

Revista Brasileira de Cartografia (2013) Nº 65/5: 997-1013
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

HISTÓRICO DO LEVANTAMENTO DE SOLOS NO BRASIL: DA INDUSTRIALIZAÇÃO BRASILEIRA À ERA DA INFORMAÇÃO

History of Soil Survey in Brazil: Brazilian Industrialization to the Information Age

**Claudia Csekö Nolasco de Carvalho¹; Fábio Carvalho Nunes²
& Mauro Antonio Homem Antunes³**

¹Universidade Estadual de Alagoa – UNEAL
BR 116 km 21 - Santana do Ipanema – AL
ccseko@ig.com.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFTBA
BR 116, km 21 - Santa Inês - BA
fabio.nunes@si.ifbaiano.edu.br

³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
BR 465 km 07 - Seropédica - RJ
mauroantunes@ufrj.br

Recebido em 27 de Janeiro, 2013/ Aceito em 03 de Maio, 2013
Received on January 27, 2013/ Accepted on May 03, 2013

RESUMO

O trabalho procura correlacionar a trajetória dos levantamentos de solos com o contexto histórico das políticas agrícolas no Brasil, a partir da industrialização do país até a era digital (era da informação). Aborda as metodologias e técnicas cartográficas utilizadas e a importância do mapa de solos como ferramenta para o ordenamento e desenvolvimento sustentável dos territórios. Mostra como algumas das estratégias governamentais para o desenvolvimento econômico do país repercutiram nos levantamentos de solos nas diferentes regiões e a sua importância para a evolução e organização do conhecimento dos solos. Discorre sobre as tendências da cartografia do solo sob a ótica da sustentabilidade e, principalmente, das inovações tecnológicas (Mapeamento Digital de Solos-MDS, geoprocessamento, *WebMap*) como ferramentas potencialmente úteis, desde que metodologias adequadas sejam desenvolvidas. Mostra que é preciso adquirir conhecimento em geotecnologias e unir o conhecimento teórico ao pragmático. Indica o perfil do pedólogo na Era Digital, sua capacidade criativa, inovadora e pensante como fundamental para propiciar uma fase de retomada e ascensão dos levantamentos de solos no Brasil, através da geração de mapas de solos mais interativos e multiusuários.

Palavras chaves: Levantamento de Solos, Políticas Agrícolas, Tecnologia.

ABSTRACT

The work aims to correlate the trajectory of soil surveys with the historical context of agricultural policies in Brazil, from the industrialization of the country until the digital age (the information age). It discusses the methodologies and cartographic techniques used and importance of the soil maps as a tool for arraying and sustainable development of the territories. It shows how some government strategies for the country's economic development affected the intensity of soil surveys in different regions and their importance for the evolution and organization of the knowledge of soils. It expounds the trends in soil cartography from the perspective of sustainability, and especially technological innovations (Digital Soil Mapping-MDS, geoprocessing, WebMap) as potentially useful tools for soil surveys, provided that appropriate methodologies are developed and that proper training is realized. It shows that we must acquire knowledge in geotechnologies and unite theoretical and pragmatic knowledge. It stresses the importance of the pedologist profile in the Digital Age, the creative, innovative and critical thinking capability as fundamental to provide a phase of recovery and rise of soil surveys in Brazil, through the elaboration of more interactive and multiuse soil maps.

Keywords: Survey of Soil, Agricultural Policies, Technology.

1. INTRODUÇÃO

Os levantamentos de solo no Brasil tiveram início a partir de sua industrialização, no final da década de 40. Da Industrialização Brasileira a Era Digital, ou Era da Informação, a cartografia de solos no Brasil contribuiu em muitos aspectos para a evolução do conhecimento dos solos no território nacional. À medida que instituições com fins cartográficos foram sendo criadas e estruturadas, que equipamentos e tecnologias mais modernos foram surgindo e bases cartográficas foram sendo construídas em diferentes escalas, a cartografia dos solos também foi incrementada, dada a sua importância estratégica para o país. O mapa de solos é um instrumento imprescindível para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais. As informações nele contidas possibilitam ao poder público a proposição de políticas territoriais, legislação específica e a construção de instrumentos de caráter jurídico-administrativo que permitem a formulação de diretrizes de preservação, recuperação, conservação e desenvolvimento.

Quase seis décadas após o início da execução do plano básico de inventário geral de recursos de solos do Território Nacional (Carta de Solos do Brasil), percebe-se que aspectos da conjuntura econômica nacional em algumas épocas determinam o surgimento de programas governamentais, que impulsionaram *pari passu* a cartografia do solo e a evolução da ciência do solo no Brasil.

Publicado em 1943, o “Esboço Agrogeológico do Estado de São Paulo” foi o primeiro mapa de solos elaborado no Brasil (LARACH, 1997). A criação da Comissão de Solos do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA) do Ministério

da Agricultura, em 1947, foi um marco decisivo para o início dos levantamentos de solo no território nacional.

O papel da agricultura brasileira na década de 50 era o de abastecer os centros urbanos e gerar divisas para financiar as importações necessárias à industrialização. Em 1953 o governo aprovou o Programa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos Brasileiros, apresentado pela Comissão de Solos (atual Embrapa Solos - Centro Nacional de Pesquisa de Solos), iniciado no ano subsequente (MENDES, 1954; RAMOS, 2003).

A grande extensão geográfica do país, a insuficiente malha rodoviária, o incipiente conhecimento dos solos e a deficiência de pessoal técnico experiente constituíam fatores que inicialmente dificultaram e até impediram a execução de levantamentos em algumas regiões do país. Contribuíam também, a inexistência de cartas topográficas e fotos aéreas em escala adequada, as condições econômicas, o elevado custo de execução dos levantamentos e de publicação dos mapas.

Hoje, em plena era digital, grandes avanços na classificação pedológica brasileira, em sensoriamento remoto e uma revolução na cartografia com o advento do computador, de programas, da internet e de novas tecnologias como o Sistema de Posicionamento Global – GPS revolucionaram a cartografia dos solos. Essas ferramentas possibilitam o mapeamento de áreas de difícil acesso e lançam novos desafios.

Entretanto, apesar dos avanços proporcionados pela era digital, o Brasil, país detentor de

vários biomas e com alto e diversificado potencial agrícola possui em pleno século XXI apenas 5% dos solos mapeados na escala 1:25.000, 15-20% na escala 1:100.000 e 35% na escala 1:250.000 (DEMATTÊ *et al.*, 2001). Paradoxalmente, o que se observa é um declínio dos levantamentos de solo. Como fatores determinantes são relacionados à ausência de aportes governamentais, a generalização das informações de variabilidades espaciais e a falta de ênfase na interpretação dos dados para processos (como erosão, por exemplo), que facilitassem o desenvolvimento de ações voltadas para o aumento da produção e o manejo sustentável (ESPÍNDOLA, 2008).

Devido à importância do mapeamento de solos para sustentabilidade dos territórios, o trabalho procura correlacionar a trajetória dos levantamentos de solo no contexto histórico das políticas agrícolas no Brasil, abordando as metodologias e as técnicas cartográficas

utilizadas e enfatizando a importância do mapeamento pedológico no passado e no presente para o ordenamento e desenvolvimento do país.

2. CARTOGRAFIA DE SOLO

2.1 Políticas agrícolas, histórico, reflexos econômicos e tecnológicos

A transição para a Era Digital em cartografia de solos acompanha o processo de evolução da Pedologia e do sistema brasileiro de classificação pedológica e ocorre a partir de uma sucessão de fatos que promovem paralelamente uma revolução nos equipamentos, nas técnicas e nas metodologias, bem como na forma de conceber, processar e elaborar um mapa de solos.

No presente trabalho são correlacionados fatos econômicos e tecnológicos, que a partir da década de 30 parecem ter influenciado a evolução dos mapeamentos pedológicos, sinalizando as tendências no atual panorama.

