



Método de Determinação do
Escoamento Superficial de Bacias Hidrográficas
a partir de Levantamentos Pedológicos

Flávio Hugo Barreto Batista da Silva



República Federativa do Brasil

Presidente: Fernando Henrique Cardoso

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Ministro: Marcus Vinicius Pratini de Moraes

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

Presidente: Alberto Duque Portugal

Diretores: Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres
Dante Daniel Giacomelli Scolari

Embrapa Solos

Chefe Geral: Doracy Pessoa Ramos

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Celso Vainer Manzatto

Chefe Adjunto de Apoio e Administração: Paulo Augusto da Eira

Supervisor da Área de Comunicação e Negócios: Silvio Barge Bhering

Supervisor da UEP/Recife: Fernando Barreto Rodrigues e Silva



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS
A PARTIR DE LEVANTAMENTOS PEDOLÓGICOS

Flávio Hugo Barreto Batista da Silva

Rio de Janeiro, RJ
2000

Copyright © 2000. Embrapa
Embrapa Solos. Documentos n° 21

Projeto gráfico e tratamento editorial
Jacqueline Silva Rezende Mattos

Revisão de Português
André Luiz da Silva Lopes

Normalização bibliográfica
Maria da Penha Delaia

Embrapa Solos
Rua Jardim Botânico, 1.024
22460-000 Rio de Janeiro, RJ
Tel: (21) 2274-4999
Fax: (21) 2274-5291
E-mail: embrapasolos@cnps.embrapa.br
Site: <http://www.cnps.embrapa.br>

***Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no. 9.610).***

Catálogo-na-publicação (CIP)
Embrapa Solos

Silva, Flávio Hugo Barreto Batista da.

Método de determinação do escoamento superficial de bacias hidrográficas a partir de levantamentos pedológicos / Flávio Hugo Barreto Batista da Silva. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2000.

CD ROM. - (Embrapa Solos. Documentos ; n. 21).

ISSN 1517-2627

1. Bacia hidrográfica - Escoamento superficial - Método. 2. Solo - Levantamento. I. Embrapa Solos. II. Título. III Série.

CDD (21. ed.) 631.45

AUTORIA

Flávio Hugo Barreto Batista da Silva¹

¹ Pesquisador da Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife - UEP/Recife
Rua Antônio Falcão, 402 Boa Viagem - Recife/PE. Cep. 51020-240. E-mail: hugo@cnps.embrapa.br

APRESENTAÇÃO

O estudo dos recursos de água na Região Semi-Árida tem assumido indiscutível importância nestas últimas décadas. O acentuado progresso das ciências básicas trouxe novos e fundamentais conhecimentos que permitiram, em poucos anos, entender e aprofundar extraordinariamente o estudo científico da hidrologia a partir dos conhecimentos sobre o meio ambiente.

A exploração dos recursos hídricos superficiais na Região Semi-Árida Nordestina, desde o início da colonização, particularmente a partir do meado deste século, caracterizou-se pela implantação de sistemas de captação d'água (barragens, açudes, barreiros, etc.) com a finalidade de atender exclusivamente ao abastecimento d'água do rebanho e da população.

A tomada de decisão acerca da localização destes sistemas sempre levou como base prioritária, um local "aparentemente adequado" para a construção de tal obra hidráulica, não levando em conta as conseqüências oriundas de tal estratégia.

Francisco Aguiar, Eric Cadier, François Molle e outros hidrólogos assentaram, entre nós, as bases da hidrologia, iniciando o estudo sistemático de bacias hidrográficas da região nordestina brasileira. Aos pioneiros, seguiu-se uma fase de grande expansão desses estudos, com a formação de grupos de especialistas nas universidades, secretarias estaduais e nas empresas de consultorias.

Atualmente, destaca-se o trabalho de dimensões estaduais das secretarias de meio ambiente e recursos hídricos. O monitoramento de diversos poços e açudes na Região Semi-Árida tem possibilitado a execução de planejamentos das atividades em escala regional. Ao mesmo tempo, tem proporcionado subsídios para o desenvolvimento de novas pesquisas e efetiva motivação para maior entrosamento entre os grupos de hidrólogos dos vários centros do País.

No meado de 1989, foi apresentada no VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (Silva *et al.*, 1989) uma nova proposta de estimativa do escoamento superficial em bacias hidrográficas, tomando por base a pedologia da bacia hidrográfica. Posteriormente, dado ao interesse pelo assunto manifestado por técnicos da SUDENE, julgou-se oportuna a elaboração do Manual do Pequeno Açude (Molle & Cadier, 1992), onde a base para a classificação hidropedológica de bacias hidrográficas foram os resultados obtidos em trinta bacias hidrográficas e no estudo do escoamento superficial de diferentes solos da Região Semi-Árida nordestina.

O presente método foi elaborado com o intuito de promover o entendimento sobre o comportamento hidrológico dos solos da Região Semi-Árida nordestina, a partir da descrição de características peculiares de cada solo. Para isso, deu-se um enfoque aos critérios pedológicos que interferem no escoamento superficial de modo a apresentá-los numa seqüência que pareça mais simples e didática, buscando responder as questões: *Como obter as informações dos solos de uma determinada bacia hidrográfica? Como interpretá-los? E como classificá-los hidrológicamente, para obter uma estimativa do escoamento e aplicá-lo no método proposto por Cadier (1984), designado "cálculo do L_{600} de uma Bacia Hidrográfica de Drenagem", que será descrito posteriormente?*

Enfim, procurou-se, sempre que possível, ilustrar os conceitos emitidos com a apresentação de tabelas, figuras e fotos dos solos dessa região.

Fernando Barreto Rodrigues e Silva
Supervisor da UEP/Recife

SUMÁRIO

Resumo • ix

Abstract • xi

- 1 INTRODUÇÃO • 1
- 2 OBJETIVO DO MÉTODO • 2
- 3 CONDIÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO • 2
- 4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS • 3
 - 4.1 Hidrologia • 3
 - 4.2 Ciclo hidrológico • 3
 - 4.3 Infiltração • 4
 - 4.4 Run-off • 4
 - 4.5 Escoamento superficial • 5
 - 4.6 Definição do L_{600} • 6
 - 4.7 Solo • 6
 - 4.7.1 *Constituintes do solo* • 6
 - 4.7.2 *Água do solo* • 7
 - 4.8 Horizontes • 8
 - 4.9 Morfologia dos solos • 10
 - 4.10 Diferenciação dos horizontes • 10
 - 4.11 Levantamentos de Solos • 11
- 5 A BASE DA CLASSIFICAÇÃO HIDROPEDOLÓGICA: SOLO COMO FATOR DE CLASSIFICAÇÃO HIDROPEDOLÓGICA • 12
- 6 FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS DE SOLOS • 13
- 7 O QUE É UMA UNIDADE DE MAPEAMENTO E UMA CLASSE DE SOLO? • 13
- 8 CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE SOLOS QUE CONDICIONAM O ESCOAMENTO SUPERFICIAL • 15
- 9 CARACTERÍSTICAS INTERMEDIÁRIAS DAS CLASSES DE SOLO • 22
- 10 DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS E TIPOS DE TERRENOS • 27
 - 10.1 LATOSSOLO • 27
 - 10.2 PODZÓLICO • 28
 - 10.3 TERRA ROXA • 29
 - 10.4 PLINTOSSOLO • 30
 - 10.5 BRUNIZEM • 31
 - 10.6 BRUNO NÃO CÁLCICO • 32
 - 10.7 PLANOSSOLO • 33
 - 10.8 CAMBISSOLO • 34
 - 10.9 VERTISSOLO • 35

10.10	SOLONETZ SOLODIZADO	• 36
10.11	SOLONCHAK	• 37
10.12	GLEISSOLO	• 38
10.13	SOLOS ALUVIAIS	• 39
10.14	REGOSSOLO	• 40
10.15	AREIAS QUARTZOSAS	• 41
10.16	RENDZINA	• 42
10.17	SOLOS LITÓLICOS	• 43
10.18	DUNAS	• 44
10.19	AFLORAMENTOS DE ROCHA	• 45
11	APLICAÇÃO DO MÉTODO L_{600} - MEDIÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DE DRENAGEM	• 46
11.1	Quando usar a Tabela A ou a Tabela B	• 48
11.2	Cálculo da L_{600} da bacia hidrográfica de drenagem	• 49
11.3	Cálculo da L_{600} corrigida da bacia hidrográfica de drenagem	• 49
11.4	Intervenção de outros fatores corretivos (CL)	• 50
11.5	Etapas para o cálculo da lâmina escoada da bacia hidrográfica de drenagem	• 51
11.6	Cálculo do volume médio escoado da bacia hidrográfica de drenagem	• 56
11.7	Exemplo de aplicação da classificação hidropedológica	• 56
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	• 60
	ANEXOS	• 62
	Anexo 1	• 63
	Anexo 2	• 65

RESUMO

A avaliação do escoamento das bacias hidrográficas através dos métodos tradicionais torna-se bastante difícil, face aos elevados custos e ao longo período necessário à sua realização. Este trabalho apresenta um método prático e seguro, elaborado a partir do cálculo do L_{600} de uma bacia hidrográfica, considerando o comportamento hidrológico dos solos da zona semi-árida do Nordeste do Brasil. O coeficiente L_{600} corresponde a uma lâmina fictícia que escoaria sobre uma superfície ocupada por uma classe de solo ou por uma unidade de mapeamento, que recebesse uma precipitação média anual de 600 mm, na zona semi-árida. O método ora apresentado fornece rapidamente uma avaliação da água escoada das pequenas bacias hidrográficas nas zonas semi-áridas do Nordeste com precipitações médias inferiores a 1.000mm. Seu princípio consiste em determinar a lâmina escoada padrão (L_{600}) a partir das classes de solos ou unidades de mapeamento que ocorrem na bacia hidrográfica de drenagem. Foram tabelados os valores centrais propostos para a L_{600} padrão das classes de solo de maior representatividade dessa Região, considerando-se as condições naturais médias, isto é, em que as atividades agrícolas e outras ações humanas não erodiram ou modificaram substancialmente os solos. O cálculo da (L_{600}), entretanto, exige correções quanto à influência da cobertura vegetal, de outros açudes a montante do local de medição do escoamento, e de fatores como a geologia do subsolo, o clima e o relevo. A avaliação dos valores de correção deve ser feita por pedólogos experientes na aplicação desta metodologia, haja vista que o valor central da L_{600} dos Planossolos, que foi fixado em 70mm, pode variar de 10 a 125mm, de acordo com a variação da espessura de seu horizonte superficial (A), bem como com a localização do solo na toposseqüência. Assim, os Planossolos com A espesso e situados na parte mais baixa da toposseqüência terão os menores valores de escoamento. Diante deste fato, procurou-se dar a devida ênfase às características morfológicas e aos outros fatores ambientais que condicionam o comportamento hidrológico dos solos da região semi-árida.

Termos de indexação: escoamento superficial, solos, bacias hidrográficas, região semi-árida.

