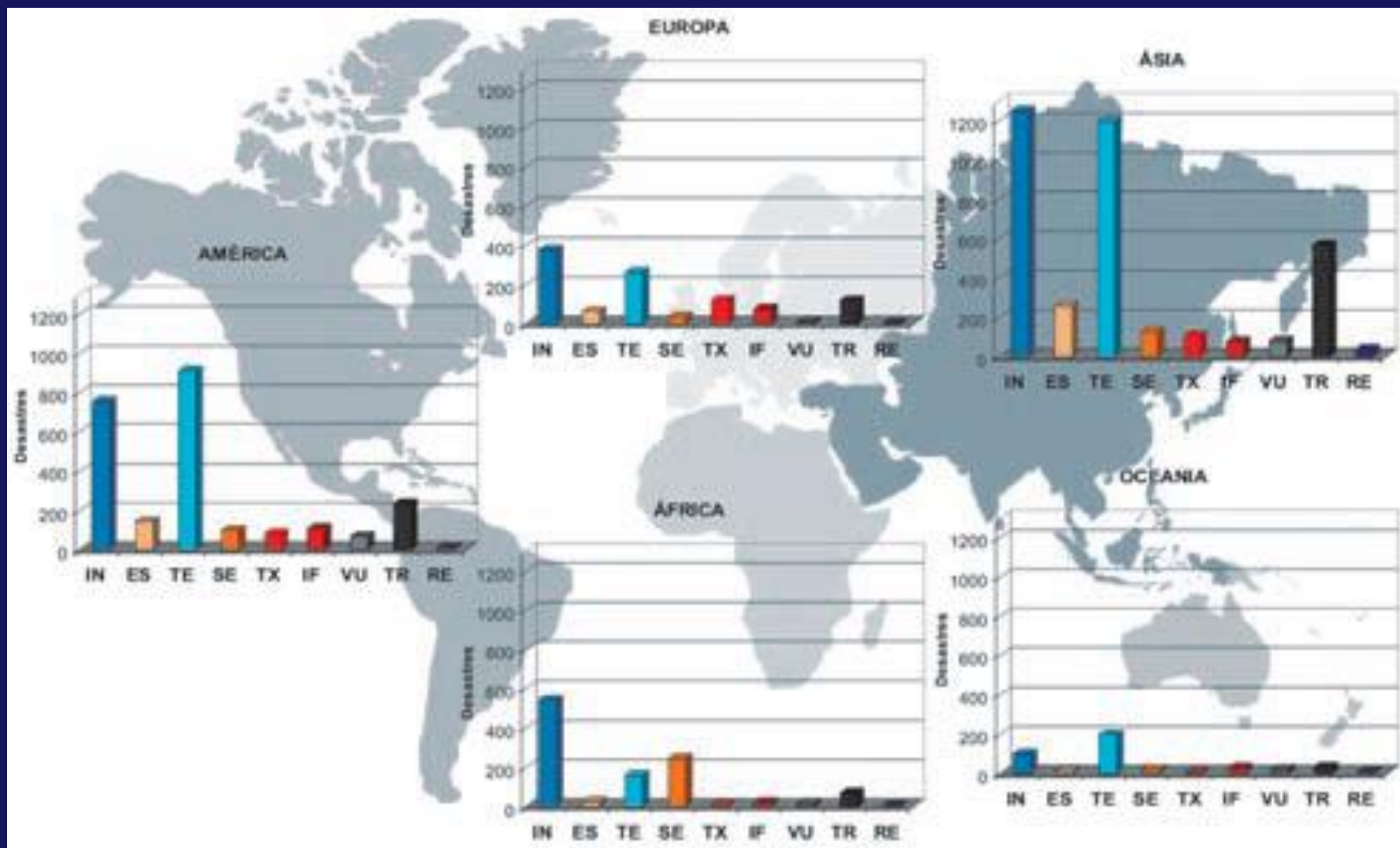


Tarolli, Earth Surf. Process. Landforms (2016)

Cicatrizes de uma nova era o desafio e a recuperação

Desastres naturais ou ambientais podem ser definidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto. (Tobin e Montz, 1997; Marcelino, 2008; Tominaga, Santoro, Amaral, 2009).

Distribuição dos tipos de desastres naturais no mundo, período 1900 - 2006 (Marcelino, 2007; Tominaga, Santoro, Amaral, 2009).



Legenda: IN – inundação, ES – escorregamento, TE – tempestades (furacões, tornados e vendavais), SE – secas, TX – temperatura extrema, IF – incêndios florestais; TR – terremoto; VU - vulcanismo; RE - ressaca.

Distribuição por região dos desastres atendidos pela Defesa Civil Nacional (SEDEC, 2009; Tominaga, Santoro, Amaral, 2009).

Saiba quais são os desastres mais frequentes atendidos pela Defesa Civil:

Região Norte: incêndios florestais e inundações.

Região Nordeste: secas e inundações.

Região Centro-Oeste: incêndios florestais.

Região Sudeste: deslizamento e inundações.

Região Sul: inundações, vendavais e granizo.

Ocupação além de sua capacidade de suporte e degradação física do solo devido ao uso e o manejo incorreto.



Objetivos

A degradação do solo engloba risco para a manutenção da vida no planeta. Pretende-se nesta palestra demonstrar o papel da conservação do solo e da água no monitoramento e na recuperação de áreas impactadas por desastres ambientais no Brasil.

A degradação do solo e os desastres ambientais

A degradação do solo pode ser química, física e/ou biológica. A principal forma de degradação do solo no Brasil é a física, entre estas podemos destacar a erosão hídrica.

No Brasil, os principais desastres ambientais que ocorreram nas últimas décadas, envolvendo os recursos solo e água, causaram grandes prejuízos ao homem e ao meio ambiente como um todo.

AGENTES DA DEGRADAÇÃO DO SOLO

QUÍMICA

FERTILIDADE
METAIS PESADOS
ADUBAÇÃO
DEFENSIVOS
RADIATIVIDADE
ÓLEOS
SALINIDADE
EMISSÕES (C, S e N)
OXI-REDUÇÃO
ACIDEZ
COMBUSTÍVEL
ALCALINIDADE

FÍSICA

COMPACTAÇÃO
EXPOSIÇÃO
DESERTIFICAÇÃO
EROSÃO HÍDRICA
EROSÃO EÓLICA
MINERAÇÃO
LIXIVIAÇÃO
DEPOSIÇÃO
DESAGREGAÇÃO

BIOLÓGICA

PECUÁRIA
ESTERELIZAÇÃO
PATÓGENOS
DESMATAMENTO
BIOSÓLIDO
ANTRÓPICA
ECOLÓGICA
SANITÁRIA
INFESTAÇÃO



2015 - Deslocamento de massa na barragem, Mariana (MG).



2003 - Deslocamento de massa na barragem, Cataguases (MG).

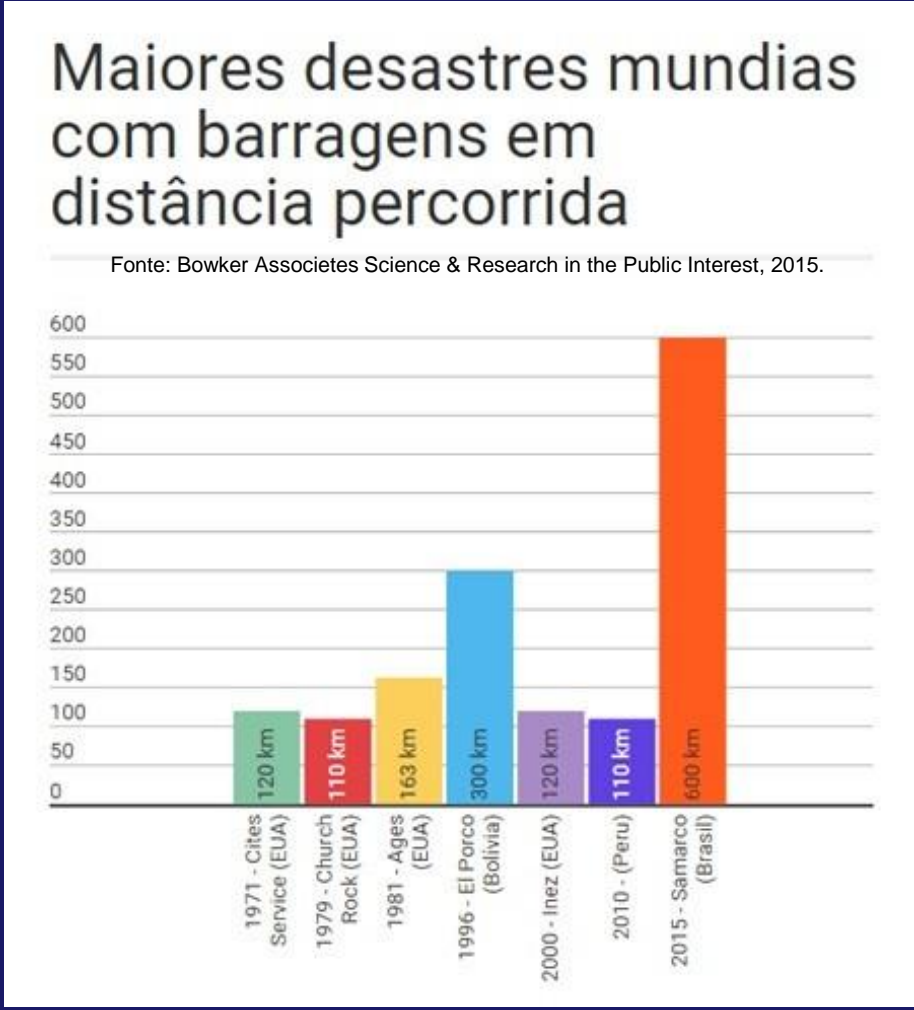
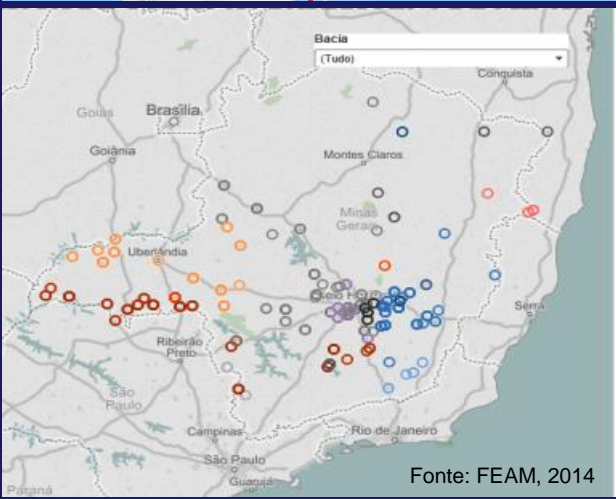
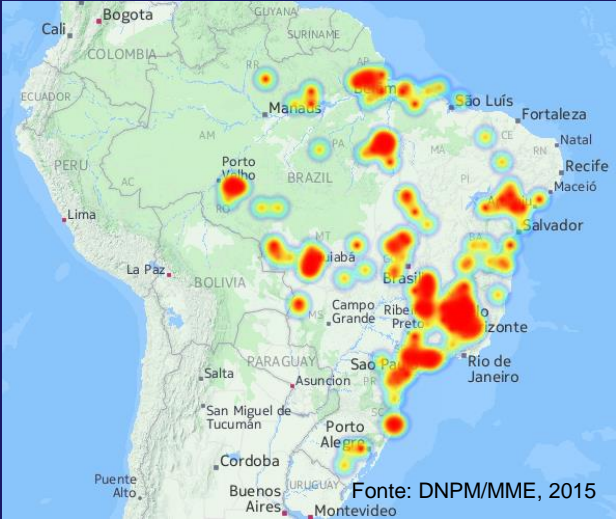


1994 - Vozoroca no Jardim Paulista, Bauru (SP).



2007 - Deslocamento de massa na barragem de mineração, Miraf (MG).

Concentração de barragens de rejeito no Brasil e no Estado de Minas Gerais

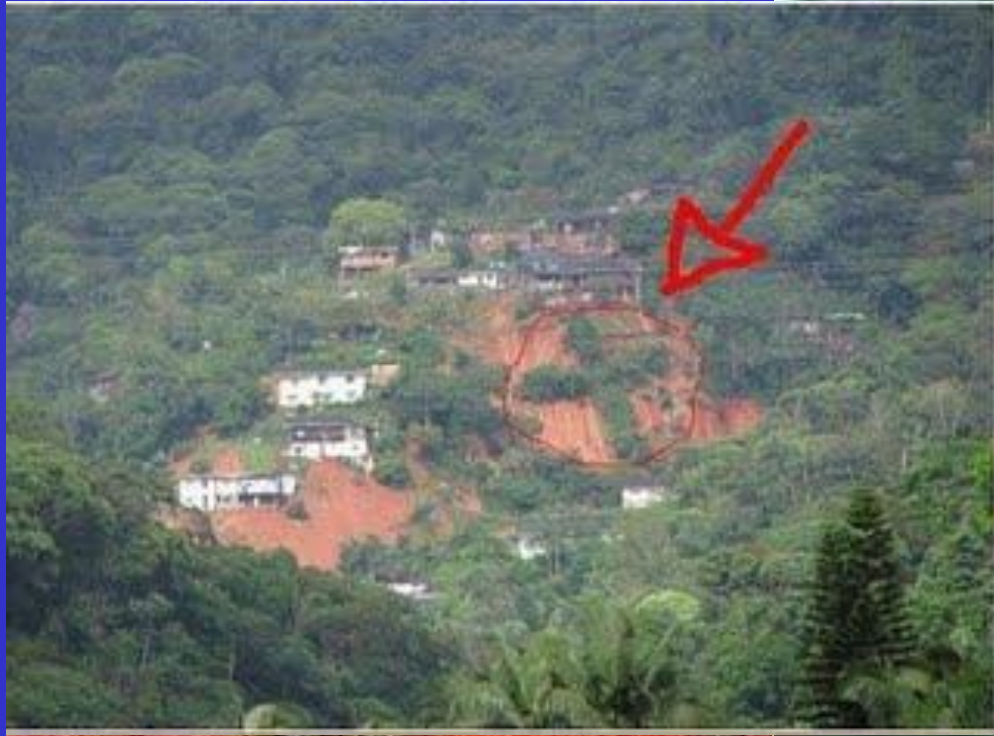


Estima-se que no Brasil existem 663 barragens de rejeitos de mineração e 295 barragens de resíduos industriais. No estado de Minas Gerias atualmente existem 315 barragens de rejeitos de mineração (ANA, 2015). No ano de 2008, houve 77 rompimentos de barragens no país, embora a maioria dos casos tenha ganhado pouca repercussão.

