

# Uso do Google Earth para acompanhamento de processos erosivos na superfície terrestre.

<sup>1</sup>M.A.BARROS

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

## RESUMO

Essa pesquisa objetiva demonstrar o uso do Google Earth <sup>TIM</sup> para monitoramento, prevenção e recuperação de processos erosivos na superfície terrestre. Tem-se por hipótese que as ferramentas desse programa permitem ao usuário visualizar imagens de diferentes datas e momentos de aquisição o que, em última análise, permite uma visualização da evolução de processos e fenômenos geomorfológicos nos espaços cobertos por essa tecnologia. A riqueza desse recurso está na sobreposição de imagens de períodos diferentes o que torna possível avaliar diferentes tipos de fenômenos.

**Palavras chave:** Geomorfologia, Imagens, Google Earth

## ABSTRACT

This research aims to demonstrate the use of Google Earth TIM for monitoring, prevention and recovery of erosive processes on the Earth's surface. It is hypothesized that the tools of this program allow the user to visualize images of different dates and moments of acquisition, which ultimately allows a visualization of the evolution of processes and geomorphological phenomena in the spaces covered by this technology. The richness of this feature lies in the overlapping of images from different periods, which makes it possible to evaluate different types of phenomena.

**Keywords:** Geomorphology, Images, Google Earth

### 1- INTRODUÇÃO

O presente texto tem por objetivo demonstrar o uso do Google Earth <sup>TIM</sup> para monitoramento, prevenção e recuperação de processos erosivos na superfície terrestre a partir do recurso “histórico”. Esse permite ao usuário visualizar imagens de diferentes datas de aquisição o que, em última análise, permite uma visualização da evolução de processos e fenômenos geomorfológicos nos espaços cobertos por essa tecnologia. Em países europeus e nos Estados Unidos as imagens disponibilizadas desde a década de 1940. No caso brasileiro, as imagens têm um recuo histórico menor, cujas primeiras datam de 2000 e são representadas com alta definição. A riqueza desse recurso do Google Earth está na sobreposição de imagens de períodos diferentes o que torna possível avaliar diferentes tipos de processos atuando na transformação da paisagem terrestre seja ela urbana ou rural. Esse trabalho se justifica na medida em que se propõe a investigar os recursos fornecidos pelo Google Earth e suas aplicações nas pesquisas espaciais, geográficas e de engenharia.

### 2 - OS USOS DAS FERRAMENTAS DO GOOGLE EARTH PARA ESTUDOS DOS PROCESSOS EROSIVOS.

De acordo com Cassetti (2005) o relevo terrestre pode ser definido como sendo um substrato de suporte e

recurso indispensável à vida, no qual ocorre a maioria das ações humanas e os fenômenos naturais. No que se refere as relações que são estabelecidas entre homem-natureza, a superfície terrestre possui características definidas como naturais (ambiental), ideológico (apropriação, senso de posse e pertencimento) e geopolítico (localização e ocupação). Para De Martonne (1964 apud CASSETI, 2005) o relevo é “palco do desenvolver da história”. Desse modo, poder-se-ia afirmar que a superfície terrestre é o principal locus de realização das ações antrópicas. De maneira semelhante, Marques (2012) explica que os relevos constituem os o substrato sobre os quais se fixam as populações humanas e são desenvolvidas suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos. Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, oferecem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais, ou da ação do homem. Nesse sentido, a presente pesquisa se situa dentro da área da geomorfologia que tem como principal objeto de estudo as formas de relevo, mas não se limita a essa área. Com efeito, busca-se problematizar o uso das ferramentas do google Earth nos estudos geomorfológicos, em particular, aos

