

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Desenvolvimento de um Sistema de Banco de Dados
como Ferramenta para Organização de Informações
de Levantamentos Pedológicos.**

Lenilson dos Santos Mota

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BANCO DE DADOS
COMO FERRAMENTA PARA ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES
DE LEVANTAMENTOS PEDOLÓGICOS.**

LENILSON DOS SANTOS MOTA

Sob a Orientação do Pesquisador
Marcos Bacis Ceddia

e Co-orientação do pesquisador
Gilson Candido Santana

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Mestre em**
Ciências, no Curso de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração em Ciência
do Solo

Seropédica, RJ

Novembro 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

LENILSON DOS SANTOS MOTA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ____/____/____ (Data da defesa)

Marcos Bacis Ceddia. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Gilson Candido Santana. Dr. UFRRJ
(Co-Orientador)

Maria de Lourdes Mendonça-Santos. Dr. Embrapa Solos

Gustavo de Mattos Vasques. Dr. UFRRJ

DIDICATÓRIA

Aos meus pais Amadeu de Almeida Mota e Maria Felix dos Santos Mota, e todos outros familiares e amigos;
Em especial a minha querida avó Antonina Barreto;

Dedico este trabalho.

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulhos”

Dalai Lama

BIOGRAFIA

LENILSON DOS SANTOS MOTA, nascido em 20 de novembro de 1981, em Mutuípe, Bahia, filho de Maria Felix dos Santos Mota e Amadeu de Almeida Mota. Coursou o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Santa Inês-BA, atual IFET baiano, sendo diplomado técnico agrícola no ano 2000. Iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 2003, diplomando-se em 2008. Durante a graduação foi estagiário no Departamento de Solos, área de Física do Solo, onde teve seu primeiro contato com a área de pesquisa. Foi bolsista de Iniciação Científica, atuando na área de mapeamento de propriedades físicas e químicas do solo, no período de agosto de 2004 à agosto de 2007 sob a orientação do Dr. Marcos Bacis Ceddia. Em Agosto de 2008 ingressou no Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo na UFRRJ, com bolsa concedida pela CAPES.

RESUMO

MOTA, Lenilson dos Santos. **Desenvolvimento de um sistema de banco de dados como ferramenta para organização de informações de levantamentos pedológicos.** 2010 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

A forma como tradicionalmente são processadas e gerenciadas as informações dos levantamentos de solos acaba tornando o processo laborioso e demorado, além de restringir o acesso por meio de buscas personalizadas. O objetivo desse trabalho é desenvolver um Sistema de Banco de Dados (SBD) para fins de mapeamento de solos que permita aumentar a eficiência da execução, armazenamento e gerenciamento de dados. Para o desenvolvimento do sistema utilizou-se a linguagem de programação Borland Delphi e para o gerenciamento do banco de dados (SGBD), o Firebird. O universo de dados que compõem o BD foi estruturado com base na metodologia proposta por Santos et al. (2005) e os conceitos e normas definidas pela Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. O SBD encontra-se em pleno funcionamento, sendo a entrada dos dados feita por meio de aplicativo com interface visual baseada em formulário e menus. Atualmente o SBD encontra-se em validação, estando concluídos a entrada de dados, processamento e exibição e impressão de alguns relatórios. As próximas etapas consistirão na implementação do módulo de consultas por diversos critérios e exportação destas em diversas extensões de arquivo.

Palavras-chave: Sistema de Banco de Dados. Software. Pedologia.

ABSTRACT

MOTA, Lenilson dos Santos. **Development of a database as a tool for organization of soil information**. 2010 42f. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

The form as traditionally are processed and managed the soil s information turns the laborious and slow process, besides restricting the access through personalized searches. The aim of this work is to develop a System of Database (SBD) in order to map soils which allows to increase the efficiency of the execution, storage and data management. For the development of the system the programming language Borland Delphi was used and for the management of the database (SGBD), Firebird. The universe of data which compose the database (DB) was structured based on the methodology proposed by (Santos et al. 2005) and the concepts and norms defined by Brazilian Society of Sciences of the Soil. SBD is in operation, being the entrance of the data done through the application with visual interface based in form and menus. Now SBD is in validation, being concluded the data entry, processing and exhibition and impression of some reports. The next stages will consist of the implementation of the module of consultations for several criteria and export of these in various file extensions.

Key words: Database System. Software. Pedology.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Página do matiz 5Y com as combinações de valor/croma e suas respectivas notações em inglês e português	45
Tabela 2. Classes de textura do Sistema Americano e Correspondentes no Sistema Brasileiro	46
Tabela 3. Intervalo de classe e classificação textural implementados no InfoSolos, GEOTEXTURAL (Nascimento et al., 2003) e classe_textural (Carvalho Filho, 2009).....	49
Tabela 4. Pontos pertencentes ao extremo limítrofe entre as classes texturais areia e média, baseando no diagrama de agrupamento textural (Embrapa, 2006)	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição espacial dos perfis de solos no território brasileiro	5
Figura 2. Fases de um projeto de banco de dados (Referência, ano).	7
Figura 3. Componentes de um sistema de banco de dados	8
Figura 4. Elementos conceituais de uma relação (Tabela).	8
Figura 5. Imagem da área.	12
Figura 6. Distribuição percentual das classes de solos levantados na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (UN-AM).	12
Figura 7. Modelo conceitual simplificado do InfoSolos.	13
Figura 8. Ferramenta de administração do banco de dados “Firebird”.	14
Figura 9. Formulário DBDataModule com as componentes da paleta FIBPlus e Data Access.	15
Figura 10. Componentes de acesso ao banco de dados “SOLOS”, paleta FIBPlus e Data Access respectivamente.	15
Figura 11. Hierarquia estrutural da interface do InfoSolos.	16
Figura 12. Tela de login do usuário.	16
Figura 13. Tela principal com seus menus.	17
Figura 14. Tela principal com o menu “Cadastro” aberto.	18
Figura 15. Tela de cadastro do projeto com preenchimento do campo nível do levantamento por meio de caixa de seleção.	19
Figura 16. Tela de preenchimento do campo data.	19
Figura 17. Tela de cadastro da equipe técnica.	20
Figura 18. Tela de cadastro da entidade perfil.	20
Figura 19. Tela de cadastro da entidade perfil (continuação).	21
Figura 20. Tela de cadastro da entidade perfil (continuação).	21
Figura 21. Tela de preenchimento do campo data.	22
Figura 22. Tela de importação de fotos.	22
Figura 23. Tela de cadastro da entidade perfil com preenchimento do autor da foto.	23
Figura 24. Tela de obtenção do técnico que descreveu o perfil e tela de cadastro da equipe técnica, respectivamente.	23
Figura 25. Tela de cadastro do campo observações.	24
Figura 26. Tela de cadastro da entidade horizonte, descrição morfológica.	25
Figura 27. Tela de cadastro da entidade horizonte, descrição morfológica (continuação).	25
Figura 28. Tela de obtenção da cor do solo em diferentes estados de umidade e Tela de obtenção da cor do solo similar à carta de cores de Munsell.	26
Figura 29. Tela de cadastro da entidade horizonte, análises físicas/hídricas.	27
Figura 30. Tela de cadastro da entidade horizonte, análises químicas.	27
Figura 31. Tela de cadastro da entidade horizonte, análise mineralógicas.	28
Figura 32. Tela de classificação dos horizontes superficial e subsuperficial.	29
Figura 33. Tela principal com o botão SiBCS ativo.	29
Figura 34. Tela SiBCS em estado ativo para a classificação da ordem do solo.	30
Figura 35. Tela SiBCS em estado ativo para a classificação da subordem do solo.	31
Figura 36. Tela SiBCS após a classificação do solo até o 4º nível categórico.	31
Figura 37. Tela da entidade projeto exibindo todos os dados de outras entidades a esta associada.	32
Figura 38. Tela de zoom das fotos da entidade perfil.	32
Figura 39. Tela principal com a opção do menu “Consulta” aberto.	33
Figura 40. Tela principal com as opções do menu “Utilitário” aberto.	34
Figura 41. Tela do utilitário Carta de Munsell.	34

Figura 42 a e b. Tela do utilitário classe textural mostrando a classe textural (a) e o agrupamento textural (b), respectivamente.	35
Figura 43. Tela principal com o menu “Relatório” aberto.	36
Figura 44. Tela de visualização e impressão, exibindo o relatório gerado a partir do cadastro da equipe técnica.	36
Figura 45. Tela principal com o menu “Fichas” aberto.....	37
Figura 46. Tela de visualização e impressão das fichas utilizadas para coleta de informações sobre descrição geral e morfologia de perfil de solos (formato A4 orientação paisagem).	38
Figura 47. Tela de visualização e impressão das fichas utilizadas para coleta de informações sobre descrição geral e morfologia de perfil de solos (formato A4 orientação retrato).	38
Figura 48. Tela de visualização e impressão da ficha do teste de resistência a penetração (penetrômetro de impacto).....	39
Figura 49. Cadastro Projeto.	40
Figura 50. Cadastro Perfil Descrição Geral.....	40
Figura 51. Cadastro Descrição Morfológica.	41
Figura 52. Cadastro Física.	41
Figura 53. Cadastro Química.....	41
Figura 54. Cadastro Mineralogia.	41
Figura 55. Árvore de cores de Munsell, composto pelos diferentes matizes, valores e cromas.	42
Figura 56. Distribuição dos matizes (hue), destacando a distribuição dos matizes vermelho (R- red) ao amarelo (Y – yellow).	43
Figura 57 a e b. Folha do matiz 5Y da Carta de Cores de Munsell, com destaque para a notação 5Y 8/3.....	44
Figura 58 a e b. Diagrama textural adotado no Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) (a) e o diagrama modificado e adotado (Santos et al., 2005) (b).....	46
Figura 59. Exemplo de utilização do triângulo textural, destacando um ponto limítrofe entre classes texturais.	47
Figura 60. Diagrama textural adotado no Soil Survey Manual (USDA, 1993), com destaques dos trechos com sobreposição.	48
Figura 61. Tela parcial do Microsoft Excel® mostrando o uso da função lógica “SE” e “E”.	48
Figura 62. Diagrama grupamento textural (Embrapa, 2006). (A) Arenosa; (B) Média; (C) Siltosa; (D) Argilosa e (E) Muito Argilosa. Em destaque o grupamento das classes areia e areia franca.	49

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GPS	Global Positioning System
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
SGBDOO	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Orientado a Objeto
BD	Banco de Dados
DER	Diagrama Entidade Relacionamento
ER	Entidade Relacionamento
IDE	Integrated Development Environment
API	Application Program Interface
IBM	International Business Machines Corporation
GUI	Graphical User Interface
ANSI	American National Standards Institute
ISO	International Organization for Standardization
BLOB	Binary Large Object
UDF	User Defined Function

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Pedologia como Ciência Autônoma	3
2.2 Levantamento Pedológico	4
2.3 Aspectos Relacionados à Disponibilização de Dados de Solos	4
2.4 Banco de Dados.....	6
2.5 Projeto de Banco de Dados	6
2.5.1 Modelo conceitual.....	7
2.5.2 Modelo lógico	7
2.5.3 Modelo físico	7
2.5.4 Modelos de Dados.....	7
2.6 Sistema de Banco de Dados	7
2.6.1 Banco de Dado Relacional.....	8
2.6.1.1 Chave primária	8
2.6.1.2 Chave Estrangeira	8
2.6.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados	9
2.6.2.1 Firebird.....	9
2.6.3 Programa Aplicativo	9
2.6.4 Usuários	10
2.6.4.1 Administradores do banco de dados (ABD)	10
2.6.4.2 Projetistas do banco de dados	10
2.6.4.3 Usuários finais.....	10
2.6.4.4 Analistas de sistemas.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Análise de Demanda.....	10
3.2 Software e Equipamentos (Recursos de Informática)	11
3.3 Validação do SBD ‘InfoSolos’	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Modelagem do Banco de Dados (BD)	13
4.2 Implantação e Estruturação do Banco de Dados	13
4.3 Implementação do Programa Aplicativo (InfoSolos).....	14
4.4 Descrição do Software	15
4.4.1 Conexão com a base de dados “SOLOS”	16
4.4.2 Menu Cadastro	17
4.4.3 Menu Consultas	32
4.4.4 Menu Utilitário.....	33
4.4.5 Menu Relatório	35
4.4.6 Menu Fichas.....	37
4.5 Volume de Dados e suas Características (Aquisição de Dados).....	39
4.6 Utilitários Inclusos no Infosolos	42
4.6.1 Utilitário Carta de Munsell	42
4.6.1.1 Sistema de cores	42
4.6.2 Utilitário Classe Textural.....	45
4.6.2.1 Diagrama textural.....	45
5 CONCLUSÕES.....	50
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
7 ANEXOS	54

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos solos e sua variabilidade na paisagem têm grande importância para as atividades humanas, pois os solos desempenham várias funções tais como: base para produção de alimentos, controle da qualidade e quantidade de água em uma bacia hidrográfica, suporte a obras de engenharia, filtro para a disposição de resíduos, bem como fonte de matéria prima para construções, entre outros.

A partir do início do século 20, pesquisadores vêm realizando de forma sistemática levantamentos de solos, onde um grande volume de dados é gerado e organizado em formato analógico (relatórios e mapas). Do ponto de vista metodológico, o método tradicional de mapeamento de solos consiste de três etapas: a) observação de dados auxiliares de campo (fotografia aérea, geologia, vegetação e etc.) e de perfis de solo descritos; b) os atributos dos solos são incorporados em um modelo conceitual implícito que é usado para inferir a variação espacial do solo; e c) aplicação do modelo conceitual da relação entre o solo e a paisagem para inferir o solo em locais não observados. Apesar do grande avanço e do grande potencial de aplicação dos dados gerados, a maioria dos relatórios e mapas são muito pouco usados para fins práticos por exemplo, planejamento agrícola, ambiental e urbano e para pesquisa por exemplo, desenvolvimento de modelos e funções de pedotransferência. As razões para o pouco uso dos mapas e relatórios de solos são: a linguagem pouco compreendida pela maioria dos técnicos e tomadores de decisão; o armazenamento analógico da maioria dos dados, dificultando sua análise conjunta; e, no caso de dados digitalizados, o formato não adequado para a execução de buscas eficientes (a maioria dos dados digitalizados está em formato de planilha eletrônica e processadores de texto).

Embora o mapeamento de solos tradicional ainda seja o mais utilizado, algumas críticas a esse método são apresentadas, tais como: a) o modelo conceitual desenvolvido é primariamente implícito e construído de maneira heurística; b) os resultados são excessivamente dependentes do conhecimento (experiência) do executor; e c) na maioria das vezes, os mapas não são testados e, portanto, o produto final é um mapa sem conhecimento das limitações e acurácia (Scull et al., 2003). Considerando as críticas ao método tradicional, associado ao relativamente recente surgimento de computadores com maior capacidade de armazenamento e processamento de dados, bem como novos sensores remotos e proximais e software de análise espacial, pesquisadores estão procurando desenvolver o mapeamento digital dos solos (MDS). O MDS é definido como a criação e população de sistemas espaciais de informação de solos, através do uso de modelos numéricos para a inferência das variações espaciais e temporais dos tipos de solos e de suas propriedades, a partir de observações e conhecimento dos solos e de variáveis ambientais correlacionadas (Lagacherie et al., 2007). Embora o MDS esteja desenvolvendo bastante nos últimos anos, vários tópicos precisam ser aperfeiçoados, tais como: produção e processamento de covariáveis do solo, coleta de dados do solo, desenvolvimento de modelos numéricos de predição do solo, avaliação da qualidade dos produtos do MDS, e representação dos mapas de solos (Lagacherie et al., 2007).

No que se refere à coleta de dados de solo, é reconhecido que um adequado banco de dados (DB) é fundamental na construção de uma função de mapeamento digital de solo e validação de mapas gerados. No entanto, a coleta de dados tem sido um fator limitante ao progresso do MDS. Para superar essa limitação, três ações complementares podem ser exploradas, sendo: desenvolvimento de métodos otimizados de amostragem, máximo uso de dados existentes (levantamentos de solos e dados pontuais de atributos do solo), e desenvolvimento de novos sensores para estimativa acurada e de baixo custo de atributos do solo.

Considerando os aspectos acima apresentados, é clara a grande demanda pelo desenvolvimento de sistemas de bancos de dados (SDB) que permitam a digitalização e armazenamento adequado de dados de solos. Esses SDB devem não somente atender à demanda de organização dos dados já existentes (digitalização de relatórios e mapas), mas também aperfeiçoar a execução de novos levantamentos de campo adequados ao MDS, seguindo os critérios e normas já consagrados.

O objetivo desse trabalho é desenvolver um SDB para apoio à execução de levantamentos de solos, bem como para a digitalização do acervo de levantamentos de solos já efetuados. O SDB proposto, em sua primeira versão, adota as normas e critérios preconizados pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), permitindo a entrada de dados, armazenamento, busca e geração de relatório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pedologia como Ciência Autônoma

A Pedologia é o ramo da ciência que estuda os solos, abordando a sua gênese, morfologia e classificação. É reconhecido de maneira consensual que esta ciência teve o seu início marcado pelos trabalhos do cientista russo Dokuchaev no final do século XIX, com a primeira classificação de solos apresentada em 1886 e a segunda em 1900 (Schaefer et al., 1997). O sistema de classificação de solos proposto por Dokuchaev só foi possível ser estabelecido após o entendimento dos solos como corpos naturais independentes, com morfologias distintas e propriedades que evoluem naturalmente, sob a influência dos fatores: clima, organismo, material de origem e tempo.

Jenny (1941) ressaltou o relevo como fator adicional e sugeriu também uma equação segundo a qual a formação do solo pode ser representada por meio do seguinte modelo: $S = f$ (clima, organismos, material de origem, relevo e tempo). Segundo este modelo, é possível verificar a influência de cada um dos fatores como agente modelador, desde que se mantenham todos os demais constantes.

Apesar de, na prática, ser difícil 'isolar' determinado fator para melhor estudá-lo esse método tem-se mostrado eficiente na compreensão das diferenças em morfologia e composição física e química dos solos (Silva, 1993).

Vale ressaltar que cada um dos fatores é estritamente interdependente e dinâmico. Assim, interações entre os fatores clima e organismos, controlados pelo relevo, atuando sobre um material de origem, ao longo do tempo, geram uma situação de desequilíbrio que resulta em intemperismo e formação do solo.

Segundo Simonson (1959), concomitantemente a ação dos fatores de formação ocorrem uma série de processos (adição, perdas, transformação e translocação) que levam a diferenciação da feição do solo em uma série de seções (camadas) sobrepostas com aparência e constituição diferente. Essas camadas são aproximadamente paralelas e designadas horizontes. Sendo o conjunto de horizontes observados em uma seção vertical chama-se perfil do solo.

O entendimento dos fatores e processos de formação do solo, bem como a interpretação dos atributos resultantes da sua inter-relação (pedogênese), têm sido empregado para identificar os diferentes tipos de solo existentes, sendo para tanto, empregados nomes como podzolização, laterização e solonização; a partir destes conceitos estabeleceu-se os fundamentos para a taxonomia dos solos (Simonson, 1959). Ainda, segundo o mesmo autor embora os solos apresentem variações locais e regionais, estes são semelhantes em alguns aspectos. Sendo todos eles constituídos por material mineral, orgânico, água e ar, constituindo um sistema trifásico.

As proporções desses componentes variam verticalmente e horizontalmente. Assim, como é impraticável capturar toda a variabilidade, utilizam-se observações pontuais, criteriosamente estabelecidas como unidade de referência para concepção humana do indivíduo solo como corpos naturais definível por si próprio, ocupando uma posição definida na paisagem (Cline, 1949).

De acordo com o Soil Survey (Soil Survey Staff), a unidade básica de referência é estabelecida mediante a interpretação de dados morfológicos e analíticos de perfis representativos da menor unidade tridimensional, denominado de pedon, que pode ser chamada de solo. Os pedons com características semelhantes são agrupados em unidades maiores, denominadas de polipedons, a partir dos quais, fundamentam-se as unidades taxonômicas e de mapeamento. Assim, cada solo corresponde a uma unidade taxonômica, sendo que para a representação cartográfica utiliza-se como entidade espacial a unidade de

mapeamento. Por sua vez, a unidade de mapeamento é constituída, na grande maioria dos casos, de várias unidades taxonômicas, levando, em geral, o nome daquela que é predominante (Embrapa, 1995).

2.2 Levantamento Pedológico

A execução de um levantamento de solo envolve comumente as seguintes etapas: a) trabalhos prévios de escritório (revisão de literatura, planejamento de campo e mapa preliminar), b) levantamento a campo (descrição de perfis e tradagens, bem como testes específicos a cada tipo de levantamento), c) análises laboratoriais, e d) interpretação dos dados (Embrapa, 1995).

A descrição morfológica do perfil do solo é feita por meio da interpretação das propriedades manipuláveis pelos sentidos do tato e visão, realizada por profissionais devidamente habilitados para sua descrição. O registro das observações é feito empregando-se linguagens e conceituações padronizadas, visando identificar ocorrências que possibilitem a caracterização e o entendimento da distribuição dos solos nas diferentes feições das paisagens (Santos et al., 2005).

Para a designação dos horizontes e camadas do solo, usam-se letras maiúsculas, minúsculas e números arábicos. As letras minúsculas são usadas como sufixos para qualificar distinções específicas dos horizontes ou camadas principais. Letras maiúsculas são usadas para designar horizontes ou camadas principais, horizontes transicionais ou combinações destes (Embrapa, 1988).

Os horizontes ou camadas podem ser de constituição mineral, orgânica e/ou combinação destes, sendo simbolizados por: O, H, A, E, B, C e R. Por definição, A, E e B sempre são designados horizontes, O, H e C podem ser horizontes ou camadas, conforme a sua evolução pedogenética, e R é excepcionalmente camada.

O reconhecimento e a delimitação dos horizontes e/ou camadas que compõem o perfil de solo no campo é feito com base nas diferenças morfológicas. Assim, os seguintes aspectos são observados: cor, espessura dos horizontes, nitidez e topografia (conformação dos limites entre eles), textura, estrutura, consistência, cimentação, cerosidade, eflorescência, presença de nódulos e concreções. Além do exame das características qualitativas supracitadas, também coletam-se amostras de terra em cada horizonte ou camada, uma vez que nem todas as características inerentes aos horizontes são observáveis e/ou quantificáveis mediante o exame morfológico. Assim, para caracterização analítica dos solos são levantados dados referentes às seguintes características: físicas – cascalhos, calhaus, terra fina, composição granulométrica da terra fina, classificação textural, argila dispersa em água, grau de floculação, relação silte/argila, relação textural, densidade do solo, densidade da partícula, porosidade, umidade e água disponível; químicas - pH em água e em KCl, bases extraíveis, soma de bases, acidez extraível, capacidade de troca de cátions, percentagem de saturação por base, percentagem de saturação por alumínio, percentagem de saturação por sódio, fósforo assimilável, carbono orgânico, nitrogênio total, ataque por H_2SO_4 e relações moleculares SiO_2/Al_2O_3 (Ki), SiO_2/R_2O_3 (Kr) e $Al_2O_3/Fe_2O_3/Fe_2O_2$ (Al/Fe), condutividade elétrica do extrato de saturação, sais solúveis e equivalente de $CaCO_3$; mineralógicas – mineralogia das frações cascalhos, calhaus, areia grossa, areia fina e argila, quantificação de argilominerais e óxido e hidróxidos de ferro e alumínio.

2.3 Aspectos Relacionados à Disponibilização de Dados de Solos

Tradicionalmente, os dados gerados em um levantamento são apresentados sob duas formas que se complementam: a representação cartográfica (ou mapa) e um relatório em

forma de texto. A representação cartográfica constitui o mapa pedológico com a distribuição espacial das unidades de mapeamento, enquanto que o relatório é constituído da descrição metodológica dos perfis e tradagens, tabelas com dados de análises físicas, químicas e mineralógicas e critérios adotados para gerar unidades de mapeamento (Embrapa, 1995).