Erosões do tipo deslocamento de massa seguidas de grandes enchentes no Vale do Itajaí (SC) e na região serrana e litorânea do estado do Rio de Janeiro.



ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΟΡΟΣΤΑΤΗ



IMPACTO DA GOTA DE CHUVA



PINÁCULO



PEDESTAL



TUNEL (PIPING)



EROSÃO LAMINAR



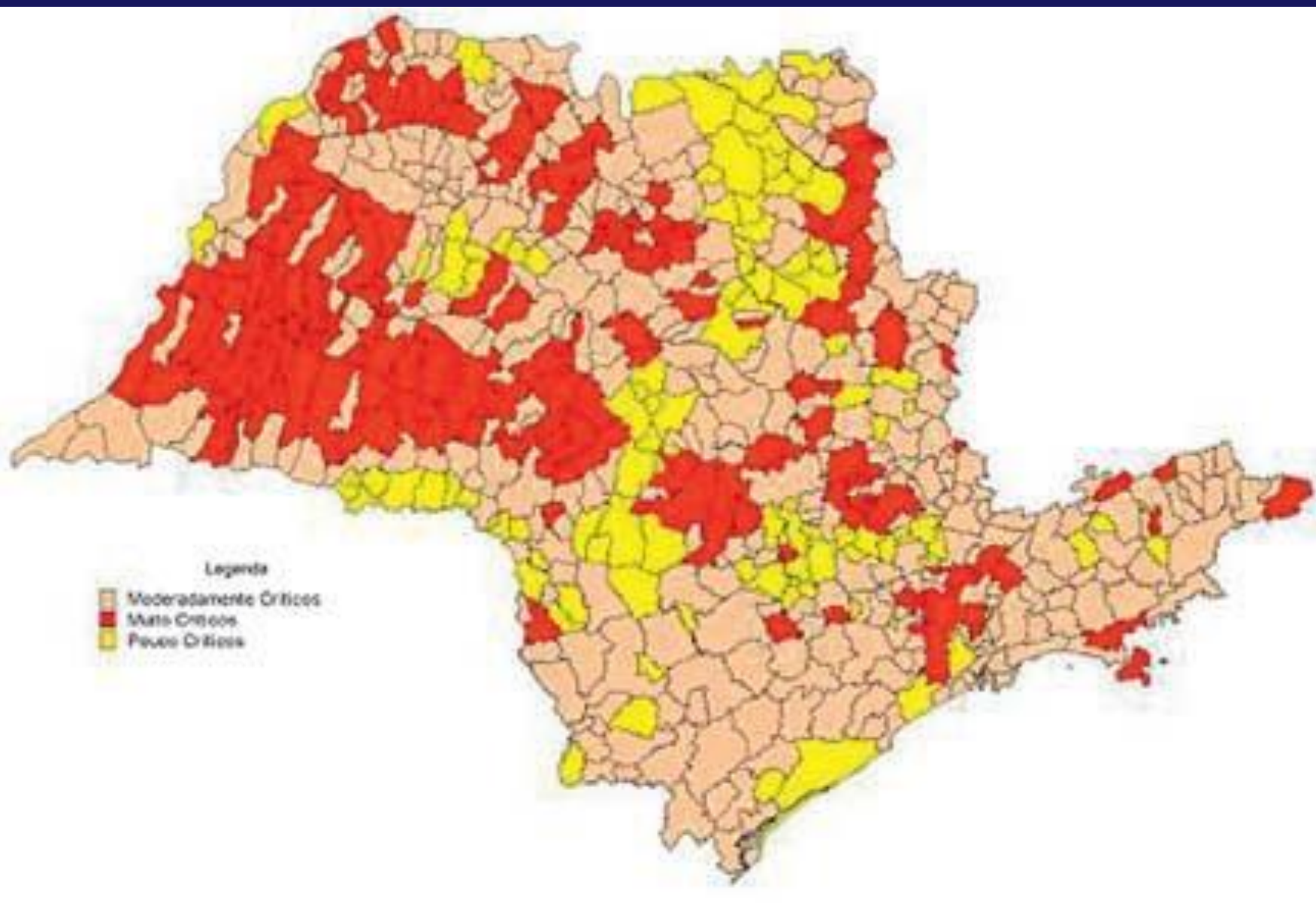
EROSÃO EM SULCOS



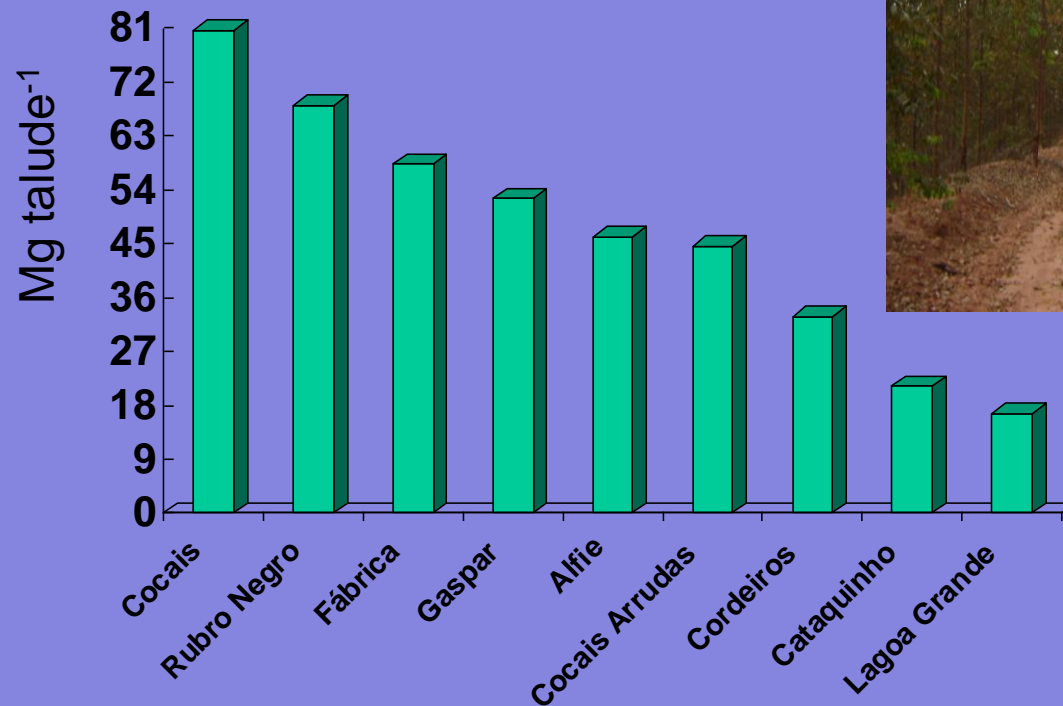
SAPOPOK



Mapa de criticidade dos municípios do Estado de São Paulo quanto a processos erosivos (SMA, 2007).

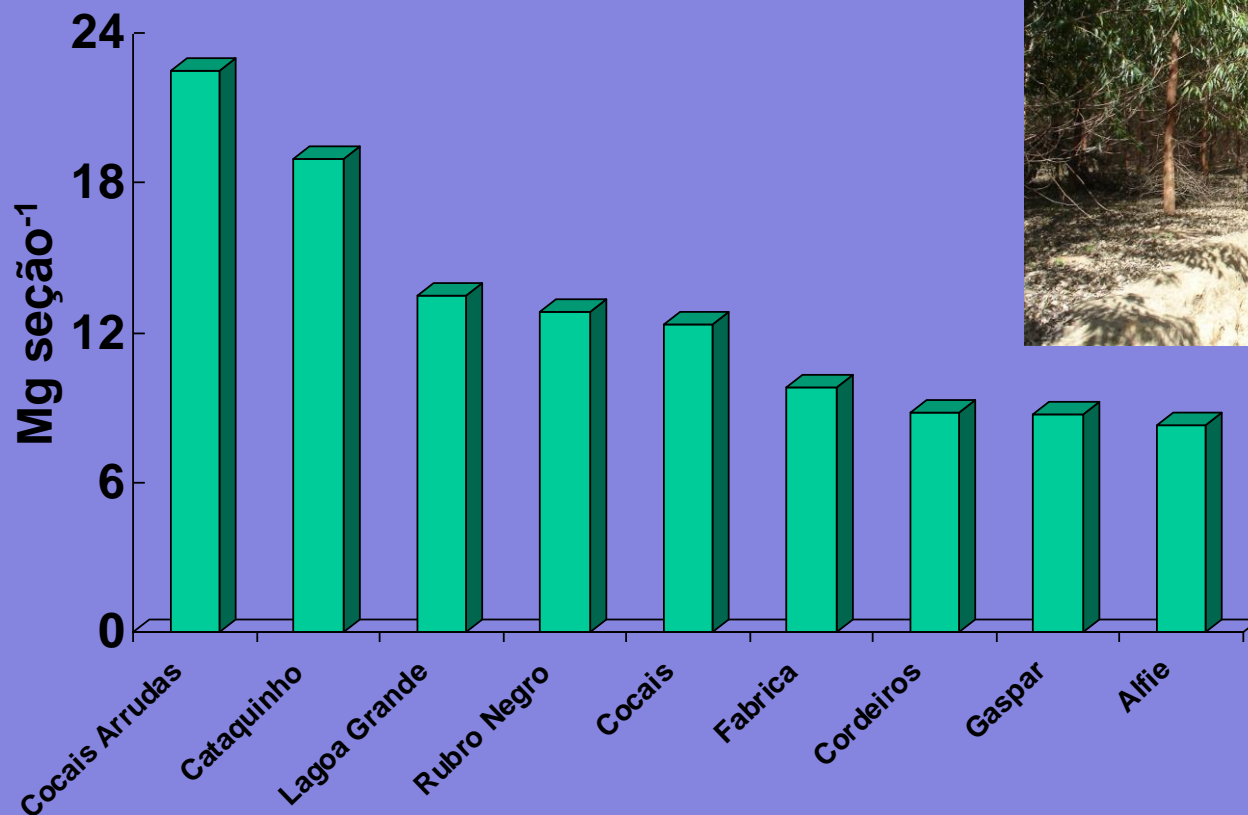


Valores médios de perdas de solo por deslocamento de massa em encostas e taludes de estradas florestais na região do Vale do Rio Doce, MG (Ano de 2005)



Oliveira (2006)

Valores médios de perdas de solo por erosão em sulcos e laminar em seção de estradas florestais na região do Vale do Rio Doce, MG (ano de 2005)



Oliveira (2006)

Prevenção e Monitoramento

- ➔ Estes eventos evidenciam a necessidade do monitoramento das ações de uso, da ocupação, do manejo do solo e das medidas de prevenção, controle e recuperação destes ambientes impactados.
- ➔ Necessidade de pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias de monitoramento, prevenção, recuperação e controle na escala dos desastres ambientais.
- ➔ Existe a necessidade de uma análise crítica da legislação do uso, ocupação e manejo do solo urbano e rural, em suas interfaces com a questão ambiental.
- ➔ Necessidade de políticas públicas e suporte governamental na criação de normas, leis e protocolos na conservação do solo – oportunidade na [XX RBMCSA](#).

MODELOS PARA MONITOR E ESTIMAR A EROÇÃO HÍDRICA

- **USLE** (Universal Soil Loss Equation)
- **RUSLE** (Revised Universal Soil Loss Equation)
- **WEPP** (Water Erosion Prediction Project)
- **SWAT** (Soil and Water Assessment Tool)

- Validação dos modelos com previsões de acidentes ambientais;
- Geração de dados de campo (Simulador e natural);
- Versões:

Estimativa de perdas de água;

Alterações climáticas;

Perdas de nutrientes, carbono orgânico e defensivos;

Potencial poluidor de elementos;

Custos da erosão hídrica;

Aspectos físicos e pedológicos;

Valores de referencia de perdas de solo e água - o solo nas suas múltiplas funções (urbana, reservatórios, barragens, mineração e aterros);

Estimativa temporal e espacial.