ABSTRACT

METHOD FOR DETERMINATION OF WATERSHED RUN OFF BASEAD ON SOIIL SURVEYS

The evaluation of watershed run off using traditional methods can be considered a difficult task, being expensive and demanding a long time. This work presents a safe and practical methodology elaborated from the calculation of the L600 of a watershed taking into account the hydrological characteristics of the soils of the semiarid Northeast of Brazil. The L600 coefficient corresponds to a model water sheet which runs off on a specified soil class or map unit considering a precipitation of 600 mm in this semiarid region. Through this method it is possible a fast evaluation of the amount of water which is flowed off in small watersheds in areas of the Northeast of Brazil with average precipitation of less than 1,000 mm. The method is based on the determination of the standard run off sheet (L600) from the soil classes or soil map units present in a drainage watershed. The central values proposed for the L600 of the main soil classes of this region were tabled taking into consideration the “average” natural conditions, that is, where soils were not much eroded or affected by agriculture and other human activities. However, the calculation of L600 must be corrected for the vegetation cover, for ponds upstream from the local where the measurements took place, and other factors such as local subsurface geology, climate and landform characteristics. The determination of the correction values must be done by experienced pedologists in the application of the method. In the case of Planossolos, for example, the average value for L600 was of 70 mm, but ranged from 10 to 125 mm due to the variations on the depth of the A horizon and situation of the soil in the toposequence. Hence, Planossolos with thick A horizon and located in the lower part of the toposequence have lower L600 values. In view of this fact, it was given emphasis to the morphological characteristics of the soils and to other environmental factors.

Index terms: Run off, soils, watershed, semiarid region.

1 INTRODUÇÃO

A falta de informações mais precisas sobre o escoamento superficial de bacias hidrográficas tem gerado problemas de dimensionamento de barragens, acarretando muitas vezes o rompimento de suas paredes, salinização da água, etc.

Alguns trabalhos procuraram dotar o estudo de bacias hidrográficas de informações acerca do escoamento superficial.

A primeira classificação hidrológica utilizada para estimar o escoamento de bacias hidrográficas no nordeste brasileiro foi elaborada por Aguiar (1940). Esta classificação, elaborada inicialmente para as grandes bacias do Estado do Ceará, estimava o escoamento superficial de forma simples, a partir do relevo e da presença de Afloramentos de Rocha (AR). A principal crítica que se faz a essa classificação é que a mesma não leva em consideração outros fatores que modificam o escoamento superficial, tais como a classe de solo, uso e cobertura vegetal, os quais assumem grande importância quando se trata de estudo em bacias com pequena área de captação.

Em 1984, a SUDENE, assessorada pelo ORSTOM (França), elaborou um método para avaliação do escoamento de pequenas bacias do Semi-Árido - L₆₀₀ (Cadier, 1984 e Cadier & Vieira, 1985). Essa classificação utilizou as observações realizadas em uma rede de 30 bacias hidrográficas representativas em que atenção especial foi dedicada ao efeito da classe de solo sobre o escoamento da bacia (Leprun *et al.*, 1983). Nesse estudo, foram considerados como “critérios de classificação” a classe de solo dominante e a geologia; e como “características associadas” a vegetação, o relevo e a rede de drenagem. Embora esse trabalho já represente um importante avanço nos estudos de bacias hidrográficas por considerar o efeito da classe de solo no escoamento de água, algumas limitações ainda persistem. Por exemplo, o método é bastante complexo e requer, nos trabalhos de campo, especialistas em hidrologia e pedologia. Além do mais, a vegetação, que é sabidamente um importante fator que afeta o escoamento da água, foi considerada como um mero fator qualitativo de correção. Outra limitação é que esses estudos somente foram realizados em bacias com mais de 100km² de superfície, não suprimindo informações para bacias com dimensões inferiores.

Um avanço nos estudos para avaliação do escoamento de água em pequenas bacias hidrográficas é representado pelo trabalho de Silva *et al.* (1981), os quais definiram coeficientes de escoamento superficial (C) para bacias de captação de pequenos barreiros do Trópico Semi-Árido, levando em consideração o relevo (declividade), a permeabilidade do solo e a cobertura vegetal. Este trabalho, embora importante para a avaliação do escoamento de água em pequenas áreas, ainda apresenta limitações. Por exemplo, através dessa classificação, o coeficiente de escoamento dos Vertissolos é bastante elevado, uma vez que esses solos apresentam elevados teores de argila de atividade alta. No entanto, resultados experimentais observados por Cavalcanti *et al.* (1989) em uma microbacia constituída unicamente por esta classe de solo mostraram que o escoamento superficial de água foi bem mais baixo do que o escoamento superficial em áreas onde esta classe de solo não era predominante, o que foi atribuído à infiltração da água através das grandes fendas superficiais características desses solos, que se formaram durante o período de estiagem.

Devido a características próprias de cada solo e de outros fatores do ambiente, é importante observar um grande número de pequenas bacias hidrográficas. O conhecimento

do escoamento dessas bacias através dos métodos tradicionais de monitoramento torna-se bastante difícil face aos elevados custos e ao longo período necessário à realização dos estudos, os quais são necessários antes da instalação de qualquer obra para contenção de água, como barragens e açudes.

Essas considerações mostram a necessidade de métodos de avaliação das características hidrológicas simples e seguras, que levem em consideração aspectos ambientais (clima, pedologia, geologia, geomorfologia, etc.).

Tomando como base os aspectos pedoclimáticos dos Levantamentos Exploratório-Reconhecimento de Solos dos Estados da Região Nordeste (Brasil, 1971, 1972, 1972/1973, 1973; Embrapa, 1975a, 1975b, 1976, 1986a, 1986b; Jacomine, 1977/1979), Silva *et al* (1989) correlacionaram os dados de lâminas escoadas medidas em 15 bacias hidrográficas com superfície superior a 100km², com os coeficientes de escoamento atribuídos para cada classe de solo e relevo, obtidos através de uma análise dos estudos de bacias representativas e experimentais da SUDENE e de estudos em parcelas de erosão. A correlação entre esses dados foi altamente significativa ($r = 0,96$), o que mostra que essa técnica, apesar de pequeno número de bacias estudadas, é bastante promissora na classificação hidropedológica de bacias com superfície superior a 100km², justificando, portanto, o seu aprimoramento através de um estudo com um maior número de bacias, bem como a inclusão de outros fatores, tais como vegetação e manejo do solo, os quais assumem importância no escoamento superficial quando se trata de pequenas bacias hidrográficas.

2 OBJETIVO DO MÉTODO

O método proposto permite fornecer rapidamente uma avaliação dos recursos hídricos de pequenas bacias hidrográficas, com superfícies inferiores a 400km², nas zonas semi-áridas do nordeste brasileiro com precipitações médias inferiores a 1.000mm. Seu princípio consiste em determinar a lâmina escoada padrão (L_{600}) a partir das classes de solos (CS) ou unidades de mapeamento (UMP) que ocorrem na bacia hidrográfica de drenagem (BHD).

A precisão dos resultados fornecidos por este método indireto é evidentemente inferior a de um estudo hidrológico clássico e completo da bacia; entretanto, deve-se levar em consideração o custo e a demanda de tempo (vários anos de observações) que o estudo clássico exige, quando necessitamos de informações em tempo hábil, para pequenos aproveitamentos hidráulicos.

3 CONDIÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO

Condições climáticas

Como os resultados obtidos foram alcançados em bacias hidrográficas inseridas na região semi-árida com uma precipitação variando de 400 a 1.000mm e regime de

chuvas características, recomenda-se que a aplicação deste método seja para estimar o escoamento em bacias que apresentem estas características climáticas.

Superfície da bacia

Da mesma forma verificada com a precipitação, recomenda-se que a aplicação deste método seja feita para bacias hidrográficas com superfície da ordem de 400 a 1.000km².

4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A fim de que se possa melhor compreender o método de determinação do escoamento superficial de bacias hidrográficas a partir dos levantamentos de solos, alguns conceitos serão abordados.

4.1 Hidrologia

A Hidrologia é a ciência que estuda os processos que regulam a dinâmica (enchimento e o esvaziamento) dos recursos de água na parte sólida do globo terrestre.

O conhecimento da Hidrologia é de importância fundamental na solução de todos os problemas que dizem respeito ao fornecimento ou ao uso da água, para todas as aplicações. Portanto a Hidrologia é valiosa, não somente para a Engenharia, como também para a Silvicultura, a Agricultura e outros ramos das ciências naturais.

Eis algumas questões a que o hidrólogo tem que responder: - A vazão deste curso d'água é suficiente para atender às necessidades da cidade ou da indústria que precisa de um abastecimento de água, de um projeto de irrigação, de fonte de energia, da navegação, de recreio? Como certas modificações do uso da terra ou o desmatamento podem afetar o nível d'água do lençol subterrâneo ou a vazão de um curso d'água, nessa área?

4.2 Ciclo hidrológico

Sabe-se, atualmente, que o "run-off" é o que resta da precipitação da chuva, depois que a evaporação, a transpiração e vários outros fatores tenham tomado seus quinhões; em outras palavras, o fluxo de um curso d'água pode ser representado mais exatamente como a precipitação menos as perdas, do que como a precipitação multiplicada por um fator, sob a forma de porcentagem.

Para determinar o regime de um curso d'água que abranja um período longo, o que pode ser necessário para a solução de uma grande variedade de problemas de Engenharia, será preciso, ou possuir registros de descarga que cubram um longo período de tempo, ou possuir outros dados e o conhecimento das reações entre esses dados conhecidos e a vazão do curso d'água, de modo que o deflúvio possa ser determinado com aceitável grau de precisão.

4.3 Infiltração

Segundo Villela e Mattos (1975), “Infiltração é o processo pelo qual a água penetra nas camadas superficiais do solo e move-se para baixo, em direção ao lençol d’água”. A capacidade de infiltração ou taxa de infiltração é a razão máxima com que um solo, em uma dada condição, é capaz de absorver água, geralmente expressa em mm/h.

Uma capacidade de infiltração só é atingida durante uma chuva se houver excesso de precipitação. Caso contrário, a razão de absorção de água do solo não é máxima, e, por conseguinte, a razão de absorção não corresponde à capacidade de infiltração.

Velocidade de infiltração é a velocidade média com que a água atravessa o solo, ou ainda, é a vazão dividida pela área da seção reta do escoamento. A área inclui a projeção dos poros por onde escoam a água e a projeção da área dos grãos. É a velocidade fictícia utilizada na Lei de Darcy.

Por si só, a velocidade de infiltração não é bom parâmetro da infiltração, pois depende exclusivamente da permeabilidade e do gradiente hidráulico, enquanto que a infiltração depende das condições de contorno. A capacidade de infiltração, tal qual foi definida, é um parâmetro mais expressivo.

O solo é o reservatório de água para as plantas e a chuva é o principal fornecedor da recarga d’água. Como a chuva não é constante, este reservatório apresenta grande variação do teor de água para as plantas, sendo suprido, principalmente na Região Semi-Árida, através da irrigação.

Devido a esses fatores, o manejo correto da água é ponto fundamental em uma agricultura racional. Em regiões áridas e semi-áridas, o manejo correto implica práticas de economia de água e cuidados com problemas de salinidade (drenagem do excesso de sais) e, em regiões úmidas, destacam-se a drenagem, a erosão dos solos e a lixiviação dos nutrientes minerais.