Segundo Van Engelen (1999), citado por Chagas et al. (2004), os mapas tradicionais e suas versões digitalizadas, independentemente de suas escalas, não fornecem toda a informação requerida pelos usuários, já que a maioria dos dados coletados durante os levantamentos de solos não pode ser mostrado nos mapas, ou não constam nas legendas. Assim, mesmo o mapa acompanhado do respectivo relatório técnico na forma impressa, a busca pelas informações torna-se uma tarefa pouco prática. Recentemente, com a evolução das tecnologias computacionais, os levantamentos de solo estão sendo disponibilizados em meio digital, permitindo um acesso diferenciado aos usuários. No entanto, a digitalização dos mapas e relatórios técnicos não garante ao usuário o aproveitamento de todo o potencial de informação que um levantamento de solos pode proporcionar, uma vez que, na maioria dos casos, o armazenamento digital é feito em editores e planilhas eletrônicas de programas de computação como o Microsoft Office. Esse formato digital não fornece ferramentas mais avançadas para execução e representação de consultas específicas dos usuários.

Um exemplo de banco de dados que congrega dados de abrangência do território brasileiro é descrito por Benedetti et al. (2005). Segundo o autor, a maioria dos dados de solo que compõem a base de dados de solos foi sistematizados a partir do projeto Radambrasil e outras pesquisas regionais. Fazem parte da informação deste banco de dados um elenco de 5.086 perfis de solos, aos quais estão associados um total de 10.034 horizontes (Figura 1).



Figura 1. Distribuição espacial dos perfis de solos no território brasileiro
Adaptado de Cooper et al. (2005)

Dada a importância das informações que são geradas em um levantamento de solos, organismos internacionais e países têm desenvolvido banco de dados. Dentre estes, destacam-se: O Mapa Digital de Solos do Mundo (FAO, 1996), SOTER - The World Soils and Terrain Database (van Engelen, 1999), CANSIS - Canadian Soil Information System (Coote & McDonald, 1999), NASIS - National Soil Information System (Soil Survey Staff, 1991), HYPRES - Hydraulic Properties of European Soils database (Nemes et al., 1999) e UNSODA - Unsaturated Soil Hydraulic Database, já em sua segunda versão (Nemes et al., 2001).

No Brasil, algumas instituições têm proposto e desenvolvido sistemas de informações de solos, destacando-se: SigSolos - Sistema de Informações Georreferenciadas de Solos do Brasil (Chagas et al., 2004), Agrissolos - Sistema de Informação sobre os Solos do Brasil (Fileto et al., 2005) e Sistema de Informação de Solos Brasileiros (Oliveira et al., 2008). Esses sistemas foram concebidos com as mesmas finalidades, permitir uma melhor organização, sistematização e gerenciamento das informações geradas a partir dos levantamentos de solos do Brasil.

2.4 Banco de Dados

É comum ouvirmos o termo banco de dados sendo empregado no dia a dia por parte de um grande elenco de pessoas, principalmente aquelas que lidam diretamente com informações estruturada de forma digital. O que de certo modo, não deixa de ser coerente, pois, segundo Silberschatz et al. (1999) banco de dados (ou base de dados) é definido como sendo o conjunto de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico. Assim, sempre que for possível agrupar informações de forma relacional e que tratam de um mesmo assunto, se caracteriza um banco de dados. O autor completa ainda que um banco de dados bem projetado proporciona atingir seu objetivo, seja ele um acesso rápido às informações desejadas, exportações de dados, obtenção de relatórios, entre outros.

2.5 Projeto de Banco de Dados

Segundo Silberschatz et al. (1999), projetar banco de dados é uma das fases mais importantes e críticas no desenvolvimento de um sistema de informação. O projeto requer o uso de diferentes ferramentas computacionais, uma vez que as atividades necessárias a sua elaboração variam com a complexidade do sistema a ser projetado, com o conhecimento da equipe técnica envolvida e o modelo de dado a ser utilizado. Desta forma, o desenvolvimento de sistemas de banco de dados deve estar fundamentado em uma metodologia, a partir da qual são empregadas ferramentas específicas de suporte às diferentes etapas do projeto.

Durante o ciclo de desenvolvimento do projeto de banco de dados, a modelagem de estrutura dos dados a serem gerenciados pelo sistema passa por um padrão básico de definição, especificação de parâmetros e elementos que farão parte da base de dados, incluindo os aspectos dos modelos conceituais, lógicos e físicos (Figura 2). Os três modelos estão hierarquicamente organizados e são discutidos a seguir (Silberschatz et al., 1999).

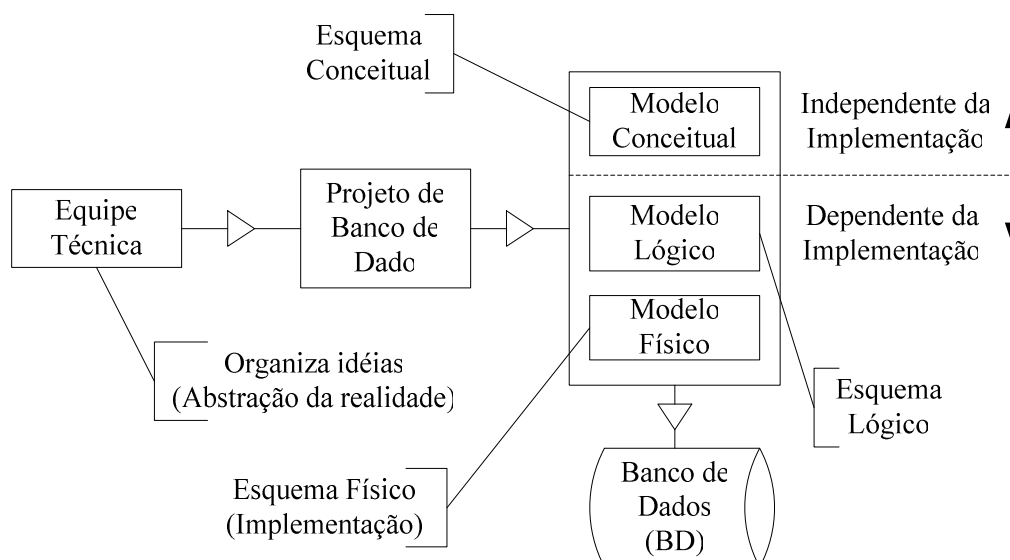


Figura 2. Fases de um projeto de banco de dados (Referência, ano).
Adaptado de Silberschatz et al. (1999)

2.5.1 Modelo conceitual

O modelo conceitual é o ponto de partida para o projeto da base de dados, pois consiste na descrição mais abstrata do esquema do banco de dados, ou seja, define quais os dados que aparecerão no banco de dados. O modelo conceitual não se importa com os detalhes de implementação e é independente do tipo de dado a ser utilizado. Para facilitar a comunicação entre usuários e projetistas é formalizado o esquema conceitual, para tanto são utilizadas representações gráficas como: Modelo Entidade-Relacional (MER) e Diagrama Entidade Relacional (DER). Se possível incluir um exemplo

2.5.2 Modelo lógico

Na etapa do modelo lógico é elaborado o esquema lógico do banco de dados com base no modelo de dados que será utilizado. O esquema lógico é gerado aplicando-se regras de transformação (mapeamento) dos construtores utilizados no esquema conceitual em elementos de representação de dados de um dos modelos de dados implementados pelos sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD) disponíveis no mercado (ex.: Relacional, Objeto-Relacional).

2.5.3 Modelo físico

Por meio do modelo físico, define-se os aspectos de implementação física do banco de dados como, por exemplo, estruturas de armazenamento, caminhos de acesso, particionamento e agrupamento de dados. Portanto, o modelo físico nada mais é que a tradução do modelo lógico para a linguagem (modelo de dado) do sistema gerenciador de banco de dados escolhido para implementar o sistema.

2.5.4 Modelos de Dados

Os modelos de dados consistem em um conjunto de ferramentas conceituais para a descrição de dados, relacionamentos de dados, semântica de dados e restrição de consistência. Os modelos de dados propostos possuem três diferentes grupos: modelos lógicos com base em objetos, modelos lógicos com base em registro e modelos físicos (Silberschatz et al., 1999).

De acordo com o mesmo autor, o modelo relacional difere do modelo hierárquico e em rede por não usar nem ponteiros nem links para a formalização de relacionamento. Como não há necessidade do uso de ponteiros e links, houve a possibilidade do desenvolvimento de fundamentos matemáticos da álgebra relacional para a sua definição.

2.6 Sistema de Banco de Dados

O desenvolvimento de um sistema de banco de dados (SBD) implica na definição das estruturas de armazenamento das informações e dos mecanismos para a manipulação dessas informações. Além disso, um SBD deve garantir a segurança das informações armazenadas contra eventuais problemas com o sistema, além de impedir tentativas de acesso não autorizado. Em síntese, um SBD resulta da inter-relação entre o banco de dados (BD), o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), o programa aplicativo e os usuários (Figura 3) (Silberschatz et al., 1999).

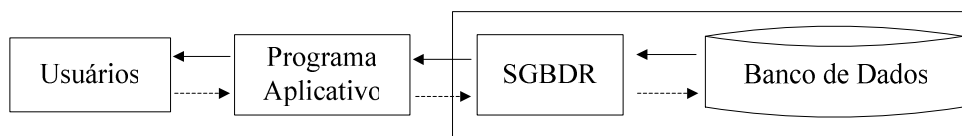


Figura 3. Componentes de um sistema de banco de dados

2.6.1 Banco de Dado Relacional

Segundo Silberschatz et al. (1999), um banco de dados relacional é representado esquematicamente por meio de relações de forma bastante próxima a existente fisicamente, ou seja, constitui-se em uma matriz (tabela) descrita através de seus atributos (colunas), onde os registros (linhas) de uma relação correspondem ao preenchimento das características de suas propriedades (Domínio).

Uma relação é constituída por um ou mais atributos. Os valores armazenados para cada atributo designam-se tupla (Figura 4).

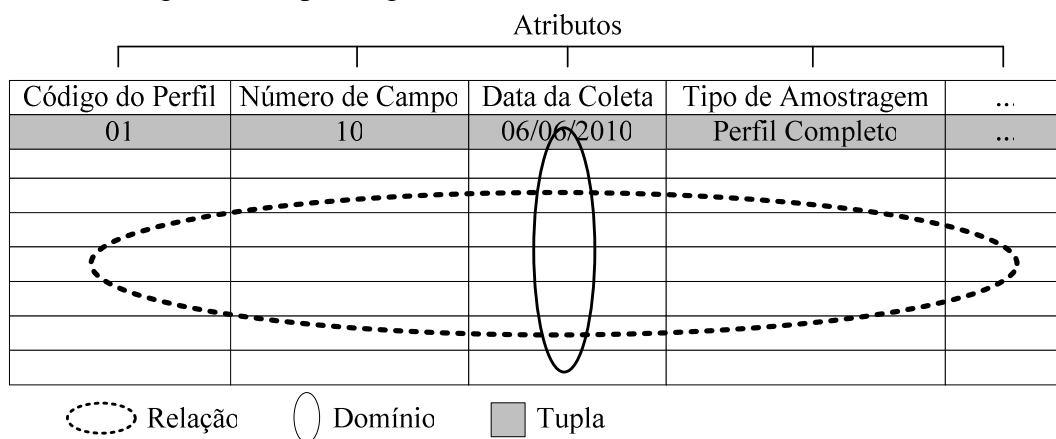


Figura 4. Elementos conceituais de uma relação (Tabela).

Nos bancos de dados relacionais, busca-se a integridade referencial através de chaves, sendo que este mecanismo cuida para que os dados estejam sempre consistentes, evitando, por exemplo, o aparecimento de registros órfãos (Silberschatz et al., 1999).

2.6.1.1 Chave primária

Utilizada para identificar um único registro em uma tabela. O campo designado como chave primaria não permite valores duplicados, ou seja, se tornarmos um campo chave primária, não podemos ter mais de um registro com o mesmo valor nessa coluna.

2.6.1.2 Chave Estrangeira

É um tipo de chave criada basicamente para definir um relacionamento entre registros de tabelas diferentes, chamado também de relacionamento pai-filho, ou mestre-detalhe. No caso, para cada ocorrência do registro da tabela mestre (pai), poderá existir nenhum, um ou mais de um registro relacionado na tabela detalhes (filha), definidos pela chave estrangeira. Diferente da chave primária, a chave estrangeira aceita duplicação de conteúdo nas colunas envolvidas.

2.6.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados

Atualmente, os SGBD disponíveis no mercado pertencem a duas famílias: os relacionais (SGBD-R) (Date, 1990) e os objeto-relacionais (SGBD-OR) (Silberschatz et al., 1999). O modelo de dados dos SGBD-R consiste de uma coleção de relações (tabelas), cada qual com atributos (colunas) de um tipo específico de domínio. Nos sistemas comerciais atuais, tipos de dados incluem: números inteiros, de ponto flutuante, cadeias de caracteres, datas e campos binários longos (BLOBs). Para os diferentes tipos de dados encontram-se disponíveis uma variedade de operadores (com exceção ao BLOB), para operações aritméticas, de conversão, de manipulação textual e operações com data. Outra característica dos SGBD-R é que eles fornecem eficientes mecanismos de armazenamento, indexação de dados unidimensionais através de B-Tree (Garcia-Molina et al, 2001), controle de concorrência e integridade dos dados armazenados (Queiroz, 2005).

Entre os SGBDs comerciais utilizados atualmente destacam-se: Oracle, DB2, Interbase e SQL Server e, na versão open source, o MySQL, o PostgreSQL e o Firebird.

O Firebird é o SGBD apresentado nesse trabalho, sendo um sistema gerenciador de banco de dados gratuito e open source desenvolvido pela FirebirdSQL.

2.6.2.1 Firebird

Extraído do documento - Firebird Versão 1 Notas de Lançamento Março de 2008.

A base de dados Firebird™ foi desenvolvida por um grupo independente de programadores a partir do código do InterBase™ que foi lançado pela Borland sobre a InterBase Public License v.1.0 em 25 de Julho de 2000. Este é um poderoso banco de dados Cliente/Servidor relacional que é compatível com SQL ANSI 92, e foi desenvolvido para ser um banco de dados independente de plataformas e de sistemas operacionais.

Por ser totalmente compatível com o padrão ANSI SQL 92 o Firebird possibilita a implementações de uma série de funcionalidades como: integridade referencial e outras constraints; subselects; unions; views; triggers; stored procedures; UDF (funções definidas pelo usuário) e suporte à transações. Se possível exemplificar...

Também apresenta suporte a três dialetos, que determinam as opções de tipos de dados armazenados no banco de dados. Os tipos de dados suportados são: char e varchar; date, time e timestamp; integer, smallint e bigint; float; double precision; numeric e decimal; array e blob.

O Firebird tem a seu dispor uma quantidade enorme de componentes de acesso ao banco de dados, com tecnologia de acesso direto através da API do banco. Dentre o elenco de componentes disponíveis destacam-se: IB Objects (IBO); dbExpress; Interbase Express (IBX); JDBC; Zeos; Mercury DataBase Objects (MDO); SIBProvider (OLEDB) e FIBPlus.

Maiores informações sobre o Firebird podem ser encontradas nos sites <http://firebird.sf.net>.

2.6.3 Programa Aplicativo

De acordo com Cantu (2005), os softwares modernos são projetados para ter uma interface mais simples e amigável com os usuários, proporcionando por meio desta um melhor entendimento e facilidade de seu uso (abstração). Portanto, o advento dos sistemas operacionais gráficos, mais especificamente a popularização do Windows trouxe aos usuários de microcomputadores todas as facilidades que uma GUI (Graphical User Interface) pode oferecer (mause, botões, janelas, etc).

Entre as linguagens de programação atualmente mais utilizadas para o desenvolvimento de software, destacam-se: Java, Delphi, C, C++ e Visual Basic.

Delphi é um compilador e um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para o desenvolvimento de softwares. Ele é produzido pela Borland Software. A linguagem utilizada pelo Delphi é a Object Pascal (extensão orientada a objeto), originalmente direcionado para a plataforma Windows, que chegou a ser usado para desenvolvimento de aplicações nativas para Linux e Mac OS, através do Kylix (conhecido como Delphi para Linux) (Ascencio, 2007).

2.6.4 Usuários

Segundo Silberschatz et al. (1999), um banco de dados pode apresentar diversos usuários cada qual com uma necessidade em particular, e com um envolvimento diferente com os dados do BD. Os usuários podem ser classificados nas seguintes categorias.

2.6.4.1 Administradores do banco de dados (ABD)

O ABD é responsável por controlar o acesso aos dados, e por coordenar e monitorar a sua utilização, administrando os recursos disponíveis no BD.

2.6.4.2 Projetistas do banco de dados

Possuem a responsabilidade de identificar os dados a serem armazenados no BD e a estrutura apropriada para armazená-los. Eles devem se comunicar com os possíveis usuários do BD, obter a visão dos dados que cada um possui, integrando-as de forma a se obter uma representação adequada de todos os dados.

2.6.4.3 Usuários finais

São as pessoas que interagem diretamente com o SGBD, solicitando acesso às informações armazenadas no BD.

2.6.4.4 Analistas de sistemas

Analistas de sistemas determinam os requisitos dos usuários finais, especialmente de usuários que necessitam de maior interação com o BD, enquanto que os programadores de aplicações utilizam-se destas especificações para desenvolver uma aplicação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Análise de Demanda

No desenvolvimento do projeto de banco de dados, optou-se pelo modelo de dados relacional. Assim, a sistematização dos dados que compõe a base de dados denominada "SOLOS" foi estruturada a partir de consultas a fontes bibliográficas diversas, destacando-se: Normas e critérios para levantamentos pedológicos (1989), da Embrapa; Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos (1995), da Embrapa; Manual de descrição e coleta de solo no campo, de Santos e Lemos (2005); Manual de métodos de análise de solo (1997), da Embrapa; Sistema brasileiro de classificação de solos (1999), da Embrapa; Sistema

brasileiro de classificação de solos (2006), da Embrapa e Soil Survey Manual (1993), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

3.2 Software e Equipamentos (Recursos de Informática)

De posse das informações a serem armazenadas no banco de dados, a etapa seguinte foi a estruturação do projeto do sistema de banco de dados. Objetivando a organização das informações e técnicas que possam proporcionar um melhor desempenho os seguintes aplicativos foram utilizados:

a) Para a modelagem do banco de dados, foi adotada a ferramenta Microsoft Visio (Microsoft®), por permite a paginação do modelo, bem como a representação da anotação para os objetos (dicionário de dados).

b) Como Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional, foi utilizado o Firebird versão 1.5 (FirebirdSQL), pelo fato de ser um banco de dados Cliente/servidor de livre distribuição, com as seguintes características: compatível com o padrão SQL-ANSI-92/99; possibilita implementar as regras de integridade referencial e políticas de segurança. Além de ser múlti plataforma, ou seja, funcionam em diversos sistemas operacionais, dentre eles destacamos: Windows 9x®; Windows NT® e Linux.

c) Como ferramenta de administração do banco de dados Firebird, foi utilizado o IBExpert Personal Edition versão free (H-K Software), por oferecer uma interface gráfica que permite a visualização do banco de dado e seus componentes, auxiliando na síntese de criação de tabelas, índices, visões, procedimentos e geradores, portanto, uma ferramenta completa.

d) Para o desenvolvimento do programa aplicativo foi utilizada a ferramenta Borland Delphi 5 (Borland Software Corporation, 1995), pois este apresenta um ambiente de desenvolvimento que utiliza a linguagem Object Pascal, além de contar com uma série de componentes que auxiliam no processo de desenvolvimento do sistema.

e) Como componente de acesso do programa aplicativo ao banco de dados Firebird, foi utilizado o FIBPlus (DevRace).

f) O Firebird como outros sistemas gerenciadores de banco de dados, necessita de uma linguagem de consulta para permitir que o usuário acesse os dados, portanto, foi utilizado a Structured Query Language (SQL) (IBM, 1970), uma vez que, esta permite as seguintes tarefas: consultar dados; inserir; atualizar e remover linhas de uma tabela; criar, modificar e remover objetos do banco de dados; controlar o acesso ao banco de dados e seus objetos e garantir a consistência deste.

g) Para a geração e visualização dos relatórios, foi utilizado o FastReport (FastReport Inc), por tratar-se de um conjunto de componente totalmente escrito em ambiente de desenvolvimento Delphi. Com ele, o desenvolvimento de programas para geração de relatórios fica muito mais fácil e ágil, através de ferramentas de montagem, pré-visualização, macros, entre outros. Além disso, é possível a criação de tabelas, pesquisas e banco de dados com aplicações em execução, bem como alterar parâmetros antes da impressão. Também, permite a exportação dos relatórios para arquivos PDF, HTML, RTF, GIF, JPEG, BMP, EMF, WMF, entre outros.

f) Notebook HP modelo 530; Processador Intel(R) Core(TM) Duo CPU 1.83GHz, Memória Física (RAM) 1,00 GB, Sistema Operacional Microsoft® Windows Vista™ Business.

3.3 Validação do SBD ‘InfoSolos’

Para a validação do SBD, foram utilizados os dados referentes ao levantamento detalhado, em escala 1:10.000, dos solos da base de Operação Geólogo Pedro de Moura (UN-AM).

A área de estudo está localizada no município de Coarir/AM, 650 km a sudoeste de Manaus, localizada entre os paralelos de 4°45' e 5°05'S e os meridianos de 65° 00' e 65°25' W (Figura 5).

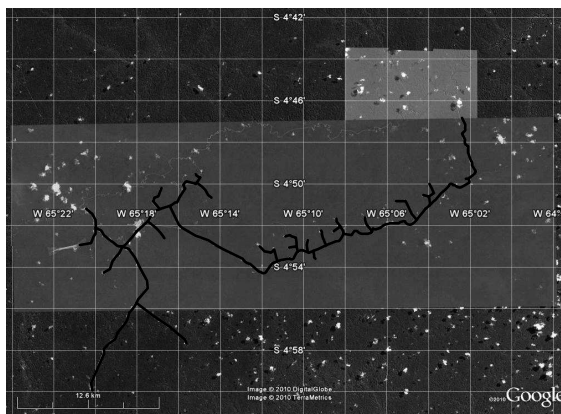


Figura 5. Imagem da área.

Fonte: Google Earth

De posse dos mapas topográficos, dos modelos digitais de elevação e do mapa de declividade, fez-se à interpretação da área para fins de definição dos pontos estratégicos. Os pontos foram distribuídos de acordo com as diferentes toposseqüências, padrões de drenagem e declividade e forma das encostas. Estes pontos foram armazenados no GPS através da indicação de suas coordenadas geográficas, evitando erros e facilitando o trabalho de campo na abertura de perfis e tradagem. Durante os trabalhos de campo, as descrições e coletas de perfis foram feitas em trincheiras ou em cortes de estradas previamente limpos, tendo sido utilizado trado para completar a coleta a maiores profundidades. As tradagens também foram utilizadas para auxiliar na delimitação das unidades de mapeamento.

Considerando uma área total mapeável de 6.800 hectares, efetuou-se 0,46 observações/hectares. Ao todo foram feitas 322 observações, sendo 121 perfis completos e 201 tradagens.