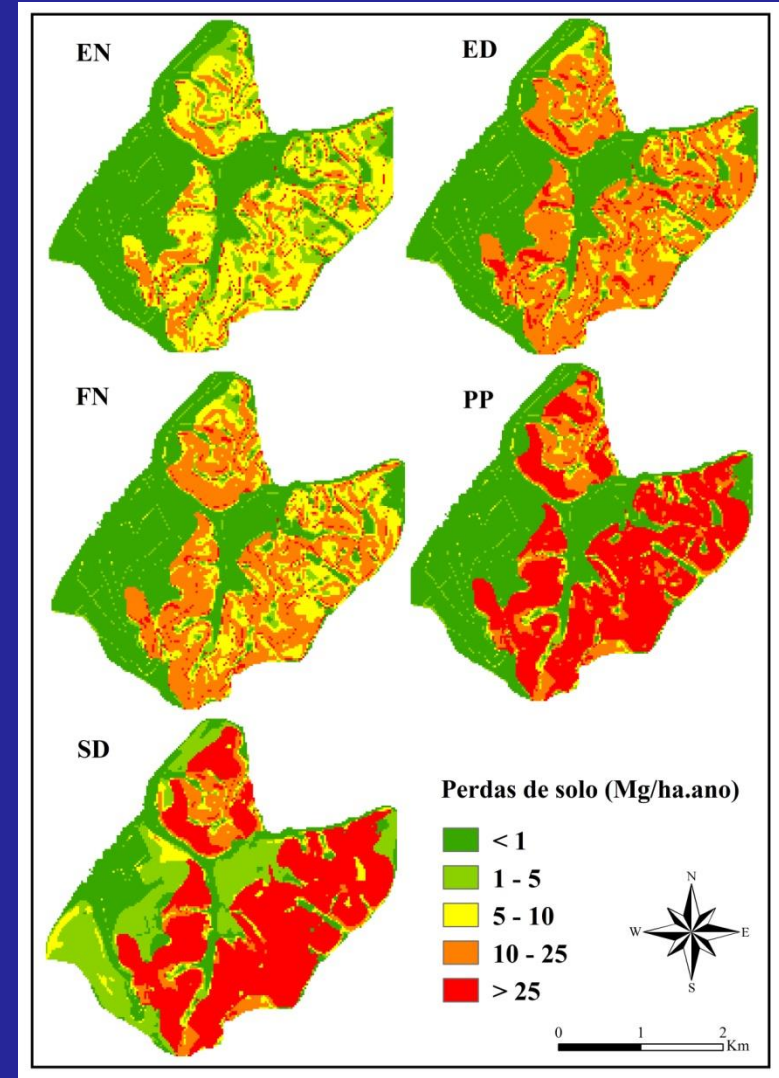
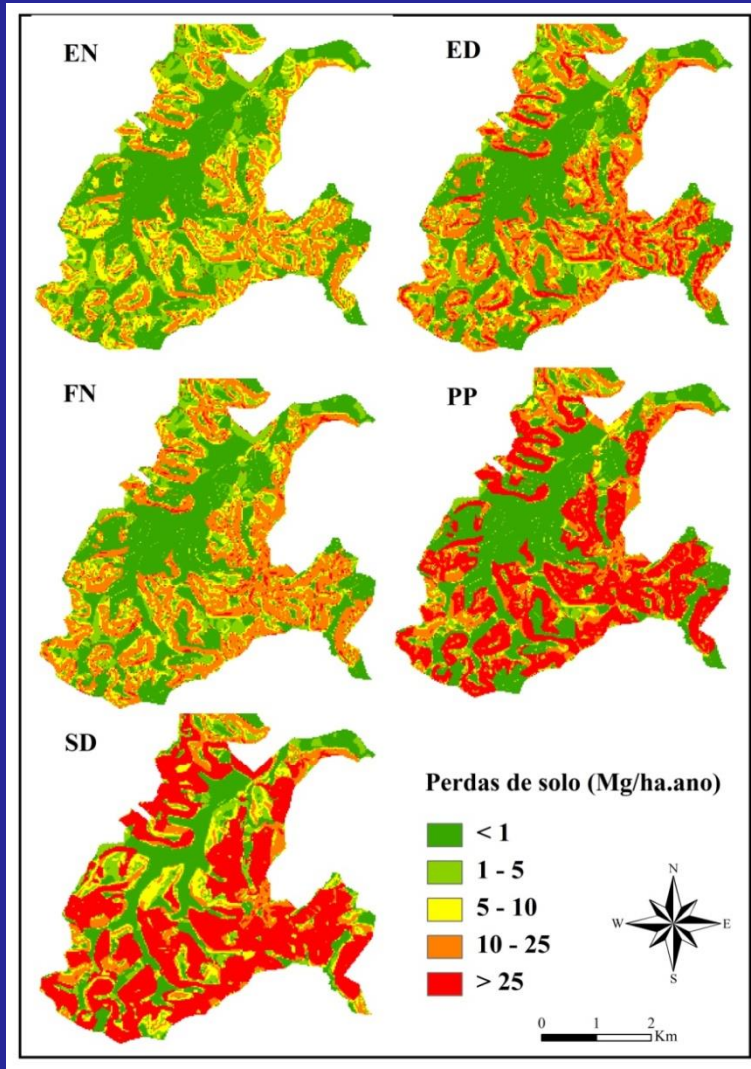
Análise crítica dos estudos que utiliza os modelos atuais com questionável extrapolação de dados e ausência de validação.

RUSLE – UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION

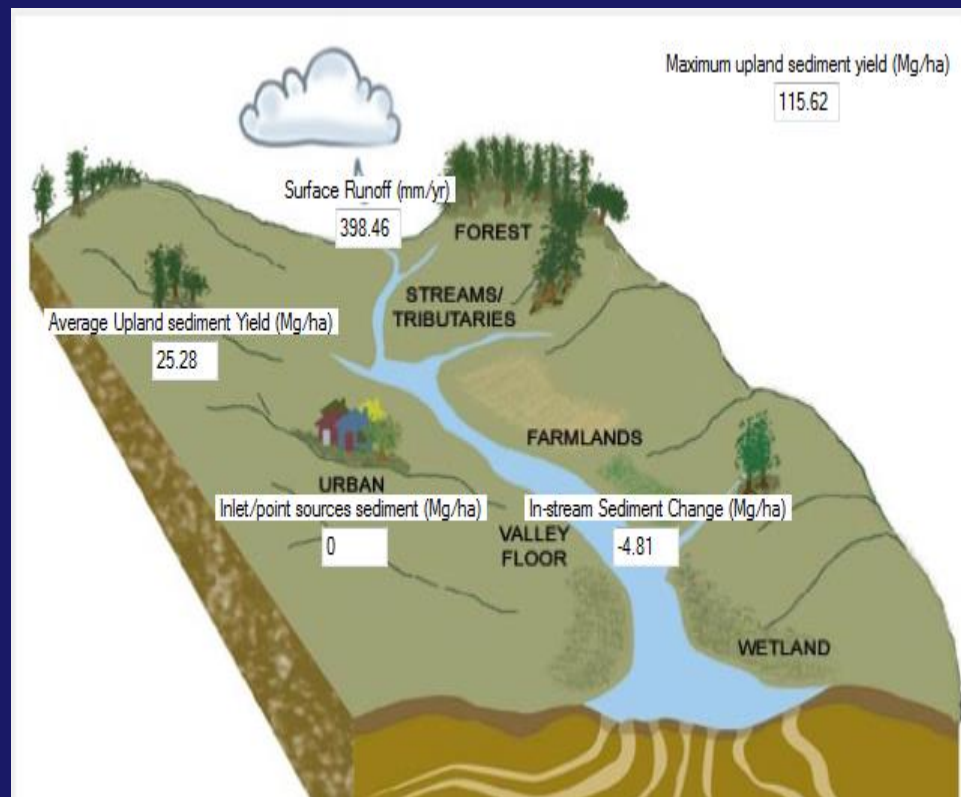
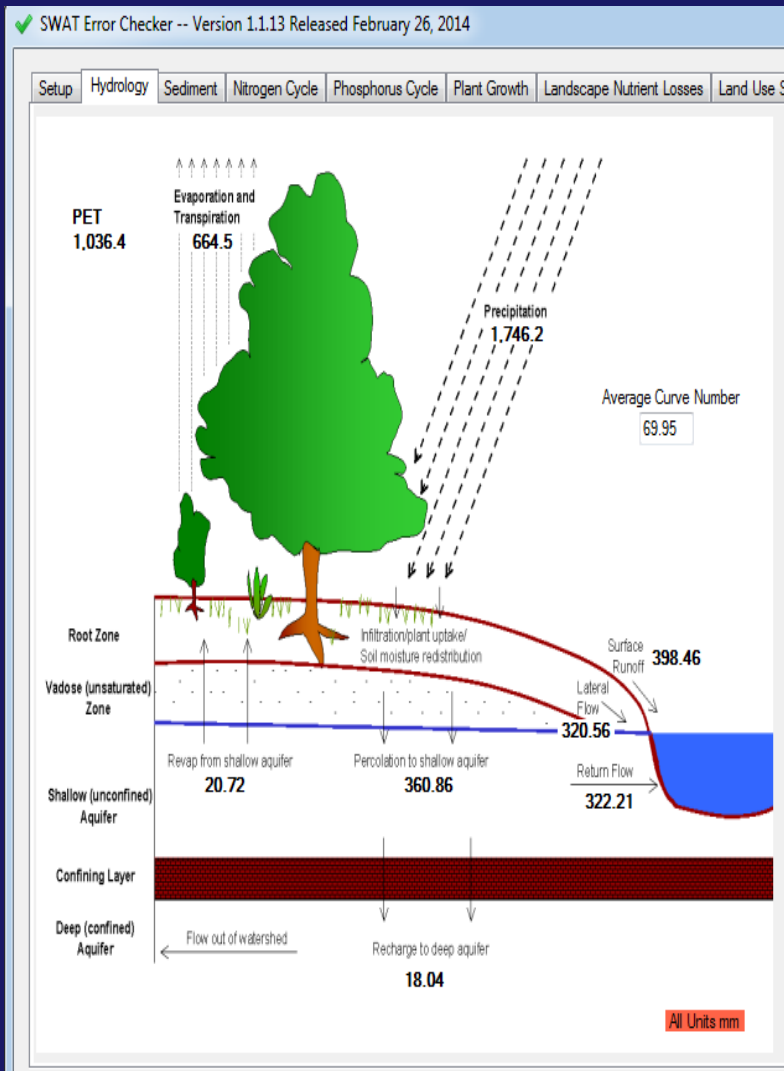
Erosão hídrica em áreas de florestas plantadas na região do Vale do Rio Doce, Centro Leste de Minas Gerais

Sub-bacia Belo Oriente

Sub-bacia Guanhães



SWAT - Resultados preliminares da bacia dos Rios Jaguari e Camanducaia, MG – Bacias responsável pelo abastecimento de 45% no Cantareira.