A agricultura é uma das principais bases da economia brasileira e essa vocação agrícola, a princípio concentrada na produção de cana-de-açúcar e café, repercutem de forma direta na história dos levantamentos de solo. Já no século XIX a exploração agrícola era bem definida em determinadas regiões do país (Figura 1). Sua distribuição geográfica mostra a influência dessas culturas na definição de ações políticas ligadas as



Fig. 1 - Distribuição geográfica das principais culturas exploradas no Brasil no século XIX. Fonte: adaptado de Alcoforado (2003).

potencialidades de mercado, já que constituíam principal atividade econômica exportadora do país. O setor agropecuário, ao longo do século XX, foi sendo redirecionado por ações que visavam o aumento da produção de matérias-primas e alimentos para a exportação e para suprir o mercado interno. Uma estratégia para alavancar o desenvolvimento industrial do país.

Na década de 30, o café era o primeiro produto de exportação do Brasil, atrás do algodão e do açúcar (ANDRADE, 2002; SZMRECSÁNYI, 1988; RIBEIRO, 2007)

De acordo com Furtado (2001, p. 115), “os interesses da produção e da comercialização estiveram entrelaçados na economia cafeeira e desde cedo, a classe dos cafeicultores compreenderam a enorme importância de ter o governo como instrumento de ação econômica”.

Em 1934, os estudos de solos, denominados então de estudos agrológicos, começaram a ser desenvolvidos no Nordeste. Segundo Barbosa (1935), o Governo Provisório de Vargas, em prol da contenção de um dos maiores flagelos que já assolou a região nordeste, a seca de 1930, determinou a construção dos grandes açudes pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Os reconhecimentos agrológicos foram assim intensificados em todo o Nordeste, com a criação da Seção de Solos em São Gonçalo-PB, em 1937, e a fundação em 1942 do Instituto Experimental da Região Seca, depois denominado

Instituto José Augusto Trindade. Esses levantamentos tiveram a finalidade de fornecer dados para o projeto dos canais de irrigação e contribuíram para a identificação de solos afetados por sais. O DNOCS é então apontado como a primeira entidade no Brasil a delimitar séries de solos, consideradas como “tipos de solo” (DNOCS, 1966 *apud* Ribeiro, 2007).

Embora o conhecimento sobre solos nesta época no Brasil ainda não estivesse organizado em um sistema taxonômico, o fato das exportações agrícolas constituírem a base da economia nacional fez com que o governo tivesse interesse em fomentar as pesquisas. Na década de 40, segundo Mendes *et al.* (1954), estações agrícolas experimentais deram início a estudos e tentativas de classificação dos solos em domínios e em fazendas particulares do vale do Paraíba do Sul. O Mapa dos Grandes Tipos de Solos do Estado de São Paulo (PAIVA NETTO *et al.* *apud* ESPÍNDOLA, 2008) reflete o pioneirismo no estudo dos solos da antiga Seção de Agrogeologia do IAC.

O inventário dos solos nas décadas de 50/60 concentrava-se nas regiões produtoras de café e cana-de-açúcar, notadamente no Rio de Janeiro,

São Paulo e Minas Gerais, hoje estados pertencentes à região sudeste (Figura 2). Também nesta mesma década um novo padrão de acumulação se destacaria: a indústria. Para viabilizar o desenvolvimento industrial, tornou-se necessário uma agricultura que produzisse alimentos para suprir o setor urbano, em crescimento acelerado. Nesta fase, os estados próximos de São Paulo como Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e Paraná, principalmente aqueles com menor densidade demográfica, estavam mais predispostos a sofrer os impactos positivos de integração, ofertando áreas para o avanço da fronteira agrícola.

O fato do setor agrícola ser visto como uma fonte de transferência de recursos para o projeto de industrialização brasileira alavancou os levantamentos de solos, principalmente na região sudeste.

O aumento da demanda por levantamentos de solos e a carência de técnicos levou a Comissão de Solos a promover a realização de cursos sobre “Morfologia, Classificação e Cartografia de Solos” em 1954, 1958, 1959 e 1966, dois dos quais com o apoio da Universidade Rural do Brasil (atual Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).

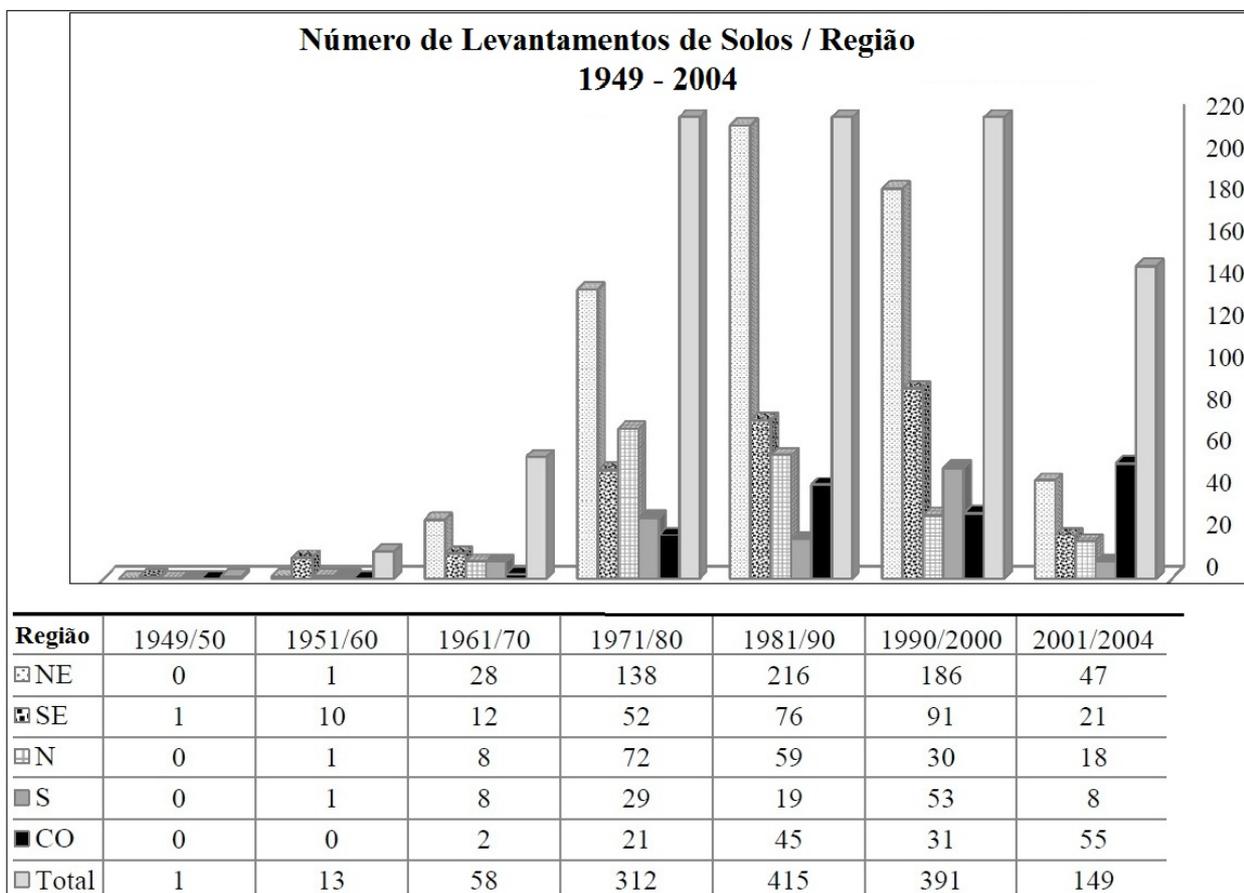


Fig.2 - Distribuição quantitativa dos levantamentos de solos de 1949-2004.