Há, atualmente, regiões em que a utilização da água está próxima da disponibilidade máxima. Portanto, é cada vez mais necessário que se procure alcançar melhor conhecimento das ocorrências e do comportamento da água no globo terrestre.

4.4 Run-off

A água que escoam em um determinado curso d’água pode ter encontrado seu caminho para o leito do rio, provindo de uma ou de diversas fontes, a saber - precipitação caída diretamente na superfície do curso d’água e de seus tributários; fluxo de água do subsolo, ou a água que se origina da precipitação, mas que, infiltrando-se no terreno, junta-se ao subsolo e, então, depois de dias, semanas ou mesmo de períodos muito mais longos, encontra seu caminho através do terreno até o curso d’água. A esta água denominamos de run-off.

4.5 Escoamento superficial

A água que cai na superfície do terreno, sob a forma de precipitação, e encontra seu caminho até o leito do curso d'água, sem infiltrar-se no terreno nem percolar até abaixo do nível d'água. Esta última forma é a base do estudo que se procura descrever neste Manual. Observa-se que, em algumas regiões, esta forma poderia ser dividida em (1) água que escoo diretamente sobre a superfície do terreno e (2) água que se infiltra e depois percola, geralmente através de camada delgada do solo fofo superficial, até encontrar uma camada relativamente impermeável, depois que uma parte dela pode continuar seu caminho para baixo, enquanto que a restante desloca-se lateralmente em direção ao leito do curso d'água, sem nunca passar abaixo do nível d'água. Esta última parcela será chamada de "escoamento superficial". Seu comportamento assemelha-se muito mais ao de um escoamento superficial que ao do fluxo de água de subsolo, posto que atinge o curso d'água tão rapidamente que comumente é difícil distingui-la do verdadeiro escoamento superficial. Por esta razão, o escoamento subsuperficial será tratado, em todo este documento, como se fosse uma parte do escoamento superficial.

Segundo Cadier, 1984, o comportamento hidrológico dos solos, segundo o potencial de escoamento, pode ser verificado através das características listadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Comportamento hidrológico dos solos, segundo o potencial de escoamento.

Comportamento hidrológico	Principais características dos solos
Nulo	Ocorre em bacias hidrográficas onde a permeabilidade do solo e da rocha subjacente são tão elevadas que não é possível a formação de um lençol freático, mesmo em condições de intensa pluviosidade.
Muito Fraco	Baixo potencial de escoamento. A bacia apresenta solos que possuem altas taxas de infiltração ainda em condições completamente úmidas. Neste grupo, classificam-se os solos arenosos e muito bem drenados. Somente 1% ou menos da pluviometria escoo nestas bacias.
Fraco	Solo que tem taxas de infiltração moderadas quando úmidos. Compreende principalmente solos profundos e moderadamente profundos, com drenagem boa a moderada e textura média. O escoamento nesta condição atinge de 2 a 4% da pluviometria total.
Médio	Ocorre em bacias hidrográficas onde os solos apresentam uma infiltração lenta quando completamente úmidos e consistem principalmente de solos com uma camada que impede o movimento descendente de água, ou que possuem texturas finas a moderadamente finas. Estes solos têm uma lenta transmissividade de água. O escoamento nesta condição atinge de 4 a 8% da pluviometria total.
Forte	São bacias hidrográficas que apresentam solos com alto potencial de escoamento. Os solos apresentam uma baixa taxa de infiltração quando completamente saturados. Consistem de solos de textura argilosa com um alto potencial de expansão, solos com um lençol freático próximo à superfície e permanente, solos com uma camada de impedimento (horizonte adensado, fragipã, duripã ou outro tipo de impedimento). Estes solos têm taxa de transmissividade de água muito baixa. O escoamento nesta condição atinge de 8 a 16% da pluviometria total.
Muito Forte	Bacias hidrográficas com solos decaptados (erodidos, truncados associados a áreas com o substrato aflorando na superfície). A presença de Afloramentos Rochosos é muito comum nestas bacias. Mais de 16% da precipitação anual é transformada em escoamento superficial.

4.6 Definição do L_{600}

O coeficiente L_{600} foi determinado por Cadier (1984) e é a base da classificação proposta para este método. Corresponde a uma lâmina fictícia que escoaria se a classe de solo ou a unidade de mapeamento em estudo recebesse uma precipitação média anual de 600mm, na zona climática do Sertão (Cadier, 1984). Na descrição deste Manual será dada ênfase a este coeficiente, o qual corresponde ao valor “C” utilizados por outros métodos.

4.7 Solo

“O solo é uma coleção de corpos naturais, tridimensionais, dinâmicos, constituídos por materiais minerais e orgânicos, que formam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza, onde ocorrem. Ocasionalmente, podem ter sido modificados por atividades humanas. Quando vistos da superfície para baixo, constituem em seções aproximadamente paralelas à superfície dos terrenos - denominadas horizontes ou camadas - cujos materiais são portadores de alterações conseqüentes da interação do clima, seres vivos, relevo e material de origem com o transcurso do tempo no local onde se formam. As alterações pedológicas de que são dotados os materiais do solo revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo mal decomposto, expressando diferenciação pedológica em relação ao pré-existente.”

O solo tem como limite superior a atmosfera. Os limites laterais são os contatos com outras espécies de solos vizinhos, ou os contatos com os afloramentos de rocha, materiais dentríticos inconsolidados, aterros ou encontros com terrenos sob espelhos d’água permanente. O limite inferior do solo é questão um tanto indefinida, em geral envolvendo implicações referentes a gradual decréscimo de atividade biológica microorgânica e enraizamento vegetal, empobrecimento em constituintes orgânicos, decréscimo de alteração e decomposição de constituintes minerais, enfim, ganho em afinidade de constituintes e propriedades em relação aos substrato sólido ou inconsolidado que o suporta.

4.7.1 *Constituintes do solo*

Os horizontes do solo são compostos de quatro constituintes principais: partículas minerais, materiais orgânicos, água e ar. A Figura 1 representa a proporção dos constituintes hipotéticos de um solo ideal.

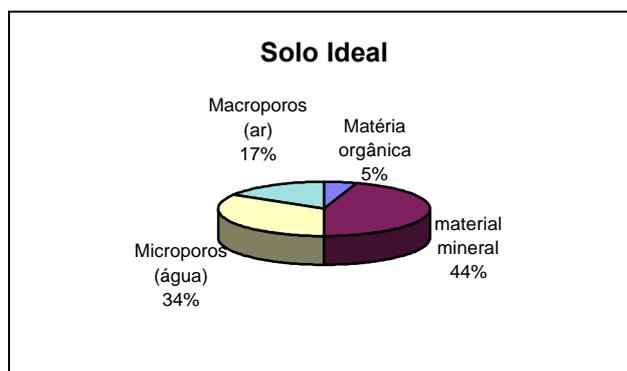


FIGURA 1. Proporção entre os constituintes de um solo ideal.

Esses componentes estão normalmente tão misturados que a separação dos mesmos só pode ser feita em laboratório, por métodos específicos.

As partículas minerais, juntamente com os materiais orgânicos, formam a fase sólida do solo e suas proporções são relativamente fixas. A quantidade de materiais orgânicos pode variar tanto entre um solo e outro como entre horizontes de um mesmo perfil. Normalmente são encontradas nos horizontes mais superficiais (O e A). Entremeados aos materiais sólidos, encontram-se o ar e a água, que ocupam o espaço poroso. Suas proporções, ao contrário dos minerais e matéria orgânica, podem ter grandes variações em espaço de tempo relativamente curto. Por exemplo, logo após uma forte chuva, a quase totalidade dos poros estão preenchidos com água, sendo mínima a quantidade de ar presente. Se a drenagem do terreno for boa, algumas horas após essa chuva parte da água infiltra-se e escoam em profundidade, voltando o ar a ocupar boa porção dos poros.

4.7.2 *Água do solo*

O solo tem capacidade de reter água, armazenando-a por um determinado tempo. As plantas utilizam-se desta água e sua reposição é feita pelas chuvas ou irrigação. Ela pode estar retida tanto nos poros, entre torrões, como na superfície das partículas coloidais. De acordo com o conteúdo e a natureza da retenção de umidade, são reconhecidos três estados de solo - molhado ou encharcado (saturado), úmido e seco.

No solo encharcado, todos os poros estão preenchidos com água e o ar está praticamente ausente. Em condições naturais, depois que todos os poros estão preenchidos com água e cessa seu fornecimento, em poucos dias o líquido que está contido nos poros maiores drena para baixo ou lateralmente, indo molhar as partes mais profundas, ou juntar-se ao lençol freático, dando origem às nascentes. Essa água é denominada gravitacional porque se infiltra no solo através da ação da gravidade.

O solo úmido contém ar nos macroporos (poros maiores que 0,05mm de diâmetro) e água nos microporos (poros com diâmetro inferior a 0,05mm). Os poros menores funcionam como tubos capilares e, por esta razão, a água é referida como água capilar. Ela está retida no solo com tal força que consegue manter-se mesmo contra a ação da gravidade. Esta força não é tão grande a ponto de impedir as raízes de extraí-la, representando, portanto, um armazenamento disponível às plantas. Nem todos os solos têm a mesma capacidade de armazenar água. Ela varia em função de várias características, tais como textura, estrutura e conteúdo de matéria orgânica. Solos arenosos e com pouco húmus têm menor capacidade de armazenar água do que os solos argilosos ou de textura franca ricos em húmus.

Mesmo quando seco ao ar, o solo pode conter ainda certa quantidade de água sob a forma de películas extremamente finas, ao redor das partículas coloidais. Essa água é retida com força superior à capacidade de extração das raízes das plantas e por essa razão é denominada água higroscópica.

A água do solo contém pequenas e variáveis quantidades de sais minerais, oxigênio e gás carbônico, formando portanto uma solução diluída, conhecida como “solução do solo”. O tipo e a quantidade dos elementos que se encontram dissolvidos nessa solução dependem diretamente dos elementos que estão adsorvidos nos colóides, os quais funcionam como reservatório. Entre estes e a solução do solo existe um equilíbrio que é mantido graças à capacidade de troca. Assim, se, por exemplo, o cálcio é o cátion que prevalece entre os

adsorvidos, ele prevalecerá também na solução do solo, que será neutra ou quase neutra. Se, pelo contrário, o hidrogênio ou o alumínio predominam entre os cátions adsorvidos na superfície dos colóides, eles predominarão também na solução do solo que, conseqüentemente, se torna ácida.

4.8 Horizontes

Com o intemperismo, as rochas transformam-se em um material friável no qual surgem as plantas, cujos restos vão se decompondo e formando húmus. As argilas também formam-se, concomitantemente com esses processos, e as águas que infiltram no terreno podem arrastá-las, fazendo com que se desloquem de uma profundidade para outra. Assim, pouco a pouco, sob a ação de um conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos, o solo começa a formar-se, organizando-se em camadas de aspecto e constituição diferentes, aproximadamente paralelas à superfície, que são denominadas horizontes. O conjunto de horizontes, num corte vertical que vai da superfície até o material que deu origem ao solo, é denominado de perfil do solo.