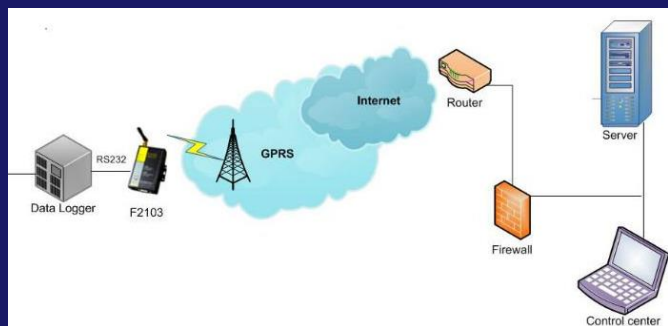


EROSIVIDADE DA CHUVA

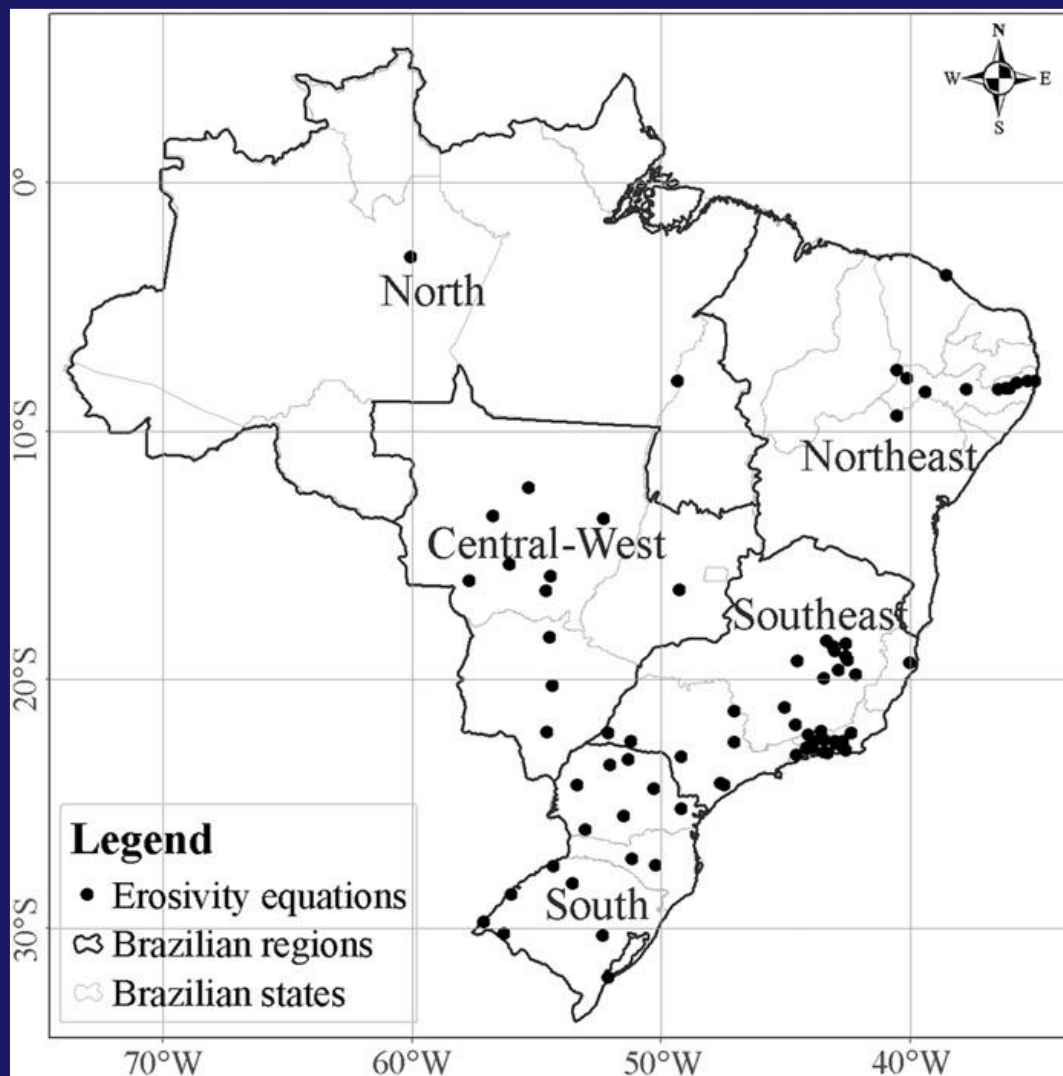


Disdrômetro a laser

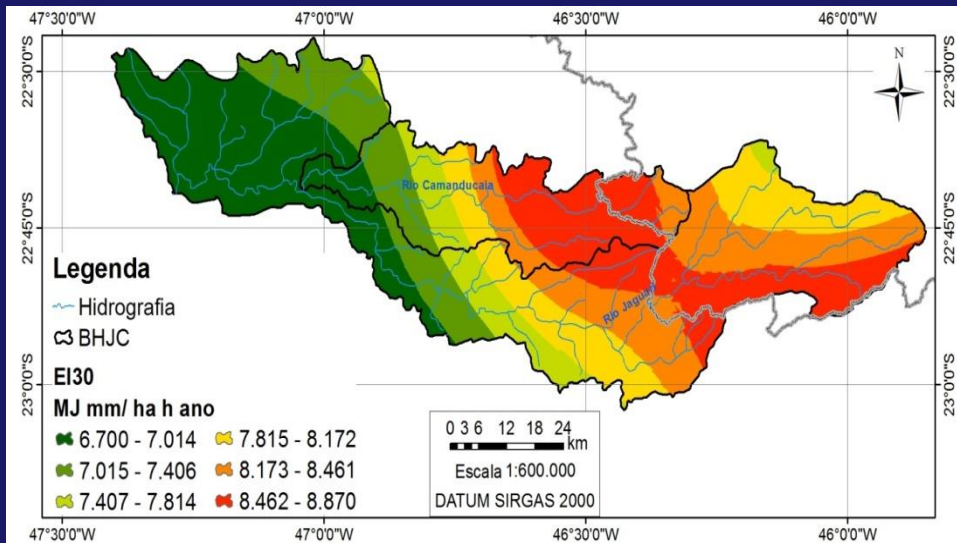
Estações climatológicas automatizadas



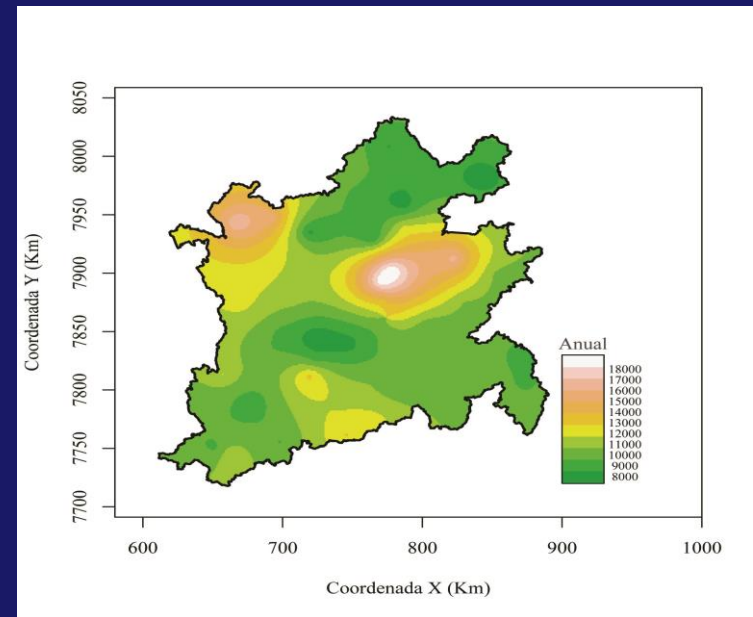
Transmissão de dados remotos



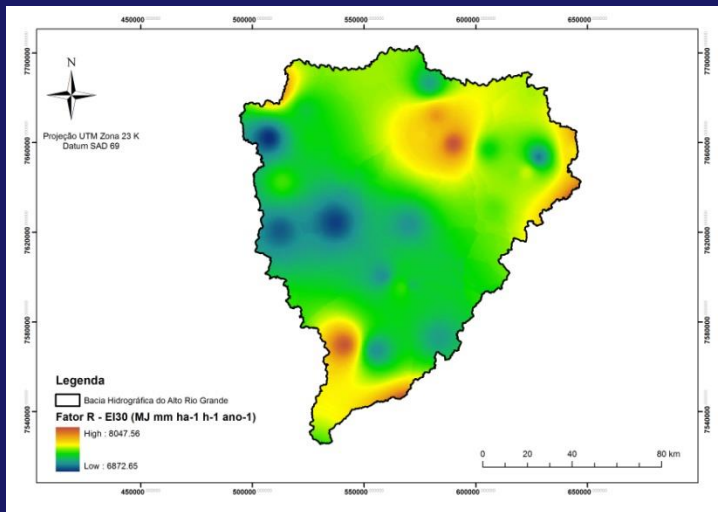
Distribuição espacial de estudos sobre erosividade no Brasil (Oliveira et al., 2012).



Erosividade para a Bacia Hidrográfica dos Rios Jaguarí e Camanducaia, MG (Pontes et al. 2015).



Erosividade para a Bacia Rio Doce, MG (Silva et al. 2010).

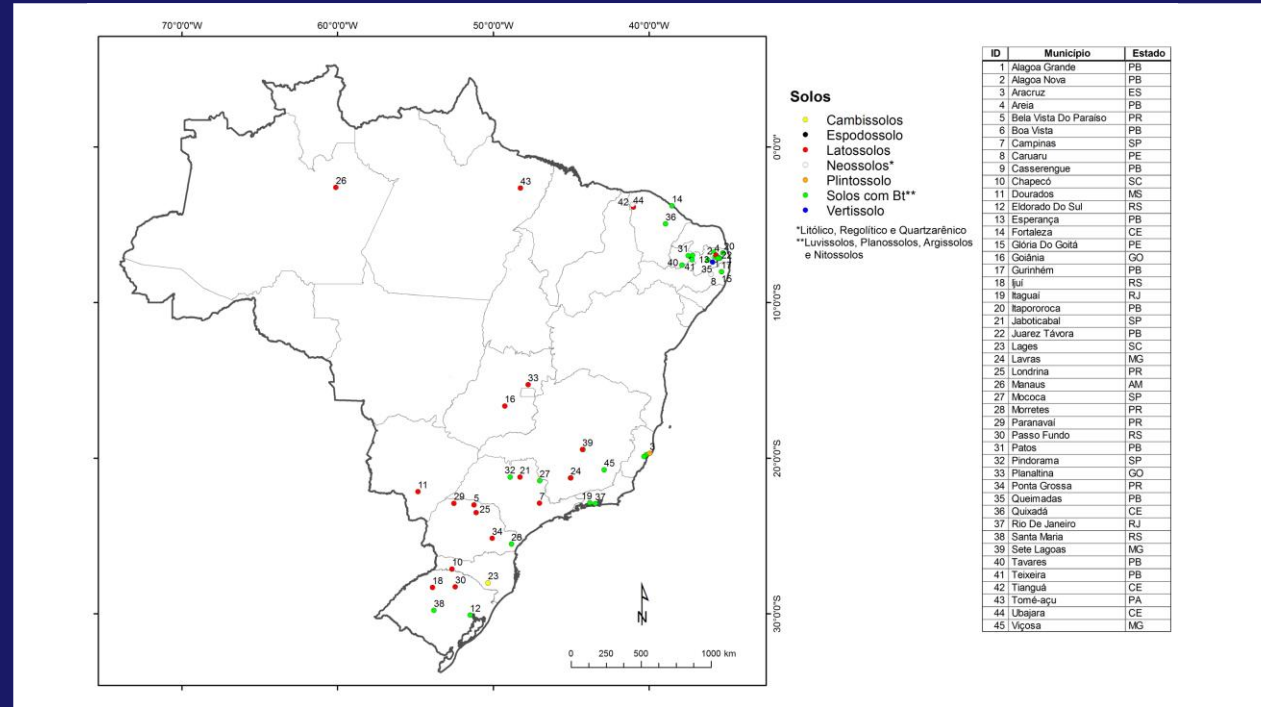
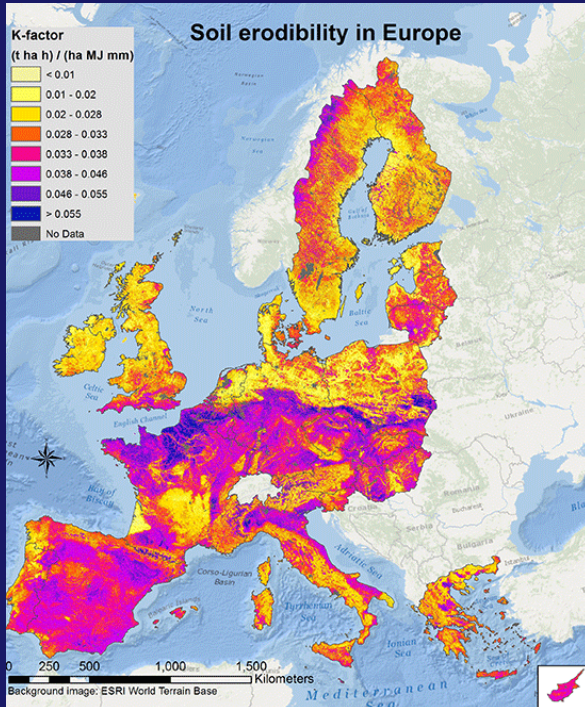


Espacialização da erosividade da chuva na Bacia do Alto Rio Grande, MG (Carvalho et al. 2015).

- Preenchimento de falhas de dados pluviométricos;
- Erosividade máxima anual, mensal e diária;
- Número de chuvas erosivas e não erosivas;
- Tempo de recorrência de chuvas máximas erosivas (Gumbel, Gama, Log-normal 3, Log normal 3 e Normal);
- Padrões de chuvas (Avançada, intermediária e atrasada);
- Espacialização com o uso da geoestatística e outros modelos (fuzzy (SoLIM), redes neurais artificiais, inteligência artificial e outros).

ERODIBILIDADE

Banco de dados: erodibilidade obtido de maneira direta (chuva natural e simulada) para o Brasil - resistência dos solos diante dos acidentes ambientais envolvendo a erosão hídrica.



Erodibilidade na Europa utilizando funções de pedotransferencia (Panagos et al, 2014)

Erodibilidade obtida de modo direto no Brasil (Denardin, 1990; Marques et al., 1997; Silva et al., 2000; Bertol et al., 2002; Martins et al., 2011; Eduardo et al., 2013).

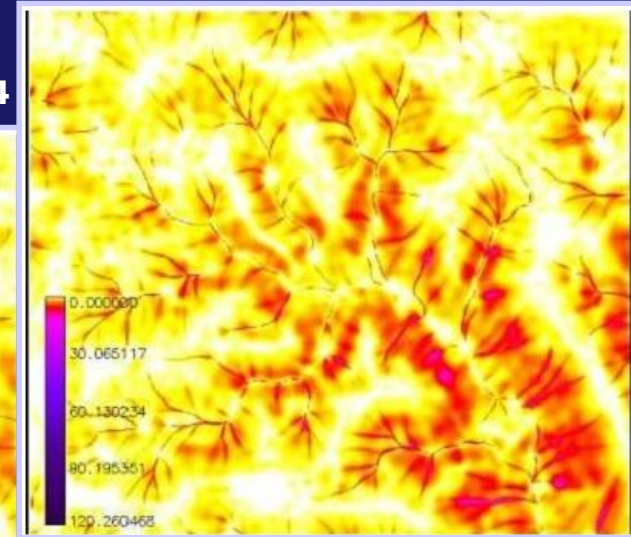
Mondardo et al. (1978); Resck et al. (1981); Dal Conte (1982); Angulo (1983); Távora et al. (1985); Bertoni & Lombardi Neto (1985); Rodrigues do Ó (1986); Silva et al. (1986); Fernandez Medina & Oliveira Júnior (1987); Carvalho et al. (1989); Denardin (1990); Levien, citado por Denardin (1990); Leprun, citado por Denardin (1990); Campos Filho et al. (1992); Martins Filho & Pereira (1993); Silva & Andrade (1994); Silva (1994); Silva et al. (1994); Carvalho et al. (1994); EMBRAPA-CNPQ (informação pessoal do pesquisador G.R. Curcio); Marques (1996); Silva (1997); Hernani et al. (1997); Marques et al. (1997); Silva et al. (1997); Bertol et al. (2002); Martins et al. (2011); Eduardo et al. (2013).

Fator topográfico

Grande avanço e padronização metodológica com o uso de algoritmos e MDT.