Esses cursos foram de suma importância para a formação de pedólogos, que posteriormente atuaram na Comissão, em instituições de ensino superior e no Projeto RADAMBRASIL (EMBRAPA, 2011b).

É importante sinalizar que a formação de um grande número de pedólogos também explica a concentração de levantamentos detalhados nas regiões sudeste e nordeste. Na Figura 2 é possível verificar que entre 1949/1960, do total de 14 levantamentos de solos realizados, 11 foram na região Sudeste.

Ainda na década de 50, a incorporação de novas e extremamente férteis terras do noroeste do Paraná, nas vizinhanças geográficas do oeste paulista e do velho norte paranaense, possibilitam a incorporação econômica de uma nova frente de expansão ao comércio mundial.

A primeira intervenção do Governo Federal para a promoção do desenvolvimento econômico do Nordeste data do início da década de 1950, quando o Banco do Nordeste do Brasil foi criado com o intuito principal de atuar como agente financiador das atividades agrícolas. Em 1960, com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), há uma intensificação dos mapeamentos pedológicos de solos na região Nordeste, conforme ilustrado no gráfico da Figura 2. Entre 1961/70 os levantamentos na região nordeste chegam a 28 e permaneceram crescendo até 2004, como consequência da criação de órgãos e da implantação de programas.

O convênio entre o Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária do Ministério da Agricultura e a SUDENE em 1966, que objetivou a execução de levantamentos de solos em toda região Nordeste e norte do Estado de Minas Gerais, foi determinante neste sentido. Nessa época, criou-se a Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (EPFS) que em 1972 passou a se chamar Divisão de Pesquisa Pedológica (DPP). Posteriormente, com a criação da Embrapa em 1973, a DPP foi transformada no Centro de Pesquisa Pedológica - CPP, com sede nacional no Rio de Janeiro, mas com diversas frentes de atuação regional (EMBRAPA, 2011a).

Paralelamente no final da década de 60, foi estruturado pelo Governo Federal o Programa Plurianual de Irrigação (PPI), visando à

implantação de estudos, projetos e obras de irrigação e drenagem, particularmente na região semiárida do país, para o aproveitamento dos pequenos e grandes açudes já existentes e de cursos d'água perenes e água subterrânea. Estes trabalhos desenvolvidos pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) visavam à expansão da irrigação no vale do São Francisco (CARTER, 1993).

Também em 1966 constitui-se um plano econômico de socorro à cacauicultura, importante geradora de divisas para o país (MARINHO, 2008). A criação da Comissão Executiva do Plano de Recuperação Econômica Rural da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e as ações por ela desenvolvidas incrementam os levantamentos na zona da mata do Estado da Bahia.

Ainda na década de 1960, os levantamentos de solos passaram a ter influência da cultura da soja, que se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. A expansão das áreas exploradas, em razão das altas cotações do mercado implicaram, por conseguinte, na necessidade de levantamentos de solos. Neste período, na região sul o número dos levantamentos realizados chegaram a 29 (1971/80), contrastando com apenas 8 executados entre os anos de 1961/70 (Figura 2).

Em meados de 70, fatos relevantes contribuíram para o aumento do número de levantamentos de solos na história. Além da construção da Transamazônica, desenvolveram-se duas diferentes, porém complementares, ações ao nível do Governo Brasileiro: o Projeto RADAM (Radar na Amazônia) e o Programa de Sensoriamento Remoto por Satélite. Entre 1971/1980, o número de levantamentos realizados na região norte foi multiplicado por nove em relação à década anterior (Figura 2).

O Projeto RADAM, concebido para realizar o levantamento integrado de recursos naturais da área localizada na faixa de influência da rodovia Transamazônica, superou as dificuldades de obtenção de fotografias aéreas convencionais da região, devido a fatores ambientais com o uso do sensor SLAR (Side Looking Airborne Radar). Mosaicos de radar foram utilizados em um intenso e profícuo trabalho de mapeamento da série "Levantamento de Recursos Naturais" de todo o território

nacional, que incluía o mapa temático de solos na escala 1:1.000.000. O sucesso do método determinou a ampliação gradativa para toda a Amazônia Legal, numa primeira etapa, até atingir em 1975 a totalidade do território brasileiro, quando passou a se denominar Projeto RADAMBRASIL (OLIVEIRA, 1999).

Nesta mesma época a sojicultura desponta, destacando-se tanto para a captação de moedas estrangeiras pelas exportações brasileiras de farelo, óleo e grãos, quanto para o suprimento do mercado interno de óleos comestíveis e concentrados proteicos (CONTE, 2006). Nesse contexto, as políticas agrícolas foram sendo transformadas em instrumentos de apoio à soja (CAMPOS, 2010), que a partir dos anos 1980 se expande significativamente para a Região Centro-Oeste. Como consequência dos incentivos fiscais, do estabelecimento de parques agroindustrias e de tecnologias que foram agregadas para incrementar a produtividade, novas áreas foram incorporadas (BRUM, 2002). Como resultado desta nova tendência, os levantamentos de solo duplicam a partir da década de 80 no Centro-Oeste (Figura 2), continuaram sendo executados em 1990/2000, mas em menor número, e no período de 2001/2004 voltam a crescer, chegando a 55.

O desenvolvimento de culturas adaptadas ao solo e aos diferentes climas fez com que a produção de soja se espalhasse também para parte do Nordeste, principalmente para o oeste da Bahia e sul do Maranhão e Piauí (BRASIL, 2004). Este fato parece continuar impulsionando os levantamentos de solos em todas as regiões brasileiras.

Já no Sudeste, região mais dinâmica do país, embora o citrus, o café e a cana-de-açúcar continuem a ser as culturas mais representativas economicamente, há uma maior diversificação de produtos agrícolas (SILVA *et al.*, 2007), este fato parece dar continuidade aos levantamentos de solo na década de 80 e 90.

Marcada pela introdução de novas tecnologias na área de informática, sensores remotos, GPS e programas de computação gráfica, a década de 90 surge como a que propulsionaria os levantamentos de solos. O sistema computacional CAD (*Computer Aided Design*), Projeto Assistido por Computador, que surgiu em 1982, foi o responsável pelo processo inicial de mapeamento digital. As versões a partir de 1997,

possuem expansão da funcionalidade através da adição de módulos específicos para desenho de mapas que auxilia os técnicos em cartografia a desenvolverem suas ideias de forma mais rápida. Entretanto, o sistema apenas reproduz, na forma digital, o desenho original através de um conjunto de ferramentas para entrada de dados gráficos, edição e geração de desenhos através de dispositivos de saída. Manipulações avançadas como mudanças de projeções e associação com banco de dados estão fora do escopo deste sistema (SOUZA, RODRIGUES, 2003; RODRIGUES 2010).

A partir do desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de bancos de dados houve um salto na cartografia digital. A ligação da base digital cartográfica, com o banco de dados descritivo fez surgir os Sistema de Informação Geográfica - SIG e programas (SPRING, Mapinfo, ArcGIS, IDRISI, GEOMEDIA, GRASS, Quantum GIS, por exemplo), que são capazes de organizar dados em diferentes planos de informações (*layers*) e georeferenciar elementos do meio físico. O geoprocessamento viabilizava a obtenção, armazenamento, reprodução e análise de grandes quantidades de dados espaciais em diferentes formatos, revolucionando a cartografia de um modo geral. As perspectivas de mudanças na forma de conceber e criar mapas de solo com menor custo, maior rapidez e interatividade com os usuários; e que atendessem não só as exigências de uma agricultura de precisão, mas também para os inventários ambientais se mostravam promissoras.