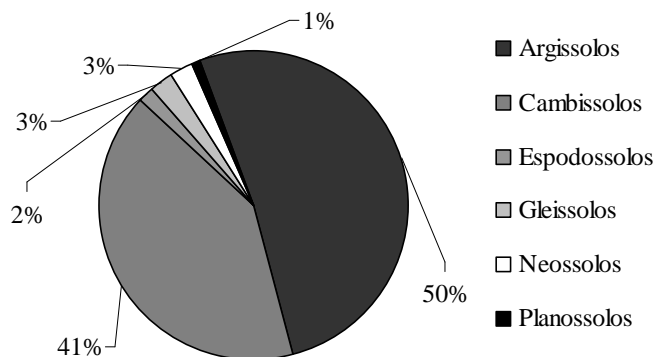


Figura 6. Distribuição percentual das classes de solos levantados na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (UN-AM).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Modelagem do Banco de Dados (BD)

Para a identificação, caracterização e classificação de solos são utilizados os conceitos, critérios e procedimentos metodológicos contidos nas **obras acima supracitados**. Assim, objetivando o melhor entendimento dos dados e seus inter-relacionamentos, modelou-se a base de dados a partir dos principais conceitos referentes ao solo: Perfil, Horizonte, Atributos Diagnósticos, Horizontes Diagnósticos Superficiais, Horizontes Diagnósticos Sub-superficiais e Classificação (Figura 7).

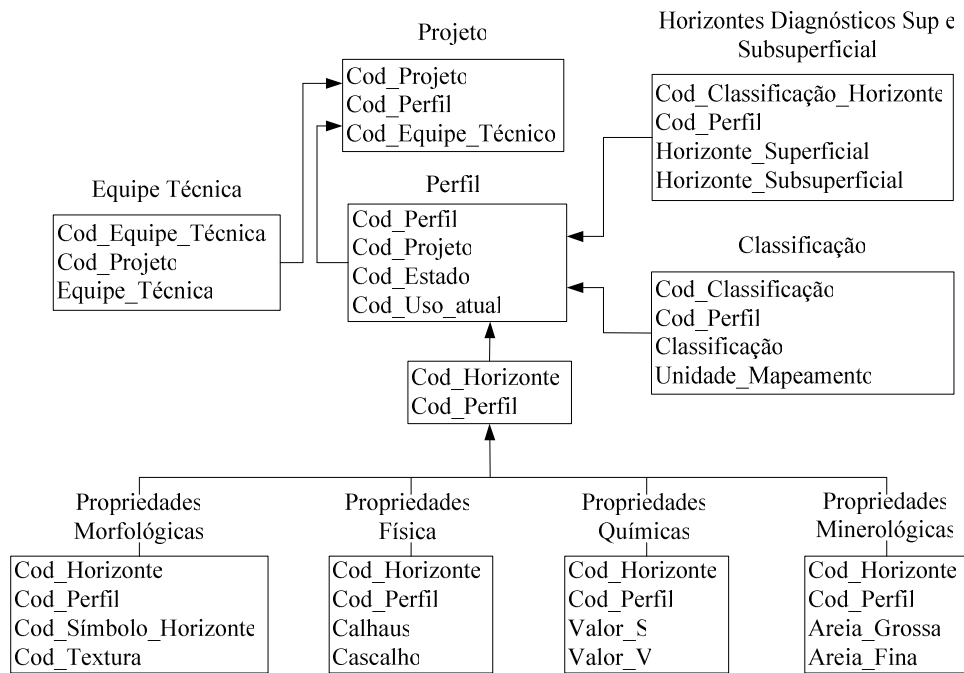


Figura 7. Modelo conceitual simplificado do InfoSolos.

4.2 Implantação e Estruturação do Banco de Dados

A partir do conhecimento estruturado das informações a serem armazenadas e gerenciadas pelo sistema de banco de dados foi instalado o banco de dados relacional Firebird. Para registrar a base de dados denominada de “SOLOS”, utilizou-se da ferramenta de administração IBExpert Personal Edition (Figura 8). Uma vez registrada a base de dados, criou-se todas as entidades (Tabelas), bem como as relações e operações entre estas.

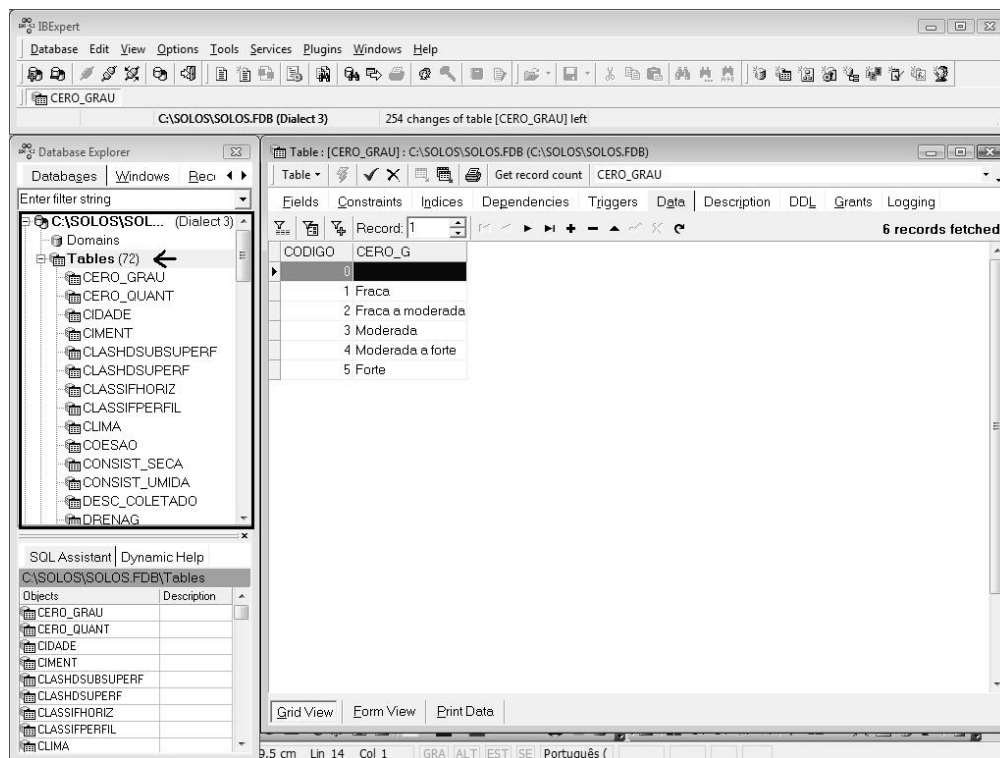


Figura 8. Ferramenta de administração do banco de dados “Firebird”.

4.3 Implementação do Programa Aplicativo (InfoSolos)

Para implementação da interface do InfoSolos foi utilizada a linguagem de programação objeto pascal, ambiente de desenvolvimento Delphi 5. Para facilitar o desenvolvimento do InfoSolos foi criado um formulário¹ DataModule, chamado de DBDataModule (Figura 9), onde os componentes que acessam o banco de dados “SOLOS” foram colocados. Assim, todos os outros formulários podem acessar o banco de dados através dos componentes ancorados nesse formulário.

Para tanto foi necessário configurar os dados e as tabelas do Firebird no ambiente de desenvolvimento Delphi 5 e, para isso, foram utilizados os componentes do FIBPlus (Figura 10), que permitem o acesso direto através do API² do banco de dados, garantindo maior eficiência no acesso e na recuperação das informações.

¹ Os formulários (objeto Form) são os pontos centrais para o desenvolvimento Delphi. Utiliza-se destes para desenhar a comunicação com o usuário, colocando e organizando outros objetos (Botões; caixas de textos entre outros). Um formulário básico inclui os seguintes componentes: Controle de menu; botões de maximização e minimização; barra de título e bordas redimensionáveis.

² “Application Programming Interface” (normalmente uma biblioteca de funções/objetos)

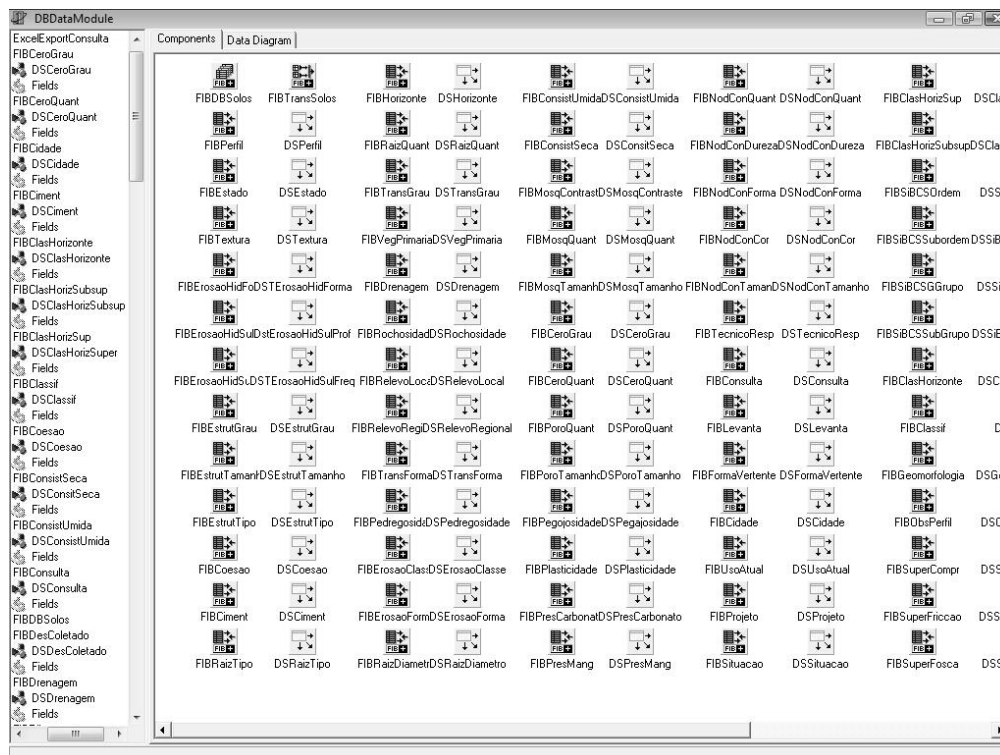


Figura 9. Formulário DBDataModule com as componentes da paleta FIBPlus e Data Access.

O InfoSolos foi implementado para ser compilado na plataforma Windows. Entretanto, é possível converter o sistema para o Kylix e/ou Lázarus/Pascal, possibilitando, desta forma, a instalação do InfoSolos em outros sistemas operacionais como o Linux.

A centralização de componentes de acesso ao banco de dados em um formulário DataModule também permite a migração para outros sistema gerenciador de banco de dados. Assim, toda lógica de negócio fica concentrada em um único ponto do programa aplicativo, facilitando a manutenção e a evolução. Portanto, a implementação da interface do InfoSolos é totalmente independente do sistema gerenciador de banco de dados.

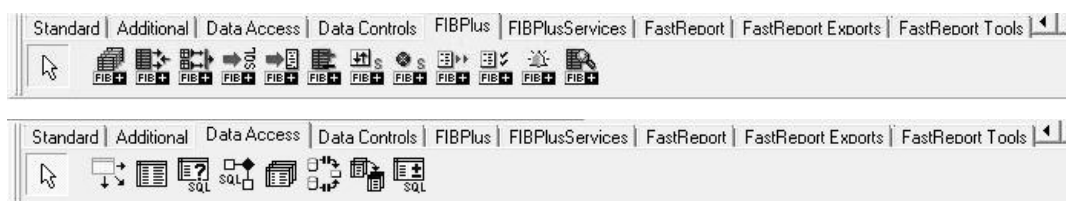


Figura 10. Componentes de acesso ao banco de dados “SOLOS”, paleta FIBPlus e Data Access respectivamente.

4.4 Descrição do Software

Para organização e gerenciamento de dados oriundos de levantamentos pedológicos foi desenvolvido um sistema de banco de dados denominado InfoSolos. O sistema foi estruturado para armazenar e processar dados, independente do nível do levantamento.

Conforme demonstrado na hierarquia estrutural da interface do InfoSolos (Figura 11), o menu principal é composto de sete menus: cadastro, consulta, exibir, utilitário, relatório, fichas e ajuda. A partir do qual, tem-se acesso aos diversos sub-menus.

Todas as telas seguem o mesmo padrão de cor, fonte e botões, bem como a nomenclatura dos componentes e funções básicas de navegação e manipulação dos dados.

Assim, por meio do InfoSolos, o sistema passa a cumprir um conjunto de funções tais como: inserção, atualização, consulta e exclusão de registros das entidades (tabelas) que formam a Base de Dados “SOLOS”. Para todas as telas, os botões de manipulação dos dados são gerenciados (ativos/inativos) conforme o estado da linha da tabela ativa. Também foram impostas restrições que assegurem a entrada de dados dentro de valores preestabelecidos, diminuindo a possibilidade de erros ou inconsistência dos dados.

Os campos que foram estabelecidos nas diferentes telas correspondem os atributos definidos nas entidades (Tabelas) do banco de dados “SOLOS” (Anexo F).

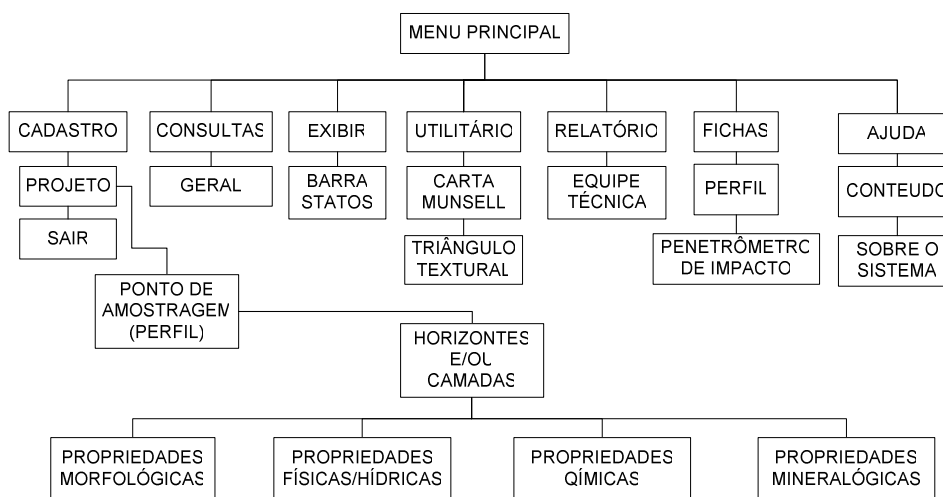


Figura 11. Hierarquia estrutural da interface do InfoSolos.

4.4.1 Conexão com a base de dados “SOLOS”

Para acessar a base de dados “SOLOS” foi implementada política de segurança. Assim, é possível cadastrar os mais diversos usuários, com distintos níveis de privilégios no que diz respeito à inserção, edição e eliminação de dados (Figura 12). Após a digitação do nome e senha, pré-requisito para a conexão com a base de dados, será exibida a tela principal do InfoSolos (Figura 13), com os seguintes menus: Cadastro, Consultas, Exibir, Utilitário, Relatório, Fichas e Ajuda, os quais, por meio de sub-menus, darão acesso as mais diversas telas.



Figura 12. Tela de login do usuário.

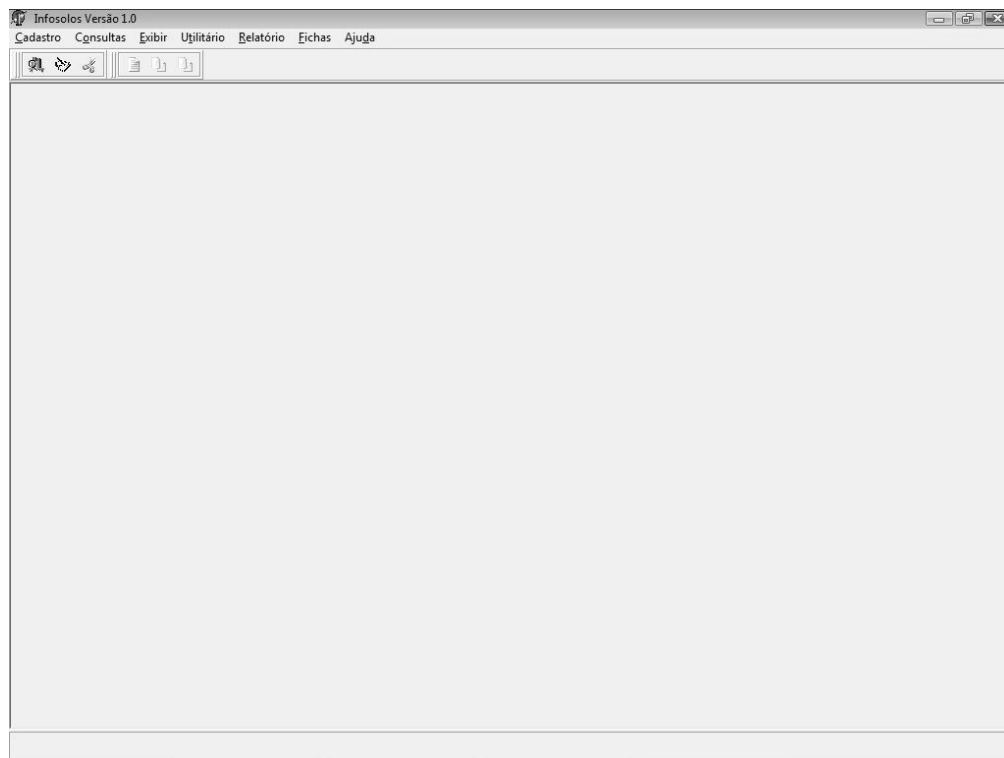


Figura 13. Tela principal com seus menus.

4.4.2 Menu Cadastro

No menu “Cadastro” (Figura 14) temos, para se efetuar algumas operações no sistema, os seguintes sub-menus:

- Projeto
- Sair

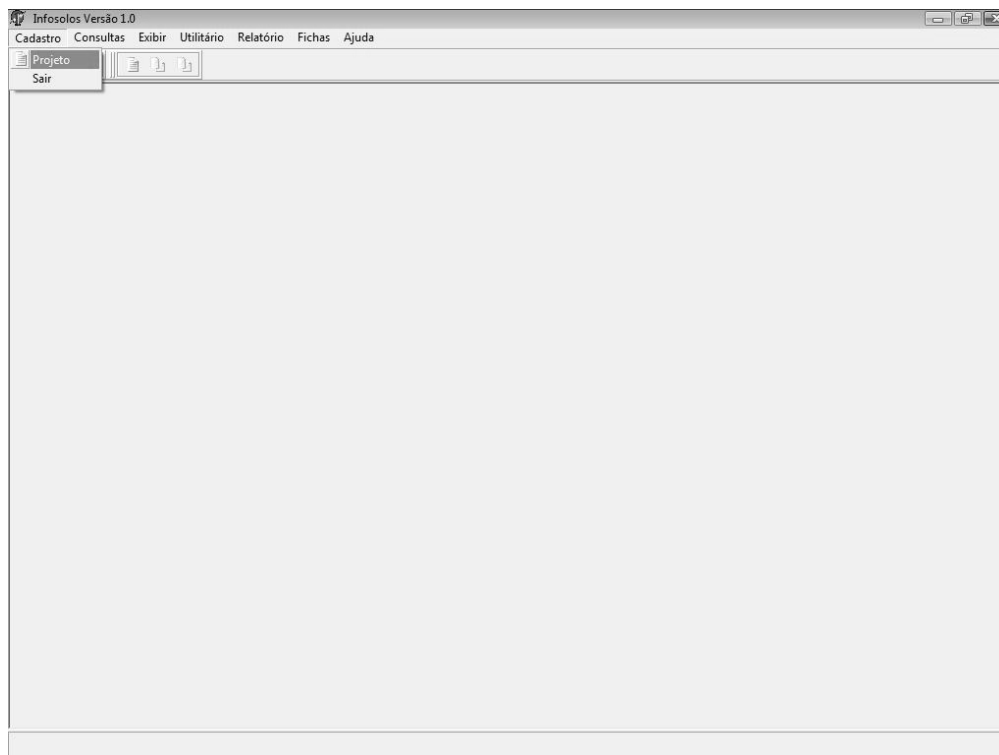


Figura 14. Tela principal com o menu “Cadastro” aberto.

Por meio do sub-menu “Projeto” é acessada a tela correspondente (Figura 15). Na parte superior desta tela, encontram-se os botões para se efetuar algumas operações no sistema como: inserir, salvar, editar, eliminar, cancelar operações de edição ou inserção, bem como os botões para navegação e localização.

Nesta tela estão reservados os seguintes campos: título do projeto, sigla, data inicial e final da execução do levantamento, órgão executor, escala de publicação, área mapeada, nível do levantamento e equipe técnica.

O preenchimento do campo nível do levantamento é feito por meio de sistema de seleção (Figura 15). O campo data inicial e final da execução do levantamento é feito por meio de uma tela que simula um calendário (Figura 16). O campo equipe técnica é feito por meio de uma tela específica (Figura 17) para cadastrar os dados pessoais da equipe técnica. Os demais atributos são preenchidos normalmente (manuscritos).

Na parte inferior da tela do projeto foi reservado um ambiente para a visualização prévia de dados de outras entidades relacionadas, como é o caso da entidade perfil e seus respectivos horizontes, bem como a classificação do solo. Comporta ainda os botões de navegação e localização, assim como o botão “Abrir ficha” para o cadastramento do ponto de amostragem perfil (Figuras 18, 19 e 20).

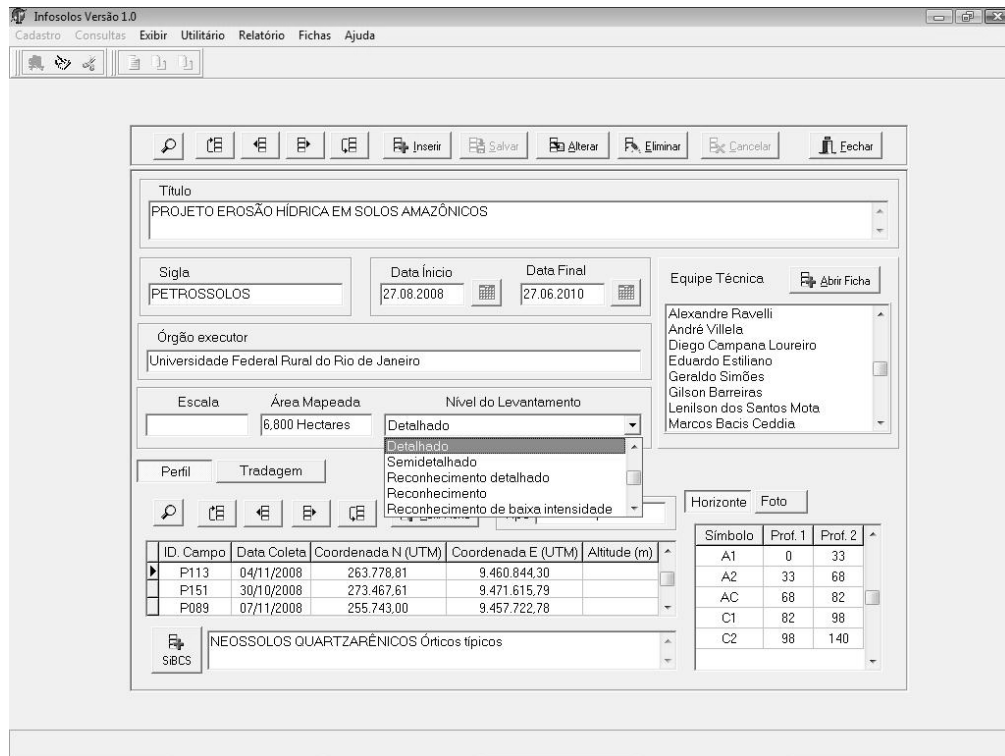


Figura 15. Tela de cadastro do projeto com preenchimento do campo nível do levantamento por meio de caixa de seleção.



Figura 16. Tela de preenchimento do campo data.

Técnico Responsável

Nome

E-mail

Telefone fixo Celular

NOME	E-MAIL
<input checked="" type="checkbox"/> Alexandre Ravelli	
<input type="checkbox"/> André Villela	
<input type="checkbox"/> Diego Campana Loureiro	
<input type="checkbox"/> Eduardo Estiliano	
<input type="checkbox"/> Geraldo Simões	
<input type="checkbox"/> Gilson Barreiras	
<input type="checkbox"/> Lenilson dos Santos Mota	
<input type="checkbox"/> Marcos Bacis Ceddia	

Figura 17. Tela de cadastro da equipe técnica.