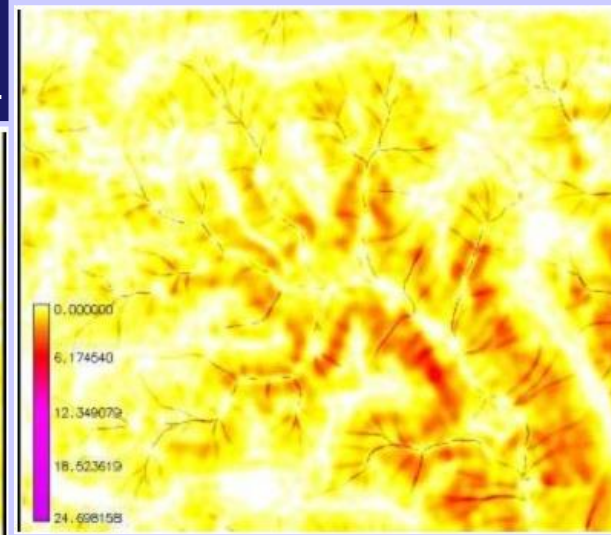
RUSLE 3D (Mitasova et al., 1996)

Fator LS da RUSLE-3D com $m=0,6$



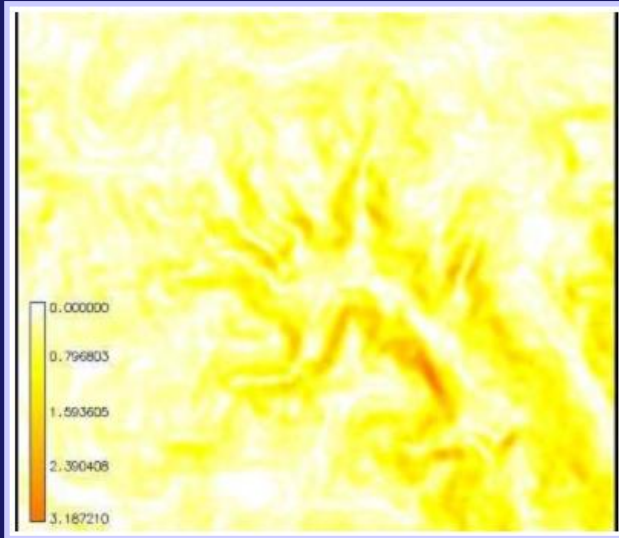
- Fluxo de alto impacto com elevada turbulência, erosão em sulcos e voçorocas, solos degradados.

Fator LS da RUSLE-3D com $m=0,4$



- Fluxo laminar e concentrado, variabilidade espacial de uso e propriedades do solo.

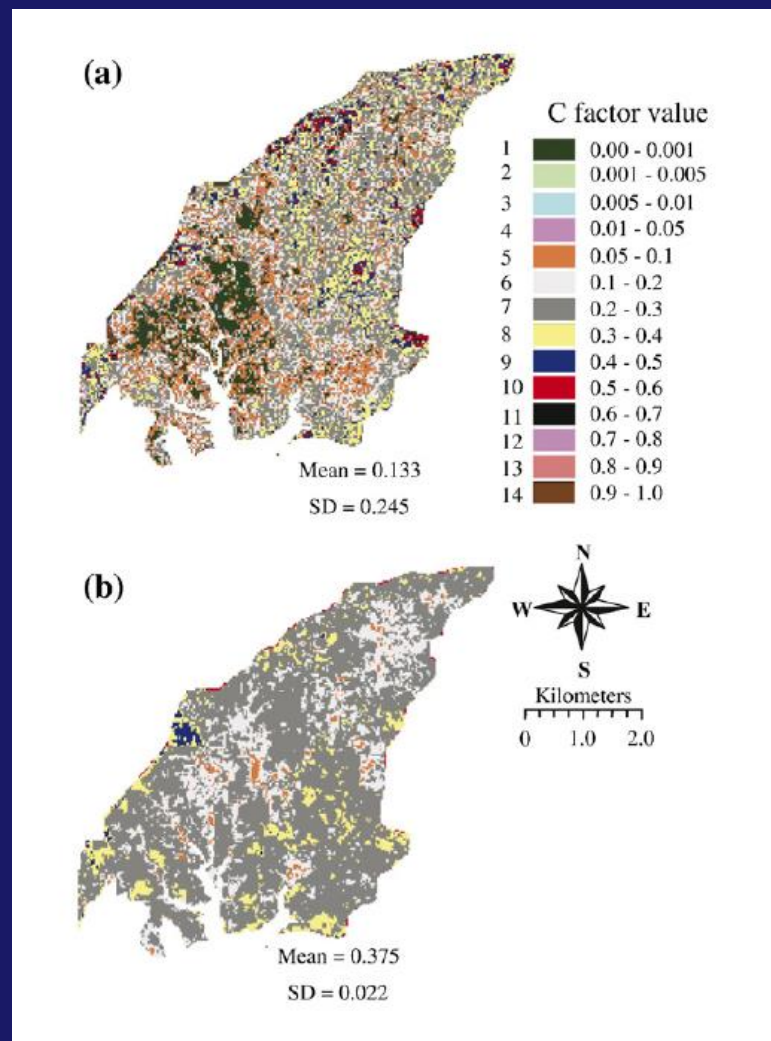
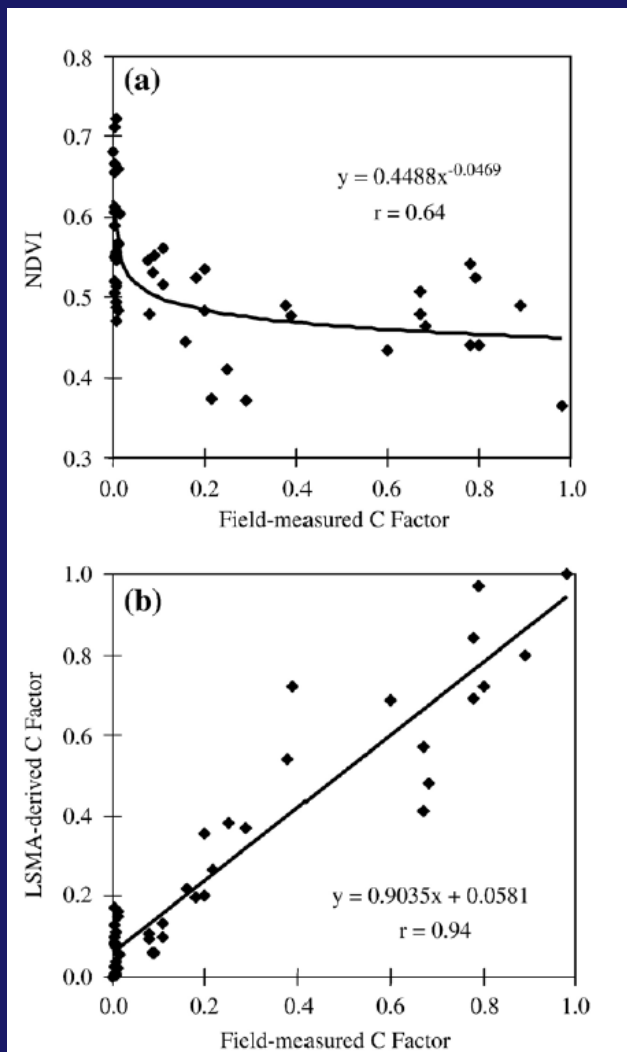
Fator LS da RUSLE-3D com $m=0,1$



- Fluxo laminar, pouca influência do fluxo da água na erosão, boa cobertura vegetal, solos severamente compactados.

Fator cobertura vegetal

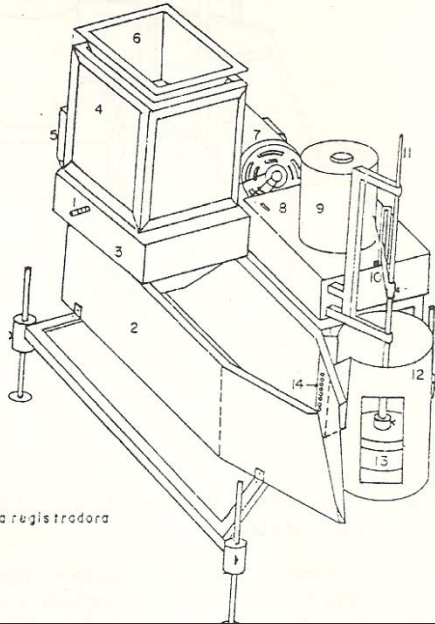
Estimativa do fator C utilizando NDVI e LSMA - LANDSAT



Automação na coleta de dados em larga escala

(a)

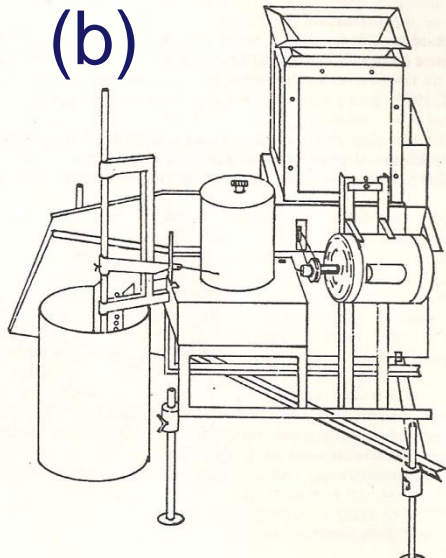
1. Tubo coletor de amostras de enxurrada
2. Flume propriamente dito
3. Caixa suporte do amostrador rotativo
4. Protetor do fluxo total de enxurrada
5. Peça auxiliar do protetor do fluxo
6. Receptor do fluxo total da enxurrada
7. Motor elétrico
8. Caixa do sistema de redução
9. Limnógrafo
10. Suporte da pena registradora
11. Haste da bóia para movimentos da pena registradora
12. Tanque da bóia
13. Bóia
14. Sistema de vasos comunicantes



(c)



(b)



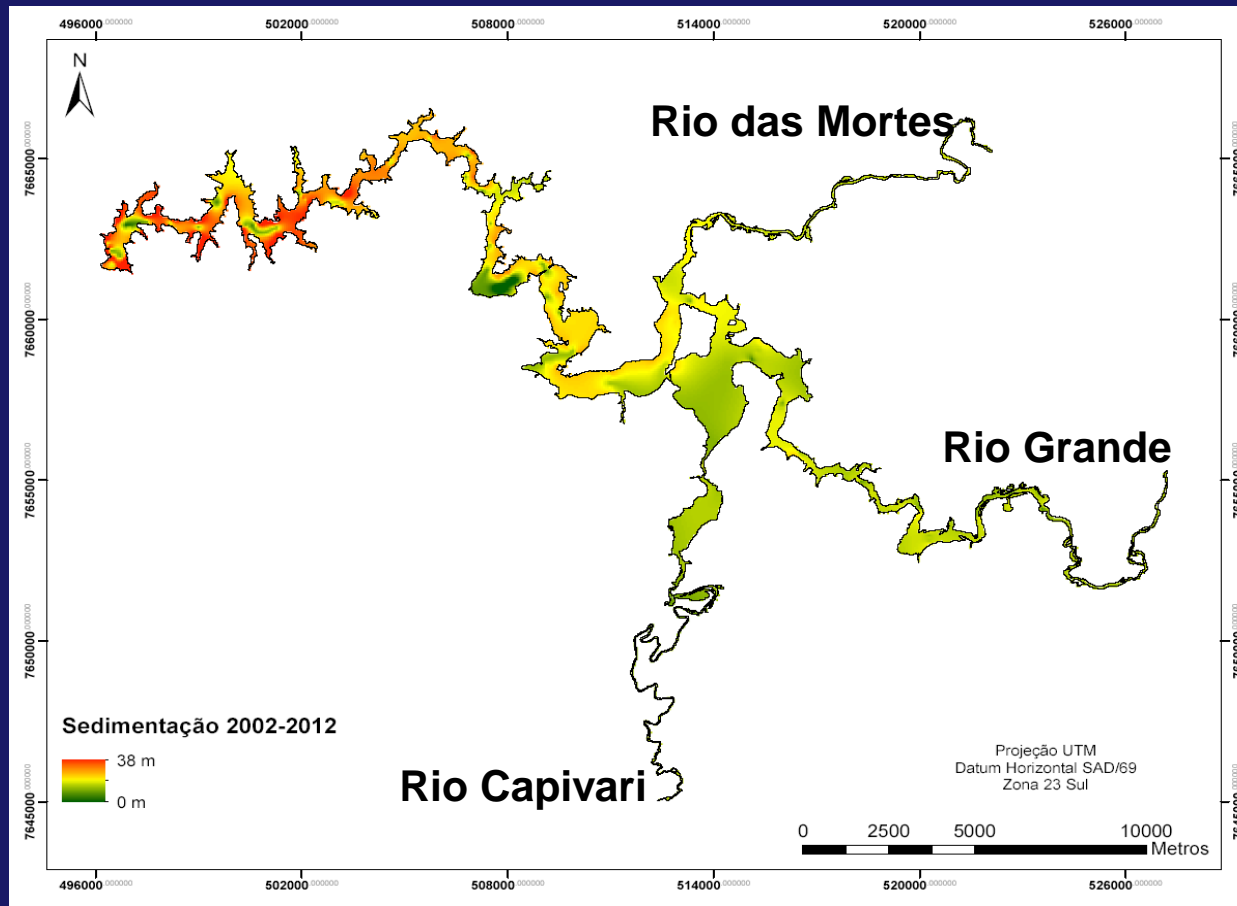
Amostrador rotativo acoplado a um aparelho coletor de enxurrada tipo flume, vista frontal (a) e lateral (b), Resk (1983). Lisímetro (c) e estações climatológicas automatizadas com datalogger. (d)

(d)



ASSOREAMENTO NO RESERVATÓRIO DO FUNIL

PRIMEIRA APROXIMAÇÃO – estações sedimentologias, dados de batimetria e estudos de conectividade entre uso e manejo do solo.