A demanda por alimentos, matérias-primas e biocombustíveis no início de 2000 para atender o crescimento populacional ampliou a pressão sobre os recursos do solo e isso teoricamente refletiria em um crescimento na demanda por mapas de solos mais detalhados. A palavra de ordem era compatibilizar preservação do meio ambiente com desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, as inovações tecnológicas e científicas surgiram como instrumentos potencialmente úteis à cartografia de solos, apontando caminhos para dinamizar os inventários e solucionar questões relacionadas às limitações e potencialidades dos solos, visando sistemas produtivos mais eficientes, bem como o uso e a ocupação mais racional das terras.

Paradoxalmente, no início do século XXI verifica-se o inverso, a queda no número de levantamentos. Desde meados do século passado até a década de 1970, houve forte ação do Estado por meio de investimentos públicos, aí incluídas as empresas estatais e de incentivos a investimentos privados para estimular a economia de regiões menos desenvolvidas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Entretanto, nas décadas de 1980 e 1990 uma conjuntura recessiva abateu a economia brasileira. As restrições orçamentárias e a descontinuidade dos programas governamentais refletiram negativamente. Podem ser citados como fatos que afetaram de forma contundente os levantamentos de solo: a crise que atingiu a economia cacaueira baiana a partir de 1980; a extinção do Projeto RadamBrasil em 1985 e da Sudene em 2001 e a transformação do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo em Centro Nacional de Pesquisa de Solos em 1993 (atual Embrapa Solos). Além disso, a literatura relata como causa a falta de conhecimento do usuário para decodificar as informações contidas em um mapa de solo, já que as informações pedológicas subutilizadas são questionadas quanto a sua finalidade.

2.2 Evolução dos métodos e das técnicas na cartografia de solos

Nos primórdios dos levantamentos de solo no Brasil, a prospecção era realizada por caminhamento livre. Não havia um método estabelecido e, de um modo geral, eram utilizados mapas geológicos e cartas planialtimétricas. Em um papel vegetal, disposto sobre mapas/cartas-base, eram feitas anotações e delineados os diferentes solos identificados através de observações de características ambientais *in situ* e correlacionadas por conhecimento tácito.

De acordo com Oliveira (1988), até a década de 50 os trabalhos que apresentavam as características do solo e sua distribuição eram designados de estudos pedológicos por não haverem neles a identificação de classes de solos. Porém, o autor citando os estudos realizados por Paiva Neto *et al.* (1950; 1953), ressalta que já era utilizado o conceito de Milne sobre catena.

Os Levantamentos de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal (1958) e do Estado de São Paulo (1960) foram os

primeiros a focar o solo sob a concepção pedológica, resultante das ações combinadas dos fatores de formação do solo e reconhecíveis em classes distintas, segundo critérios taxonômicos. Neles ainda não havia preocupação com a quantificação estatística da variabilidade dos solos, mas foram registradas as amplitudes de variação intraclasses (OLIVEIRA, 1988).

Foi a partir de 1960 que o uso de fotografias aéreas como mapas-base em pedologia tornou-se mais frequente. Fotografias aéreas tiradas pelo sistema Trimetrogon na escala 1:50.000 de dois terços do território brasileiro pela Força Aérea dos Estados Unidos - USAF, durante a Segunda Guerra Mundial foram disponibilizadas através de um acordo cartográfico do Brasil com os Estados Unidos (ARCHELA, 2001).

Com a evolução dos estudos de gênese abordando a distribuição espacial dos atributos do solo e sua diferenciação ao longo de vertentes, bem como a relação entre os solos e as diferentes paisagens e suas implicações na cartografia pedológica, outras técnicas começaram a ser incorporadas aos levantamentos, como o uso de transectos e topossequências (SAKAI; LEPSCH, 1987; FERNANDES BARROS, 1986; BOULET *et al.*, 1982; QUEIROZ NETO, 2002, SANTOS, 2000).

Até a década de 80 o especialista em solos, para confeccionar um mapa, além do conhecimento pedológico que lhe possibilitava compilar dados do meio físico (clima, geologia, vegetação e relevo), necessitava fazer análise e interpretação de imagens e/ou mapas planialtimétricos (BRASIL, 1966, 1967, 1975; LEVANTAMENTO 1972; EMBRAPA, 1976, 1984; IAC, 1987; OLIVEIRA; PRADO, 1984).

O estereoscópio e as mesas de luz eram equipamentos fundamentais para se delinear as diferentes unidades de solo sobre um papel. O mapa preliminar era desenhado a partir de fotointerpretação e da sobreposição de dados ambientais, associados pelo pedólogo, com base no seu conhecimento e experiência própria. Posteriormente informações obtidas em sucessivas investigações de campo eram agregadas e por interação sistemática, permitiam a ele capturar as relações entre os solos e as diferentes feições da paisagem, estabelecer a distribuição espacial e os

limites entre unidades no mapa analógico final, produzido manualmente.

Kraemer (2007), analisando os levantamentos executados entre 1966 a 1984, observou que eles possuíam metodologias de fontes e datas distintas, denotando a ausência no período de uma única instituição ou órgão que regulamentasse o trabalho de classificação e levantamento de solos. Entretanto, mesmo assim, eles atenderam em parte os critérios para levantamento de solos atualmente vigentes no país.

Com a publicação do manual de “Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos”, foram estabelecidas as definições, critérios essenciais para execução de levantamento e as metodologias a serem adotadas no prognóstico da distribuição geográfica dos solos. Sua elaboração e a existência de um sistema organizado de classificação em caráter permanente são fundamentais à normatização e estabelecimento de um programa nacional de levantamentos de solos (EMBRAPA, 1995).

Além das fotografias aéreas, as cartas topográficas e planialtimétricas editadas a partir de 1949 pelo Instituto Nacional de Estatística (futuro IBGE) em diferentes escalas foram e ainda são bases cartográficas fundamentais para os levantamentos de solo. Porém, nos anos 60 o desenvolvimento de novas técnicas impulsionou a cartografia e as inovações introduzidas para dar suporte aos mapeamentos permitiram o estudo fisiográfico dos solos (LACERDA *et al.*, 2008). A criação do Projeto RadamBrasil intensificou ainda mais o uso de imagens de sensores remotos e as técnicas de interpretação e análise possibilitaram a execução de levantamentos em todo território nacional. Paralelamente, começaram a ser desenvolvidos programas computacionais para dar apoio a levantamentos de solo (LEPSCH, 1978; MENK, 1984).

Novos obstáculos surgiam e a necessidade de superar os desafios decorrentes da variabilidade espacial dos solos e sua adequação ao nível de levantamento começou a apontar a geoestatística como uma técnica promissora (OLIVEIRA, 1988).

Oliveira (1978) chamava a atenção para o fato do levantamento de solos ser uma atividade essencialmente aditiva, onde à cada unidade taxonômica identificada e mapeada somam-se informações anteriormente coligidas. Portanto,

armazenar informações anteriormente obtidas já era visto como prática indispensável para aumentar a precisão das estimativas em novas áreas levantadas. O autor supracitado também ressalta a importância da estatística e da informática na obtenção de documentos e informações mais exatas e numerosas para tornar os levantamentos menos onerosos e mais úteis à coletividade.

A partir de 1990 a informática no Brasil desenvolveu-se acentuadamente, como resultado da abertura ao mercado externo e de uma política de desenvolvimento voltada para este setor. A implantação dos microcomputadores, seu rápido barateamento, a conseqüente descentralização dos sistemas de informação e a criação da Internet contribuíram para uma forte disseminação do uso do computador em diversas áreas. Esse fato ensejou a criação de programas, a descoberta de novas aplicações e incentivou o surgimento de profissionais com formação multidisciplinar e com diferentes perfis.

Em sensoriamento remoto, os avanços tecnológicos ampliaram a resolução espacial (capacidade de discernir objetos ou fenômenos na superfície da Terra com bases nas dimensões físicas) e a resolução espectral (capacidade de identificar objetos e fenômenos com base em seu comportamento espectral) dos sensores (CROSTA, 1996). O sensoriamento remoto, a geoestatística, a modelagem, o sistema de posicionamento global, o uso generalizado da informática, e, mais recentemente, o acesso instantâneo à informação através da internet, transformaram radicalmente os procedimentos para levantamento e atualização das bases dos mapas e de seus derivados. Esses avanços tecnológicos estão possibilitando a conexão de muitos tipos de processamento de dados espaciais.