Infosolos Versão 1.0

Cadastro Consultas Exibir Utilitário Relatório Fichas Ajuda

Identificação em Campo Tipo de Amostragem Data da coleta

UF Município

Clima (Classificação Koppen e Gausson)

Situação
 Descrito e Coletado
 Terço médio de elevação

Relevo
 Regional Local
 Declive Drenagem
 Declive campo

Localização

UTM GEOGRÁFICA CARTESIANA

Foto

Foto1
 Foto2
 Foto3
 Foto4

Horizonte

Figura 18. Tela de cadastro da entidade perfil.

Infosolos Versão 1.0
 Cadastro Consultas Exibir Utilitário Relatório Fichas Ajuda

Decrive campo: 2% de declividade

Localização

UTM GEOGRÁFICA CARTESIANA Converter

Norte 263.778,81 Este 9.460.844,30 MCF Altitude m

Pedregosidade Rochosidade

Erosão Forma Hídrica Classe Não aparente

Hídrica Tipo Laminar Freqüência Profundidade

Vegetação primária Uso atual

Formação geológica

Cronologia

Horizonte
 Abrir Ficha
 A1
 A2
 AC
 C1
 C2

Figura 19. Tela de cadastro da entidade perfil (continuação).

Infosolos Versão 1.0
 Cadastro Consultas Exibir Utilitário Relatório Fichas Ajuda

Cronologia

Litologia

Material Originário

Descrito Por
 Alexandre Ravelli, Geraldo Simões
 Abrir Ficha

Observações
 Editar

1- Horizonte C2 forma irregular fracamente cimentado.
 2- Raízes muitas e comuns, medias e grossas no horizonte A1; comuns, medias e grossas no A2; comuns, medias no AC; poucas, e medias no C1.

Figura 20. Tela de cadastro da entidade perfil (continuação).

Nesta tela, fragmentada nas Figuras 18, 19 e 20, estão reservados os seguintes campos: identificação de campo, tipo de amostragem, fotos do perfil e paisagem, estado, município, data da coleta, clima, uso atual, situação, relevo local e regional, declive, drenagem, vegetação primária e sobre o perfil, pedregosidade e rochosidade, erosão forma e classe,

localização da descrição do perfil; ainda coordenadas em UTM, formação geológica, cronologia, litologia e material originário, bem como os itens: descrito e coletado por e observações.

Com exceção dos campos destinados para cadastrar localização do perfil, formação geológica, cronologia, litologia, material originário e observações, todos os demais são preenchidos por meio de sistema de seleção (caixas de seleção), o que facilita a entrada dos dados e elimina erros de digitação. O campo Data da coleta é preenchido por meio de uma tela que simula um calendário (Figura 21). Também foi reservado ambiente destinado ao cadastro de fotos, permitido o armazenamento de até 4 fotos por perfil. Neste espaço estão reservados os botões de importação, substituição, eliminação e edição. Por meio dos botões importar e editar acessam-se, respectivamente, a tela “Abrir Fotos” (Figura 22) e a tela “Editar Foto” (Figura 23).

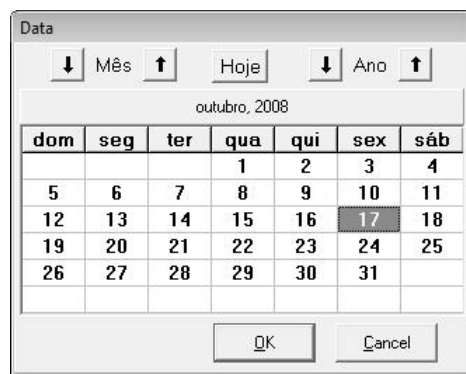


Figura 21. Tela de preenchimento do campo data.

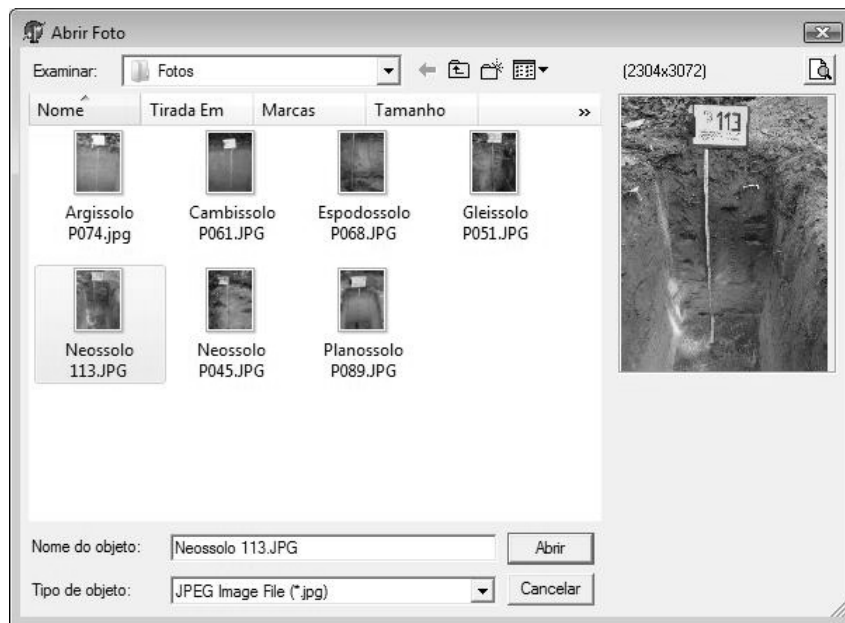


Figura 22. Tela de importação de fotos.



Figura 23. Tela de cadastro da entidade perfil com preenchimento do autor da foto.

O campo Descrito por é preenchido através de uma tela auxiliar (Figura 24) acessada por meio do botão Abrir Ficha. Quando não cadastrado o técnico, este deverá ser inserido no cadastro de técnico responsável por meio do botão Abrir Ficha da tela Descrito e coletado por.

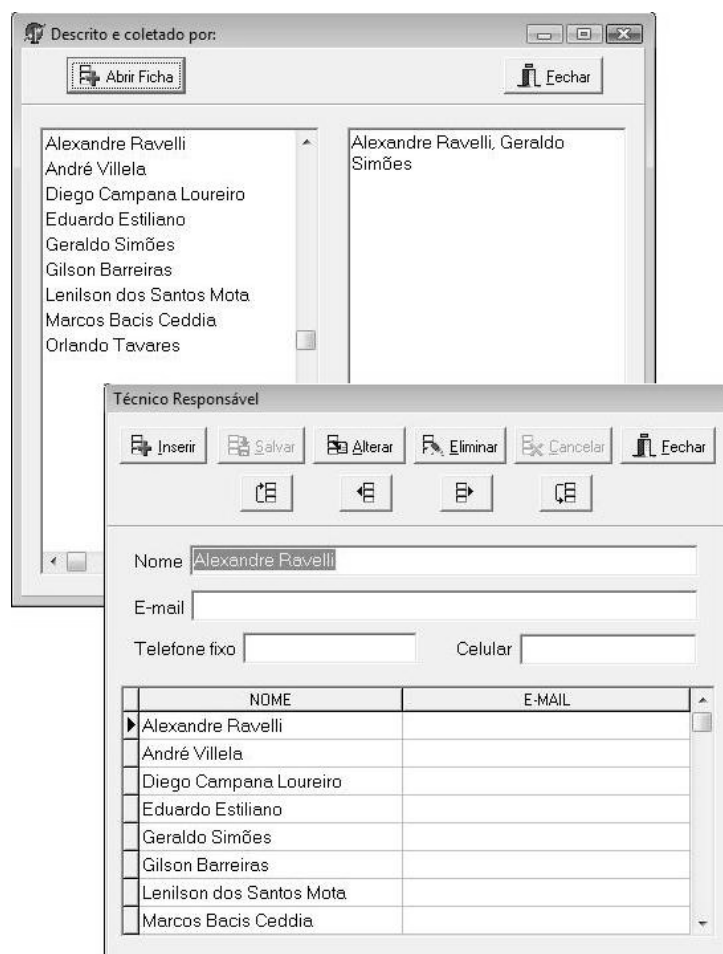


Figura 24. Tela de obtenção do técnico que descreveu o perfil e tela de cadastro da equipe técnica, respectivamente.

O campo Observações é preenchido através de uma tela auxiliar (Figura 25) acessada por meio do botão Editar.

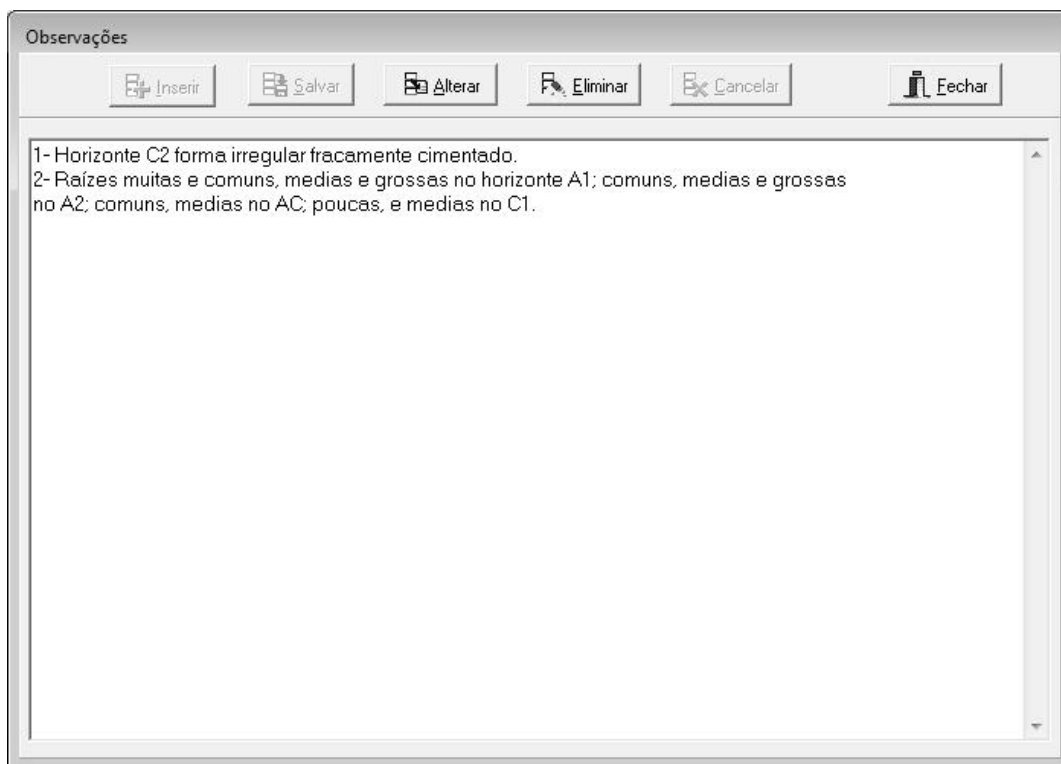


Figura 25. Tela de cadastro do campo observações.

Uma vez cadastrados e salvos os atributos da entidade perfil, tem-se acesso à tela de cadastro da entidade horizonte por meio do botão Abrir Ficha localizado no ambiente reservado a exibição dos horizontes e/ou camada vinculados ao perfil. Para cada horizonte são armazenados: Descrição Morfológica, Análises Físicas/Hídricas, Análises Químicas e Análises Mineralógicas.

Na guia Descrição Morfológica em exibição nas Figuras 26 e 27, estão reservados os seguintes campos: símbolo do horizonte e/ou camada, transição: forma e nitidez, limites superior e inferior, textura, cor: matiz; valor e croma, mosqueado: contraste; quantidade; tamanho e cor, estrutura: grau; tipo e tamanho, consistência: seca; úmida e molhada, cerosidade: quantidade e grau, nódulos e concreções: quantidade; tamanho; forma; dureza e cor, coesão, cimentação, superfície de fricção, superfície fosca, superfície de compressão, eflorescência, presença de carbonato, presença de manganês, presença de sulfeto, raízes: quantidade e tamanho, porosidade: tamanho e quantidade.

Infosolos Versão 1.0
 Cadastro Consultas Exibir Utilitário Relatório Fichas Ajuda

Descrição Morfológica Análises Físicas/Hídricas Análises Químicas Análises Mineralógica

Horizonte
 Símbolo P1 P2
 A1 0 33
 A2 33 68
 AC 68 82

Símbolo: A1 Transição: Forma Plana Grau Gradual Limites Superior-Inferior (cm): 0 - 33

Textura: Franco-arenosa

Cor: Seca Úmida Mosqueado
 Carta Munsell

Mosqueado: Contraste Quantidade Tamanho

Estrutura: Grau Fraca Tipo Granular Tamanho Média

Consistência: Seca Dura Úmida Friável Pegajosidade: Não pegajosa Plasticidade: Não plastica

Cerosidade Nódulos e concreções

Figura 26. Tela de cadastro da entidade horizonte, descrição morfológica.

Infosolos Versão 1.0
 Cadastro Consultas Exibir Utilitário Relatório Fichas Ajuda

Carta Munsell

Mosqueado: Contraste Quantidade Tamanho

Estrutura: Grau Fraca Tipo Granular Tamanho Média

Consistência: Seca Dura Úmida Friável Pegajosidade: Não pegajosa Plasticidade: Não plastica

Cerosidade: Quantidade Grau
 Nódulos e concreções: Quantidade Tamanho Forma Natureza Dureza Cor

Coesão Cimentação Superfície de Fricção Superfície fosca

Superfície de compressão Elorescência P. de carbonato P. de manganês P. de sulfetos

Raízes: Diâmetro Quantidade Tipo Porosidade: Tamanho Quantidade

Carta Munsell

Figura 27. Tela de cadastro da entidade horizonte, descrição morfológica (continuação).

O preenchimento dos campos cor seca, úmida e do mosqueado é feito por meio das telas Carta Munsell (Figura 28).

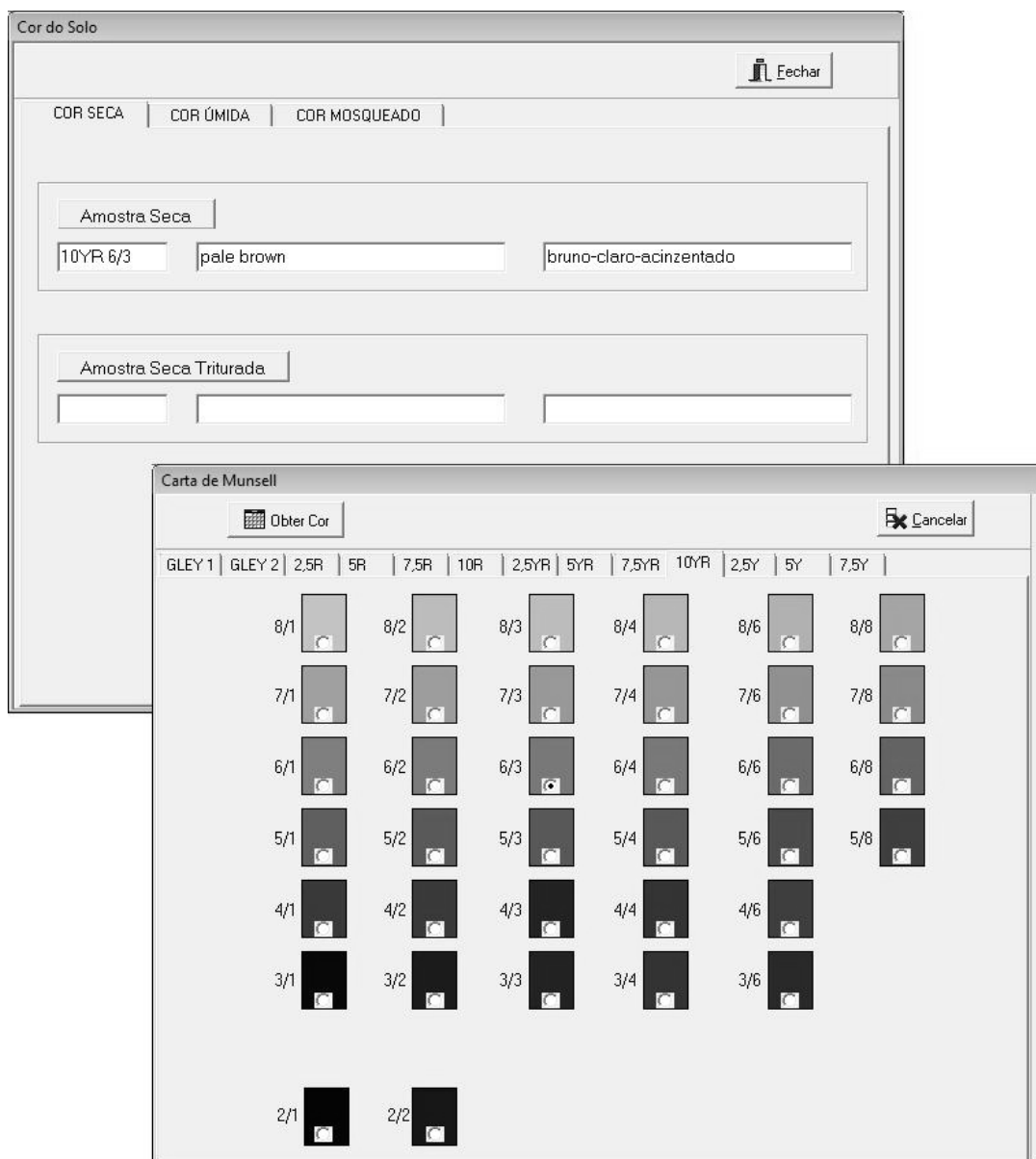


Figura 28. Tela de obtenção da cor do solo em diferentes estados de umidade e Tela de obtenção da cor do solo similar à carta de cores de Munsell.

Na guia Análises Físicas/Hídricas (Figura 29) estão reservados os seguintes atributos: fração da amostra total: calhaus; cascalho e terra fina seca ao ar, composição granulométrica da terra fina: areia grossa; areia fina; areia total; silte e argila, argila dispersa em água, grau de floculação, relação silte/argila, densidade do solo e da partícula, porosidade total, condutividade elétrica do extrato da pasta saturada em água, retenção e disponibilidade hídrica. São calculados os parâmetros: areia total, silte, grau de floculação, relação silte/argila, porosidade do solo.

Figura 29. Tela de cadastro da entidade horizonte, análises físicas/hídricas.

Na guia Análises Químicas (Figura 30) estão reservados os seguintes atributos: Complexo sortivo: Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; K^+ ; Na^+ ; Al^{3+} e H^+ , valor: S; T e V, saturação: Al^{3+} e Na^+ , fósforo assimilável, pH: água; KCl 1N e Delta pH, carbono orgânico, nitrogênio e relação Corg/Ntotal, ataque sulfúrico: SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; TiO_2 ; P_2O_5 e MnO , relações: $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki); $\text{SiO}_2 / \text{R}_2\text{O}_3$ (Kr) e $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$, Fe_2O_3 em água e equivalente em CaCO_3 e sais solúveis: Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; K^+ ; Na^+ ; HCO_3^- ; CO_3^- ; Cl^- e SO_4^{2-} .

Figura 30. Tela de cadastro da entidade horizonte, análises químicas.

São calculados os parâmetros: soma de bases (valor S), capacidade de troca de cátions (valor T), saturação por bases (valor V), saturação por alumínio, saturação por sódio, relação C/N, relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki), $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ (Kr) e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Na guia Análises Mineralógicas (Figura 31) estão reservados os seguintes atributos: Calhaus; Cascalhos; Areia; Areia grossa; Areia fina; Argila e Difratoformas de Raios-X.

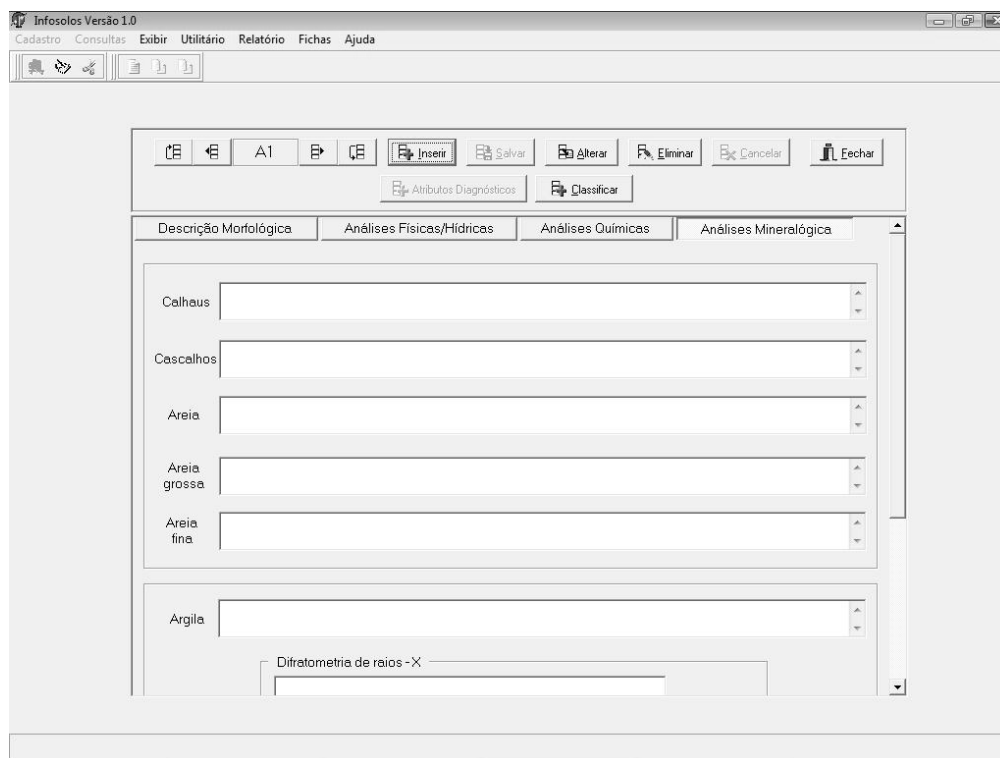


Figura 31. Tela de cadastro da entidade horizonte, análise mineralógicas.

Uma vez cadastrados e salvos os atributos referentes à descrição morfológica, análises físicas/hídricas, análises químicas e análises mineralógicas da entidade horizonte, por meio do botão Classificar tem-se acesso à tela de cadastro da classificação dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais (Figura 32). Uma vez cadastrados os horizontes diagnósticos, prossegue-se para a etapa de classificação do solo, sendo para tanto adotado o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Embrapa, 2006). A tela para realização desta etapa é acessada a partir do botão SiBCS localizado na parte inferior esquerda da tela projeto (Figura 33).