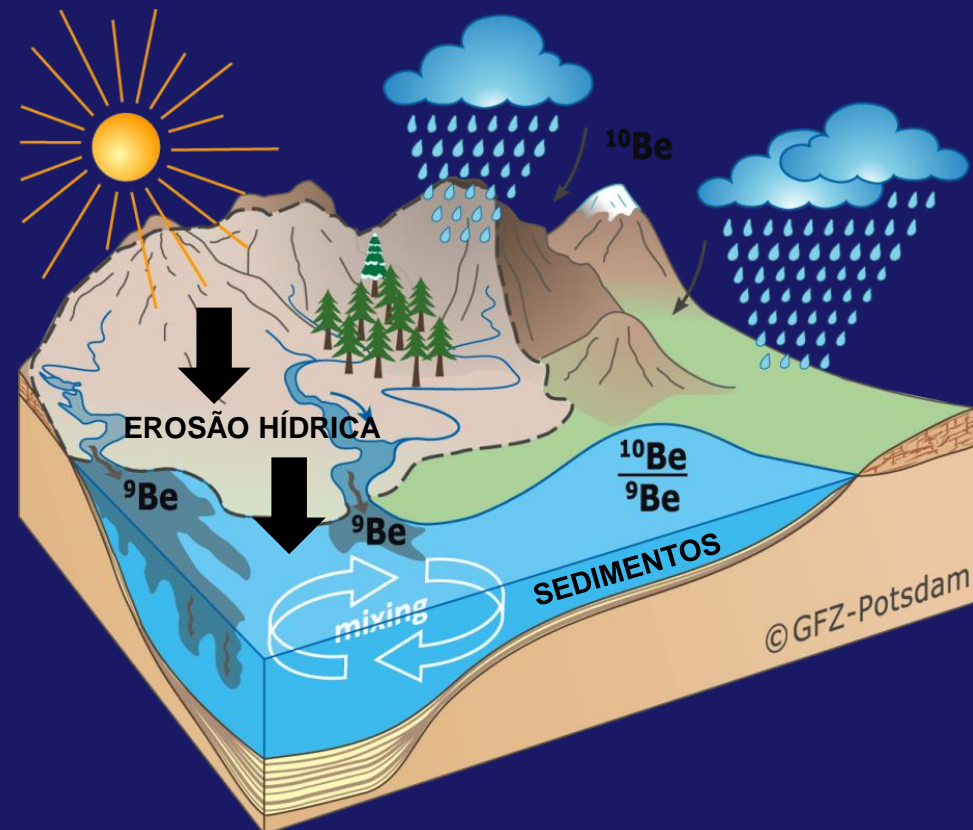
Reservatório do Funil
Taxa de assoreamento de 99mm ano⁻¹

Soares (2014)

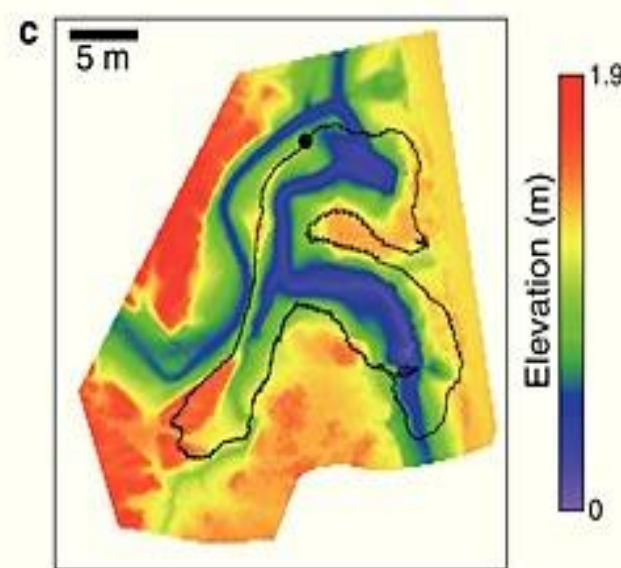
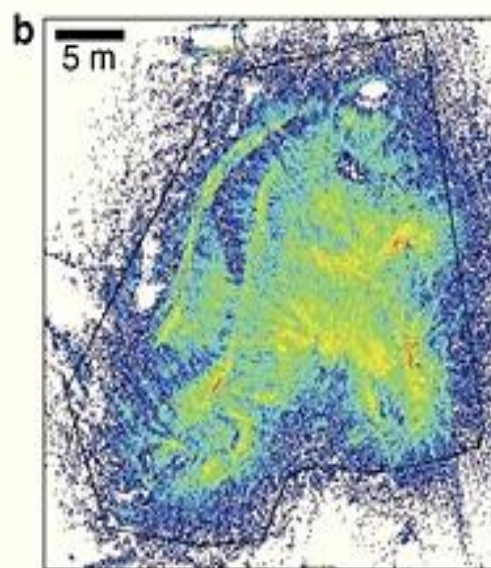
FINGERPRINTING

Estas técnicas são conhecidas como indicadores de fontes e deposição de sedimentos (marca digital).

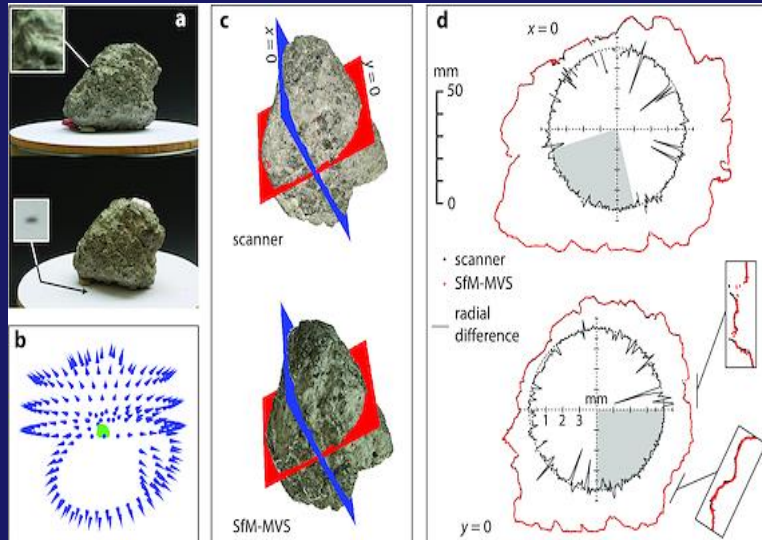
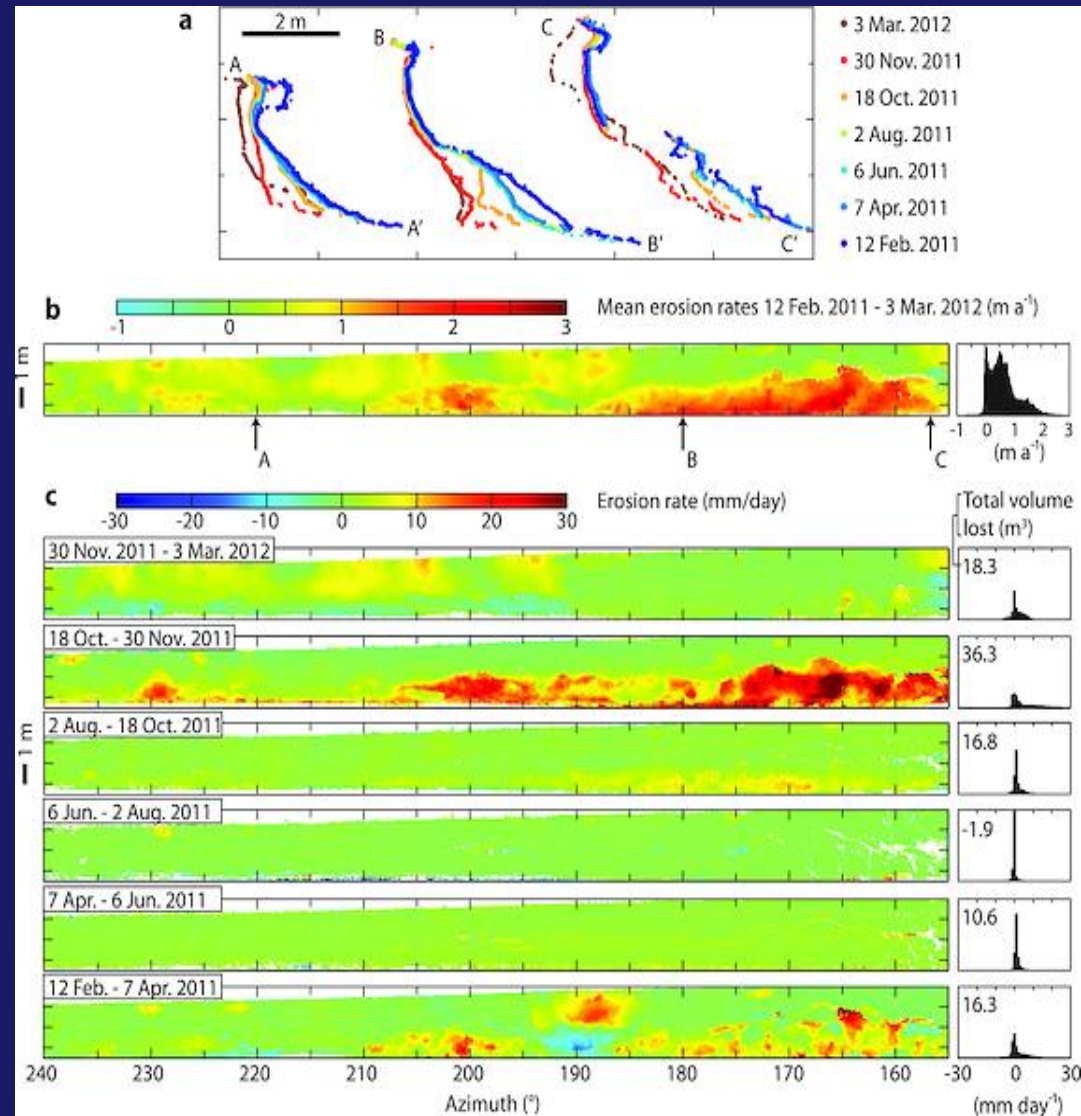
- Assinaturas espectrais;
- Propriedades mineralógicas;
- Propriedades térmicas;
- Propriedades magnéticas;
- Carbono orgânico;
- Elementos traçadores;
- Terras raras;
- Radionuclídeos (Be, Cs, etc);
- Polímeros sintetizados;
- Nano-sensores.



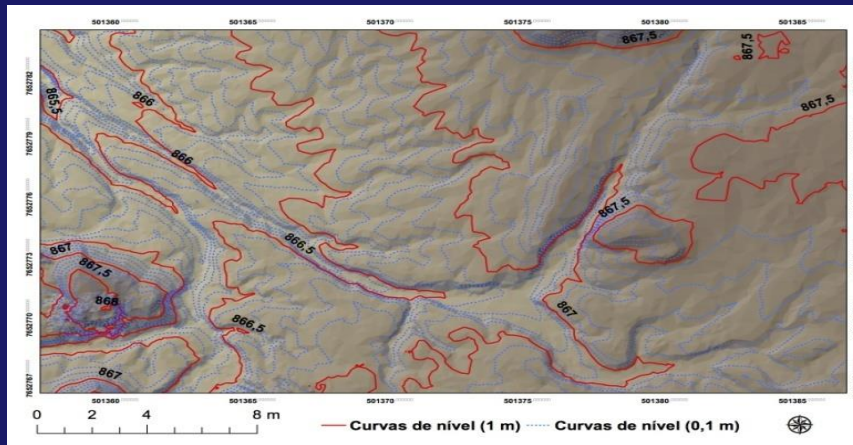
LASER SCANNER E LIDAR NOS ESTUDOS DE EROÇÃO HÍDRICA



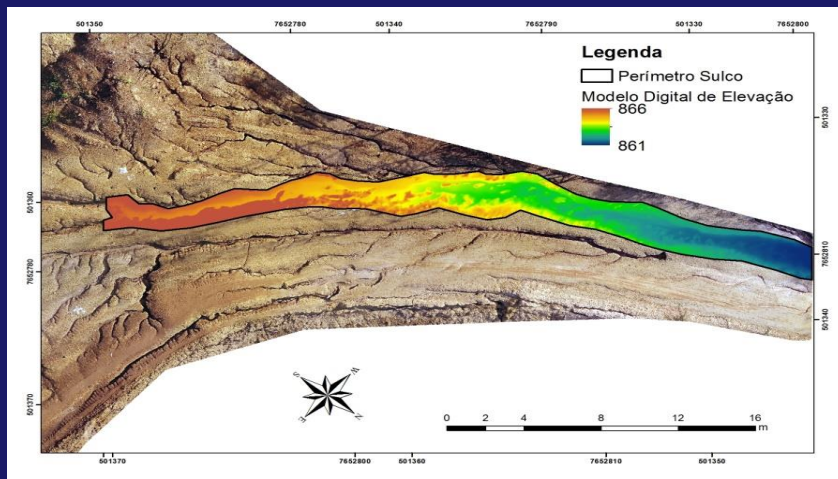
MAQUINA FOTOGRAFICA DIGITAL CONSTRUÇÃO DE IMAGENS 3D – “STRUCTURE FROM MOTION” e “MULT VIEW STEREO”



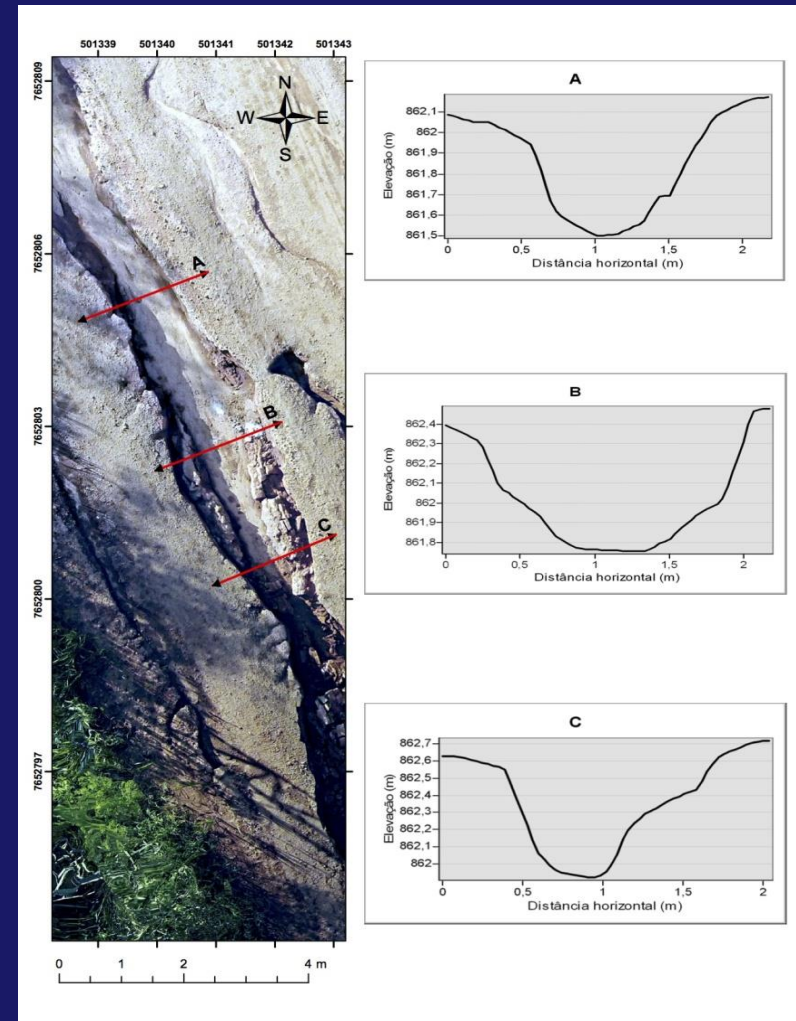
Uso do VANT no monitoramento da erosão hídrica



Modelo digital de elevação e curvas de nível no estudo realizado em áreas degradadas pela erosão hídrica, UFLA, Lavras, MG.