A ação dos fenômenos físicos, químicos e biológicos não é uniforme ao longo do perfil. Os restos vegetais são adicionados preferencialmente na superfície, escurecendo-a. Certas substâncias sólidas translocam-se sob a ação da gravidade de uma parte para outra, daí resultando horizontes empobrecidos e enriquecidos; as remoções e transformações, ocasionadas pelo intemperismo, correm com maior intensidade nos horizontes mais superficiais. Todos esses fenômenos de adição, transformação, perda e translocação fazem com que o solo seja organizado em horizontes que podem ser notados em locais onde os perfis estão expostos, como cortes de estrada, trincheiras e outras escavações.

Segundo as normas publicadas pelo Centro Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos (Embrapa, 1988), as descrições dos principais horizontes ou camadas do solo são as seguintes:

- **O** - horizonte ou camada orgânica superficial, formada em condições de drenagem desimpedida - sem estagnação de água, constituindo recobrimento detrítico de material essencialmente vegetal, depositado na superfície de solos minerais. Consiste em manta morta de acumulação de restos orgânicos não incorporados ao solo mineral, integrada geralmente por folhas, galhos e ramos, sendo ainda reconhecíveis os fragmentos pouco ou semi-decompostos.
- **H** - horizonte ou camada orgânica, superficial ou não, formado por acumulação de resíduos vegetais depositados sob condições de estagnação d'água por um período muito prolongado.
- **A** - horizonte mineral superficial ou subjacente a horizonte ou camada O ou H, de maior atividade biológica e incorporação de matéria orgânica bastante mineralizada, intimamente associada à matéria mineral. Geralmente exhibe cor mais escura que os horizontes subjacentes.
- **E** - este horizonte, pela antiga denominação, era conhecido como A₂. É um horizonte mineral resultante da perda (eluviação) de minerais de argila, compostos de ferro, de alumínio ou matéria orgânica, separadamente ou

em combinações. Situa-se abaixo do horizonte A, do qual se diferencia pela coloração mais clara em consequência da remoção dos materiais anteriormente citados e diminuição do teor de argila.

- **B** - horizonte mineral, subsuperficial, situado sob horizonte E ou A, originado por transformações relativamente acentuadas do material originário e/ou ganho de constituintes minerais ou orgânicos migrados de horizontes suprajacentes. É um horizonte dotado de propriedades pedogenéticas mais estáveis, pela posição mais protegida das inconstâncias crescentes com a proximidade da superfície, e menos vulnerável às modificações e eventuais estragos provocados pela ação humana.
- **C** - horizonte ou camada mineral de material inconsolidado sob os horizontes A e/ou B (sólum) relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos. Compreende-se como horizonte C a capa (formada no local ou transportada) de produtos detriticos de alteração inicial das rochas de origem - saprólito e rochas semiconsolidadas que, quando molhadas, podem ser cortadas com a pá.
- **F** - horizonte ou camada de material mineral consolidado contínuo ou praticamente contínuo sob o horizonte A, E ou B, rico em ferro ou em ferro e alumínio e pobre em matéria orgânica, formado por endurecimento irreversível (cimentação). Comumente, forma-se pela solidificação, transmutando horizonte plântico preexistente.
- **R** - camada mineral de material consolidado que, em muitos solos, constitui o substrato rochoso, isto é, embasamento litológico. É a rocha sã, que mesmo quando úmida, não pode ser cortado com uma pá.

Na Figura 2, diagramas de perfis hipotéticos ilustram seqüências de horizontes e subhorizontes com suas designações.

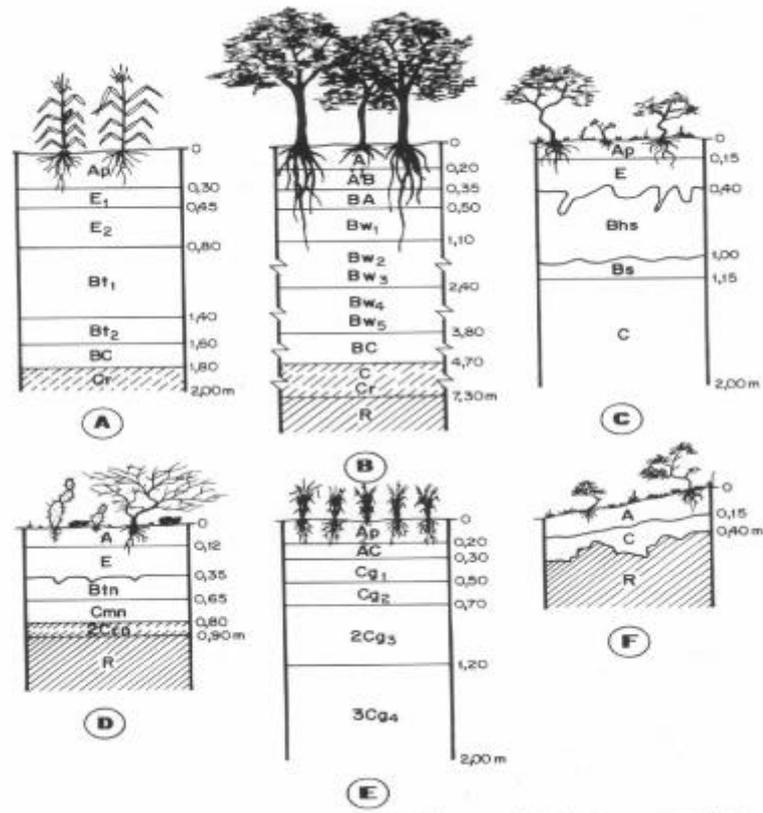


FIGURA 2. Perfis hipotéticos ilustrando diferentes horizontes e camadas. A - Podzólico Vermelho-Amarelo; B - Latossolo; C - Podzol; D - Solonetz solodizado; E - Glei pouco húmico e F - Solo Litólico. Fonte: Oliveira *et al.* (1992).

4.9 Morfologia dos solos

A morfologia é definida como o ramo da ciência que estuda a forma de um objeto. Morfologia do solo significa o estudo da sua aparência no meio ambiente natural, descrição dessa aparência segundo às características visíveis a olho nu ou prontamente perceptíveis. A morfologia corresponde portanto à “anatomia do solo”. O conjunto de características morfológicas constitui a base fundamental para a identificação do solo, que deverá ser completada com as análises laboratoriais.

4.10 Diferenciação dos horizontes

Para delimitar os horizontes de um perfil, observam-se as diferenças de cor, textura, estrutura e consistência. Neste exame, utilizam-se diversos equipamentos, tais como faca, martelo pedológico e lente de aumento.

Feita a delimitação, são anotadas as espessuras dos horizontes e o modo pelo qual eles se distinguem. Alguns têm transição abrupta, sendo portando bem nítida a separação entre eles; outros têm transição gradual ou difusa e, nesse caso, as diferenças são muito sutis e somente um exame cuidadoso, por um técnico experimentado, poderá separar um horizonte do outro.

Quando se descreve o solo, além das características morfológicas dos horizontes, anotam-se algumas características da paisagem como declividade do terreno, vegetação natural, uso agrícola, ocorrência de pedregosidade e/ou rochiosidade na superfície, grau de erosão e drenagem local.

Os perfis do solo são preferencialmente estudados em trincheiras abertas exclusivamente para este fim. Estas são escavações que podem medir 2 metros de profundidade e abertura de 2 x 1 metro. Os cortes de estradas também podem ser utilizados para exame e coleta de amostras, desde que sejam convenientemente limpos, raspando-se com um enxadão algumas dezenas de centímetros do barranco. As amostras para exame também podem ser retiradas com um trado; contudo, apesar desse instrumento proporcionar rapidez por evitar escavações demoradas, apresenta algumas desvantagens, como o impedimento da avaliação de algumas características morfológicas, tais como consistência e estrutura em virtude da deformação que ocasiona nos torrões.

Para identificar corretamente o solo de uma determinada área, procura-se, portanto, escolher um ponto que esteja situado além da faixa de transição entre dois tipos. Neste local, examina-se o perfil modal daquele corpo de solo. Depois da escolha do local, o perfil é exposto e é feita sua descrição morfológica. Em alguns casos, são coletadas também amostras de todos os horizontes para serem analisadas no laboratório de pedologia. Muitas vezes, o solo pode ser classificado diretamente no campo pela cuidadosa análise da morfologia de seus horizontes. Algumas vezes, no entanto, é necessário que se espere pelo resultado das análises do laboratório para resolver dúvidas acerca da constituição do solo, que não podem ser elucidadas no campo com o exame morfológico.

4.11 Levantamentos de Solos

Os levantamentos de solos ou pedológicos são planejados para indicar espacialmente a distribuição das classes de solos, tendo como base um mapa onde também são localizados acidentes geográficos como drenagem, estradas e edificações. Para confeccioná-lo, procura-se observar quais os solos existentes, seus limites laterais e delimita-se os contornos dos locais de ocorrência das classes de solo em um mapa básico, em uma fotografia aérea ou ainda em imagens de satélite ou de radar.

As manchas que aparecem nos mapas de solos raramente têm limites rígidos. Como foi ressaltado antes, é muito freqüente que uma classe de solo passe gradualmente para outra, sendo mais comum haver uma faixa do que uma linha de transição abrupta. Por outro lado, em alguns casos, não é possível a delimitação nos mapas de manchas de uma única classe de solo, já que os mesmos ocorrem em um padrão tão complexo, que se torna praticamente impossível separá-los nos mapas. Neste último caso, delimita-se no mapa uma área denominada associação de solos ou complexo de solos e apresenta-se a descrição das classes de solos que ali ocorrem, dando indicação quando da posição topográfica que um ou outro, preferencialmente, ocupa na paisagem, a vegetação primária e a proporção de cada componente.

Os mapas pedológicos podem ter diferentes graus de detalhe, o qual depende da intensidade dos trabalhos de campo e da escala de publicação. Assim, as principais classes de solos, em ordem decrescente de detalhe ou tamanho da escala, são ultradetalhados, detalhados, reconhecimento, exploratórios e esquemáticos.

Diz-se que um mapa é detalhado quando os solos são identificados no campo a intervalos regulares com pelo menos uma observação por hectare. Os mapas são publicados em escala de 1:50.000 ou maior. Os solos são classificados nas unidades taxonômicas em nível de série. Esses mapas são ainda raros no Brasil e costumam englobar no máximo áreas de 100.000 hectares de alguns projetos de irrigação.

Os mapas de menor escala e conseqüentemente de detalhe são denominados mapas esquemáticos. Nesses, a maior parte das unidades cartografadas são associações de solos, com inclusões freqüentes de áreas com solos não especificados na legenda respectiva. Para a confecção de mapas esquemáticos não é necessário trabalhos de campo. Os solos são delimitados através de previsões, tomando-se por base as correlações já conhecidas, entre os tipos de solo e os fatores de formação. Em outras palavras, utilizam-se os mapas de clima, geologia, vegetação e relevo para prever e delimitar os solos. No caso de haver levantamentos mais detalhados, estes também podem ser usados para a confecção de mapas generalizados de menor escala, ou para ajudar na previsão dos solos que poderão ocorrer em áreas vizinhas, onde os solos são desconhecidos.