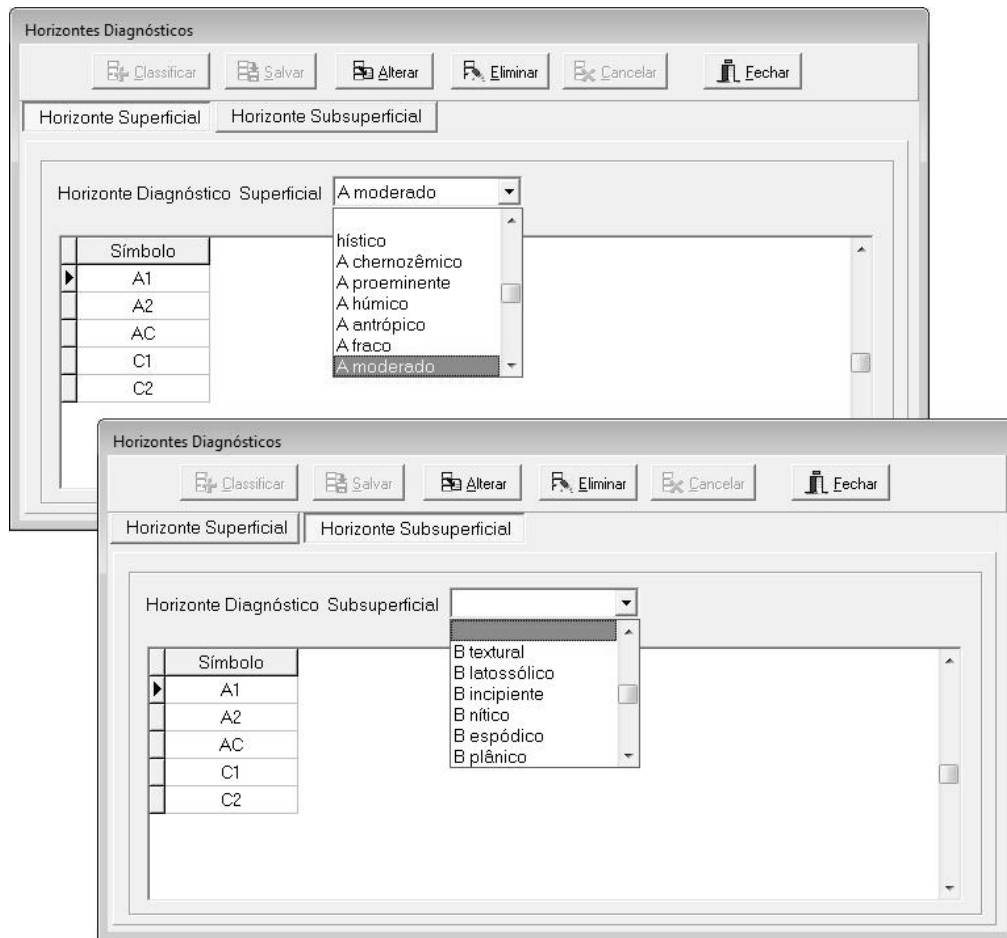


Figura 32. Tela de classificação dos horizontes superficial e subsuperficial.

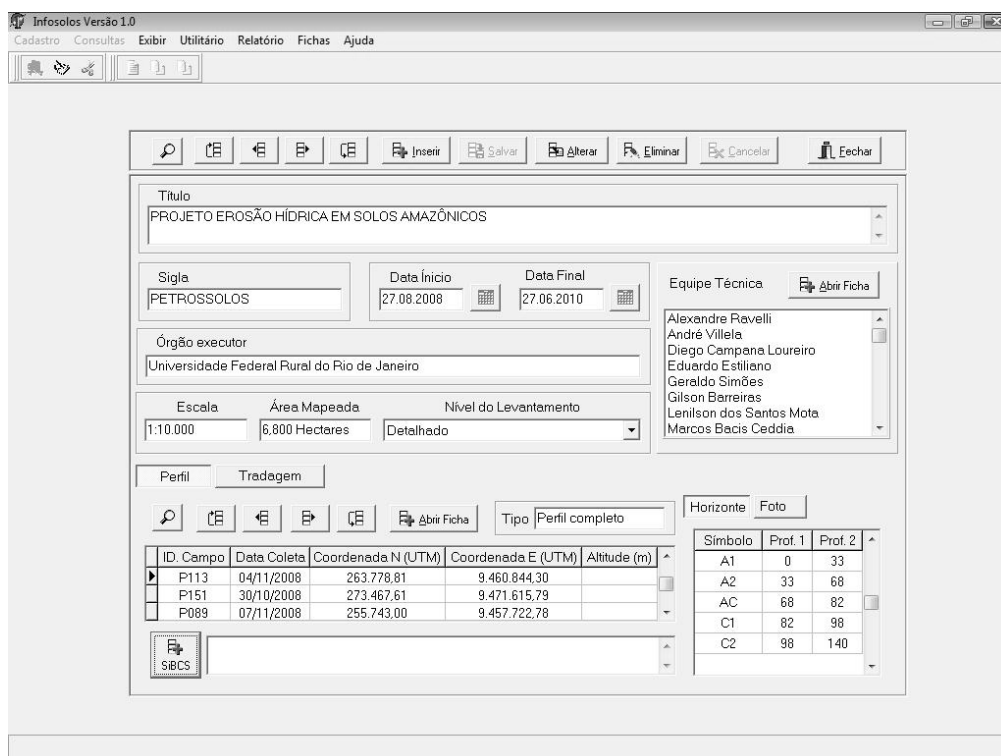


Figura 33. Tela principal com o botão SiBCS ativo.

A tela para classificação dos solos denominada de SiBCS constitui-se dos seis níveis categóricos, dos quais encontram-se ativos os quatro primeiros: Ordem, Subordem, Grande Grupo e Grupo (Figuras 34, 35 e 36).

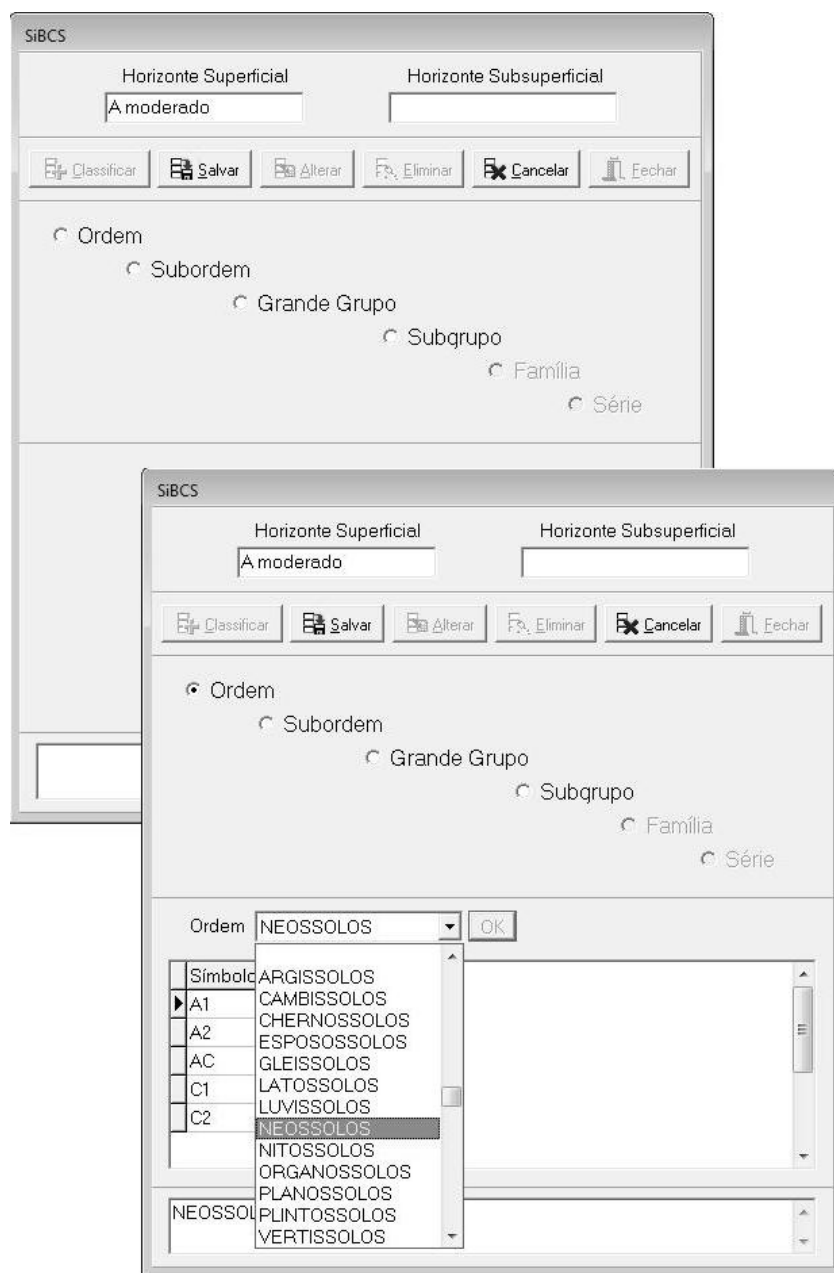


Figura 34. Tela SiBCS em estado ativo para a classificação da ordem do solo.

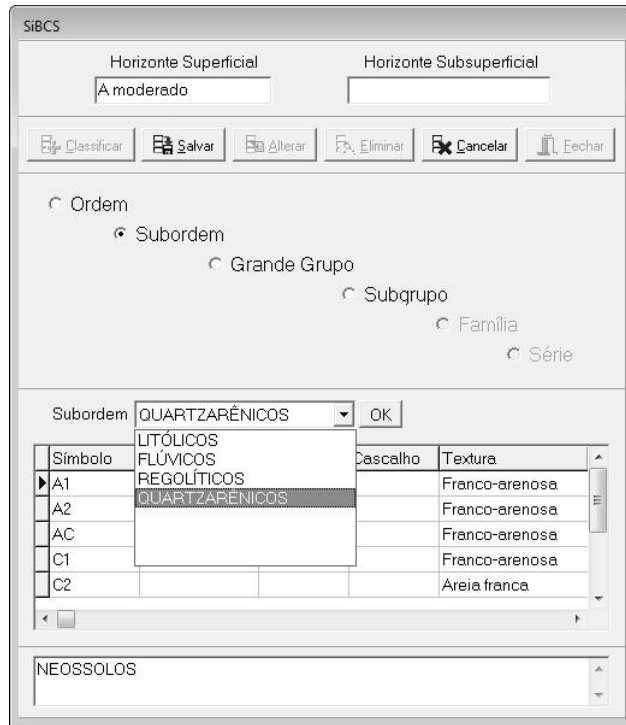


Figura 35. Tela SiBCS em estado ativo para a classificação da subordem do solo.



Figura 36. Tela SiBCS após a classificação do solo até o 4º nível categórico.

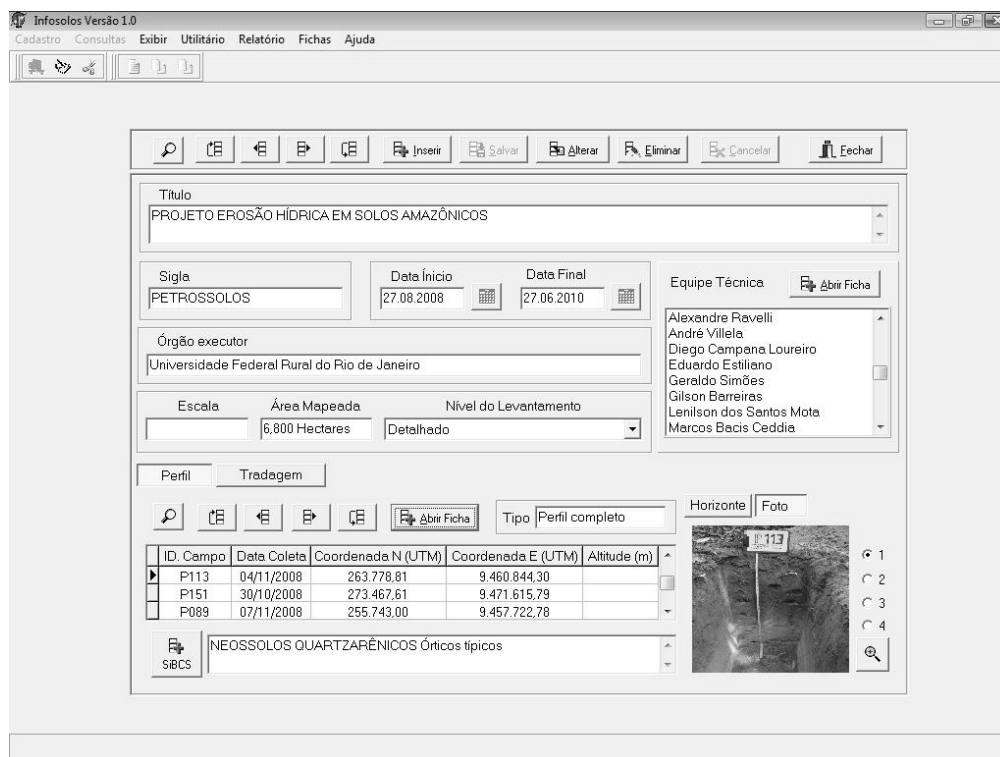


Figura 37. Tela da entidade projeto exibindo todos os dados de outras entidades a esta associada.



Figura 38. Tela de zoom das fotos da entidade perfil.

4.4.3 Menu Consultas

No menu “Consulta” (Figura 39), temos a função básica para se efetuar consultas básicas como:

- ✓ Geral

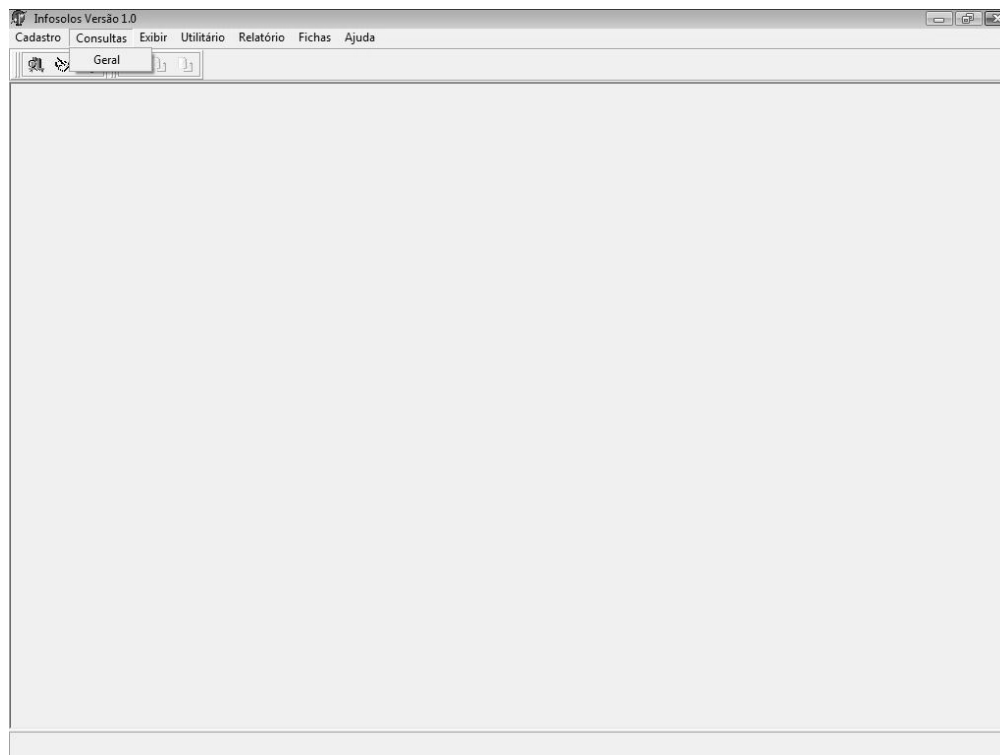


Figura 39. Tela principal com a opção do menu “Consulta” aberto.

4.4.4 Menu Utilitário

No menu “Utilitário” (Figura 39), temos as funções básicas para se efetuar algumas operações no sistema como:

- ✓ Carta de cores de Munsell
- ✓ Classe textural

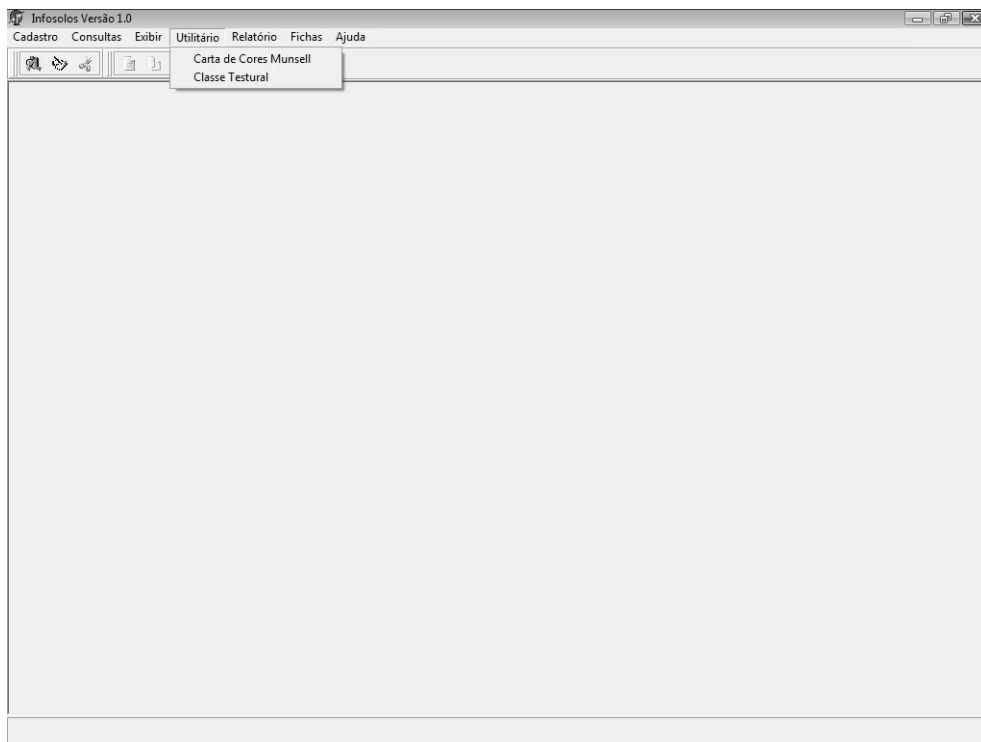


Figura 40. Tela principal com as opções do menu “Utilitário” aberto.

A partir do menu utilitário e seu sub-item Carta de Cores Munsell, é acessada a tela para a obtenção da notação da cor do solo (Figura 40). Nesta tela estão organizadas as seguintes páginas de matrizes: GLEY 1: N; 10Y; 5GY; 10GY e 5G, GLAY 2: 10G; 5BG; 10BG; 5B; 10B e 5PB, 2,5R, 5R, 7,5R, 10R, 2,5YR, 5YR, 7,5YR, 10YR, 2,5Y, 5Y e 7,5Y. As combinações entre valor e croma para cada página de matiz, foram mantidos, conforme a carta de cores de Munsell (Munsell Soil Color Company, 1975).

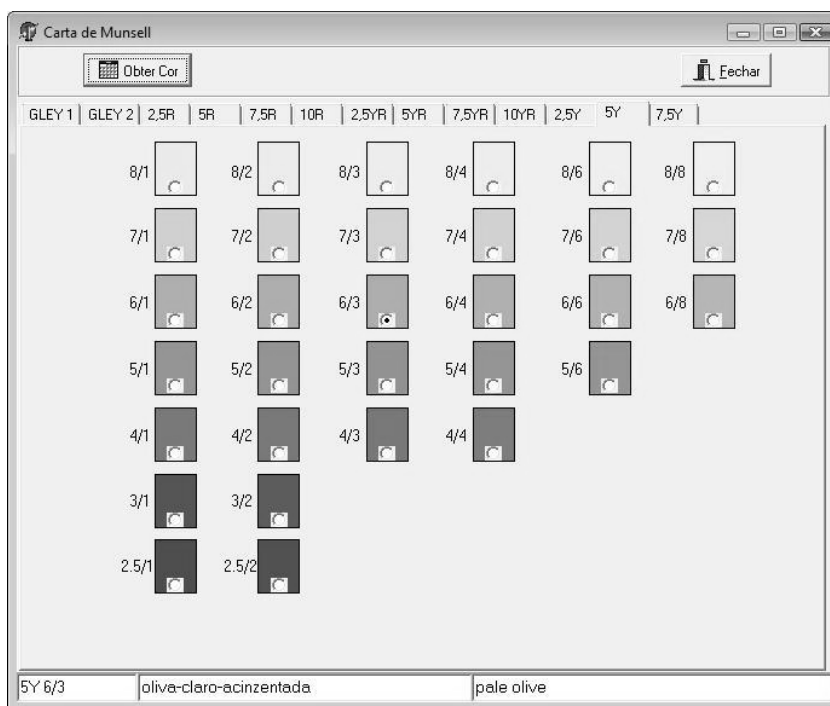


Figura 41. Tela do utilitário Carta de Munsell.

A partir do menu utilitário e seu sub-item Classe Textural, é acessada a tela para a classificação da classe textural (Figura 41 a e b). Nestas telas estão reservados os atributos areia, silte, argila, relação silte/argila e a classificação textural pelo Sistema Americano, de acordo com o Soil Survey Manual (Estados Unidos, 1993) e Sistema Brasileiro, de acordo com Santos et al. (2005), bem como agrupamento textural (Embrapa, 2006).

Portanto, o utilitário Classe Textural está programado para fornecer a classe textural em português e em inglês, e apresenta um gráfico ilustrativo da distribuição das frações granulométricas. Para tanto, bastará ao usuário digitar os valores das frações areia e argila em seus respectivos campos. O preenchimento da fração silte e da relação silte/argila, é feito pressionando o botão de igualdade. Após esta ação, ao pressionar o botão Classe Textural ou Grupamento Textural, são exibidos as classes em seus respectivos campos. Portanto, este utilitário fornece, ao usuário as rotinas utilizadas para classificar o solo quanto a sua textura.



Figura 42 a e b. Tela do utilitário classe textural mostrando a classe textural (a) e o agrupamento textural (b), respectivamente.

4.4.5 Menu Relatório

No menu “Relatório” (Figura 42), temos as funções básicas para se efetuar algumas operações no sistema como:

- ✓ Equipe técnica

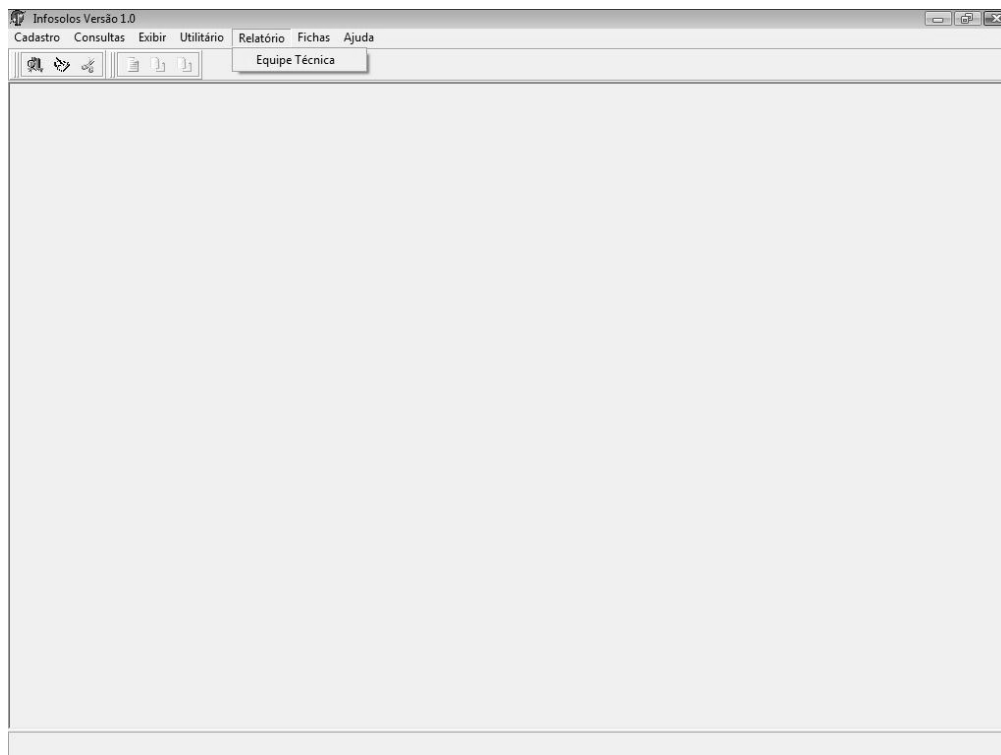


Figura 43. Tela principal com o menu “Relatório” aberto.