Modelo digital de elevação, interpolado por krigagem ordinária, do sulco analisado, sobreposto à ortofoto reconstruída a partir das imagens aéreas.

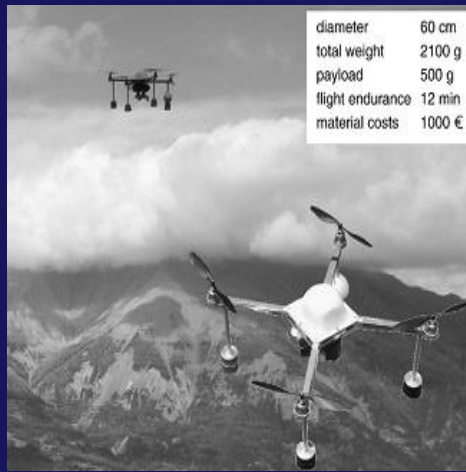


Seções de sulcos de erosão no estudo realizado em áreas degradadas pela erosão hídrica, UFLA, Lavras, MG.

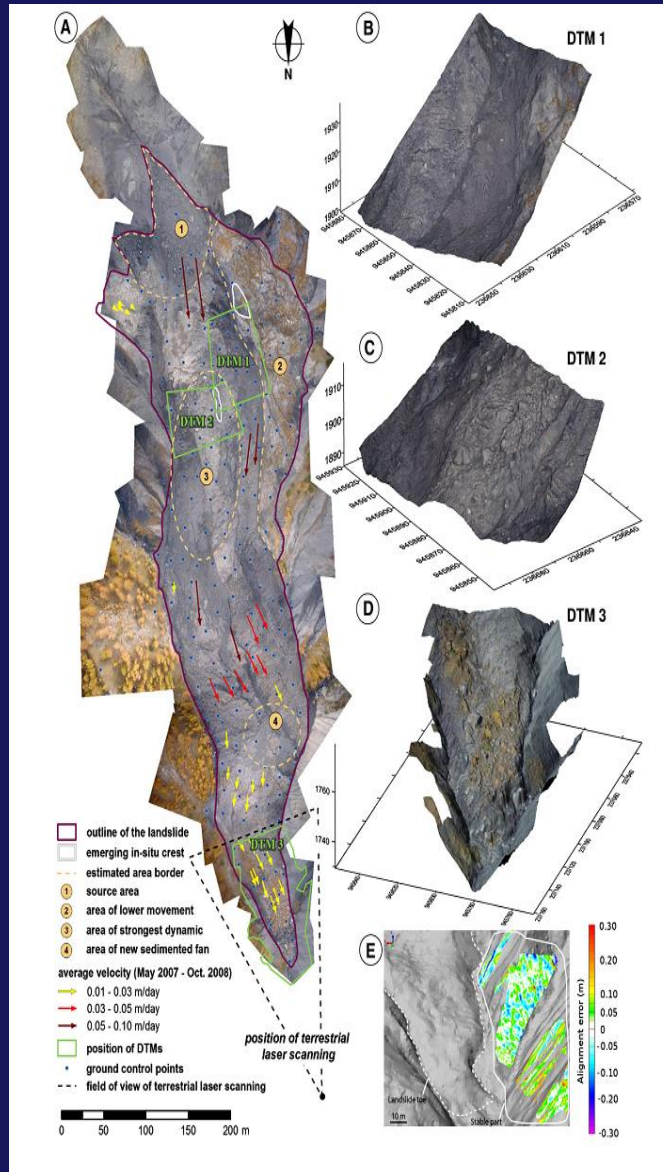
Uso de VANT em estudos de deslocamento de Massa



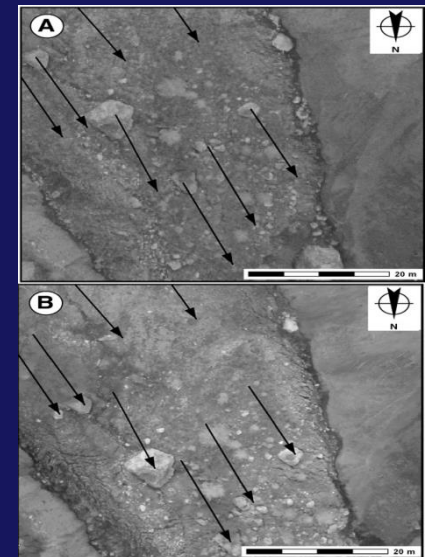
Localização da área de estudo (Verão de 2006).



Características do VANT utilizado no estudo.



A: Ortho-mosaico do deslocamento de massa na região Super - Sauze em outubro de 2008, com pontos de controle no terreno (GCPs), vetores coloridos indicando a velocidade média do deslocamento de massa horizontal (Maio de 2007 - outubro de 2008), indicação das diferentes áreas da dinâmica de sedimentação (DTMs), indicação da posição e o campo de visão do levantamento laser scanner terrestre. B - D: fracionamento das diferentes regiões do DTM 1 - 3. E: Erro de alinhamento da topografia do deslocamento de massa entre o DTM TLS (Outubro de 2008) e DTM LIDAR embarcado em VANT (Maio de 2007).



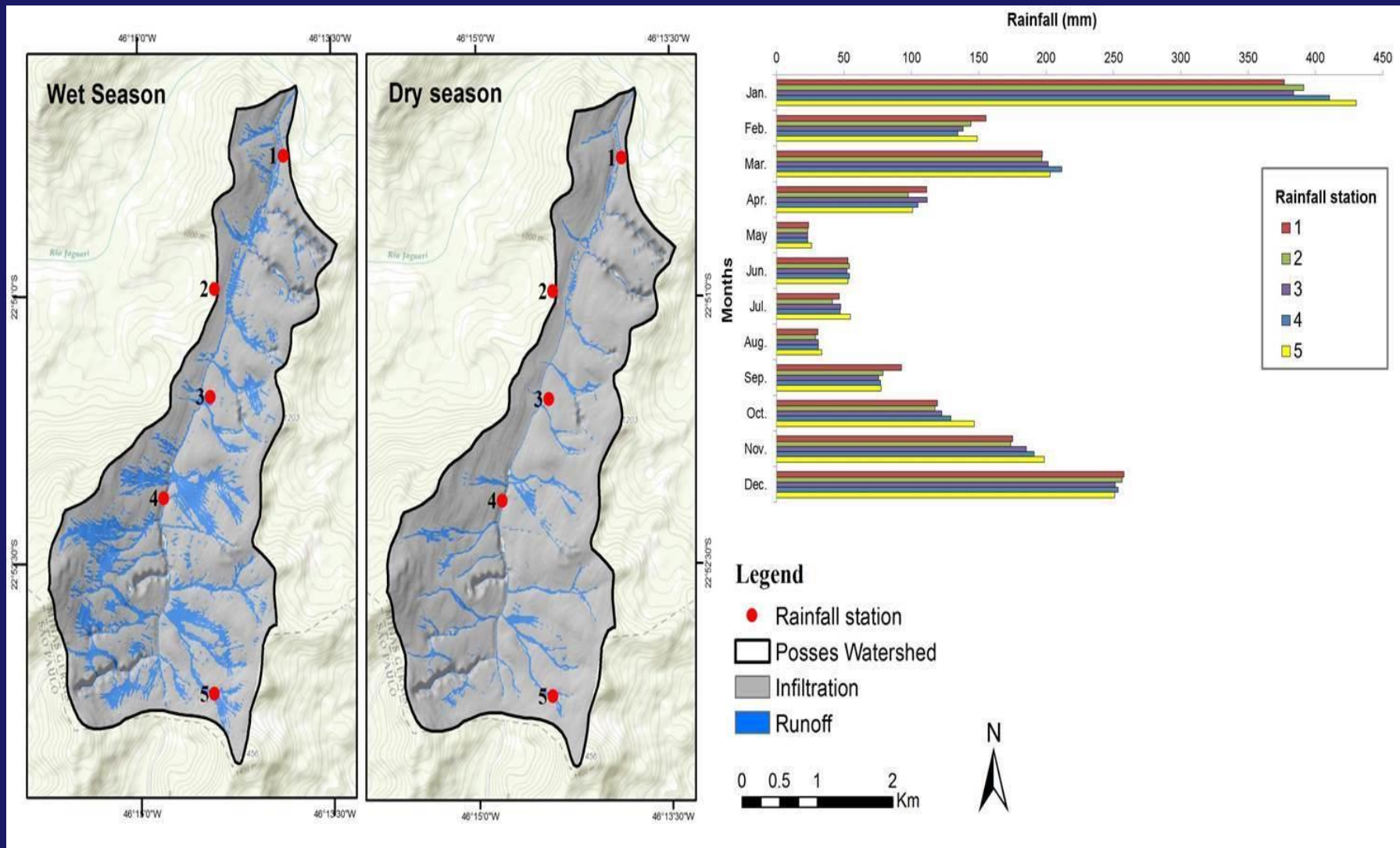
A ÁGUA IMPORTANTE NA PESQUISA DA EROSÃO HÍDRICA

Há, nessa área, um campo importantíssimo a ser explorado, relacionado com a qualidade e quantidade da água em várias regiões do Brasil.

Ênfase:

- Modelos de infiltração de água no solo;
- Fluxo superficial concentrado (erosão hídrica);
- Recarga de água no solo e lençol freático;
- Regularização do fluxo hídrico superficial (Enchetes);
- Perdas de água por erosão hídrica (seca);
- Déficit hídrico agravado e distribuição errática (seca).

Modelos de Previsão - Potencial de escoamento superficial (runoff) e precipitação, na sub-bacia das Posses, Extrema, MG.



Tecnologias conservacionistas para o controle da erosão hídrica.

MECÂNICAS



Locação de estradas e carreadores
Terraceamento
Canais escoadouros e divergentes
Bacias de captação de água
Plantio em nível

VEGETATIVAS



Plantas de cobertura (>30%)
Recomposição de APPs
Vegetação de topo
Consortio e rotação de culturas
Cordões de vegetação

EDÁFICAS



Correção do solo
Adubação química
Adubação orgânica
Adubação verde
Evitar Queimadas

O uso de tecnologias conservacionistas é milenar

Terraço agrícola de Moray - Peru



Terraço Moray criada provavelmente pelos Incas. Alguns pesquisadores consideram o Moray uma estrutura criada para pesquisa em conservação do solo e da água.

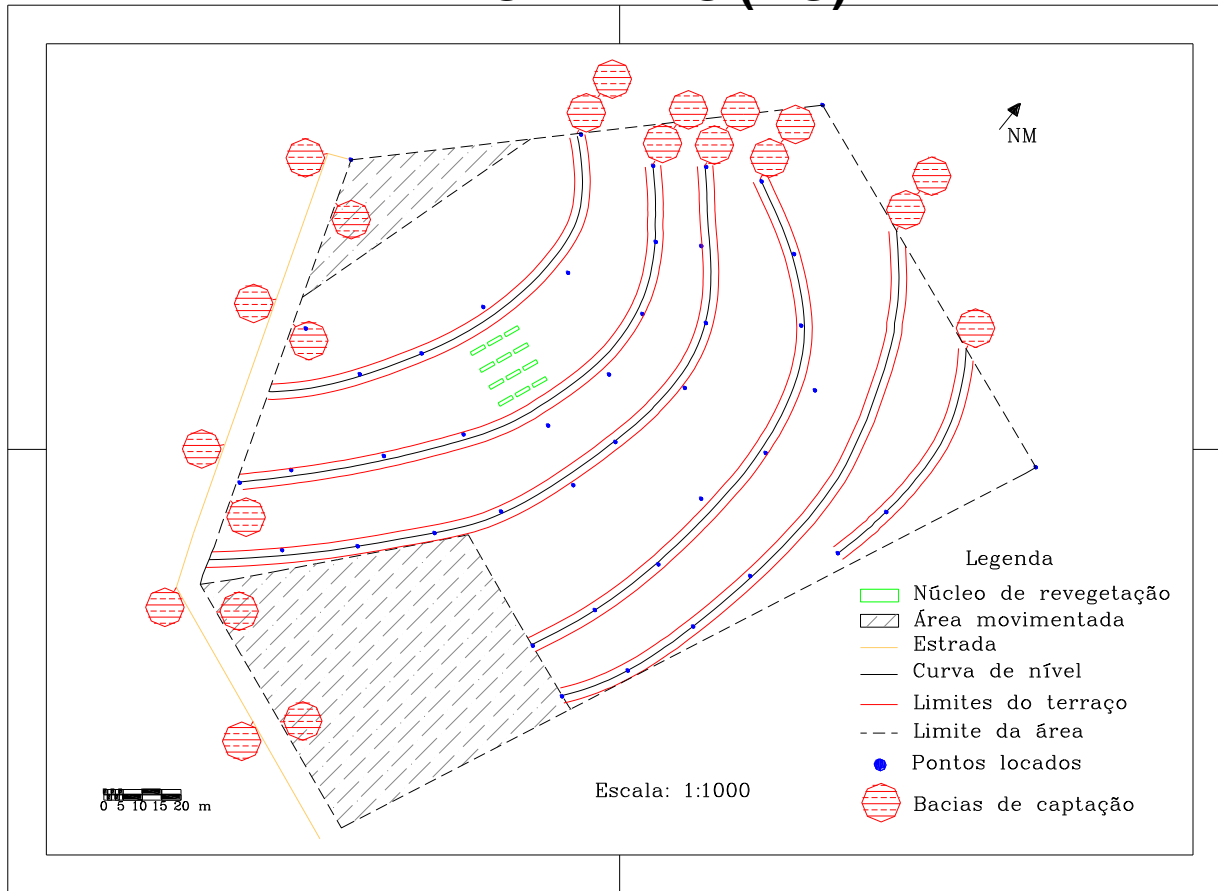
Plantio em Nível, Mata Ciliar, Vegetação de Topo e Terraceamento