Em meio a esta revolução surge a cartografia digital como um conjunto particular de métodos e técnicas que passam a ser adotadas para produzir mapas. Assim como no passado houve a cartografia a bico de pena e fotogramétrica, e algumas tecnologias que foram e ainda são usadas na cartografia de um modo geral (CLARKE, 1995).

A resistência a cartografia digital foi enfrentada inicialmente através da reprodução de mapas do mesmo modo que se fazia antes, usando somente algumas características da nova tecnologia. O uso do computador para desenhar mapas de solo vem

aumentando e questionamentos, debates e novas ideias surgiram em função da necessidade de buscar soluções para uma série de problemas complexos, principalmente relacionados à variabilidade espacial do solo e sua quantificação. Por outro lado, novas formas de divulgação e armazenamento de mapas, que não somente sobre o papel foram propagadas. Hologramas, mídias de armazenamento digital, tais como, discos flexíveis, disco compacto digital “*CD-ROM*”, digital vídeo disc – “*DVD*”, *blue ray disc*, *pen drives*, *zip drives*, discos virtuais para armazenamento de arquivos online e um conjunto de impulsos elétricos em um tubo de vídeo são meios que agora estão disponíveis.

A Cartografia Digital passou a produzir dois diferentes produtos: o primeiro substituiu o mapa impresso por uma base de dados digital no processo de armazenamento da informação; e o segundo é a visualização cartográfica em diversos meios.

A conversão de dados analógicos para o meio digital inicialmente era feita em mesas digitalizadoras, equipamentos eletromagnéticos compostos de grade ortogonal de fios elétricos. Nelas, as coordenadas dos pontos eram enviadas para o computador por meio de um cursor. Posteriormente, passaram a ser obtidos por meio de varredura eletrônica através de equipamentos imageadores - os *scanners*. As imagens capturadas podiam então ser convertidas em vetores automaticamente ou de forma interativa.

Essa evolução contínua das técnicas computacionais e sua eficiência no processamento digital de imagens, assim como o desenvolvimento de novos sensores com melhores resoluções, incrementaram o uso das geotecnologias. Eles sugeriram novos caminhos e modelos de simulação com integração e tratamento de grande quantidade de dados e informações que são indispensáveis à automatização dos mapeamentos realizados em ciência do solo.

De acordo com Gerbermann e Neher (1979), uma coleção de dados de forma automatizada pode possibilitar a confecção de mapas de solos com menor consumo de tempo em relação ao método convencional. Isso torna viável a caracterização de solos de diferentes regiões do país, auxiliando numa identificação preliminar mais rápida (COLEMAN, MONTGOMERY, 1990; DEMATTÊ, 2004; GARCIA, 1999).

Contemporaneamente, as origens simples da cartografia de solos estão distantes e as tecnologias de produção cartográfica evoluíram. Uma nova concepção sobre o modo de criação de mapas e o papel da produção do mapa em si foi estabelecida. Mas, para a cartografia continuam sendo um conjunto de habilidades e um corpo de teoria. “A teoria permanece a mesma, independente de que tecnologia particular seja usada para produzir qualquer mapa” (CLARKE, 1995). Nesse sentido, a representação espacial da cobertura pedológica de uma área permanece alicerçada na integração de dados definidos pelo conhecimento formal, os quais são coletados e integrados através de conhecimento tácito, agora não mais apoiado somente nas ciências naturais.

O mapa digital é um modelo de geoinformação dinâmico que integra dados sobre objetos espaciais de diferentes fontes que compõem um banco de dados. Ele contém objetos cartográficos e é gerenciado pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG), que proporciona a interação do usuário com o banco de dados de informações (STANISLAV YU, 2009). No Mapeamento Digital de Solos - MDS, a cartografia do solo é tratada e assistida por processos computacionais, através de hardware e software apropriados ou adaptados (MENEZES, ÁVILA, 2005).

Para gerar um mapa digital dados auxiliares de diferentes variáveis ambientais, que representam os fatores responsáveis pela dinâmica de formação do solo, podem ser usadas. Informações do solo que podem ser extraídas a partir de imagens de sensores remotos, de áreas predefinidas em mapas de solos preexistentes ou fornecidas por especialistas, também podem ser utilizadas (MCBRATNEY *et al.*, 2003; LAGACHERIE, 2008, SHI *et al.*, 2009). A altitude, declividade e o índice de umidade podem ser derivados do Modelo Digital do Terreno (MDT); o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*NDVI*) e dados sobre a composição mineralógica do solo podem ser extraídos de bandas espectrais, por exemplo. Estas informações são utilizadas para o mapeamento digital de classes e/ou de atributos de solo através do uso de geotecnologias e quando associadas a técnicas quantitativas possibilitam tanto a modelagem espacial

quanto a análise quantitativa espacial em mapeamento de solos.

Em pedologia o uso de métodos quantitativos em mapeamento digital de solos para mensurar propriedades fez surgir o termo Pedometria. A pedometria vem desenvolvendo modelos e ferramentas que possibilitam trabalhar com a variação espaço-temporal dos solos (MCBRA-TNEY *et al.*, 2000), e vem implementando o mapeamento digital de solo

No Brasil a RedeMDS, sob a coordenação da EMBRAPA Solos, vem reunindo pesquisadores que desenvolvem essa área do conhecimento no país. Os trabalhos em MDS ainda são incipientes, mas diferentes autores aplicando redes neurais (ARRUDA *et al.*, 2013; CHAGAS *et al.*, 2011; SARMENTO, 2010); regressões logísticas múltiplas (GIASSON *et al.*, 2006; TEN CATEN *et al.*, 2011), árvore de decisão (CRIVELENTI *et al.*, 2009; GIASSON *et al.*, 2011), lógica fuzzy (NOLASCO-CARVALHO *et al.*, 2009); krigagem (VALLADARES, 2012; KRAEMER, 2007); geotecnologias (LOSS *et al.*, 2011; LÓPES, 2009; DEMATTÊ, 2004; FARIAS, 2008; SOUSA JUNIOR *et al.*, 2008) vêm demonstrando a potencialidade dessas técnicas enquanto ferramentas que podem subsidiar a cartografia de solos. Entretanto, paradigmas precisam ser rompidos para que os estudos se intensifiquem e possibilitem a construção de procedimentos metodológicos que possam ser adotados por pesquisadores e especialistas na consolidação do mapeamento digital de solos.

Estas técnicas que incluem métodos matemáticos, numéricos e estatísticos para estabelecer as relações entre variáveis ambientais e o solo objetivando gerar um mapa preditivo acabaram dando origem dentro da ciência do solo ao termo Pedometria. Segundo López (2009), a geoestatística é hoje a ferramenta mais conhecida para descrição da variabilidade espacial do solo, porém a pedometria vem incorporando a ciência do solo técnicas bastante sofisticadas que podem ajudar a compreender melhor o funcionamento dos processos no solo.

A predição de mapas, por meio de modelos matemáticos, das classes e propriedades de solos e o mapeamento digital dos resultados de forma contínua e espacial criam a possibilidade de organizar um amplo conjunto de dados para análise

e interpretações em qualquer época, não sendo o mapa o único produto (McBRATNEY *et al.*, 2003).