A exemplo das telas para cadastros, as tela para visualizar relatórios e fichas seguem o mesmo padrão (Figura 43). Na parte superior encontra-se um elenco de botões que permitem as seguintes funções: zoom (definido pelo usuário, definido pelo sistema, tela cheia e exibição de mais de páginas simultaneamente), navegar (saltos) e localizar página, abrir, salvar e imprimir.

Nome	E-mail
Alexandre Ravelli Neto	
Anderson Moraes Santos	
Eduardo Oliveira Estiliano	
Lenilson dos Santos Mota	
André Villela	
Geraldo Simões	
Diego Campelo Loureiro	
Orlando Tavares	
Marcos Bacis Ceddia	

Figura 44. Tela de visualização e impressão, exibindo o relatório gerado a partir do cadastro da equipe técnica.

4.4.6 Menu Fichas

No menu “Fichas” (Figura 44), temos as funções básicas para se efetuar algumas operações no sistema como:

- ✓ Perfil

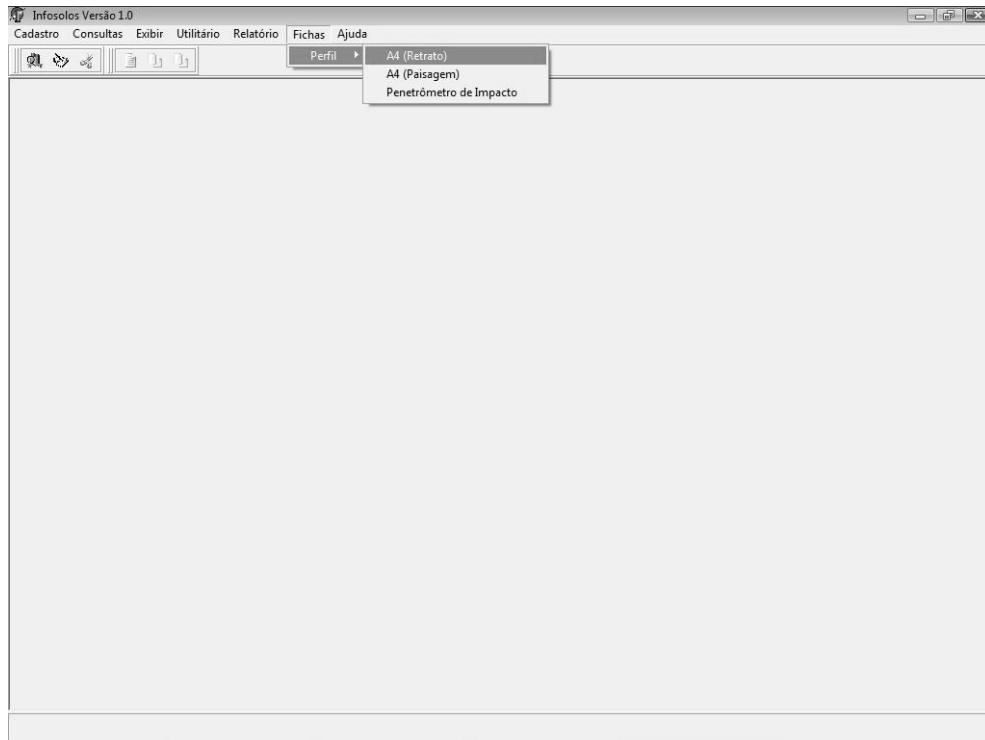


Figura 45. Tela principal com o menu “Fichas” aberto.

Na tela principal do InfoSolos, a partir do menu Fichas, acessa-se um conjunto de fichas utilizadas para coleta dos dados, como, por exemplo, a que compõe a descrição morfológica do perfil no campo (Figuras 45 e 46). Por meio das fichas, agilizam-se os trabalhos de levantamento de campo, bem como a transferência dos dados coletados para o banco de dados “SOLOS”. Assim, etapas que, por sua natureza, são demoradas poderão ser processadas com maior confiabilidade e rapidez.

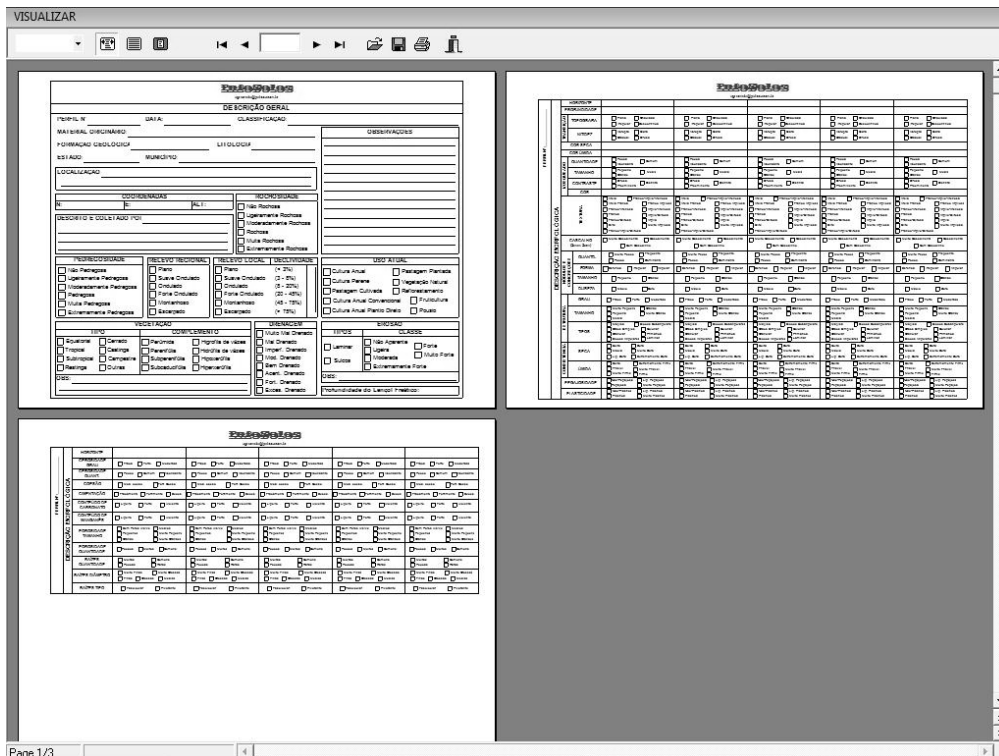


Figura 46. Tela de visualização e impressão das fichas utilizadas para coleta de informações sobre descrição geral e morfologia de perfil de solos (formato A4 orientação paisagem).

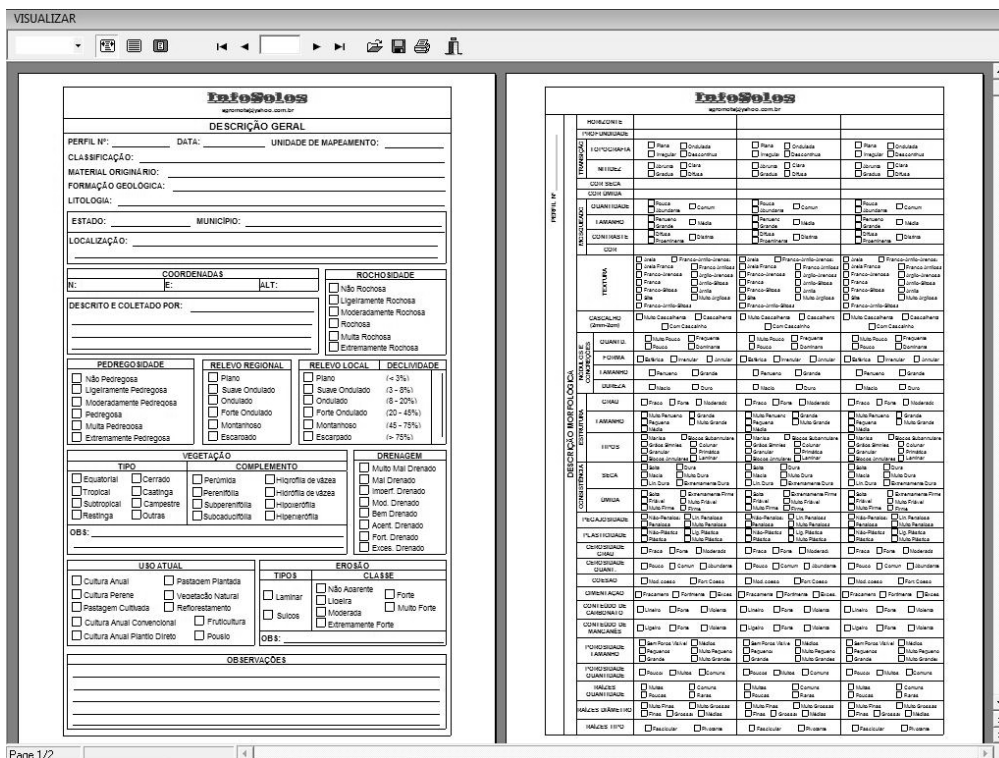


Figura 47. Tela de visualização e impressão das fichas utilizadas para coleta de informações sobre descrição geral e morfologia de perfil de solos (formato A4 orientação retrato).

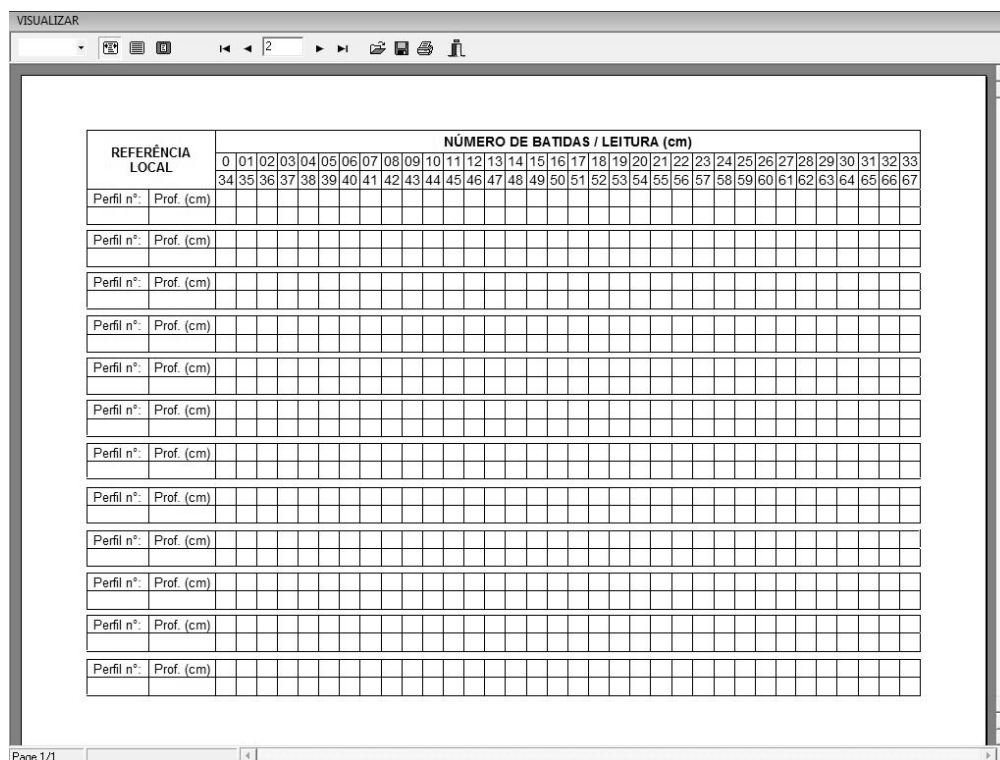


Figura 48. Tela de visualização e impressão da ficha do teste de resistência a penetração (penetrômetro de impacto).

4.5 Volume de Dados e suas Características (Aquisição de Dados)

Segundo Amaral et al. (1998), a notação dos dados coletados em campo constitui um dos problemas enfrentados por profissionais que executam trabalhos de levantamento de solos, bem como, pesquisadores, estudantes de graduação e pós graduação em ciência do solo e áreas afins, que desenvolvem trabalhos de pesquisas na área de gênese e morfologia dos solos ou que requeiram o conhecimento do meio físico, em especial, o recurso solo. Objetivando minimizar este problema na etapa de campo, algumas instituições conceberam fichas para auxiliar a sistematização dos dados oriundos da descrição morfológica dos solos no campo. Entre essas, destacam-se o IBGE (2007) e Universidade Federal do Acre em parceria com a Embrapa Acre (Amaral et al., 1998).

Conforme são apresentadas nas Figuras 45 e 46, as fichas implementadas no InfoSolos para auxiliar a descrição morfológicas dos solos no campo, estão em conformidade com os modelos supracitados, quanto aos aspectos a serem observados e caracterizados no campo, ou seja, descrição geral e morfológicas de cada horizonte e/ou camadas. Entretanto, todas diferem quanto à disposição (arranjo), forma como são registradas (campos de seleção e manuscritos) e quantidade dos itens que são caracterizados conforme preconizado por Santos et al. (2005).

Assim, as fichas destinadas à descrição morfológica implementada no InfoSolos congregam um elenco de 60 itens potenciais de serem preenchidos, dos quais 26 são relativos à descrição geral e 34 à descrição morfológica. Dos itens da descrição geral, 15 são manuscritos e 11 são obtidos por seleção de classe. Como exemplo, tem-se a drenagem do solo, sendo empregadas as seguintes classes para sua caracterização: muito mal drenado; mal drenado; imperfeitamente drenado; moderadamente drenado; bem drenado; acentuadamente drenado; fortemente drenado; e, excessivamente drenado. Do elenco dos itens pertencentes à descrição morfológica, cinco são manuscritos e 29 por seleção de classes. Um item que o

exemplifica é a textura do solo, onde se emprega as seguintes classes para sua caracterização: areia; areia franca; franco-arenosa; franca; franca-siltosa; silte; franco-argilo-arenosa; franco-argilosa; franco-argilo-siltosa; argilo-arenosa; argila; argilo-siltosa; e, argila arenosa. Portanto, como pode ser constatado, a maioria dos itens contidos nas fichas do InfoSolos (destinadas à descrição morfológica), apresentam valores preestabelecidos (Santos et al., 2005 e IBGE, 2007). Nesse contexto, tem-se uma visão geral da sistematização e apoio à normatização dos termos. Assim, pela utilização de fichas em auxílio à descrição de perfil de solos, Amaral et al. (1998) destacam as seguintes vantagens: maior eficiência na notação de campo; facilidade na tabulação de dados; eficiência para entrada com informações em banco de dados; facilidade de a montagem de um arquivo com as fichas de campo, para acesso e consulta.

É importante salientar que apesar de as fichas muito auxiliarem nos trabalhos de campo, ainda existe uma lacuna no que se refere à transferência dos dados analógicos, contidos nas fichas, em digitais. Usualmente para a sistematização dos dados a fim de compor o relatório técnico (Anexo A) padronizado por Santos et al. (2005) faz-se a utilização de editores de texto e planilhas do pacote Office.

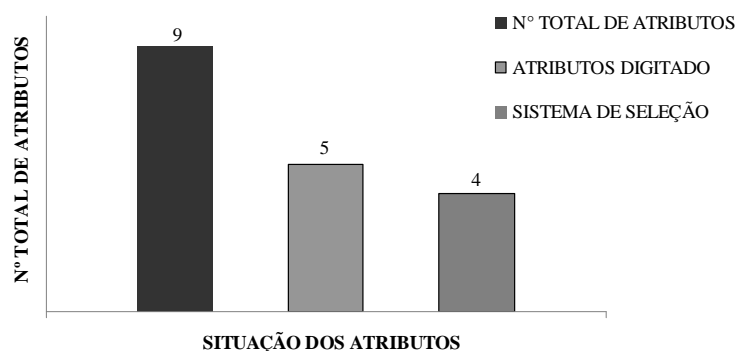


Figura 49. Cadastro Projeto.

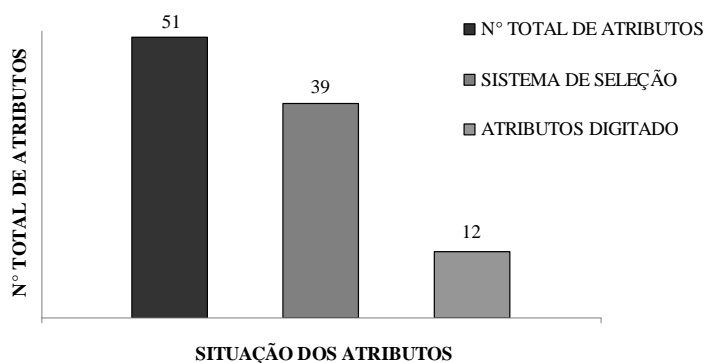


Figura 50. Cadastro Perfil Descrição Geral.

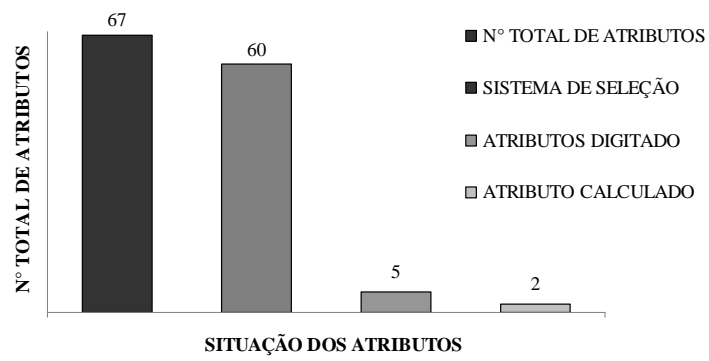


Figura 51. Cadastro Descrição Morfológica.

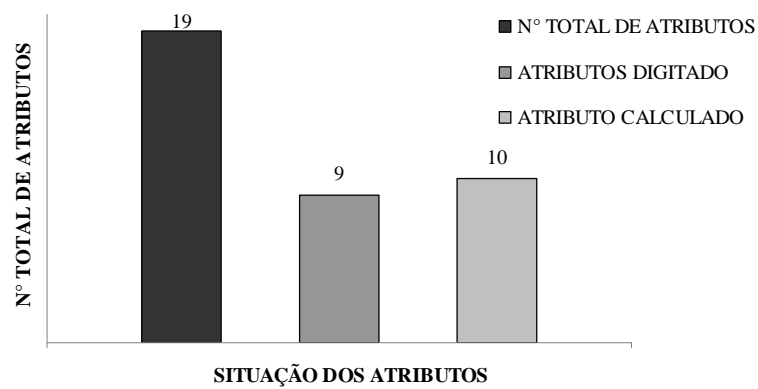


Figura 52. Cadastro Física.

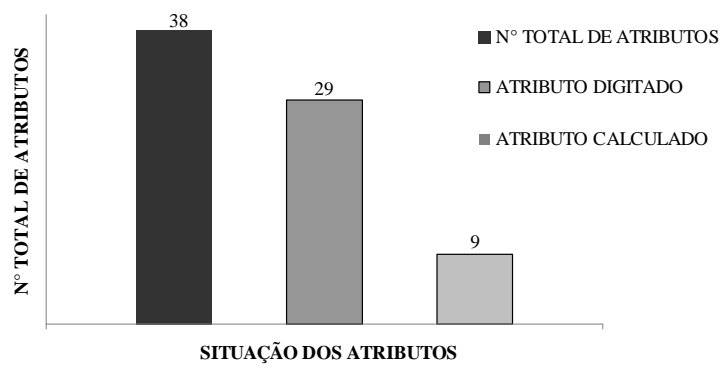


Figura 53. Cadastro Química.

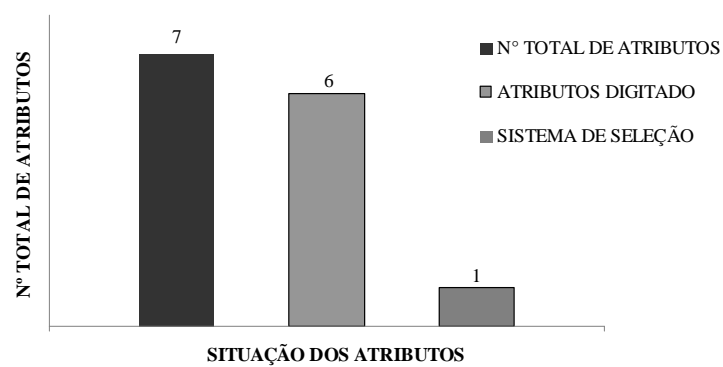


Figura 54. Cadastro Mineralogia.

4.6 Utilitários Incluídos no Infosolos

Conforme apresentados nas Figuras 40 e 41, foi implementado dois utilitários denominados de Carta de Munsell para auxiliar a identificação da nomenclatura das cores de solo (Inglês/Português) e Classe Textural para identificação da classe textural de solos.

4.6.1 Utilitário Carta de Munsell

4.6.1.1 Sistema de cores

O sistema de cores utilizado para padronizar a interpretação da cor do solo foi formulado por Albert Henry Munsell, em 1915, fundamentando-se na decomposição da cor em três elementos básicos: matiz (hue), valor (value) e croma (chroma). O sistema de cores Munsell foi estruturado com a distribuição dos matizes (hue) das cores visíveis: vermelho (R), amarelo (Y), verde (G), azul (B), púrpura (P), em torno de um eixo central, denominado de valor (value), que caracteriza a tonalidade, ou seja, a contribuição do branco em relação ao preto (tons de cinza) na composição da cor final; assim, a tonalidade varia do preto (black) ao branco (white), com respectiva amplitude dos valores de 0 a 10. A intensidade do matiz é caracterizada pelo croma, que indica a contribuição do matiz na composição da cor final. Portanto, a proporção do matiz com a tonalidade varia de 0 a 20 e tem sua distribuição em torno do eixo radial. Da interação entre os três elementos supracitados resulta a forma geométrica cilíndrica (Figura 15).

A representação do matiz é feita combinando-se valores numéricos como prefixo, ao símbolo do matiz em inglês, os valores numéricos apresentam uma amplitude de variação de 2,5 a 10 unidades, os valores intermediários a estes extremos, são incrementados em 2,5 unidades. O valor numérico 5 representa a matiz de cada cor principal, entre estas, foi estabelecido um gradiente de variação, sendo o ponto médio representado pela combinação de ambos os matizes das cores confrontantes. Assim, os matizes intermediários são: vermelho-amarelo (YR), verde-amarelo (GY), azul-verde (BG), roxo-azul (PB), e vermelho-púrpura (RP) (Figura 15).

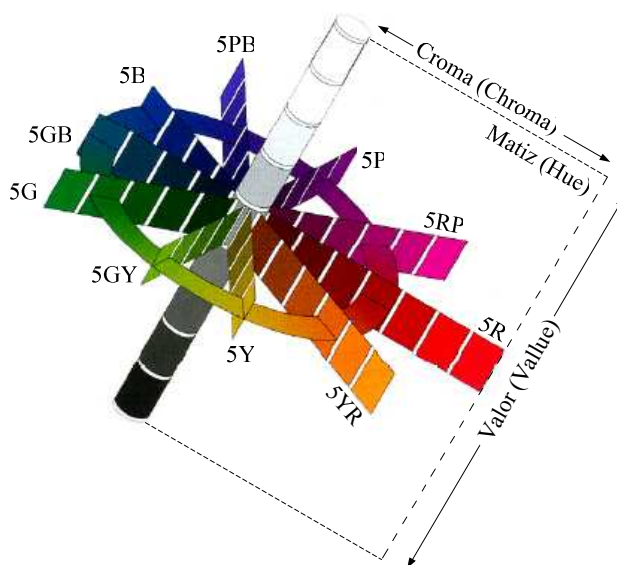


Figura 55. Árvore de cores de Munsell, composto pelos diferentes matizes, valores e cromas. ADAPTADO: Hirschler, 2002

As relações entre os 10 matizes básicos do sistema de cores Munsell são exemplificadas na Figura 55. Como pode ser observado, cada um dos 10 matizes são divididos em 4 segmentos iguais; assim, dos limites entre os matizes vermelho (10R) e amarelo (2,5Y), interpõem-se o matiz vermelho-amarelo (YR), com as seguintes notações respectivamente: 2,5YR, 5YR, 7,5YR e 10YR.