Plantio Direto na Palha



TERRACEAMENTO EM ÁREA DE USTULAÇÃO – CMM TRÊS MARIAS (MG)



**CONTAMINAÇÃO
COM Zn, Cd e Pb**



**CONSTRUÇÃO
DE TERRAÇOS**



**BACIAS DE
CAPTAÇÃO**



BACIAS DE CAPTAÇÃO E TERRAÇOS EM FUNCIONAMENTO



PRECIPITAÇÃO (mm)
CMM - TRÊS MARIAS (MG)

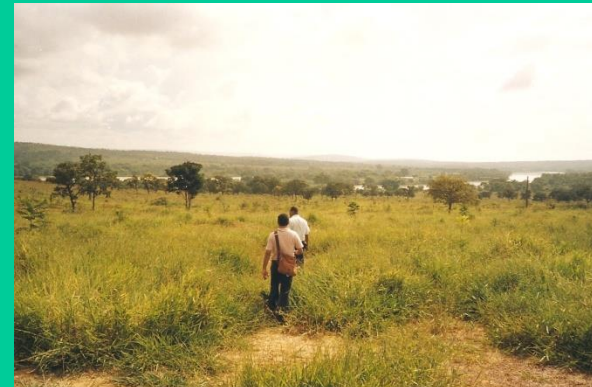
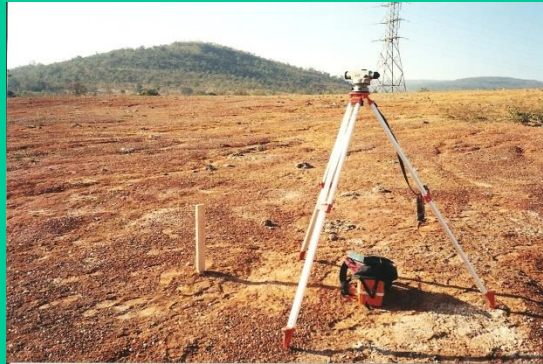
1/11	1
2	0
3	17
4	9
5	5
6	0
7	0
8	0
9	11
10	0
11	0
12	17
Total	60

TERRACEAMENTO E BACIAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA



ANTES

DEPOIS



MODELAGEM DA EROSIÃO HÍDRICA E IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS CONSERVACIONISTAS EM ESTRADAS EM ÁREAS DE JAZIDAS DE EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO NA REGIÃO AMAZONICA – VALE DO URUCUM





Hidrosemeadura, saco de areia e paliçada

Alteamento de taludes de barragens

POSSIBILIDADES

1. ALTEAMENTO A MONTANTE

Um dique inicial é feito com material argiloso, que, compactado, forma a contenção da barragem. Para aumentar a capacidade do reservatório, os alteamentos são realizados construindo novos diques em cima do próprio rejeito já depositado, que passa a ajudar na contenção. Esse é o método mais utilizado pela mineração em Minas Gerais.

VANTAGENS

É MAIS BARATO
A OBRA É MAIS RÁPIDA
EXIGE MENOR TRABALHO DE TERRAPLENAGEM

DESvantagens

MENOR SEGURANÇA (OS DIQUES FICAM SOBRE O PRÓPRIO REJEITO, QUE NÃO ESTÁ DEVIDAMENTE COMPACTADO)
MAIOR POSSIBILIDADE DE "PIPING", VAZAMENTO DE ÁGUA ENTRE AS PAREDES DOS DIQUES
MAIS SENSÍVEL A ABALOS SÍSMICOS



2. ALTEAMENTO A JUSANTE

Um dique inicial, impermeável, dotado de um dreno interno, é construído para conter a barragem. Os novos diques a serem construídos ficam por cima do inicial e aumentam a capacidade de contenção com novas camadas de terra, compactada abaixo do dique inicial.

VANTAGENS

MAIOR SEGURANÇA
MENOR CHANCE DE VAZAMENTOS
MELHORES CONDIÇÕES DE MONITORAMENTO
SISTEMA DE DRENAGEM MAIS EFICAZ
MAIOR RESISTÊNCIA A ABALOS SÍSMICOS

DESvantagens

CUSTO MAIS ELEVADO
MAIOR VOLUME DE MATERIAL A SER MOVIMENTADO E COMPACTADO
OBRA MAIS LENTA



3. ALTEAMENTO DE LINHA DE CENTRO

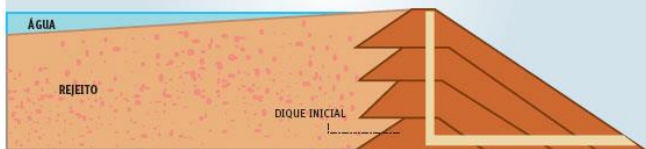
Sistema misto. Também é formado com um dique inicial, e os alteamentos são feitos de forma a manter o eixo do barramento inicial. Para isso, parte dos diques de alteamento fica sobre os rejeitos, e parte é formada de terra compactada abaixo do dique inicial.

VANTAGENS

FACILIDADE DE CONSTRUÇÃO
CUSTO INTERMEDIÁRIO

DESvantagens

POSSIBILIDADE DE DESLIZAMENTOS



MEDIDAS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EROÇÃO HÍDRICA

VEGETATIVAS	EDÁFICAS	MECÂNICAS
<ul style="list-style-type: none">● REGENERAÇÃO● REVEGETAÇÃO● MANTA VEGETAL● BORDADURAS● SEMENTEIRA● PALHADA	<ul style="list-style-type: none">● QUEIMADAS● FERTILIZAÇÃO● AGREGANTES● ESTIMULANTES● ADUBO VERDE● HIDROSEMEADURA● FAUNA● MICRORGANISMOS	<ul style="list-style-type: none">● ISOLAMENTO● PALIÇADA● BACIAS DE CAPTAÇÃO● VERTEDOURO● TERRAÇOS● CANAIS DIVERGENTES● TALUDES● GABIÃO● DISSIPADORES● ATERROS● MANTA SINTÉTICA

USO DO VETIVER NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES DE VOÇOROCAS E EROSÕES POR DESLOCAMENTO DE MASSA



Foto 1 – Barreiras vivas de vetiver, construídas em nível e transversalmente a declividade da área, a cada 1 m de desnível com 6 plantas/metro.

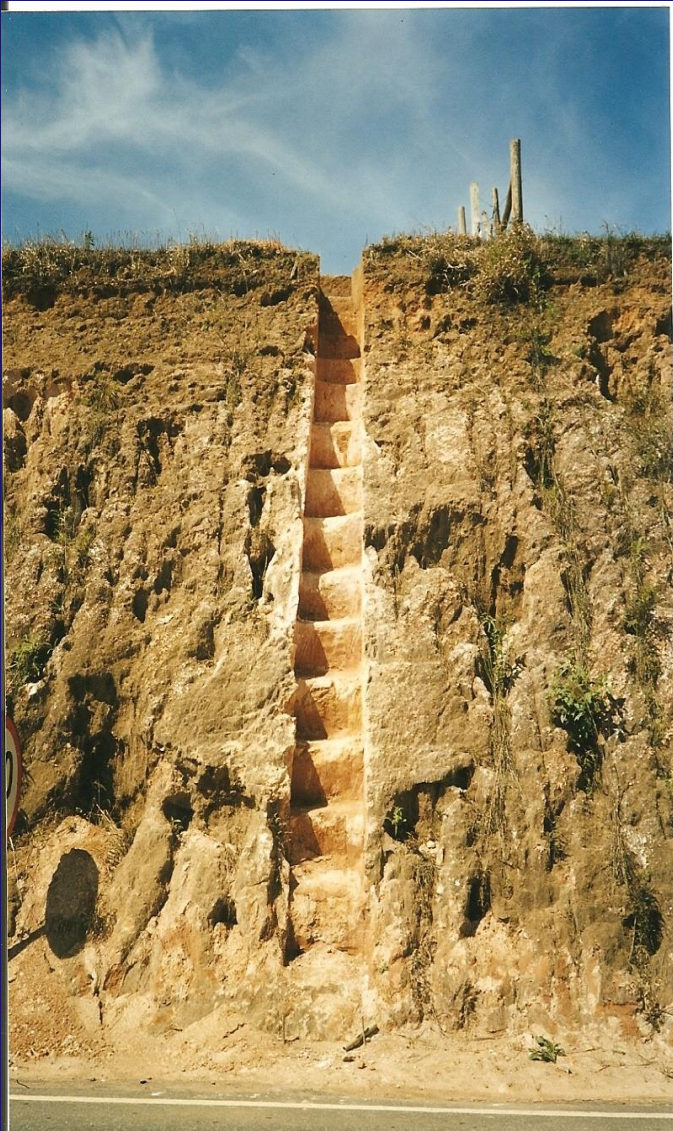


Foto 2 – Atiramento verde com biomanta antierosiva e vetiver de aterro sem compactação e em apenas 30 dias, protegem o talude, pois não houve trincas, carreamento de sedimentos e erosões.

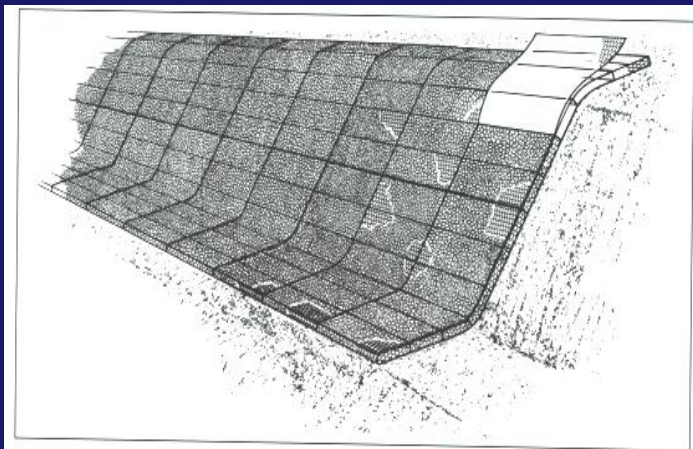


Foto 3 – Proteção de margens de curso d'água com barreiras vivas de vetiver em consorciação com gramíneas e leguminosas e biomanta antierosiva de proteção definitiva.

ESCADA HIDRÁULICA



Gabiões no Controle da Erosão Hídrica



Gabiões

São produtos ecologicamente correto, uma vez que, integram ao ambiente natural, promovendo de forma mais rápida a integração da obra com o meio ambiente.



EDUCAÇÃO AMBIENTAL E VALORIZAÇÃO DO SOLO



**PROJETO
NAZARENO (MG)
PARCERIA
UFLA
MMA-FNMA
EMATER
PREFEITURA
CEMIG**

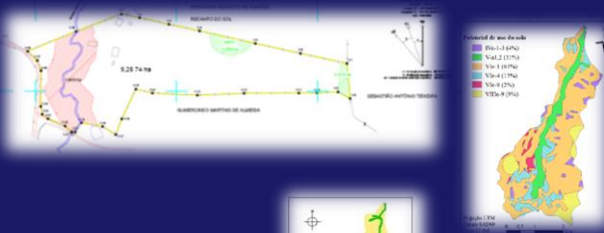


CONSERVADOR DA ÁGUA – SEGURANÇA DO SOLO, ÁGUA, FLORESTA E ALIMENTO NA PEQUENA PROPRIEDADE



● No campo social uma grande inovação na gestão do solo é a possibilidade de pagamento por serviços ambientais, constituindo tendência mundial.

● Esse mecanismo tem como diferencial o incentivo aos agricultores para que exerçam o papel de protetores dos recursos naturais, solo e água, eliminando ou minimizando os principais problemas relacionados com o uso e o manejo incorretos do solo.



● Os produtores rurais são financeiramente incentivados a participar com a venda de benefícios ambientais gerados pelo manejo conservacionista, na filosofia da segurança do solo, água, floresta e alimento.

Considerações finais

Os dados gerados na pesquisa têm demonstrado que o solo encontra-se no centro dos principais desafios do planeta, como na produção de alimentos, fibras e energia, apresentam papel fundamental na mitigação de efeitos de mudança climática, na manutenção dos mananciais hídricos e na sustentabilidade da biodiversidade.

A degradação do solo e da água e como consequência os desastres ambientais englobam problemas muito críticos que o Brasil e o mundo estão enfrentando atualmente, refletindo-se diretamente nos segmentos da segurança, do econômico, do social e do político.

As soluções destes problemas, como vêm sendo demonstradas, são tecnicamente possíveis, mas os efeitos destas degradações muitas vezes persistem ou se estabelecem novamente devido à falta de consciência e educação ambiental.