Esses avanços tecnológicos e o surgimento da internet na Era Digital, além de permitirem a geração de mapas digitais de solo em escalas mais compatíveis à intensidade de uso das terras, permitem a socialização dos mesmos, facilitando o acesso à informação através de *WebMap* (serviço de mapa pela Internet), com atualização constante. As *WebMap* são ferramentas para visualização de mapas através da Web que oferecem links em tempo real para bancos de dados dentro do Sistema de Informações Geográficas - GIS. Assim, é possível efetuar uma consulta em um banco de dados e, visualizar uma informação em um mapa, com apenas um click em uma área específica. As interfaces simples permitem ao usuário navegar em uma grande quantidade de informação. O usuário ao acessar o banco de dados a respeito daquele ponto em particular, encontrará uma multiplicidade de informações relacionadas àquela classe do solo. Esse conjunto de dados técnicos pode ser utilizado tanto para análise de fenômenos, elaboração de recomendação de manejo, quanto para planejamento do uso.

Por outro lado, os projetos de inventários ambientais realizados na Era Industrial, objetivando entender as interações dos diversos aspectos da terra resultaram em abordagens integradas e multidisciplinares. A massa de dados coletadas por diversas técnicas entre elas levantamentos de campo e imagens por sensoriamento remoto são fundamentais aos estudos realizados em pedometria e ao desenvolvimento de novas metodologias. Nesse vasto contexto, os avanços tecnológicos na Era Digital, são extremamente importantes. Eles possibilitam não só a visão sinóptica do ambiente, mas a sua associação ao conhecimento humano. Eles permitem avaliar e periodicamente definir, a luz dos novos conhecimentos científicos – tecnológicos, a maneira mais adequada de gerir o recurso solo para o ordenamento territorial de todas as atividades que demandem dos processos produtivos de bens e serviços, mantendo níveis socialmente aceitáveis de deterioração e contaminação, que assegurem um uso sustentável do ambiente.

Entretanto, enquanto crescemos no aprimoramento da tecnologia cartográfica, cada vez mais aliada aos recursos da computação eletrônica,

observamos no sentido inverso, uma progressiva diminuição de recursos governamentais destinados à execução de levantamentos (MACÊDO *et al.*, 1991). Esse fato se deve não apenas a falta de recursos governamentais, mas também a ausência de uma mentalidade cartográfica, tanto da classe política quanto da população. A falta de conhecimento não possibilita ver a importância do mapa de solos e dos documentos cartográficos como instrumentos fundamentais a gestão territorial.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição para era da informação nas ciências do solo se dá a partir de uma sucessão de fatos tanto político-econômicos quanto tecnológicos, os quais têm impacto sobre a intensidade de execução dos levantamentos de solos. Os primeiros refletiram diretamente na definição de programas e, conseqüentemente, no aporte de recursos financeiros em determinados períodos da história, constituindo estratégias governamentais para o desenvolvimento econômico do país em algumas áreas ou implantação e suporte para outros setores de interesse nacional. Esses fatos foram importantes à medida que, associado à consecução desses levantamentos, diversos estudos possibilitaram a evolução e organização do conhecimento dos solos, tendo sido fundamentais a elaboração do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Entretanto, na era da informação o Brasil se tornou o terceiro maior exportador de produtos agrícolas do mundo (TACHINARDI, 2010). A demanda por levantamentos de solos mais detalhados e com maior funcionalidade cresce tanto, quanto a necessidade de planejamento das atividades agropecuárias e florestais para produção de alimentos e energia. O **desafio de produzir alimentos** para suprir **uma** população global de cerca de 7 bilhões de pessoas que não para de crescer (ONU, 2011), passa invariavelmente pelo Brasil. O **país** que reúne características essenciais à **expansão das lavouras** (maior área agricultável, maior reservatório de água doce do mundo, além de topografia e condições climáticas variadas), também é detentor de **um passivo de cerca de 140 milhões de hectares de terras degradadas** (CAMPELLO, 2012).

Falar em evolução dos levantamentos de solo no Brasil, é conceber não só o mapeamento digital de classes, mas também o de atributos do solo. É

possibilitar o registro espacial e a quantificação de informações de solo que permitam a avaliação e indicação das terras que podem ser usadas para a expansão de culturas de exportação, sem restrições ambientais, que não conflitem com áreas de produção de alimentos, que subsidiem as práticas de manejo, conservação e recuperação de terras degradadas.

Considerando a dinâmica atual voltada para o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, pensar em mapeamento digital de solo é olhar para o futuro com levantamentos desenvolvidos através de metodologias com forte aporte tecnológico, mas que possibilitem integrar dados preexistentes, coletar, analisar e gerar novos dados espaciais com informações que atendam as características, propósitos e necessidades dos diferentes usuários.

Nesse contexto, o Mapeamento Digital de Solos-MDS desponta como um caminho para atender a grande demanda por informações de solo embasadas **nas especificidades locais, mas que contemplem** seus envolvimento tanto no âmbito regional quanto global. Ele vem demonstrando sua potencialidade, mas sua consolidação exige treinamentos em áreas técnicas específicas e o desenvolvimento de metodologias.

Os trabalhos desenvolvidos em MDS são interdisciplinares. Eles aplicam conhecimento da ciência do solo, da matemática, estatística e da geoinformática. Técnicas e comunicação se caracterizam pela dinâmica e, neste sentido, cada vez mais o conhecimento será valorizado. O aprendizado contínuo se torna imprescindível, é preciso especializar-se, unindo conhecimento teórico ao pragmatismo.

Mas, se antes os conhecimentos específicos não eram necessários para a execução de levantamentos de solos, hoje é necessário adquirir algum tipo de informação específica sobre sensoriamento remoto, geotecnologias, GPS e programas computacionais, entre outros. Esse cabedal de informações são ferramentas imprescindíveis para o avanço da cartografia de solos na Era da Informação. A Era da informação mais que uma mudança da condição social e tecnológica é uma mudança da condição humana e das formas de comunicação. Cada vez mais as instituições de ensino deixarão de lado o conhecimento por si só, para ir mais além, ensinando ao futuro profissional que deseja atuar no campo da cartografia de solos

aquilo que poderá ser aplicado, divulgado e “traduzido” para a sociedade.

Diante desse quadro, acredita-se que a ferramenta maior para a transformação e o avanço da cartografia de solo na Era Digital são os conhecimentos especializados que o pedólogo possui e sua capacidade criativa, inovadora e pensante - isso os distinguirá dos demais. Isso é o que vem propiciando a revolução na elaboração de mapas, os quais tendem a se tornar cada vez mais interativos e multiusuários. Essa nova visão é o caminho com o qual os cientistas do solo se deparam, apontando para uma fase de retomada e ascensão dos levantamentos de solos no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOFORADO, F. A. G. **A evolução da economia brasileira do século XVI ao século XX.** In.: Os Condicionantes do desenvolvimento do Estado da Bahia. 2003. Tese. Disponível em: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/1944/4.EVOLUCAO_ECONOMIA_BRASILERA.pdf?sequence=9>. Acesso em: 17 jul. 2011.
- ANDRADE, R. de C. Brasil: a economia do capitalismo selvagem. **Lua Nova: Revista de Cultura e política**, S Paulo n. 57, 2002. p. 5-32 **Disponível em:** <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-64452002000200002&lng=es&nrm=iso> Acesso em: 10 mai. 2013.
- ARCHELA, R. S. Bibliografia Analítica das Pesquisas em Cartografia e a cartografia Escolar no Brasil. **Boletim de Geografia**, n.9, v.2 p.334-546. 2001. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/viewFile/14223/7575>>. Acesso em: 2 mai 2013.
- ARRUDA, G. P. de; DEMATTÊ; J. A. M.; CHAGAS, C. da S. Mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais com base na relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:327-338, 2013.
- BARBOSA, O. F. **Seca de 32** – Impressões Sobre a Crise Nordestina. Rio de Janeiro/RJ: Adersen Editores, 1935.
- BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pedologie III. Passage de la phase analytique à une cartographie général synthétique. **Cahiers Orstom**, v. 19, n. 4, p. 341-351, 1982.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos.** 2004. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2011
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Pedológica, Embrapa. **Levantamento de Reconhecimento-exploratório de solos do Estado de Alagoas.** Recife, 1975. 532p. (Boletim Técnico, 35).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul:** primeira etapa, Planalto Rio-Grandense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 2. p. 71-209, 1967.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento semi-detalhado dos solos de áreas do ministério da agricultura no Distrito Federal.** Rio de Janeiro, 1966. 127p.(Boletim Técnico, n. 8).
- BRUM, A. L. **A economia mundial da soja:** impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. Ed. Unijui. 2002. 176 p.
- CAMPELLO, E. Eduardo Campello. A degradação de terras no Brasil e a perda da resiliência em termos de produção e sustentabilidade. 01 de agosto de 2012. Entrevista concedida ao **Instituto Humanista Unisinos** - On-line Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/511890-degradacao-de-terras-no-brasil-um-dado-preocupante-entrevista-especial-com-eduardo-campello>>. Acesso em: 20 mai. 2013
- CAMPOS, M. de C. Expansão da Soja no Território Nacional: o papel da demanda internacional e da demanda interna. **Revista Geografares**, n. 8, 2010. 19p. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/geografares/issue/view/122/showToc>>. Acesso em: 30 mar. 2012.
- CARTER, V. H. **Classificação de terras para irrigação.** Brasília. Secretaria de Irrigação. 1993. (Manual de Irrigação, v.2).
- CHAGAS, C. da S.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; BHERING, S. B. Integração de dados do