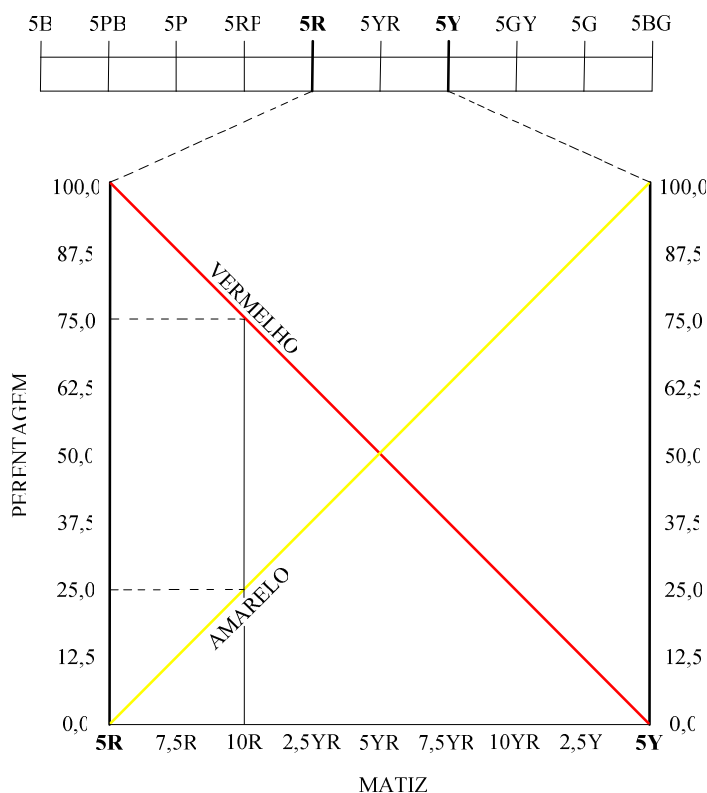


Figura 56. Distribuição dos matizes (hue), destacando a distribuição dos matizes vermelho (R- red) ao amarelo (Y – yellow).

O gradiente de variação dos matizes em destaque (eixo das ordenadas), vai do 100% vermelho (5R) ao 100% amarelo (5Y). Portanto, para se determinar a contribuição destes sobre a composição dos matizes que lhe são intermediários, procede-se como exemplificado para o matiz 10R (eixo das abscissas); assim, para sua formação, a cor vermelha contribui com 75%, enquanto a cor amarela contribui com 25%.

Como pode ser constatado, o matiz vermelho-amarelo (5YR) correspondente ao ponto médio entres os matizes vermelho (5R) e amarelo (5Y), tem em sua composição a contribuição de 50% da cor vermelha e 50% da cor amarela.

O sistema de cores Munsell foi organizado em um livro de folhas destacáveis, denominado de livro de cores Munsell (Munsell Book of Color). Entretanto, quando este é utilizado como instrumento de comparação (padronização) para cor do solo, apenas parte do livro é utilizada. Esta parte do livro, também denominada de Carta de Cores Munsell para Solos (Munsell Soil Color Charts), normalmente é configurada com as páginas dos matizes mais usuais para a caracterização da cor do solo.

Na Figura 56 a e b são exemplificados a sistematização dos possíveis padrões das cores contidas na página do matiz 5Y. Na Figura 56 a, constam os códigos de notação de valor e croma correspondentes a cada padrão de cor, junto ao nome da cor, em inglês. Assim, a caracterização da cor em destaque por padrão deverá ser registrada na seguinte ordem: nome da cor e notação Munsell (matiz valor/croma), conforme exemplo a seguir: pale yellow (5Y 8/3). Nas descrições de perfis, o registro das cores deverá obedecer ao seguinte padrão: nome

da cor em português e, entre parênteses, notação Munsell seguido da condição (umidade e integridade) em que foi determinada a cor, usando sempre a seqüência: úmido, úmida amassada, seco e seco triturado (IBGE, 2007), por exemplo...

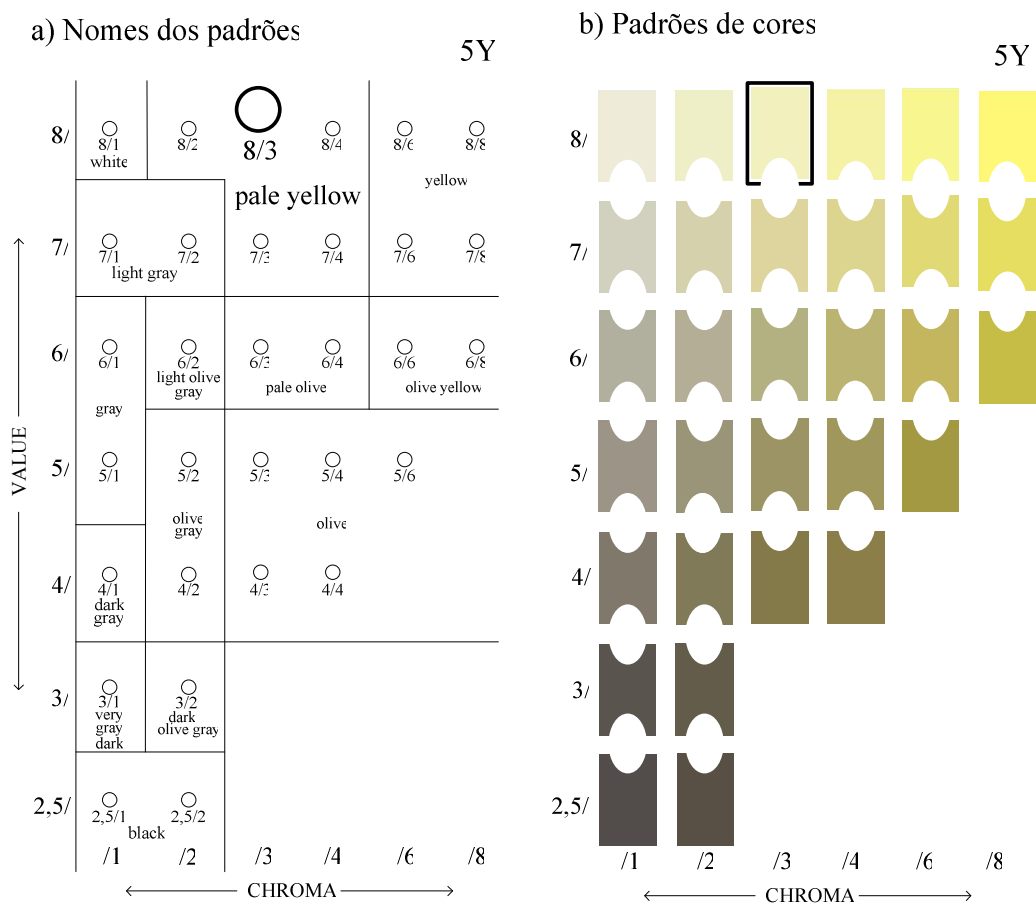


Figura 57 a e b. Folha do matiz 5Y da Carta de Cores de Munsell, com destaque para a notação 5Y 8/3
 Fonte: MUNSELL® SOIL COLOR CHARTS.

Como pode ser observado na Figura 56 b, o matiz 5Y é formado por 31 padrões de cores, sendo que algumas notações foram agrupadas, recebendo mesmo nome. Nesse exemplo, do elenco dos 31 padrões de cores, 14 nomes foram atribuídos.

Com base na fundamentação teórica acima exposta, não é difícil comprovar a enorme quantidade de arranjos possíveis de serem formados, com a respectiva conjugação do matiz, valor e croma para compor a notação Munsell. Entretanto, Oliveira (2008) destaca a praticidade e baixo custo do sistema Munsell. Objetivando reduzir o trabalho de tradução das cores determinadas no campo, Carvalho Filho (2009) propõe a utilização de planilha Microsoft Excel® como ferramenta para obter o nome da cor do solo de forma automática a partir da cor do solo na notação Munsell.

Na tabela 1 são apresentados os grupos de notações que possuem o mesmo nome em inglês com seus respectivos correspondentes em português, segundo Santos et al. (2005) (Anexo B).

Tabela 1. Página do matiz 5Y com as combinações de valor/croma e suas respectivas notações em inglês e português

Matiz	Valor/Croma	Inglês	Português
5Y	8/1	white	branco
	7/1; 7/2	light gray	cinzento-claro
	6/1; 5/1	gray	cinzento
	4/1	dark gray	cinzento-escuro
	3/1	very gray dark	cinzento muito escuro
	2,5/1; 2,5/2	black	preto
	8/2; 8/3; 8/4; 7/3; 7/4	pale yellow	amarelo-claro-acinzentado
	6/2	light olive gray	cinzento-oliváceo-claro
	5/2; 4/2	olive gray	cinzento-oliváceo
	3/2	dark olive gray	cinzento-oliváceo-escuro
	6/3; 6/4	pale olive	oliva-claro-acinzentado
	5/3; 5/4; 5/6; 4/3; 4/4	olive	oliva
	8/6; 8/8; 7/6; 7/8	yellow	amarelo
	6/6; 6/8	olive yellow	amarelo-oliváceo

4.6.2 Utilitário Classe Textural

4.6.2.1 Diagrama textural

Segundo Santos et al. (2005) a textura do solo é conceituada como a proporção relativa das frações granulométricas, a saber: areia, silte e argila, que compõem a massa de solo. Estas proporções são agrupadas em classes de textura.

O **Anexo C** descreve os intervalos das frações granulométricas com as respectivas classes de textura adotadas pelo Sistema Americano, de acordo com o Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993). Segundo Santos et al. (2005), esses intervalos também foram adotados pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Entretanto, procedeu-se, a uma modificação: adotou-se a classe muito argilosa para solos com mais de 60% de argila. Na tabela 2 são apresentados os nomes das classes de textura adotadas pelo Sistema Americano e a tradução destas para o português segundo Santos et al. (2005).

Tabela 2. Classes de textura do Sistema Americano e Correspondentes no Sistema Brasileiro

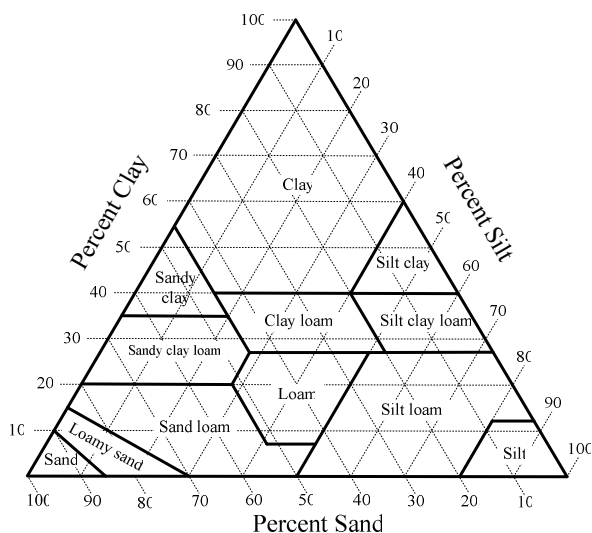
Classificação Americana ¹	Classificação Brasileira ²
----- Classes de textura -----	
Sandy	Areia
Loamy sandy	Areia-franca
Sandy loam	Franco-arenosa
Loam	Franco
Silt loam	Franco-siltosa
Silt	Silte
Clay loam	Franco-argilosa
Sandy clay loam	Franco-argilo-arenosa
Silt clay loam	Franco-argilo-siltosa
Sandy clay	Argilo-arenosa
Silty clay	Argilo-siltosa
Clay	Argila
*	Muito argilosa

1 Adotado pelo Sistema Americano, de acordo com o Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993).

2 Adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Santos et al., 2005)

Na Figura 57 a e b são apresentados os diagramas texturais (triângulos texturais) do Sistema Americano e Brasileiro respectivamente, resultantes das proporções das frações areia, silte e argila. Estas são dispostas em cada lado do triângulo e apresentam uma amplitude de variação de zero a cem por cento. Assim, na determinação ou estimativa da textura, o somatório entre os percentuais das três frações deverá computar cem por cento ou 1000 g kg^{-1} . Quando distribuídos os intervalos das classes de textura apresentadas na tabela 2, obtêm-se as respectivas configurações.

a) Diagrama textural (Soil Survey Staff, 1993)



b) Diagrama textural (Santos et al., 2005)

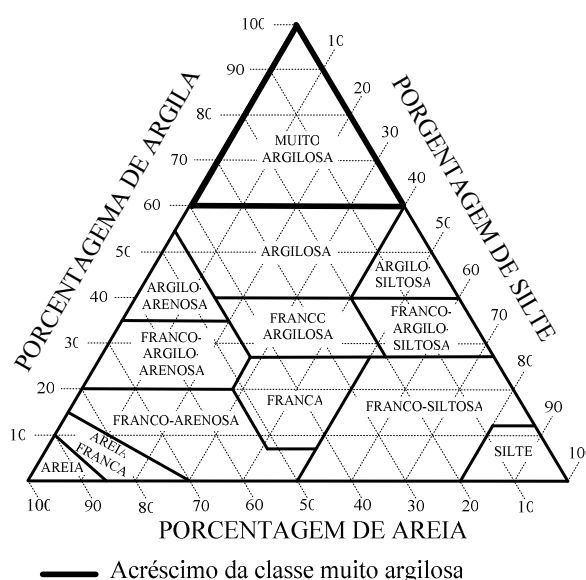


Figura 58 a e b. Diagrama textural adotado no Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) (a) e o diagrama modificado e adotado (Santos et al., 2005) (b).

Em função de seu caráter prático e relativamente fácil, usualmente utiliza-se o triângulo textural para obtenção da classificação textural, feita no campo ou em laboratório. Neste, fazem-se corresponder aos três lados do triângulo as porcentagens respectivas de areia, silte e argila. Assim, pela intersecção das três frações têm-se a classe textural. Entretanto,

quando a combinação dos valores das frações resulta nos pontos limítrofes entre as classes de textura, como exemplificado na Figura 58, são geradas dúvidas quanto a real classe textural a ser adotada. Além deste aspecto, Nascimento et al. (2003) elencam como ponto negativo a demanda de tempo, principalmente quando se trabalha com um número considerado de amostras.

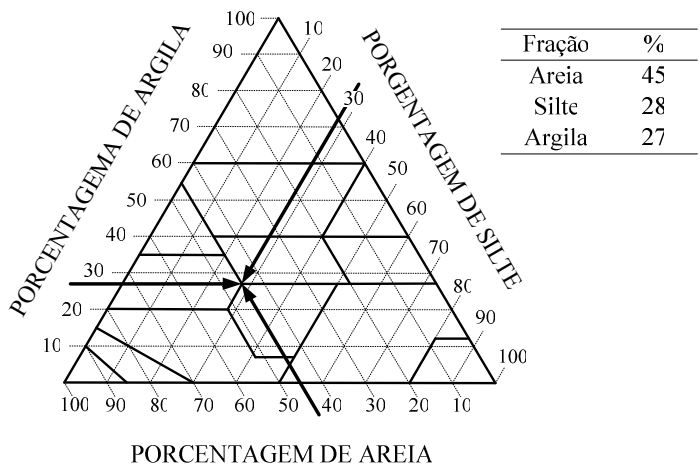


Figura 59. Exemplo de utilização do triângulo textural, destacando um ponto limítrofe entre classes texturais.

Objetivando a redução das tarefas de identificação da classe textural, Nascimento et al. (2003) e Carvalho Filho (2009) propuseram o uso de planilhas do Microsoft Excel® como ferramenta para obter de forma automática a classificação textural. Segundo ambos os autores foi utilizado às funções lógicas do tipo ‘SE’ e ‘E’ para implementar o algoritmo de distinção das classes de textura adotadas por Santos et al. (1996 e 2005).

Tendo em vista que os intervalos das classes de textura preconizados no Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) também foram adotados pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Santos et al., 1996 e 2005), o algoritmo computacional implementado neste utilitário do InfoSolos foi estruturado a partir dos intervalos das classes de textura descritos no Soil Survey Manual (Anexo C). Além destas, também foi adotada a classe de textura muito argilosa, conforme Santos et al. (2005).

Durante a implementação do algoritmo, observou-se que por definição, algumas classes de textura apresentaram pontos e trechos coincidentes em relação a uma das frações granulométricas, caracterizando sobreposição, conforme o exemplo na Figura 58. Conseqüentemente, ao se aplicar instruções lógicas por meio de algoritmos, a seqüência declarativa do conjunto de opções a serem examinadas, bem como as restrições de igualdade ou desigualdade, exerce influência no resultado. Um exemplo prático utilizando a função lógica “SE” e “E” do Microsoft Excel® que corrobora o exposto problema pode ser observado na Figura 60.

Apesar de incongruente, optou-se por preservar os intervalos das classes constantes na norma supracitada. Assim, para os referidos pontos e trechos de sobreposição, no utilitário do InfoSolos possibilitará a classificação de forma binária e ternária (Tabela 3)

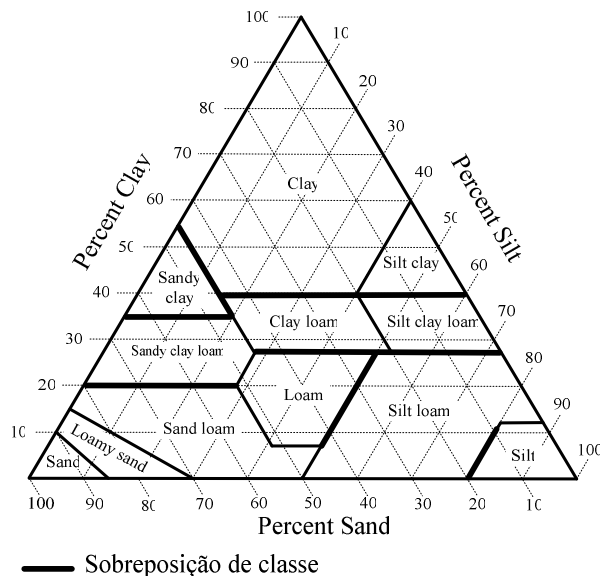


Figura 60. Diagrama textural adotado no Soil Survey Manual (USDA, 1993), com destaques dos trechos com sobreposição.

	A	B	C	C	D
1	Areia	Silte	Argila	Instrução	Resultado
2	90	800	110	=SE(E(A2=90;B2=800;C2=110);"Silte";SE(E(A2=90;B2=800;C2=110);"Franco-siltosa";""))	Silte
3	90	800	110	=SE(E(A3=90;B3=800;C3=110);"Franco-siltosa";SE(E(A3=90;B3=800;C3=110);"Silte";""))	Franco-siltosa
4	240	500	260	=SE(E(A4=240;B4=500;C4=260);"Franca";SE(E(A4=240;B4=500;C4=260);"Franca-siltosa";""))	Franca
5	240	500	260	=SE(E(A5=240;B5=500;C5=260);"Franco-siltosa";SE(E(A5=240;B5=500;C5=260);"Franca";""))	Franco-siltosa

Figura 61. Tela parcial do Microsoft Excel® mostrando o uso da função lógica “SE” e “E”.

Observando-se a Tabela 3 fica evidente que as diferenças nos critérios usados para implementação dos algoritmos do GEOTEXTURAL (Nascimento et al., 2003) e classe_textural (Carvalho Filho, 2009) resultaram em divergências no estabelecimento da classe textural.

Tabela 3. Intervalo de classe e classificação textural implementados no InfoSolos, GEOTEXTURAL (Nascimento et al., 2003) e classe_textural (Carvalho Filho, 2009).

Pontos/ Trechos	Areia --- g kg ⁻¹ ---	Silte	Argila	InfoSolos	GEOTEXTURAL ¹ Classe Textural	classe_textural ²
T	90	800	110	Franco-siltosa / silte	Silte	Franco-siltosa
T	200	800	0	Franco-siltosa / silte	Silte	Franco-siltosa
P	230	500	270	Franco-siltosa / Franca / Franco argilosa	Franca	
T	240	500	260	Franco-siltosa / Franca	Franca	Franco-siltosa
T	430	500	70	Franco-siltosa / Franca	Franca	Franco-siltosa
T	0	730	270	Franco-siltosa / Franco-argilo-siltosa	Franco-siltosa	Franco-argilo-siltosa
T	200	530	270	Franco-siltosa / Franco-argilo-siltosa	Franco-siltosa	Franco-argilo-siltosa
T	210	520	270	Franco-siltosa / Franco argilosa	Franco-siltosa	
T	220	510	270	Franco-siltosa / Franco argilosa	Franco-siltosa	
T	240	490	270	Franca / Franco argilosa	Franca	
T	450	280	270	Franca / Franco argilosa	Franca	
T	530	270	200	Franco-arenosa / Franco-argilo-arenosa	Franco-arenosa	
T	800	0	200	Franco-arenosa / Franco-argilo-arenosa	Franco-arenosa	
T	460	190	350	Franco-argilo-arenosa / Argilo-arenosa	Franco-argiloarenosa	Argilo-arenosa
T	650	0	350	Franco-argilo-arenosa / Argilo-arenosa	Franco-argiloarenosa	Argilo-arenosa
T	450	160	390	Franco argilosa / Argilo-arenosa	Franco-argilosa	Argilo-arenosa
T	450	200	350	Franco argilosa / Argilo-arenosa	Franco-argiloarenosa	
P	450	150	400	Argilo-arenosa / Franco argilosa / Argila	Argiloarenosa	Argilo-arenosa
T	0	600	400	Franco-argilo-siltosa / Argilo-siltosa	Franco-argilossiltosa	Argilo-siltosa
T	200	400	400	Franco-argilo-siltosa / Argilo-siltosa	Franco-argilosa	Argilo-siltosa
T	450	0	550	Argilo-arenosa / Argila	Argila	
T	450	140	410	Argilo-arenosa / Argila	Argila	Argilo-arenosa
T	210	390	400	Franco argilosa / Argila	erro!	Argila
T	440	160	400	Franco argilosa / Argila	erro!	Argila

Nota: 1) Nascimento et al., 2003; 2) Carvalho Filho, 2009.

Outro ponto a ser destacado é a utilização do triângulo de grupamento textural (Embrapa, 2006). Uma vez que, as classes de textura agrupadas neste (Anexo D) constitui características distintivas de unidade taxonômicas. Desta forma, assim como foi observado à sobreposição de algumas classes de textura Figura 60. Para os pontos (1, 2,...16) evidenciados na Figura 62, também ocasionam dúvidas quanto a classe textural a ser adotada, ou seja, Arenosa ou Média. Entretanto por definição do Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) os referidos pontos correspondem à classificação textural Sand loam (Franco-arenosa).

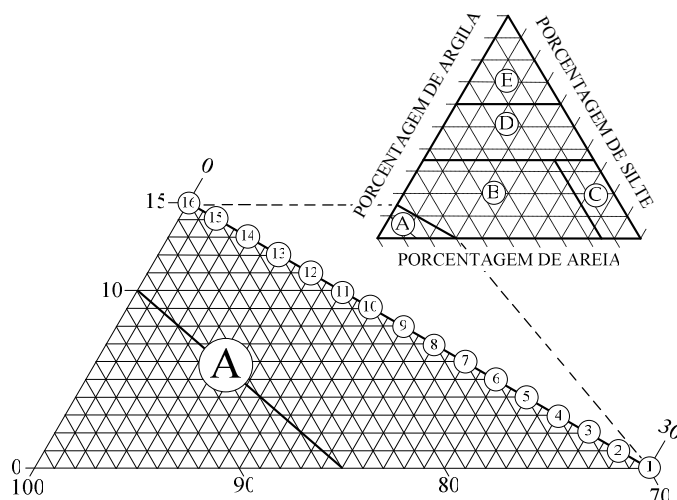


Figura 62. Diagrama grupamento textural (Embrapa, 2006). (A) Arenosa; (B) Média; (C) Siltosa; (D) Argilosa e (E) Muito Argilosa. Em destaque o grupamento das classes areia e areia franca.