processos erosivos. Faz-se necessário dizer que a geomorfologia não consiste em apenas a inventariar conhecimentos acerca das diferentes formas de relevo, mas tem como foco entender os processos transformadores e evolutivos, seja em escalas micro ou macro, e correlacionar com os diversos aspectos que compõem a paisagem terrestre. Inicialmente, os estudos geomorfológicos apontavam dois tipos de processos correlacionados que formavam a gênese das feições do relevo: as forças endógenas e as exógenas. As endógenas dizem a respeito das forças internas: fenômenos magmáticos vulcânicos e plutônicos, orogênese, epirogênese, tectônicas de placas, sismicidade, dobramentos, falhamentos e geodinâmica interna da Terra. As exógenas dizem respeito às forças externas que agem no relevo: fenômenos climáticos, atmosféricos e hidrológicos (precipitação e ventos). É factual que os conteúdos geomorfológicos atuais incluem a ação antrópica como agente de 13 intemperismo e transformador do relevo, a exemplificar a cobertura do solo e as obras de engenharia nos ambientes urbanos e rurais. Ao analisar a história da geomorfologia observa-se que os estudos nessa área evoluiu através de modelos e de sistemas de evolução do relevo que foram teorizados e propostos por clássicos como William Morris Davis, Albert Penck e Lester King (1899, 1924 e 1953 respectivamente) que atribuíam a importância primordial ao soerguimento do terreno e o entalhamento denudacional posterior, ou seja, a maturidade do relevo é percebida através do aplainamento do terreno e a presença das formas residuais (monadocks ou inselbergs). A teoria do equilíbrio dinâmico de John Hack, por exemplo, traz a concepção sistêmica de meio ambiente, na qual o homeostase não significa estaticidade ou imobilidade do sistema e sim o funcionamento dos vários elementos de acordo com a entrada de energia no referido sistema e as diferentes características dos elementos. De acordo com o geógrafo brasileiro Christofolletti (1980), a teoria do equilíbrio dinâmico baseia-se num comportamento balanceado entre os processos morfogenéticos e a resistência das rochas, e também leva em consideração as influências diástroficas na região, cabe ainda contribuição de Ross (1991): [...] principio básico o entendimento de que o ambiente natural encontra-se em estado de equilíbrio, porém não estático, graças ao mecanismo de funcionamento dos diversos componentes do sistema [...] sendo, portanto entendida pela funcionalidade na entrada de fluxo de energia no sistema que produz determinado trabalho. Considerando a visão sistêmica do relevo enquanto elemento da paisagem, tema sobre o qual Arthur Strahler e Richard John Chorley contribuíram expressivamente, surge o conceito físico de entropia, ou seja, a quantidade de energia no sistema e sua forma de distribuição e alocação nele. Embasados na Teoria Geral dos Sistemas (proposta pelo biólogo alemão Bertalanffy), principalmente quanto ao comportamento probabilístico, Adrian Scheidegger, M.L. Zdenkovic,

Bergere Leopold e Walter Langbein se dedicaram à aplicação deste conceito da repartição de energia ao processo evolutivo do relevo. É importante ressaltar que a inserção e a aplicação de conceitos físicos e matemáticos na Geomorfologia gerou um imperativo na obtenção de dados, fomentando o surgimento da morfometria, ramo dedicado à quantificação e análise matemática das formas e processos geomorfológicos, que possui como expoentes teóricos Arthur Strahler e Robert Horton (criador das quatro Leis de Horton, teoria 14 fundamental a qualquer análise morfométrica de bacias hidrográficas). Ainda sobre o enfoque quantitativo, é perceptível um direcionamento recente ao estudo dos arranjos geométricos e sua distribuição na natureza, empregando modernos conteúdos da Física e da Matemática como a Teoria do Caos, Arranjos Fractais e Sistemas Dinâmicos Complexos. No Brasil, o estudo geomorfológico avançou a partir de 1950 devido à abertura governamental aos assuntos ambientais e a necessidade de conhecimento técnico como aporte à interiorização e ocupação do território. A consolidação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, fundado em 1937) e seu projeto RADAMBRASIL, que objetivava o levantamento de informações técnicas sobre recursos naturais do território brasileiro, fomentou a formação e a especialização de geógrafos brasileiros. Muito se deve a contribuição de nomes como Aziz Nacib Ab'Saber, Antônio Christofolletti, João José Bigarella, Aroldo Azevedo, Jurandy Ross e Antonio Teixeira Guerra; assim como as importantes contribuições dos estrangeiros André Cailleux e Jean Tricart. Ao fim deste breve histórico da geomorfologia, é necessário retomar que os conteúdos geomorfológicos servem de fundamentação na análise, mitigação e resolução das diversas problemáticas advindas da relação sociedade-natureza, e também servem a proposição e construção de novas configurações nesta referida relação. No tocante as problemáticas supracitadas, os processos erosivos se constituem uma importante questão a ser tratada, devido à perda de solos nas encostas (ou vertentes). Segundo Guerra (2012, p. 150): Apesar da importância que os solos têm para a sobrevivência da espécie humana, dos vegetais e dos animais na superfície da Terra, parece que o homem tem dado pouca atenção a esse recurso natural, pelo menos no que diz a respeito à sua utilização e conservação. Wild (1993) ressalta que o solo é um dos recursos que o homem utiliza, sem se preocupar com o período necessário para sua recuperação, acreditando que vá durar para sempre; quando investe no solo, é para obter maiores colheitas, raramente para conservá-lo. O autor elucida a relação em questão, demonstrando a desproporcionalidade entre a importância dos solos e o nível de preservação dispensado a eles; preservação que, por vezes, é apenas finalística, na intenção de gerar maior exploração do recurso. 15 Acerca dos processos erosivos, é necessário reconhecer quatro fatores básicos controladores das taxas variáveis de erosão, os quais são: erosividade da chuva,

propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas. Parafraseando Hudson (1961 apud GUERRA, 2012), a erosividade da chuva é a capacidade da precipitação erodir o relevo, entretanto exige uma complexidade quanto à energia cinética, sazonalidade, intensidade e formato das gotas. Quanto às propriedades do solo, a erodibilidade é definida por Morgan (1986 apud GUERRA, 2012) como “a resistência do solo em ser removido e transportado”, ou seja, a capacidade de resistir ou vulnerabilidade à erosão; porém o nível de erodibilidade não é constante, mas variável de acordo com tempo de precipitação, assim as outras propriedades do solo como densidade aparente, porosidade, textura, teor de matéria orgânica, pH do solo e capacidade dos agregados. A cobertura vegetal é fator preponderante nos processos naturais, influencia diretamente na redução da energia cinética (efeito splash) e no volume da precipitação que chegaria ao solo (caso toda a vegetação fosse retirada), a manutenção das taxas de matéria orgânica, a porosidade, o teor dos agregados e a capacidade de infiltração; a retirada da vegetação implica numa maior remoção de sedimentos e num maior escoamento superficial, culminando na erosão e na perda de solos. O arranjo da cobertura vegetal também é condicionante, devido às diferenças de folhas (quantidade e formato), tronco, raízes (profundidade) e porte (altura), além da capacidade interna e externa de retenção de água. O último fator é a característica das encostas, a declividade é basilar ao entendimento, pois ela concede informações quanto à velocidade do runoff e a quantidade de material disponível (solo) na encosta; Encostas suaves tendem a acumular mais material e possuir maior capacidade de infiltração, contudo a velocidade do runoff é menor; situação inversa nas encostas íngremes, grande velocidade de runoff, pouco material a ser removido. Um ponto a ser observado é a possibilidade da formação de crostas nas encostas, a exemplificar as crostas lateríticas ferruginosas (latossolos), característica que deve ser levada em conta na análise, assim como comprimento das encostas. A forma geométrica da encosta se soma a análise, sendo distinguidas em convexas ou côncavas. Essas características (declividade, comprimento e forma) em conjunto as propriedades do solo definem o grau de resistência à erosão. 16 Entender o ciclo hidrológico é indispensável no estudo dos processos erosivos, a síntese de Guerra (2012, p. 166) é esclarecedora: o ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo. Durante um evento chuvoso, parte da água cai diretamente no solo, ou porque não existe vegetação, ou porque a água passa pelos espaços existentes na cobertura vegetal. Parte da água da chuva é interceptada pela copa das árvores, sendo que parte dessa água interceptada volta à atmosfera, por evaporação, e outra parte chega ao solo, ou por gotejamento das folhas, ou escoando pelo tronco. A ação das gotas da chuva diretamente, ou por meio do gotejamento das folhas, causa a erosão por salpicamento (splash). A água que chega ao solo pode