Além dos mapas detalhados e esquemáticos, existem outros com graus de detalhe intermediários. São os mapas exploratórios e os de reconhecimento. Neles os solos são também identificados com proporções efetuadas no campo, mas diferem dos levantamentos detalhados pelo menor número de detalhes.

5 A BASE DA CLASSIFICAÇÃO HIDROPEDOLÓGICA: SOLO COMO FATOR DE CLASSIFICAÇÃO HIDROPEDOLÓGICA

As características hidrodinâmicas dos solos foram escolhidas como principal fator de classificação das bacias hidrográficas de drenagem, pelas seguintes razões:

- nas regiões semi-áridas, a vegetação e os primeiros centímetros ou decímetros do solo são os principais fatores que condicionam a importância respectiva dos escoamentos e das infiltrações;
- a classe de solo encontra-se fortemente dependente das outras características fisiográficas, tais como geologia, relevo, vegetação e clima, as quais passam, indiretamente, a ser levados em conta;
- existem, para todos os estados do Nordeste, mapas pedológicos, cujas escalas variam entre 1:400.000 e 1:1.000.000. O Anexo I relaciona as lâminas escoadas de todas as classes de solos dos relatórios exploratórios de solos de cada estado do Nordeste; e
- existem algumas áreas levantadas ou sendo levantadas em que os recursos de solos estão sendo estudados em níveis mais detalhados, como por exemplo, o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco e dos Tabuleiros Litorâneos do Estado de Sergipe, ambos na escala 1:100.000.

6 FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS DE SOLOS

Os levantamentos exploratórios são constituídos de dois tipos de documentos: o primeiro apresentado sob a forma de relatórios com 1 ou 2 volumes, de acordo com a dimensão do Estado; o segundo sob a forma de mapa onde são mostrados os limites e ocorrência dos solos sob a forma de unidade de mapeamento (UMP), tendo como base aspectos ambientais.

Em virtude destes documentos terem sido elaborados em escala que varia de 1:400.000 a 1:1.000.000, de acordo com a dimensão do Estado, não é possível esperar uma precisão muito grande sobre a ocorrência dos solos em pequenas áreas e bacias.

A Figura 3 apresenta a localização de uma bacia hidrográfica em uma parte do mapa do Levantamento Exploratório/Reconhecimento de Solos do Estado do Paraíba.

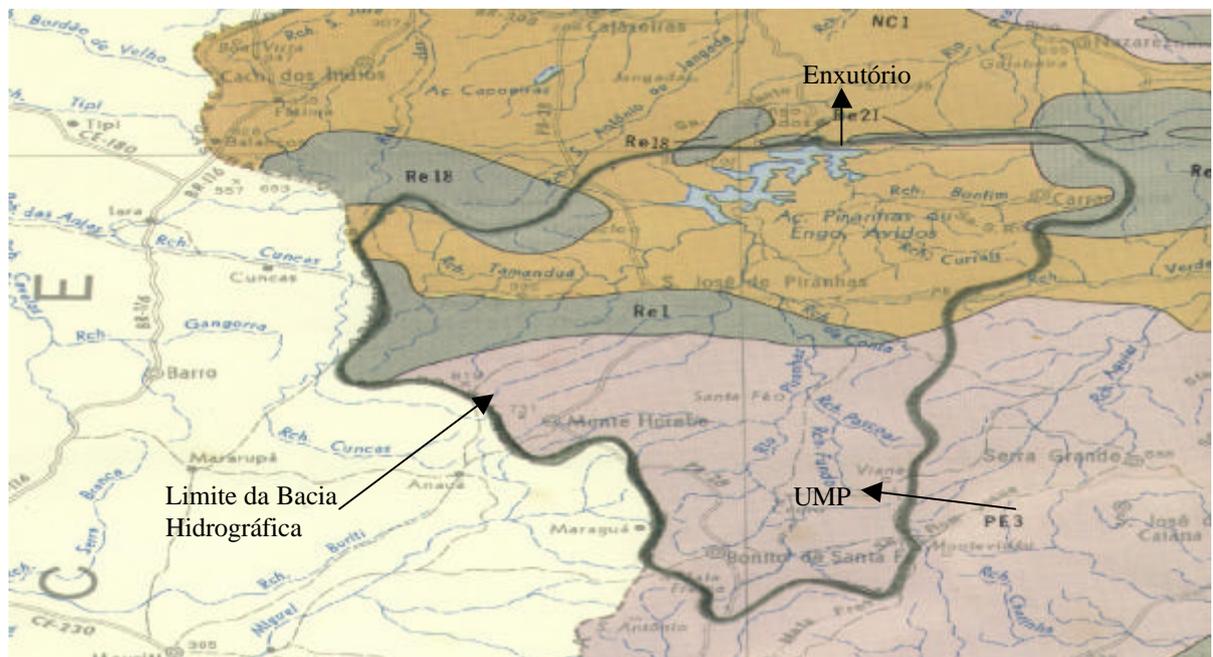


FIGURA 3. Localização de uma bacia hidrográfica sobre o mapa do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Paraíba.

7 O QUE É UMA UNIDADE DE MAPEAMENTO E UMA CLASSE DE SOLO?

Uma unidade de mapeamento (UMP) é uma área marcada no mapa onde foi observada uma ou mais classes de solos (CS) que, em virtude da escala do mapeamento, não foi possível separar. Fala-se em associação de solos, grupamento indiferenciado, grupamento indiscriminado ou associações complexas, esta última quando não foi possível quantificar a proporção das diversas classes de solo. Esta forma de representação indica

que, devido à escala de mapeamento, os solos não puderam ser separados em classes simples de solo (CS).

A seguir é apresentado um exemplo de descrição da unidade de mapeamento PE3 do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba, extraído do capítulo intitulado “Distribuição geográfica das unidades de mapeamento, proporção e arranjo dos componentes nas associações”.

PE3 - associação de: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO orto fase caatinga hipoxerófila relevo ondulado e forte ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito.

Distribuição geográfica - esta associação ocorre em área bastante expressiva, na Zona do Sertão do Oeste, ocupando total ou parcialmente os municípios de Conceição, Bonito de Santa Fé, Monte Horebe, São José de Piranhas, Serra Grande, São José de Caiana, Diamante e Itaporanga.

Proporção e arranjo dos componentes - os componentes na ordem em que são referidos ocupam 55% e 45% da área da associação. O primeiro ocorre preferencialmente nas porções superiores das elevações de menor porte, enquanto o segundo é observado nas encostas das elevações existentes na área.

Desta descrição, inúmeras informações podem ser tiradas, tanto da descrição da UMP (PE3) como das classes de solos (PODZÓLICOS e LITÓLICOS). Como exemplo, temos:

- **solos da associação:** Podzólico e Litólico;
- **proporção:** 55% de Podzólico Vermelho-Amarelo e 45% de Solos Litólicos;
- **fertilidade natural:** Eutróficos;
- **vegetação:** caatinga hipoxerófila;
- **tipo de horizonte A:** orto (moderado para o Podzólico e fraco para o Litólico);
- **textura:** orto (média/argilosa) para o Podzólico e arenosa e/ou média para os Litólicos; e
- **relevo:** ondulado a montanhoso.

8 CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE SOLOS QUE CONDICIONAM O ESCOAMENTO SUPERFICIAL

São as características dos solos que permitem estabelecer distinções entre solos da mesma classe (CS). Cada uma dessas características pode proporcionar aumento ou diminuição do escoamento superficial adotado para cada classe de solo (CS). Estas características são obtidas na legenda dos mapas dos levantamentos de solos e na descrição dos perfis representativos das classes de solos. Estas características são as seguintes:

- **COR**

A cor é a característica do solo que mais salta à vista numa observação rápida de um perfil. A importância de sua determinação prende-se ao fato dela estar correlacionada com outras características e propriedades do solo as quais podem ser de importância para seu uso e manejo. Muitos nomes populares de solos são dados em função das respectivas colorações, como por exemplo “Terra Rocha”, “Terra Preta” e “sangue de tatu”. As várias tonalidades existentes no perfil são muito úteis à identificação e delimitação dos horizontes e, às vezes, ressaltam certas condições de extrema importância. Solos escuros, por exemplo, costumam indicar altos teores de restos orgânicos decompostos. A cor vermelha está relacionada com solos bem drenados e altos teores de óxidos de ferro (especialmente na forma de hematita); por outro lado, tons cinza-azulados indicam solos que permanentemente têm excesso de água no perfil, como, por exemplo, os situados nas baixadas úmidas próximos aos rios e riachos. Cores vermelho-escuras indicam presença de teores elevados de óxidos de ferro no material do solo, boas condições de drenagem e aeração ao longo do perfil, podendo também influir na temperatura do solo, pois os mais escuros podem armazenar mais calor que os claros.

A cor é facilmente descrita por comparação com uma escala padronizada. A mais usada pelos pedólogos é a “caderneta de Munsell” que consiste de 175 pequenos retângulos com colorações diversas, arranjados num livro de folhas destacáveis. O sistema Munsell é baseado em três variáveis: matiz (cor fundamental), valor (brilho ou tonalidade) e croma (intensidade de pureza de cor). Esses elementos são anotados em forma de números e letras. O matiz é representado por um número seguido da letra R (vermelho) ou Y (amarelo) ou ainda YR, e o valor e o croma aparecem sob a forma de fração. Quanto menores forem os números do valor e do croma, mais escuro será o solo. A anotação da cor do solo é feita comparando-se um torrão, de um determinado horizonte, com estes retângulos. Uma vez que se ache o de colorido mais próximo, faz-se uma anotação, que indica os três elementos da cor: o matiz (cor fundamental de arco-íris ou misturas da mesma), valor (tonalidade de cinza) e croma (proporção de mistura com a tonalidade de cinza indicado pelo valor). Esses elementos são anotados em forma de números e letras, como por exemplo: vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido) sendo 2,5 YR o matiz, 3 o valor e 6 o croma). A cor do solo é determinada em torrões secos e depois umedecidos.

- **MOSQUEADO**

O termo mosqueado é utilizado após a descrição da cor do solo (sempre úmido) para indicar a presença de mancha(s) de outra(s) cor(es) .

O mosqueado pode ser decorrente de drenagem imperfeita do solo, ser herdado de material de origem ou decorrer de variações localizadas de meteorização do material originário.

O arranjo dos mosqueados pode ser descrito, usando-se três notações: quantidade (pouco, comum e abundante), tamanho (pequeno, médio e grande) e contraste com a cor do solo (difuso, distinto e proeminente).

Alguns solos apresentam duas ou mais cores misturadas, onde não há predominância de uma, neste caso, faz-se referência à coloração variegada constituída e descreve-se o nome das cores.

- **TEXTURA**

Quando se separam os constituintes minerais unitários dos pequenos torrões, verifica-se que o solo é constituído de um conjunto de partículas individuais que estão, em condições naturais, ligadas umas às outras. Essas têm tamanhos bastante variados: algumas são suficientemente grandes para observação a olho nu, outras podem ser vistas com o auxílio de lentes de aumento ou microscópio comum, enquanto as restantes somente podem ser observadas com auxílio de microscópio eletrônico.