Pelos critérios constantes no atual SiBCS (Embrapa, 2006), a determinação exata dessas combinações granulométricas, descritas na Tabela 4, pode resultar na determinação ou não dos atributos atividade da argila e relação silte/argila. Dessa forma, uma caracterização errônea pode ter reflexo na classificação do solo.

Tabela 4. Pontos pertencentes ao extremo limítrofe entre as classes texturais areia e média, baseando no diagrama de agrupamento textural (Embrapa, 2006)

Pontos	Areia	Silte	Argila	InfoSolos	GEOTEXTURAL ¹	classe_textural ²
	----- g kg ⁻¹ -----				----- Classe Textural -----	
1	700	300	0	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
2	710	280	10	Franco-arenosa	Areia-franca	Franca
3	720	260	20	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
4	730	240	30	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
5	740	220	40	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
6	750	200	50	Franco-arenosa	Areia-franca	
7	760	180	60	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
8	770	160	70	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
9	780	140	80	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
10	790	120	90	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
11	800	100	100	Franco-arenosa	Areia-franca	
12	810	80	110	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
13	820	60	120	Franco-arenosa	Areia-franca	
14	830	40	130	Franco-arenosa	Areia-franca	
15	840	20	140	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa
16	850	0	150	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco-arenosa

Nota: 1) Nascimento et al., 2003; 2) Carvalho Filho, 2009.

5 CONCLUSÕES

O SBD “InfoSolos” mostrou-se uma ferramenta eficaz para gestão das informações que são geradas em um levantamento pedológico. Assim, por meio deste, os dados são armazenados de forma adequada e segura, permitindo o acesso e utilização das informações em sua plenitude, potencializando a adoção das mais diversas técnicas de mapeamento de solos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, E.F. do; SILVA, J.R.T.; RIBEIRO NETO, M.A. Sistematização da coleta de dados para a descrição morfológicas de perfis de solos. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1998b. 4p. (Embrapa-CPAF/AC. Instruções Técnicas, 9).

ASCENCIO, A.F.G. Desenvolvimento de um sistema usando delphi, postgresQL e SQL. Florianópolis: Visual Books, 2007. 332p.

BENEDETTI, M.M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M, CURI, N.; FILHO, A.C. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. Rev. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n.6, pp. 2591-2600, 2008.

CANTU, C.H. Firebird Essencial. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2005. 303p.

CARVALHO FILHO, A. Planilhas para cálculos analíticos e avaliação de parâmetros utilizados na classificação de solos no Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009 5 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 54).

CHAGAS, C.S.; CARVALHO JUNIOR, W.; BHERING, C. B.; TANAKA, A. K.; BACA, J. F. M. Estrutura e organização do sistema de informações georreferenciadas de solos do Brasil (Sigsolos - versão 1.0). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, p.865-876, 2004.

CLINE, M.G. Basic principles of soil classification. Soil Science, Baltimore, v. 67, p. 81-91, 1949.

COOPER, M.; MENDES, L.M.S.; SILVA, W.L.C. & SPAROVEK, G. A national soil profile database for Brazil available to international scientists. Soil Sci. Soc. Am. J., 69:649-652, 2005.

COOTE, D.R. & McDONALD, K.B. The canadian soil database. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of soil science. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.H41-H51.

DATE, C.J. Introdução a sistemas de bancos de dados. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa Solos).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Procedimentos normativos para levantamentos pedológicos. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 101p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 430p. (Embrapa - Solos).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1988. 54p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

FAO. The digitized soil map of the world including derived soil properties. Rome, 1996.

FILETO, R.; ASSAD, M.L.R.C.L.; SILVA, J.S.V.; VENDRUSCOLO, L.R. Uma Arquitetura para Sistema de Informação sobre Solos voltada para o Zoneamento Agrícola. Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBI-Agro), Londrina-PR, 2005.

GARCIA-MOLINA, H.; ULLMAN, J. D.; WIDOM, J. Implementação de sistemas de bancos de dados. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

<http://ppg.sagepub.com/cgi/content/abstract/27/2/171>.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro, 2005. 296 p.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro, 2005. 296 p.

JENNY, H. Factors of soil formation. New York, McGraw-Hill Company, 1941. 281p.

LAGACHERIE, P. Digital soil Mapping: A State of the art. In: Digital soil mapping with limited data. Editors: Alfred Hartemink, Alex McBratney and Maria de Lourdes Mendonça-Santos. Springer 2008.

MEIRELLES, M.S.P. Organização da Informação de Solos do Brasil: Banco de Dados de Solos e Geo-Portal com acesso a Mapas Digitais via internet. Projeto de pesquisa submetido ao Macroprograma 5 da Embrapa, 19p. 2008.

MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell color soil charts. Baltimore, Maryland USA, 1975. 16 fls

NASCIMENTO, G. B. do; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos; SOARES, E. D. R; SOUZA. M. R. P. F. de. Determinação da classe textural de amostras de terra através de planilha eletrônica. Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 23, n. 1, jan.-jun., 2003. p. 27-30.

NEMES, A.; SCHAAP, M.G.; LEIJ, F.J. & WÖSTEN, J.H.M. Description of the unsaturated soil hydraulic database. UNSODA version 2.0. J. Hydrol., 251:151-162, 2001.

NEMES, A.; WOSTEN, J.H.M.; LILLY, A. & OUDE VOS HARR, J.H. Evolution of different procedures to interpolate particle – size distributions to achieve compatibility within soil databases. Geoderma, 90:87-202, 1999.

OLIVEIRA, S.R.M.; ZURMELY, H.R.; JÚNIOR, F.A.L.; SANTOS, H.G.; Meirelles, M.P.S. Sistema de Informação de Solos Brasileiros. Comunicado Técnico n.93, Campinas-SP, 2008.

OLIVEIRA, J.B. Pedologia aplicada. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2008.

QUEIROZ, G.R. Algoritmos geométricos para bancos de dados geográficos: da teoria à prática na terralib. 144p. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada – INPE, São José dos Campos, 2005.

SANTOS, R. D. dos e LEMOS, R. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. Ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.; ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 95p.

SCHAEFER C.E.G.R.; SÁ A.F.; MELO M.; CAMPOS J.C.F. Origens da pedologia do Brasil: Resenha histórica. GEONOMOS, v.5(1), 1-15p. 1997.

SCULL P.; FRANKLIN J.; CHADWICK O.A. and McARTHUR D. Predictive soil mapping: a review. Progress in Physical Geography 2003; 27; 171. DOI: 10.1191/0309133303pp366ra.

SILBERSCHATZ, A; KORTH, H. F; SUDARSHAN, S. Sistema de banco de dados. São Paulo: Makron Books, 1999. 767p.

SILVA, M.B. Caracterização dos solos em uma topossequência no campus da UFRRJ. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993. 141p. (Tese de Mestrado)

SIMONSON R.W. Outline of a Generalized Theory of Soil Genesis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23: 152-156p. 1959.

SOIL SURVEY STAFF. Soil Survey manual. Washington, D. C: Departamento of Agricultura. Soil Conservation Service, 437p. (USDA. Agriculture. Handbook, 18) 2ªed. 1993.

SOIL STAFF - SSS. National soil information system (NASIS): Soil interpretation and information dissemination sub-system. Draft requirements statement. Lincoln, USDA, Natural Resources Conservation Service, National Soil Center, 1991. 67p.

SOMERA, G. Treinamento profissional em delphi. São Paulo: Digerati Books, 2007. 160p.

VAN ENGELEN, V.W.P. & WEN, T.T. Global and national soils and terrain digital databases (SOTER): procedures manual. Wageningen, UNEP-ISSS-ISRIC-FAO, 1995. 129p.

VAN ENGELEN, V.W.P. SOTER: The world soils and terrain database. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of soil science. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.H19-H28.

7 ANEXOS

Anexo A – Modelo de apresentação do relatório (descrição de perfis do solo)

DESCRIÇÃO GERAL

Perfil n° -
Data -
Classificação -
Unidade de mapeamento -
Localização, município, estado e coordenadas -
Situação, declive e vegetação sobre o perfil -
Altitude -
Litologia -
Formação geológica -
Cronologia -
Material originário -
Pedregosidade -
Rochosidade -
Relevo local -
Relevo regional -
Erosão -
Drenagem -
Vegetação primária -
Uso atual -
Clima -
Descrito e coletado por -

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Designação do horizonte; profundidade (do limite superior e inferior); cor (nome e notação de Munsell); mosqueado; textura; estrutura; cerosidade, superfície de fricção; superfície de compressão; superfície fosca; grau de coesão; consistência seca; cimentação; quebradicidade; consistência úmida; consistência molhada; transição (variação de espessura do horizonte se a transição não for plana).

Raízes - descrição sucinta sobre a ocorrência de raízes no perfil.

Observações - Relacionar informações que de alguma forma auxiliem o esclarecimento de questões referentes ao solo ou ambiente local e quaisquer outras que de alguma forma sejam relevantes, tais como condições favoráveis ou desfavoráveis para descrição, condições do tempo, luminosidade e particularidades do solo.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total g kg ⁻¹			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) g kg ⁻¹				Argila dispersa em água g/kg	Grau de Flocculação. %	Silte / argila	Densidade kg/dm ³		Poros. dm ³ /100 dm ³
Símbolo	Prof. Cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 - 2 mm	Terra Fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partícula	
Símbolo	pH (1:2,5)-		Complexo sortivo cmolc kg ⁻¹								Valor V (sat. de bases %)	Sat. Por Al (m%)	P ass. mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H	Valor T				
Símbolo	C org. g/kg	N g/kg	C/N	Ataque Sulfúrico g kg ⁻¹						SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ livre g/kg	Equiv. CaCO ₃ g/kg
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO					
Símbolo	Sat. por Na %	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5) cmolc kg ⁻¹								Constantes Hídricas g 100g ⁻¹		
		C.E. do Extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	0,033 MPa	1,5 MPa	Água dispon. Máx.

Fonte: Santos et al., 2005 e IBGE, 2007

Anexo B – Correspondência em português para os nomes de cores da carta de Munsell.

COR		COR	
Munsell	Correspondente em português	Munsell	Correspondente em português
black	preto	light reddish brown	bruno-avermelhado-claro
bluish black	preto-azulado	light reddish gray	cinzento-avermelhado-claro
bluish gray	cinzento-azulado	light yellowish brown	bruno-amarelado-claro
brown	bruno	Bluish gray	cinzento-azulado
brownish yellow	amarelo-brunado	olive	oliva
dark bluish gray	cinzento-azulado-escuro	olive brown	bruno-oliváceo
dark brown	bruno-escuro	olive gray	cinzento-oliváceo
dark gray	cinzento-escuro (cinzento)	olive yellow	amarelo-oliváceo
dark grayish brown	bruno-acinzentado-escuro	pale brown	bruno-claro-acinzentado
dark grayish green	verde-acinzentado-escuro	pale green	verde-claro-acinzentado
dark greenish gray	cinzento-esverdeado-escuro	pale olive	oliva-claro-acinzentada
dark olive	oliva-escuro	pale red	vermelho-claro-acinzentado
dark olive brown	bruno-oliváceo-escuro	pale yellow	amarelo-claro-acinzentado
dark olive gray	cinzento-oliváceo-escuro	pink	rosado
dark red	vermelho-escuro	pinkish gray	cinzento-rosado
dark reddish brown	bruno-avermelhado-escuro	pinkish white	branco-rosado
dark reddish gray	cinzento-avermelhado-escuro	red	vermelho
dark yellowish brown	bruno-amarelado-escuro (claro)	reddish black	preto-avermelhado
dusky red	vermelho-escuro-acinzentado	reddish brown	bruno-avermelhado
gray	cinzento	reddish gray	cinzento-avermelhado
grayish brown	bruno-acinzentado	reddish yellow	amarelo-avermelhado
grayish green	verde-acinzentado	strong brown	bruno-forte
greenish black	preto-esverdeado	very dark brown	bruno muito escuro
greenish gray	cinzento-esverdeado	very dark gray	cinzento muito escuro
light bluish gray	cinzento-azulado-claro	very dark grayish brown	bruno-acinzentado muito escuro
light brown	bruno-claro	very dusky red	vermelho muito escuro-acinzentado
light brownish gray	cinzento-bruno-claro	very pale brown	bruno muito claro-acinzentado
light gray	cinzento-claro	weak red	vermelho-acinzentado
light greenish gray	cinzento-esverdeado-claro	white	branco
light olive brown	bruno-oliváceo-claro	yellow	amarelo
light olive brown	bruno-oliváceo-claro	yellowish brown	bruno-amarelado (claro)
light red	vermelho-claro	yellowish red	vermelho-amarelado

Fonte: Santos et al., 2005

Anexo C – Norma para distinção das classes textural

Sands – More than 85 percent sand, the percentage of silt plus 1,5 times the percentage of clay is less than 15.

Loamy Sand – Between 70 and 91 percent sand and the percentage of silt plus 1,5 times the percentage of clay is 15 or more; and the percentage of silt plus twice the percentage of clay is less than 30.

Sandy Loams – 7 to 20 percent clay, more than 52 percent sand, and the percentage of silt plus twice the percentage of clay is 30 or more; or less than 7 percent clay, less than 50 percent silt, and more than 43 percent sand.

Loam – 7 to 27 percent clay, 28 to 50 percent silt, and 52 percent less sand.

Silt Loam – 50 percent or more silt and 12 to 27 percent clay, or 50 to 80 percent silt and less than 12 percent clay.

Silt – 80 percent or more silt and less than 12 percent clay.

Sandy Clay Loam – 20 to 35 percent clay, less than 28 percent silt, and more than 45 percent sand.

Clay Loam – 27 to 40 percent clay and more than 20 to 46 percent sand.

Silty Clay Loam – 27 to 40 percent clay and 20 percent or less sand.

Sandy Clay – 35 percent or more clay and 45 percent or more sand.

Silty Clay – 40 percent or more clay and 40 percent or more silt.

Clay – 40 percent or more clay, 45 percent or less sand, and less than 40 percent silt.

Fonte: Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993).

Anexo D – Grupamento textural

Textura arenosa - compreende as classes texturais areia e areia franca.

Textura média - compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica menos de 35 g.kg^{-1} de argila e mais de 15 g.kg^{-1} de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca.

Textura argilosa - compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica de 35 g.kg^{-1} a 60 g.kg^{-1} de argila.

Textura muito argilosa - Compreende classe textural com mais de 60 g.kg^{-1} de argila.

Textura siltosa - Compreende parte de classes texturais que tenham menos de 35 g.kg^{-1} de argila e menos de 15 g.kg^{-1} de areia.

Fonte: EMBRAPA, 2006.

Anexo E – Fotos dos perfis de solos classificados na base de Operação Geólogo Pedro de Moura (UN-AM).



Figura 1. Foto de um perfil de Neossolos.



Figura 2. Foto de um perfil de Gleissolos.



Figura 3. Foto de um perfil de Planossolos.



Figura 4. Foto de um perfil de Espodossolos.



Figura 5. Foto de um perfil de Cambissolos.



Figura 6. Foto de um perfil de Argissolos.

Anexo F - Dicionário de dados estruturado no banco de dados “SOLOS”

Tabela 1. Entidade cerosidade grau

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Fraca
2	Fraca a moderada
3	Moderada
4	Moderada a forte
5	Forte

Tabela 2. Entidade cerosidade quantidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Pouco
2	Pouco e comum
3	Comum
4	Comum e abundante
5	Abundante

Tabela 3. Entidade cidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Acrelândia
2	Assis Brasil
...	...
5507	Xambioá

Tabela 4. Entidade cimentação

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Fracamente cimentado
2	Fortemente cimentado
3	Extremamente cimentado

Tabela 5. Entidade coesão

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Moderadamente coeso
2	Fortemente coeso

Tabela 6. Entidade consistência seca

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Solta
2	Macia
3	Ligeiramente dura
4	Dura
5	Muito dura
6	Extremamente dura

Tabela 7. Entidade consistência úmida

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Solta
2	Muito friável
3	Friável
4	Firme
5	Muito firme
6	Extremamente firme

Tabela 8. Entidade drenagem

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Extremamente drenado
2	Fortemente drenado
3	Acentuadamente drenado
4	Bem drenada
5	Moderadamente drenado
6	Imperfeitamente drenado
7	Mal drenado
8	Muito mal drenado

Tabela 9. Entidade erosão forma

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Eólica
2	Hídrica

Tabela 10. Entidade erosão hídrica

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Laminar
2	Sulcos

Tabela 11. Entidade erosão hídrica em sulco frequência

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Ocasionais
2	Freqüentes
3	Muito freqüentes

Tabela 12. Entidade erosão hídrica em sulco profundidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Superficiais
2	Rasos
3	Profundos
4	Voçorocas

Tabela 13. Entidade classe da erosão

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Não aparente
2	Ligeira
3	Moderada
4	Forte
5	Muito forte
6	Extremamente forte

Tabela 14. Entidade estrutura grau

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Grãos simples
2	Fraca
3	Moderada
4	Forte
5	Maciça

Tabela 15. Entidade estrutura tamanho

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Muito pequena
2	Muito pequena e pequena
3	Pequena
4	Pequena e média
5	Média
6	Média e grande
7	Grande
8	Grande e muito grande
9	Muito grande

Tabela 16. Entidade estrutura tipo

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Laminar
2	Prismática
3	Blocos angulares
4	Blocos angulares e subangulares
5	Blocos subangulares
6	Blocos subangulares e angulares
7	Granular
8	Grumosa

Tabela 17. Entidade mosqueado contraste

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Difusa
2	Distinta
3	Proeminente

Tabela 18. Entidade mosqueado quantidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Pouco
2	Comum
3	Abundante

Tabela 19. Entidade mosqueado tamanho

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Pequeno
2	Médio
3	Grande

Tabela 20. Entidade nódulos e concreções quantidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Muito pouco
2	Pouco
3	Frequente
4	Muito frequente
5	Dominante

Tabela 21. Entidade nódulos e concreções dureza

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Macia
2	Dura

Tabela 22. Entidade nódulos e concreções forma

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Esférica
2	Irregular
3	Angular

Tabela 23. Entidade nódulos e concreções cor

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Preto
2	Vermelho
3	Branco

Tabela 24. Entidade nódulos e concreções tamanho

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Pequeno
2	Grande

Tabela 25. Entidade pedregosidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Não pedregosa
2	Ligeiramente pedregosa
3	Moderadamente pedregosa
4	Pedregosa
5	Muito pedregosa
6	Extremamente pedregosa

Tabela 26. Entidade pegajosidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Não pegajosa
2	Ligeiramente pegajosa
3	Pegajosa
4	Muito Pegasosa

Tabela 27. Entidade plasticidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Não plástica
2	Ligeiramente plástica
3	Plástica
4	Muito plástica

Tabela 28. Entidade porosidade quantidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Poucos poros
2	Poros comuns
3	Muitos poros

Tabela 29. Entidade porosidade tamanho

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Sem poros visíveis
2	Muito pequenos
3	Pequenos
4	Médios
5	Grandes
6	Muito grandes

Tabela 30. Entidade presença de carbonato

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Ligeira
2	Forte
3	Violenta

Tabela 31. Entidade presença de manganês

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Ligeira
2	Forte
3	Violenta

Tabela 32. Tabela de domínio de valores referentes raízes diâmetros

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Muito fina
2	Fina
3	Média
4	Grossa
5	Muito grossas

Tabela 33. Entidade raízes quantidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Muitas
2	Comuns
3	Poucas
4	Raras

Tabela 34. Entidade relevo

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Plano
2	Suave ondulado
3	Ondulado e suave ondulado
4	Ondulado
5	Forte ondulado
6	Montanhoso
7	Escarpo

Tabela 35. Entidade declividade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	0 a 3%
2	3 a 8%
3	8 a 20%
4	20 a 45%
5	45 a 75%
6	> 75%

Tabela 36. Entidade rochosidade

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Não rochosa
2	Ligeiramente rochosa
3	Moderadamente rochosa
4	Rochosa
5	Muito rochosa
6	Extremamente rochosa

Tabela 37. Entidade textura

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Areia
2	Areia franca
3	Franca-arenosa
4	Franca
5	Franca-siltosa
6	Silte
7	Franco-argilo-arenosa
8	Franco-argilosa
9	Franco-argilo-siltosa
10	Argilo-arenosa
11	Argila
12	Argilo-siltosa
13	Muito argilosa

Tabela 38. Entidade transição forma

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Plana
2	Ondulada
3	Irregular
4	Descontínua

Tabela 39. Entidade transição grau

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Abrupta
2	Clara
3	Gradual
4	Difusa

Tabela 40. Entidade estados

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	AC
2	AL
3	AP
4	AM
5	BA
6	CE
7	DF
8	ES
9	GO
10	MA
11	MG
12	MS
13	MT
14	PA
15	PB
16	PE
17	PI
18	PR
19	RJ
20	RN
21	RO
22	RR
23	RS
24	SC
25	SE
26	SP
27	TO

Tabela 41. Entidade vegetação

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Floresta equatorial perúmida
2	Floresta equatorial perenifólia
3	Floresta equatorial subperenifólia
4	Floresta equatorial subcaducifólia
5	Floresta equatorial higrófila de várzea
6	Floresta equatorial hidrófila de várzea
7	Floresta tropical perúmida
8	Floresta tropical perenifólia
9	Floresta tropical subperenifólia
10	Floresta tropical subcaducifólia
11	Floresta tropical caduifólia
12	Floresta higrófila de várzea
13	Floresta hidrófila de várzea
14	Floresta subtropical perúmida
15	Floresta subtropical perenifólia
16	Floresta subtropical subperenifólia
17	Floresta subtropical subcaducifólia
18	Floresta subtropical caducifólia
19	Floresta subtropical higrófila de várzea
20	Floresta não hidrófila de restinga
21	Floresta hidrófila de restinga
22	Restinga arbustiva e campo de restinga
23	Cerrado equatorial subperenifólio
24	Campo cerrado equatorial
25	Vereda equatorial
26	Cerrado e, ou, cerrado tropical subperenifólio
27	Cerrado e, ou, cerrado tropical subcaducifólio
28	Cerrado e, ou, cerrado tropical caducifólio
29	Caatinga hipoxerófila
30	Caatinga hiperxerófila
31	Caatinga do pantanal
32	Caatinga de várzea
33	Campo equatorial
34	Campo equatorial hidrófilo de várzea
35	Campo equatorial higrófilo de várzea
36	Campo tropical
37	Campo tropical hidrófilo de várzea
38	Campo tropical higrófilo de várzea
39	Campo subtropical
40	Campo subtropical hidrófilo de várzea
41	Campo xerófilo
42	Pampas
43	Campo hidrófilo de surgente
44	Floresta ciliar de carnaúba
45	Formações de praias e dunas
46	Manguezal
47	Complexos

Tabela 42. Entidade uso atual

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Cultura anual
2	Cultura anual convencional
3	Cultura anual plantio direto
4	Cultura perene
5	Pastagem cultivada
6	Pastagem plantada
7	Fruticultura
8	Reflorestamento
9	Pousio (área já cultivada mas sem lavoura no momento)
10	Vegetação natural

Tabela 43. Entidade posição na paisagem

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Dolina
2	Leito maior de rio
3	Planalto
4	Planície
5	Planície costeira
6	Planície fluvial
7	Planície lacustre
8	Terço inferior da encosta
9	Terço médio da encosta
10	Terço superior da encosta
11	Terraço aluvial
12	Terraço antigo
13	Terraço encaixado
14	Topo
15	Várzea

Tabela 44. Entidade forma da vertente

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
0	
1	Vertente côncava
2	Vertente convexa
3	Vertente plana

Anexo G – Diagrama de classe do banco de dados “SOLOS”