ser armazenada em pequenas depressões ou se infiltra, aumentando a umidade do solo, ou abastece o lençol freático. Quando o solo não consegue mais absorver água, o excesso começa a se mover em superfície ou em subsuperfície, podendo provocar erosão, através do escoamento das águas. A taxa de infiltração define a capacidade de campo que pode ser diferente de acordo com as propriedades do solo e o tipo de uso que é destinado, além da alteração após a saturação do terreno. Quando a intensidade pluviométrica for superior à esta capacidade de infiltração, ao chegar ou exceder ao ponto de saturação do terreno será gerado o runoff ou escoamento superficial. Apresenta-se na forma de pequenos fluxos, cuja energia é alimentada pelas gotas da chuva (ou das folhas) e reduzida pelos obstáculos rochosos e vegetais (raízes). A capacidade do runoff transportar sedimentos, mover o solo e causar erosão dependerá da velocidade e da distribuição espacial do fluxo nas encostas. A água infiltrada no solo não é estática, ela percola até o fluxo base (aquífero), porém a infiltração supera a percolação, a água inicia os movimentos laterais. O escoamento subsuperficial é o nome dado a esta movimentação lateral (throughflow) da água, quando o fluxo é concentrado em dutos (túneis) iniciam os processos erosivos, o conhecido piping, que podem ter diâmetro de alguns centímetros a metros. A desagregação das superfícies pelo piping subsuperficial culmina na gênese de voçorocas. Retomando a ideia de que os processos erosivos dependem de fatores como erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas, e de estruturas de infiltração, armazenamento, percolação e escoamento (superficial e subsuperficial), é possível afirmar que os níveis de ação desses processos serão diferenciados ao longo do tempo, seja em horas, dias ou durante o ano, refletindo a sazonalidade entre períodos chuvosos e secos. 17 Logo existe uma evolução nos processos erosivos, que pode ser acelerada ou retardada pelos fatores citados anteriormente: a erosão laminar, ravinamento e voçorocamento. A erosão laminar é originada através do escoamento superficial (runoff), não se concentra em canais de drenagem, mas ocorre de forma dispersa nas encostas como uma varredura. O fluxo da água é determinante na capacidade erosiva laminar, quanto maior a velocidade, mais material do solo estará em transporte; a erosão laminar aliada ao salpicamento (splash) possui grande potencial erosivo, pois as gotas ao caírem colocam partículas de sedimentos em suspensão na água, sendo mais facilmente transportado pelo fluxo laminar, além do fato que o splash aumenta a velocidade e a energia desse fluxo da erosão laminar. O ravinamento é a evolução da erosão laminar, quando a velocidade do fluxo superficial ultrapassa a 0,3 m/s, inicia a incisão e transporte de material do topo do solo; esse aumento no fluxo pode advir de fatores como a intensidade de precipitação e a saturação da capacidade de campo. As ravinas não seguem o padrão de drenagem da encosta, de maneira que se fossem obliteradas (reduzidas por

maquinário agrícola), surgiria uma nova configuração de ravinas ao iniciar um novo evento chuvoso. Estudos experimentais em estações monitoradas demonstram que 80% do material sedimentar é transportado por ravinas (MUTCHLER; YOUNG, 1975 apud GUERRA; CUNHA, 2012). As voçorocas decorrem do aumento da dimensão das ravinas aliado ao aumento dos dutos subsuperficiais. O termo “voçoroca” tem toponímia na família linguística tupi-guarani, yby (terra) e soroka (rasgo), ou seja, rasgo de terra. De forma análoga ao dolinamento por colapso nos relevos cársticos, o desabamento dos tetos dos pipes subsuperficiais ocorre devido à incisão do ravinamento no solo, causando o voçorocamento e a abertura de canais. É um processo acelerado de erosão de grandes dimensões, as voçorocas possuem mais de 0,5m de largura e profundidade, e vários metros de comprimento; além do tamanho, outra característica que diferencia das ravinas é o fato de não poderem ser obliteradas por maquinário agrícola. No âmbito agrícola, a ocorrência de ravinas e voçorocas não ocasiona apenas problemas pontuais como a perda de fertilidade e de uso do solo, mas gera o assoreamento dos canais fluviais pela deposição excessiva de material sedimentar, 18 o aumento dos níveis de inundação nos eventos extremos e a contaminação por possíveis defensivos agrícolas que se agregam ao material sedimentar. No ambiente urbano, o assoreamento de córregos e rios, a ocupação desordenada do solo e a retirada de cobertura vegetal em larga escala são as principais causas da degradação do solo, dando condições ao surgimento de processos erosivos. Esses processos erosivos se traduzem na ampliação das voçorocas, em sua maioria na parte periférica da zona urbana, fato que contribui para a destruição de ruas e desmoronamentos de moradias, além da constante atenção pela susceptibilidade a deslizamentos. Não se devem associar inicialmente esses processos erosivos aos movimentos gravitacionais de massa como rastejo, escorregamentos, quedas de blocos e corridas de massa, porém a atenção é necessária na confluência desses eventos nas encostas. O mapeamento geomorfológico torna-se necessário na identificação e análise das feições e estruturas do relevo do território, dos processos erosivos e de atenção futura, e no planejamento e implementação de ações mitigadoras. Nesse ínterim, surge a importância do Sensoriamento Remoto como resposta técnica à necessidade de se conhecer o território, mesmo de forma não palpável, na obtenção de imagens, no geoprocessamento e a elaboração dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Assim, a Geomorfologia se insere na utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de imagens de satélites e aerofotografias com o intuito de buscar e oferecer dados relativos ao uso do solo num dado território. É inegável que o mapeamento temático da geomorfologia se apresenta como uma das mais importantes ferramentas ao planejamento territorial, seja no Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) ou