Para que estas partículas possam ser convenientemente estudadas é costume classificá-las em cinco frações cuja terminologia e limites convencionais, de acordo com a classificação internacional, são os seguintes:

Nome	Diâmetro (mm)
Calhaus	maior que 20,0
Cascalho	de 20,0 a 2,0
Areia	de 2,0 a 0,02
Silte	de 0,02 a 0,002
Argila	menor que 0,002

A fração areia pode ser subdividida em areia grossa (2,0 a 0,2mm) e areia fina (0,2 a 0,02mm).

O termo textura refere-se à proporção relativa das frações areia, silte e argila em um solo. Raramente um horizonte é constituído de uma única fração, mas de uma combinação dessas três, a qual define a classe de textura. Estas são identificadas graficamente nos diagramas triangulares feitos com esse propósito (Figura 4). Uma amostra, por exemplo, é classificada como arenosa se possuir mais de 85% de frações de tamanho areia; argilosa se possuir mais de 35% de argila e franca, se tiver as três frações em quantidades equilibradas. Algumas vezes, com fins práticos, os solos arenosos são referidos como de textura grosseira, os francos de textura média e os argilosos como de textura fina ou pesados. Os horizontes argilosos em muitos casos são menos permeáveis e mais pesados para serem trabalhados com o arado que os horizontes de textura arenosa ou de textura média.

A formação da estrutura é ocasionada por vários fatores, que podem ser visualizados como agindo em suas etapas: ajuntamento das partículas do solo e aparecimento de fendas que separam os torrões.

O ajuntamento das partículas é provocado por substâncias que têm a propriedade de ligar as partículas umas às outras. Entre as principais estão certos produtos orgânicos advindos da decomposição da matéria orgânica de restos vegetais e substâncias minerais, como óxido de ferro e as próprias argilas. Depois que as partículas são ajuntadas por esses agentes, a umidade e ressecamento alternados causam inchaço e encolhimento da massa do solo, o que provoca sinais de rachaduras e conglomerados de partículas, os quais terminam por formar os torrões do solo. Nessa etapa, outros processos podem agir e provocar rachaduras como, por exemplo, a ação da penetração das raízes e as galerias cavadas pelos pequenos animais que vivem no solo.

Entre os torrões do solo encontram-se os poros maiores ou macroporos e, dentro dos torrões os microporos. A quantidade de macroporos depende do modo com que os torrões se justam, da mesma forma que o número de cômodos de uma casa depende da disponibilidade das paredes.

Os torrões podem ter formato e tamanho variados. Quando eles têm aspectos de esferas, ou se a maior parte das faces são arredondadas, denomina-se esta estrutura de granular. Quando têm as dimensões horizontais próximas às dimensões verticais e as faces são planas ou quase planas são chamadas de estrutura angular ou subangular. Quando as faces são planas e as dimensões horizontais excedem as verticais, a estrutura é referida como laminar. Finalmente, se as dimensões verticais ultrapassam as horizontais, a estrutura é denominada prismática (quando todas as faces são planas) ou colunar (quando a face superior é arredondada). A Figura 5 representa os diversos tipos de estruturas do solo.

A importância da forma, tamanho e grau de estabilidade dos agregados do solo está relacionada, do ponto de vista agrícola, a propriedades como movimento de água, transferência de calor, aeração, porosidade, resistência do solo à erosão, etc.

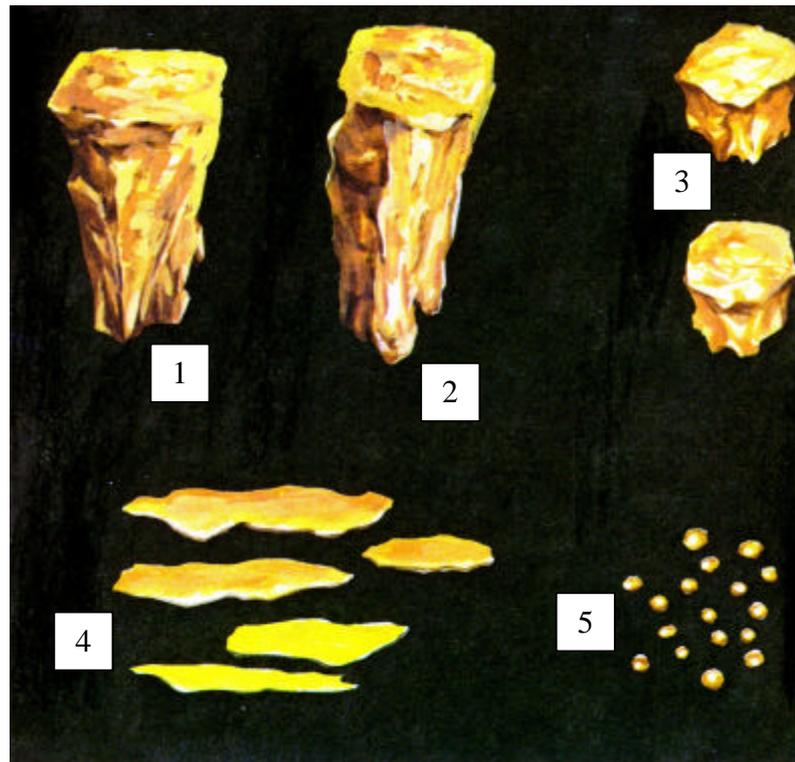


FIGURA 5. Alguns tipos de estrutura do solo: 1 - prismática; 2 - colunar; 3 - blocos subangulares; 4 - laminar e 5 - granular. Fonte: Lepsch (1977).

- **CONSISTÊNCIA**

As partículas de areia, silte e argila, como foi mencionado, são aglomeradas em torrões, mas mantidas unidas com diferentes graus de adesão. Isto faz com que uns solos sejam mais macios e outros mais duros. A resistência dos torrões a alguma força que tende a rompê-los é conhecida como consistência e, na prática, é determinada pressionando-se um torrão entre os dedos. O grau de consistência do solo varia em função de uma série de outras características, tais como textura, estrutura, agentes cimentantes (matéria orgânica, óxidos de ferro, etc.) e tipo dos minerais da fração argila.

A consistência do solo pode ser determinada em três estados de umidade: molhado - para verificação da plasticidade e pegajosidade; úmido - para verificação da friabilidade e seco - para verificação da dureza ou tenacidade.

Por exemplo, um torrão de solo úmido pode ser: a) friável - quando se desfaz sob leve pressão entre o indicador e polegar; b) firme - quando se desfaz sob pressão moderada porém apresentando pequena resistência; c) muito firme - quando dificilmente esmagável entre o indicador e polegar, sendo mais fácil fazê-lo segurando-o entre as palmas das mãos.

- **TRANSIÇÃO ENTRE HORIZONTES**

Os limites entre os horizontes são descritos levando-se em consideração a nitidez e a topografia dos horizontes. Quanto à nitidez, são utilizados os seguintes termos: abrupta (quando a faixa de transição é menor que 2,5cm), clara (de 2,5 a 7,5cm), gradual (de 7,5 a 12,5cm) e difusa (maior que 12,5cm). Quanto à topografia, são utilizados os seguintes termos: plana, ondulada, irregular e quebrada (Figura 6).

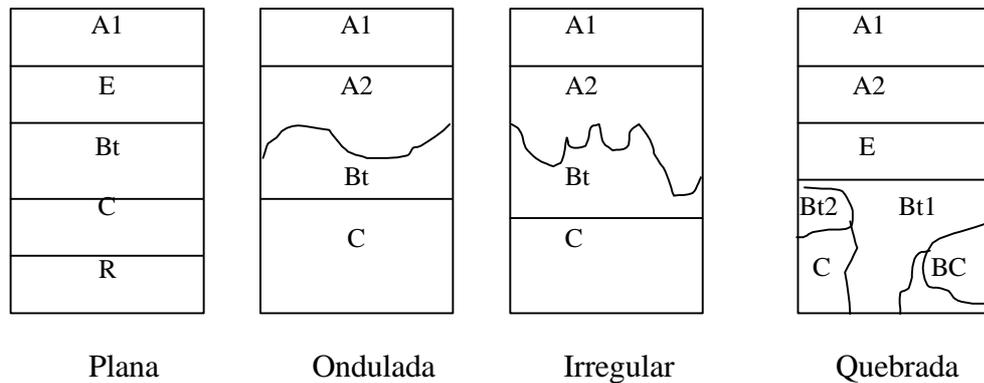


FIGURA 6. Exemplo de transição de horizontes, quanto à topografia.

- **ATIVIDADE DA ARGILA**

Conforme a capacidade de troca de cátions (T) no horizonte B ou no C, se não existir B, e no horizonte A, se não existir B nem C, os solos são considerados como de argila de atividade alta, Ta - capacidade de troca de cátions igual ou maior que 24meq/100g {ou 27cmol(+)/kg} de argila, após correção para carbono.

- **ARGILA DE ATIVIDADE BAIXA, TB**

Capacidade de troca de cátions menor que 24meq/100g {ou 27cmol(+)/kg} de argila, após correção para carbono.

No que diz respeito ao comportamento hidrodinâmico dos solos com atividade da argila alta, os mesmos apresentam uma capacidade muito maior de retenção d'água do que os de atividade baixa, resultando em um menor escoamento superficial na bacia hidrográfica de drenagem onde esses solos ocorrem.

- **EUTROFISMO E DISTROFISMO**

Conforme a saturação por bases do horizonte B ou do horizonte C, se não existir B, ou do horizonte A, se não existir B nem C, os solos são considerados Eutróficos (saturação de bases igual ou maior que 50%) ou Distróficos (saturação de bases menor que 50%).

Pelo fato dos solos Eutróficos apresentarem fertilidade natural elevada, espera-se que a vegetação natural apresente-se mais fechada e de maior porte, proporcionando assim,

uma melhor cobertura do superfície do solo, resultando na diminuição do escoamento superficial, pois além da precipitação ser interceptada pela biomassa, o maior número de plantas condicionam uma melhor cobertura do solo.

- **CARÁTER ÁLICO**

Para indicar saturação por Al^{3+} superior a 50% nos horizontes A, B ou C até à profundidade de um metro.

Quanto ao comportamento hidrodinâmico, por estes solos serem álicos, a vegetação natural geralmente é de menor porte e tortuosa (tipo cerrado), não apresentando um bom recobrimento do solo, decorrendo assim um maior escoamento superficial, quando comparado com os solos Distróficos e Eutróficos.

- **TIPO DE HORIZONTE A**

Caráter utilizado para separação de classes de solos, que tem por base a espessura, o teor em matéria orgânica, a saturação de bases e o estágio de desenvolvimento da estruturação do solo. É uma característica do solo que pode ser interpretada, a fim de se estimar o potencial de armazenamento d'água dos horizontes superficiais de uma determinada classe de solo e conseqüentemente a resposta ao escoamento superficial.

Segundo os critérios adotados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos, os diferentes tipos de horizontes A, encontrados na Região Semi-Árida nordestina, são antrópico, fraco, moderado, proeminente e chernozêmico.

O horizonte A antrópico é um horizonte formado ou modificado pelo homem, como lugar de moradia ou como lugar de cultivo prolongado.