- Quickbird e atributos do terreno no mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 693-704, 2011.
- CLARKE, K. C. **Analytical and computer cartography** 2nd Ed, Prentice Hall 1995. Capítol 1. 290p.
- COLEMAN, T. L.; MONTGOMERY, O. L. Assessment of spectral characteristics for differentiating among soil categories in the southeastern United States. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.52, p.1659-1663, 1990.
- CONTE, L. **Economia de escala e substituição de fatores na produção de soja no Brasil**. 2006. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-21112006-141552/>>. Acesso em: 20 ago. 2012.
- CRIVELANTI, R. C.; COELHO, R. M.; ADAMI, S. F. & OLIVEIRA, S. R. de M. Mineração de dados para a inferência de relações solo-paisagem em mapeamentos digitais de solo. **Rev. Agro. Bras.** 44:1707-1715, 2009.
- CROSTA, A. P. **Século XXI em alta resolução**. Fator Gis, Curitiba, n.15, p.14-16, set/out. 1996.
- DEMATTE, J. A. M.; CAMARGO, W. P.; FIORIO, P. R.; NANNI, M. Diferentes produtos do sensoriamento remoto como auxílio no mapeamento de solos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: INPE, 2001. p.1381-1389.
- DEMATTE, J. A. M.; GENUÍ, A. M.; FIORIO, P. R.; ORTIZ, J. L.; MAZZA, J. A.; LISSONI, H. C. Comparação entre mapas de solos obtidos por sensoriamento remoto espectral e pelo método convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p. 1219-1229, 2004.
- DEMATTE, J.A.M.; GARCIA, G.J. Alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance. **Soil Science Society of America Journal**, v.63, p.327-342, 1999.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/unidade/historico.html>>. Acesso em: 23 out. 2011(b).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1995. 101p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina, Embrapa-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. v.1. p.135-215. (Embrapa-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27; IAPAR. Boletim Técnico, 16)
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Levantamento exploratório - **reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco Estado da Bahia**. Recife, PE: Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos, Recife: EMBRAPASNLCS/SUDENE-DRN, 1976. 404p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 38; SUDENE. Série Recursos de Solos, 7).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Uma breve história da UEP Nordeste**. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife - UEP. Embrapa. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/uep_historico.php>. Acesso em: 23 out. 2011(a).
- ESPÍNDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a pedologia**: um repasse bibliográfico. Campinas. Ed. Unicamp. 2008, p. 89-97.
- FARIAS, M. F. R.. **Integração de parâmetros morfométricos e interpretação de imagens orbitais para o auxílio no mapeamento de solos no Parque Nacional de Brasília**. Dissertação UnB-GEA, Brasília, 136 p. il. 2008. Disponível em: <http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/2055/1/2008_MarcusFabioRFarias.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2013.
- FERNANDES BARROS, O. N. (1986) **Análise estrutural e cartografia detalhada dos solos em Marília, SP**: ensaio metodológico. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

- FIOCRUZ. Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930). Disponível em: <<http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br/iah/P/verbetes/estagrcamp.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2011.
- FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. 30 ed. São Paulo: Editora São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 123-124. 2001. 248p.
- GERBERMANN, A.H.; NEHER, D.D. Reflectance of varying mixtures of a clay soil and sand. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.45, p.1145-1151, 1979.
- GIASSON, E.; CLARKE, R. T.; INDA JUNIOR, A. V.; MERTEN, G. H.; TORNQUIST, C. G. Digital soil mapping using multiple logistic regression on terrain parameters in southern Brazil. **Scientia Agricola**, v.63, p.262-268, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162006000300008&lng=pt&nr_m=iso>. Acesso em: 20 fev 2012.
- GIASSON, E.; SARMENTO, E.C.; WEBER, E.; FLORES, C.A. & HASENACK, H. Decision trees for digital soil mapping on subtropical basaltic steepplands. **Sci. Agrí.**, 68:167- 174, 2011.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS-IAC. **Levantamento pedológico detalhado e distribuição espacial de características dos solos do Pôlder registro - I, SP**. Campinas: IAC, 1987. 56p. il. (IAC. Boletim Científico, 10).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia** IBGE. - Manuais Técnicos em Geociências, n. 4. IBGE 2 ed., Rio de Janeiro, 2007. CD-ROM
- KRAEMER G. B. **Variabilidade espacial dos atributos do solo na delimitação das unidades de mapeamento**. Dissertação UFPR 2007. Disponível em: http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/dissertacao/2007_07_20_kraemer.pdf. Acesso em: 13 set. 2012.
- LACERDA, P. C.; QUEMÉNÉUR, J. J. G; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C. Estudo da relação pedomorfogeológica na distribuição de solos com horizontes B textural e B nítico na paisagem de Lavras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 271-284, 2008
- LAGACHERIE, P. **Digital soil mapping**: A state of the art. In: HARTEMINK, A.E.; McBRATNEY, A.B. & MENDONÇA- SANTOS, M.L., eds. Digital soil mapping with limited data. Dordrecht, Springer, 2008. p.3-14.
- LARACH, J. O. Histórico do Levantamento de Solos no Território Nacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD –ROM.
- LEPSH, I. F.; MENK, J. R. F.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, O. A. C.; MASSON, W; BORDONI, O. Apoio computacional em levantamento de solo. Campinas, **Instituto Agrônomo**, Boletim 210, 44p. 1978.
- LEVANTAMENTO de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.2, n. 1/2, p. 11-248, 1972.
- LÓPEZ, L. R. **Pedologia quantitativa: espectrometria VIS-NIR-SWIR e mapeamento digital de solos**. Dissertação ESALQ/USP, Piracicaba. 171p., il. 2009. Disponível em: <http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/dissertacao/2007_07_20_kraemer.pds>. Acesso em: 23 out. 2012.
- LOSS, A.; CHAVES, A. C.; BERNINI; T. A.; COUTO, W. H. do; MIGUEL, D. L.; FRANCELINO, M. R.; ANJOS, L. H. C. dos. Aplicação de modelo digital de elevação para o levantamento de solos da microbacia do rio Bengala, Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil. **Revista de Ciencia y Tecnología da América**, Interciência, v. 36, n.2, p. 121-127, fev/2011.
- MACÊDO, J.; SILVA, E. A. da. Mentalidade cartográfica. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 7, p. 77-80, 1991.
- MARINHO, P. L. **O Estado e a Economia Cacaueira da Bahia**. 2008. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3fui_HQ1ljUJ:uesc.br/dcec/pedro3.rtf+economia+cacaueira&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 25 fev. 2012.
- McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L. & MINASNY, B. **On digital soil mapping**. Geoderma, v.17, p.3-52, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/>