no Zoneamento Geográfico das Unidades Ambientais (ZGUA). Esses mapeamentos temáticos possuem grande potencial, pois a identificação antecedente do território possibilita a prevenção de problemáticas posteriores. A caracterização dos mapeamentos temáticos está intrinsecamente ligada às escalas utilizadas; as escalas menores são utilizadas nos mapeamentos de grandes estruturas geomorfológicas e as maiores serão utilizadas para unidades e feições geomorfológicas. 19 O avanço tecnológico permitiu a obtenção de imagens de maior qualidade no sensoriamento remoto, devido ao aumento da capacidade dos sensores, do armazenamento e da velocidade de processamento dos dados. O processamento das informações geográficas, ou geoprocessamento, também evoluiu com o progresso tecnológico, fato perceptível no advento da informática e dos softwares como reconhecidos ArcGIS da empresa americana ESRI, ENVI da americana ITT Exelis e SPRING do INPE. Boa parte dos softwares SIG e de tratamento de imagens possui licença de uso, ou seja, são considerados proprietários (necessidade de aquisição para utilização); porém existe a produção de softwares livres (código aberto) como o SPRING criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Alguns softwares não possuem base específica ao tratamento de imagens ou suporte a inserção de banco de dados, porém trabalham serviços de localização, visualização e identificação através de imagens aéreas e de satélite. O software freeware (livre e gratuito) Google Earth da empresa Google Inc. se insere nessa categoria, pois tem a possibilidade de criar marcações e informações geográficas referenciadas. Ainda que existam controvérsias quanto ao mau uso do Google Earth para fins militares (que não configura o presente caso) e terroristas; entretanto sua grande popularização e aceitação, o recobrimento histórico-temporal de imagens e as possibilidades de visualização da superfície oceânica, lunar e celeste levaram o Google Earth ao nível de fonte fundamental de informação e visualização do ambiente terrestre, assim torna-se necessário elencar as possibilidades de uso desse software no auxílio ao geoprocessamento e geração de dados geográficos.

### 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Google Earth respondeu à proposta de visualização dos processos erosivos com um gama maior de detalhes, além da possibilidade de importar e exportar dados e imagens desses processos. Aliado a outras ferramentas possibilitou mensurar e quantificar as áreas com determinada precisão e inferir comparações através de imagens temporalizadas. A análise foi subsidiada pela junção dos dados quantitativos e das informações técnico-históricas de forma a revelar claramente as problemáticas de área de caráter peculiar que é o uso militar, mas também visualizar as possibilidades de resolução através do zoneamento, reconhecimento e monitoramento de

cunho técnico-científico. A perspectiva notável é de que área do CIF adquira maior visibilidade e importância devido à preservação, ao planejamento e ao monitoramento a serem implantados, servindo com fonte de pesquisa e dados do domínio morfoclimático dos Cerrados. Como continuação a este trabalho, indica-se o inventário e a análise dos aspectos climáticos, hidrológicos e pedológicos no âmbito físico, e os aspectos faunísticos e florísticos da área estudada, assim como as correlações entre eles, sem olvidar o caráter crítico e formativo que deve continuamente permear toda e qualquer produção científica. Este foi um estudo local e inicial, que em análises futuras pode ser expandido e aprimorado, considerando o grande potencial que geoprocessamento oferece para ao estudo do relevo. Por fim, o constante avanço tecnológico da informática tem permitido o aumento da qualidade das imagens e quantidade de dados e informações obtidas, diminuindo a temporalidade entre as coberturas, e ainda que pareça utópico ou inatingível, num futuro próximo consigamos imagens em tempo real da superfície terrestre.

## 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSETI, V. 2005. Geomorfologia. Disponível em: “<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>”. Acesso em: 10 de agosto de 2017.
- FLORENZANO, T.G. 2002 Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.). 1989. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 11ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 474p. 40
- GUERRA, A. T. G. 2012. Dicionário geológico e geomorfológico. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. KML TOOLS PROJECT. In: UHN Cooperative Extension. New Hampshire. University of New Hampshire. Disponível em: <http://extension.unh.edu/kmlTools/about.cfm>”. Acesso em: 10 de agosto de 2017.
- MARQUES, J. S. 2012. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da.(org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 11ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. pp. 23-50.
- MIRANDA, E. E. (Coord.) et al. 2001. Campo de Instrução de Formosa-GO: relatório técnico do zoneamento realizado em 2001. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 15 p. : il., mapas color.
- RIBAS, W. K. 2007. Os Limites Posicionais do Google Earth. Disponível em: “[http://www.esteio.com.br/downloads/2007/precisao\\_Google-Earth.pdf](http://www.esteio.com.br/downloads/2007/precisao_Google-Earth.pdf)”. Acesso em: 27 de setembro de 2012.