O horizonte A chernozêmico é um horizonte mineral superficial, espesso, com alta saturação de bases ($V \geq 65\%$) e com grau de estruturação bem desenvolvido.

O horizonte A proeminente difere do A chernozêmico por apresentar saturação de bases baixa ($V < 65\%$).

O horizonte A moderado apresenta menor espessura e desenvolvimento de estruturas comparados aos mencionados anteriormente.

O horizonte A fraco é o menos espesso e/ou desenvolvido, quando comparado com os demais.

Para uma avaliação da resposta ao escoamento em função do tipo de horizonte A, recomendamos que este critério só deverá ser levado em conta quando comparamos solos da mesma classe. Como exemplo, podemos esperar um escoamento superficial maior em um Podzólico Amarelo Eutrófico A fraco, quando comparado com um Podzólico Amarelo Eutrófico A proeminente.

9 CARACTERÍSTICAS INTERMEDIÁRIAS DAS CLASSES DE SOLO

Solódico

Caráter utilizado para classes de solos, tais como: Planossolos, Solos Aluviais, Bruno Não Cálculo, etc. Indica que os solos possuem grande teor de sódio ($100\text{Na}^+/\text{T}$ entre 6 e 15%, no horizonte B e/ou C). O sódio tende a dispersar as argilas, formando um horizonte quase impermeável e proporcionando um escoamento muito alto, principalmente quando este se situa próximo à superfície do solo.

Litólico

Indica que os solos com esta característica são intermediários para os Solos Litólicos, sendo mais rasos e apresentando um escoamento maior do que os medianamente profundos.

Planossólico

Indica que o solo apresenta algumas características próprias do Planossolo, ou seja, uma camada superior arenosa com um horizonte mais profundo de coloração acinzentada, mais argiloso e quase impermeável, favorecendo o escoamento superficial.

Vértico

Utilizado para indicar que se trata de um solo que possui argilas expansivas, com fendilamentos aparentes (quando seco), característica comum dos Vertissolos. Nas primeiras chuvas, as fendas dos solos vérticos armazenam um volume d'água muito grande, limitando o escoamento superficial. Entretanto, quando saturados, suas fendas se fecham, proporcionando um escoamento muito forte.

Raso

Indica que os solos têm profundidade igual ou inferior a 50cm, entre os horizontes A e B, restringindo o armazenamento d'água no perfil, principalmente quando a textura for arenosa.

Medianamente profundo

Indica que os solos desta classe têm profundidade entre 50 e 100cm, incluindo os horizontes A e B.

Latossólico

Indica que os solos apresentam características latossólicas, ou seja, profundos a muito profundos, intemperizados e pouca diferenciação de textura entre o horizonte A e o B.

Câmbico

Indica que os solos apresentam a presença de alguns materiais de origem presentes na massa do solo.

Plíntico

O termo plíntico é utilizado para indicar a presença de plintita (identificada por coloração avermelhada de consistência muito dura) ao longo do perfil do solo. Isto significa que a drenagem é impedida, favorecendo o escoamento superficial.

Quanto ao comportamento hidrodinâmico da petroplintita (plintita consolidada), depende da profundidade e da quantidade de ocorrência no perfil do solo. Quanto mais próximo da superfície e em estado de camada contínua, proporciona um escoamento superficial muito elevado em uma bacia hidrográfica de drenagem.

Cangas

Cangas são concreções de óxido de ferro (hematitas) e hidróxidos de ferro na superfície do solo, sob a forma de concreções soltas, de tamanho variado.

Pedregosidade

Refere-se à proporção relativa de calhaus (2-20cm) de diâmetro e matacões (20-100cm de diâmetro) sobre a superfície e/ou na massa do solo. As classes de pedregosidade são definidas como: não pedregosa, ligeiramente pedregosa, moderadamente pedregosa, pedregosa, muito pedregosa e extremamente pedregosa. A pedregosidade na superfície do solo é um fator prejudicial ao uso de equipamentos agrícolas; no entanto, serve de proteção ao impacto direto das gotas de chuvas sobre a superfície do solo, diminuindo o escoamento superficial em uma bacia hidrográfica.

Rochosidade

Refere-se à proporção relativa de exposições de rochas ou matacões com mais de 100cm na superfície do solo. As classes de rochosidade são definidas como: não rochosa, ligeiramente rochosa, moderadamente rochosa, rochosa, muito rochosa e extremamente rochosa. Quanto maior o teor de rochosidade na bacia hidrográfica de drenagem, maior será o escoamento superficial a não ser que, na toposeqüência, ocorram

solos que armazenam este escoamento, como por exemplo, bancos de areia ao longo das margem dos riachos.

Erosão

A erosão é um fenômeno de desgaste e/ou arrastamento das partículas do solo pelas águas das chuvas, ventos ou outro agente. A fase erodida indica que os solos apresentam-se sem horizonte A, que são mais ricos em matéria orgânica e/ou com estes horizontes já apresentando um estágio avançado de desgaste, ocasionando assim um maior escoamento superficial. A erosão e/ou truncamento de um solo é o resultado de um manejo inadequado (Figuras 7, 8, 9 e 10).

Truncado

É um estágio mais avançado de erosão, ficando por vezes exposta a própria rocha em alteração. Quanto maior o grau de truncamento, maior será o escoamento superficial neste solo (Figuras 7, 8, 9 e 10).



FIGURA 7



FIGURA 8



FIGURA 9



FIGURA 10

Impedimentos

São camadas e/ou horizontes encontrados no solo que impedem ou dificultam a infiltração da água. Entre eles podemos destacar:

- **Fragipã** - o fragipã ocorre em um ou mais horizontes, é caracterizado por um aspecto maciço, com consistência dura a extremamente dura, quando seco, e não plástico e não pegajoso, quando molhado. Em decorrência destes fatores, a permeabilidade aparenta ser rápida nos horizontes superiores de textura arenosa a média, mas sofre uma grande redução nos horizontes seguintes, favorecendo o escoamento superficial, quanto mais próximo o fragipã se encontra da superfície.
- **Duripã** - o duripã ou “surraipa dura” é um horizonte subsuperficial cimentado a tal ponto que um fragmento seco não se desfaz após prolongada embebição em água.
- **Petroplintita** - material proveniente da plintita, que sobre efeito de ciclos repetidos de secagem e umedecimento, sofre consolidação irreversível, dando lugar à formação de concreções ferruginosas de dimensões e formas variáveis, individualizadas ou aglomeradas, podendo mesmo configurar camadas maciças, contínuas, de espessura variável.
- **Encrostamento, Adensamento e Coesão** - o Encrostamento (Figura 11) é a formação de uma camada fina na superfície do solo. A formação dessa camada decorre do desmatamento de uma determinada região onde o solo apresenta teores de silte muito elevados. O processo de vedação desta camada é decorrente da energia cinética das chuvas. O silte preenche os poros, impedindo a infiltração da água e ocasionando, assim, um maior escoamento superficial. A presença de um encrostamento deve ser apreciada no campo. Caso isto ocorra, os valores centrais indicados nas classes de solo deverão ser alterados para um valor de escoamento superior.

O Adensamento (Figura 12) se forma devido a um manejo inadequado dos solos pelo uso de equipamentos agrícolas. A Coesão é decorrente de um processo pedogenético. Quando mais próximo à superfície do solo ocorrer a camada de impedimento, maior será o valor do escoamento atribuído para este solo.



FIGURA 11 - fotografia de Alain Casenave.



FIGURA 12

10 DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS E TIPOS DE TERRENOS

10.1 LATOSSOLO

Características - são solos de coloração avermelhada, alaranjada ou amarelada, muito profundos, friáveis, porosos, de textura variável, com argila de atividade baixa (Tb). São solos fortemente intemperizados. Neles, os minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, bem como a fração silte, estão ausentes ou existem em pequenas proporções e os teores de óxidos de ferro e alumínio são elevados. A cor destes solos é variável em função da quantidade e dos tipos de óxidos de ferro presentes. São solos que, por serem bastante intemperizados, apresentam uma morfologia muito uniforme ao longo do perfil, apresentando transição difusa entre os horizontes, com um pequeno escurecimento mais visível no horizonte superficial devido à presença da matéria orgânica (Figuras 13, 14 e 15).

Variações - Latossolo Roxo (LR), Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário laterítico (LV).

Significado hidrológico - geralmente o escoamento superficial é muito fraco. No caso dos solos de textura argilosa ou concrecionários (lateríticos), o escoamento pode apresentar valores médios.



FIGURA 13



FIGURA 14



FIGURA 15

10.2 PODZÓLICO

Características - são solos bem desenvolvidos, diferenciando dos Latossolos por apresentar um gradiente de textura em profundidade, como consequência de acúmulo de argila dos horizontes superiores. Geralmente são profundos, no entanto, na região Semi-Árida podem ser rasos e pouco profundos. Este gradiente de textura denota ao solo diferentes classes de drenagem interna, fazendo com que estes solos sejam susceptíveis à erosão hídrica. A coloração do horizonte B depende das condições de drenagem interna do solo, bem como do tipo e quantidade de óxidos de ferro e alumínio presentes.

Variações - Podzólico Vermelho-Escuro (PE) (Figuras 18 e 19), Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) (Figura 17), Podzólico Amarelo (PA) (Figura 16), Podzólico Acinzentado (PZ) (Figura 20).

Significado hidrológico - os solos Podzólicos rasos, plínticos, argilosos e/ou acinzentados proporcionam um escoamento forte. Para os demais, o escoamento superficial pode ser médio a fraco.



FIGURA 16



FIGURA 17



FIGURA 18

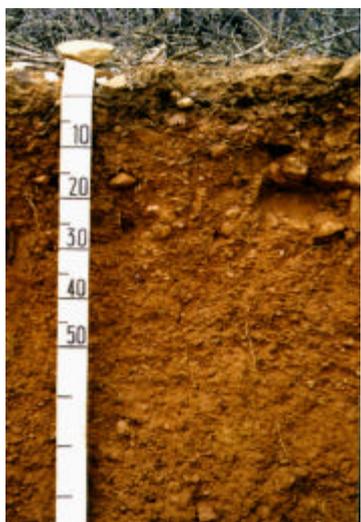


FIGURA 19



FIGURA 20



FIGURA 21

10.3 TERRA ROXA

Características - este solo apresenta textura argilosa, com seqüência de horizontes A, B e C. O termo “estruturada” deve-se à estrutura tipo angular e subangular, pequena, fortemente desenvolvida, encontrada no horizonte B. Daí, então, ser uma das características diferenciadas em relação ao Latossolo Roxo.

As características principais deste grupo de solos são as de possuírem B textural, cerosidade no horizonte B revestindo as unidades estruturais, transição difusa entre os horizontes pela cor, grande estabilidade dos micro-agregados, efervescência com água oxigenada devido à presença de concreções de manganês e abundância de minerais magnéticos. São profundos a muito profundos, com boa porosidade e boa permeabilidade em todo o perfil (Figura 22). Esta classe de solo não ocorre na Região Semi-Árida.

Variações - Terra Rocha Estruturada (TR), Terra Rocha Estruturada Similar (TS) e Terra Bruna Estruturada (TBS).