- pii/S0016706103002234>. Acesso em: 12 set. 2012.
- McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**. Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.
- MENDES, W. P. de O.; CRUZ LEMOS, R. C.; LEMOS, L. G. de O.; CARVALHO, R. J. **Contribuição ao mapeamento em séries dos solos do Município de Itaguaí**. Rio de Janeiro: CNEPA: IEAE, 1954. 53 p.
- MENEZES, P. M. L. de; ÁVILA, A. S. Novas tecnologias cartográficas em apoio ao ensino e pesquisa em Geografia. **Anais....** (CD-room). X ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA – EGAL, USP, São Paulo, 2005, p. 9314-9327. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Nuevastecnologias/Cartografiatematica/13.pdf>>. Acesso em set. 2012
- ENK, J. R. F. Aspectos, estrutura e organização do sistema computadorizado de apoio a levantamentos de solo (GERA). **O Agrônomo**, Campinas, V. 36 (1), p. 11-26, 1984.
- MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. Londres, **Soil Research**, v. 4, n. 2, p. 183-98. 1934.
- NEUMANN, M. R. B. **Mapeamento Digital de Solos, no Distrito Federal**. Tese UNB, Brasília, 110p., il. 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11026/1/2012_MarinaRolimBilichNeumann.pdf>. Acesso em 12 mai. 2012.
- NOLASCO-CARVALHO, C. C.; FRANCA-ROCHA, W.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 46-55, 2009. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em 12 ago. 2011.
- OLIVEIRA JUNIOR, M. **Marco regulatório das políticas de desenvolvimento regional no Brasil**: fundos de desenvolvimento e fundos constitucionais de financiamento. Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado Federal. Texto para Discussão n. 101. Brasília – DF. 2011. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos_discussao.htm>. Acesso em: 10 out. 2012.
- OLIVEIRA, A. A. B. de. Histórico do Projeto Radam Brasil. 1999. Disponível em: <<http://www.projeto.radam.nom.br/historico.html>>. Acesso em: 20 mar. 2012.
- OLIVEIRA, J. B. de. O Emprego da Estatística e da Informática nos trabalhos brasileiros de levantamento de solos, p. 3-7. 1978. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo – IA**, Campinas, SP v.3 n.1 jan/abr 1978. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/boletins/V3-N1-02.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2012.
- OLIVEIRA, J. B. Evolução dos trabalhos de levantamento de solos e dos estudos de variabilidade espacial no estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v.40, n.2, p.138-148, 1988.
- OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado de estado de São Paulo**: quadrícula de São Carlos II. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1984. 188 p. il. (IAC. Boletim Técnico, 98).
- ONU. Organização das Nações Unidas. A ONU e a população mundial. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-populacao-mundial/>>. Acesso em: 15 mai. 2013.
- PAIVA NETO, J. E; KUPPER, A.; CATANI, R. A.; MEDINA, H. P. **Estudo pedológico da Estação Experimental de “Monte Alegre”**. São Paulo. Secretaria de Agricultura. Diretoria Publicidade Agrícola. 1950. 76p.
- PAIVA NETO, J. E; KUPPER, A.; CATANI, R. A.; MEDINA, H. P. Estudo pedológico da Estação Experimental de Ribeirão Preto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 2. Rio de Janeiro. 1953. **Anais...** p. 341-373.
- QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 15, p. 77-90, 2002.

- RAMOS D. P. Desafios da Pedologia Brasileira frente ao novo milênio - (CNPS/EMBRAPA). In: SIMPÓSIO DO XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, SP, 2003. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, -2003. 9p. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/dalmolin/download/textospl/desafio.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2012.
- RIBEIRO, C. A. C. **Henrique Lage e a Companhia Nacional de Navegação Costeira: a história da empresa e sua inserção social (1891-1942)**. Tese UFRJ, Rio de Janeiro. 337 p. il. 2007.
- RIBEIRO, M. R. A pedologia e o planejamento da irrigação no nordeste do Brasil: uma avaliação crítica. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma*, Recife, v. 4, p.83-88, 2007. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34815/1/AAPCA-V4-Cronica-07.pdf>> Acesso em: 16 out. 2012.
- RODRIGUES, S. C. Cartografia e simbologia geomorfológica: evoluindo da cartografia tradicional para o uso de simbologia digital. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1. p. 3-10, 2010. Disponível em :<www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/download/136/130>. Acesso em 20 mai. 2013.
- SAKAI, E.; LEPSCH, I. F. **Levantamento pedológico detalhado e distribuição espacial de características de solos do Poldêr Registro I**, São Paulo. Campinas. Instituto Agrônomo, 1987. 56p. Boletim Científico, n.10.
- SANTOS, L. J. C. Contribuição da Análise estrutural da cobertura pedológica ao desenvolvimento da Ciência do Solo. **Revista RA'EGA**. Curitiba, Ed. da UFPR n. 4, p. 131-138. 2000.
- SARMENTO, E. C. **Comparação entre quatro algoritmos de aprendizagem de máquina no mapeamento digital de solos no Vale dos Vinhedos**. Dissertação UFRS, Rio Grande do Sul, 109p., il., 2010. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25977/000756046.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 7 nov. 2012.
- SILVA, A. G.; ABREU, E. A. P.; ANGELO, L. C. Nordeste versus Sudeste: uma análise agregada e comparativa do comércio internacional como subsídios para o crescimento econômico. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: SOBER, 2007. CD-ROM.
- SOUSA JUNIOR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 449-456, 2008.
- SOUZA, L. H. F.; RODRIGUES, S. C. Emprego do sistema Cad no desenvolvimento e aperfeiçoamento de linhas especiais para utilização na cartografia geomorfológica. **Revista do Departamento de Geografia - UERJ**. Edição especial 10 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. p. 907 -914. 2003. Disponível em: <<http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.3/079/079.htm>>. Acesso em 20 mai. 2013.
- STANISLAV YU, K. Different Views on a Digital Map in the Late 20th and Early 21st Century. In: PROCEEDINGS OF THE FIG COMMISSIONS 5, 6 AND SSGA WORKSHOP - Innovative Technologies for an Efficient Geospatial Management of Earth Resources. Russian Federation, p. 98-100, 2009. Disponível em: <http://www.fig.net/commission6/lakebaikal_2009/papers/proceedings_full.pdf>. Acesso em: 10 mai. 201.
- SZMRECSÁNYI, T. 1914-1939 crescimento e crise da agroindústria açucareira do Brasil. **São Paulo. Revista Brasileira de Ciência Social**, v.3, n.7, 1988. Disponível em: <http://www.anpocs.org.br/portal/publicacoes/rbcs_00_07/rbcs07_02.htm> Acesso em: 8 mai. 2013.
- TACHINARDI, M. H. Exportação - Parceria entre diplomacia e iniciativa privada. 17/12/2010 São Paulo. **Revista Desafios do Desenvolvimento SBS - IPEA**. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=728:reportagens-materias&Itemid=39>. Acesso em: 20 mai 2013.
- TEN CATEN, A. **Mapeamento digital de solos: metodologias para atender a demanda por informação espacial em solo**. Tese UFSM, Rio Grande do Sul, 107 p., il. 2011. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%25E7%25F5e%20e%20teses/teses/Alexandre%20ten%20Cate>>

n%20TESE.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2013.

VALLADARES, G. S. Geoestadística en la cartografía digital de suelos de los tabuleros costeros en el norte del estado de Ceará. **Revista**

Equador (UFPI), Vol.1, nº1, p. 26-43 (Jun/Dez), 2012. **Disponível em:** <<http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/771/791>> Acesso em: 10 mai. 2013