Significado hidrológico - quanto ao comportamento hidrodinâmico, estes solos apresentam um potencial fraco a médio quanto ao escoamento superficial, devido às características morfológicas apresentadas anteriormente.

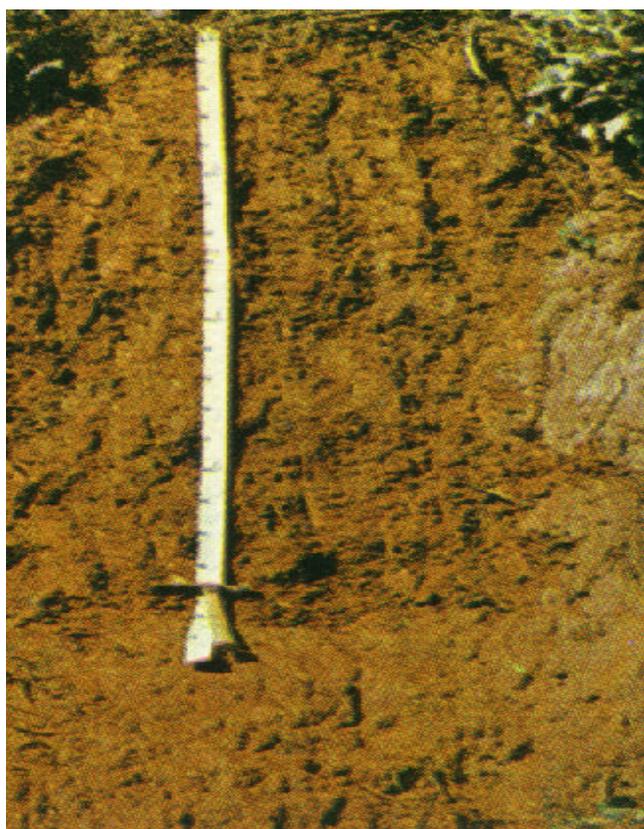


FIGURA 22

10.4 PLINTOSSOLO

Características - grande parte destes solos foram anteriormente mapeados como Lateritas Hidromórficas (HL). Compreende solos minerais hidromórficos ou com séria restrição à percolação de água. Apresentam horizonte plíntico dentro dos 40cm superficiais (Figuras 23 e 24), ou a maiores profundidades quando subsequente a outros horizontes (E, petroplíntico ou outro com muitos mosqueados).

Significado hidrológico - do ponto de vista hidrológico, este solo tem um comportamento hidrodinâmico semelhante aos Planossolos e a espessura do horizonte A é que define um maior ou menor escoamento superficial; no entanto, estes solos, de um modo geral, proporcionam um escoamento forte.

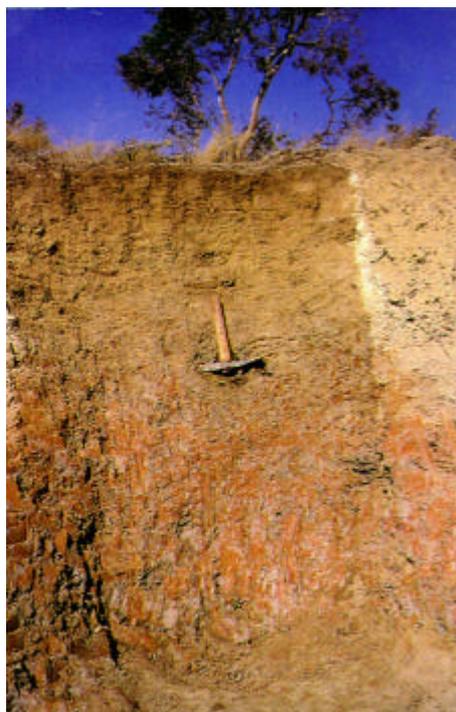


FIGURA 23

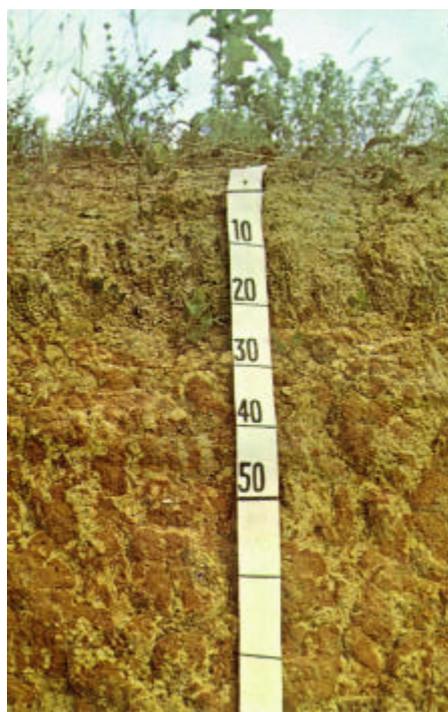


FIGURA 24

10.5 BRUNIZEM

Características - é uma classe de solos com horizonte B câmbico, profundos, sendo por definição de alta atividade de argila (Ta) e ao mesmo tempo Eutróficos e com horizonte A chernozêmico (Figuras 25, 26 e 27). Esta classe de solo não ocorre na Região Semi-Árida.

Variações - Brunizem (B) e Brunizem Avermelhado (BV).

Significado hidrológico - por apresentarem uma drenagem moderada a boa, o escoamento superficial é médio.



FIGURA 25



FIGURA 26



FIGURA 27

10.6 BRUNO NÃO CÁLCICO

Características - são solos minerais pouco profundos ou rasos, não hidromórficos, com argila de atividade alta, Eutróficos com horizonte A de consistência dura a muito dura, quando secos, estrutura maciça ou em blocos fracamente desenvolvidos, seguida por um horizonte B pouco espesso realçado pela cor vermelha, usualmente com mudança textural abrupta (entre o horizonte A e o B), estrutura em blocos bem desenvolvidos. São solos que apresentam uma tendência muito forte à erosão e ocorrência de forte pedregosidade na superfície, característica desses solos (Figuras 28, 29 e 30).

Variações - Bruno Não Cálculo (NC), Bruno Não Cálculo vértico, Bruno Não Cálculo planossólico, Bruno Não Cálculo litólico.

Significado hidrológico - apresentam um escoamento superficial médio ($L_{600} = 37\text{mm}$). No entanto, quando erodidos ou truncados, apresentam um $L_{600} = 60\text{mm}$ ou até mais, quando aparecem encrostamentos.



FIGURA 28



FIGURA 29

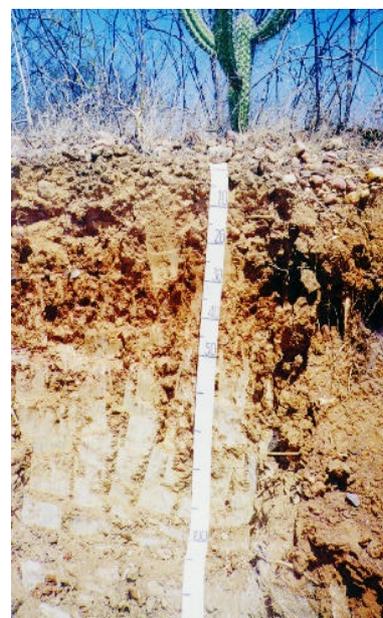


FIGURA 30

10.7 PLANOSSOLO

Características - compreende solos minerais hidromórficos ou não, com mudança textural abrupta. O horizonte A de textura arenosa ou média está sobre um horizonte B de textura argilosa, apresentando cores de redução e/ou mosqueado resultantes de drenagem imperfeita ou má e com estrutura em blocos subangulares e/ou angulares ou, ainda, prismática. A mudança textural abrupta é de tal forma marcante que se forma, no solo seco, uma superfície dita de fraturamento entre o horizonte B e o A.

Variações - Planossolo (PL) e Planossolo solódico (Figuras 31, 32 e 33).

Significado Hidrológico - a espessura do horizonte A de textura arenosa condiciona o escoamento superficial. Quando são espessos e situados na parte baixa das toposseqüências, os Planossolos podem reter uma grande parte do escoamento proveniente das partes mais altas. Quando os Planossolos da Bacia Hidrográfica são solódicos (PLs) deve-se esperar acúmulo de água salinizada. Apresentam um escoamento bastante variável em decorrência da espessura do horizonte A. Nos solos com horizonte A espesso (maior que 80cm o escoamento é fraco), quando esses solos apresentam um horizonte A típico (20cm), espera-se um escoamento forte.

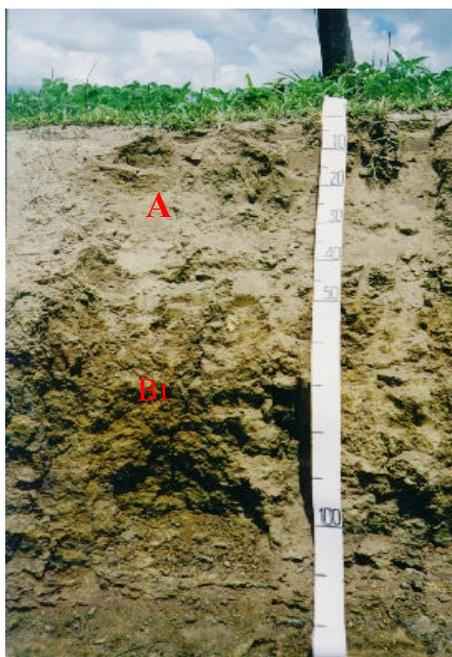


FIGURA 31



FIGURA 32



FIGURA 33. Aspecto da vegetação em área de Planossolo solódico.

10.8 CAMBISSOLO

Características - são solos pouco desenvolvidos, com horizonte B do tipo incipiente ou câmbico (em formação), nos quais, os processos genéticos não se aprofundaram suficientemente para produzir um horizonte B com estrutura, cor e outras propriedades desenvolvidas que caracterizam um horizonte diagnóstico das outras classes de solos. Na Região Semi-Árida, esses processos ainda não destruíram as principais reservas minerais oriundas do material de origem, o que permite uma distinção dos Latossolos, pois estes não apresentam materiais primários na massa do solo. Quanto à textura, são solos que não apresentam variações de textura entre o horizonte A e o B, característica esta que permite uma distinção com a classe dos Podzólicos. Quanto à profundidade, encontramos desde solos rasos até profundos. A textura dos Cambissolos varia de média a argilosa (Figuras 34, 35 e 36).

Variações - Cambissolo (C), Cambissolo vértico, Cambissolo raso, Cambissolo pouco profundo, Cambissolo erodido ou truncado.

Significado Hidrológico - os Cambissolos profundos de regiões calcárias apresentam um escoamento fraco, sendo este mais elevado quando rasos, erodidos, truncados ou argilosos de regiões graníticas, gnáissicas, migmatíticas ou outras do cristalino. Somente estes últimos tipos de Cambissolos fornecerão um escoamento médio a forte, suficiente para construção de açudes.



FIGURA 34



FIGURA 35



FIGURA 36

10.9 VERTISSOLO

Características - são solos cinza-escuros, pretos ou marrons, argilosos a muito argilosos, com elevado teor de argila do tipo 2:1, que se caracterizam por provocarem expansões e contrações, respectivamente quando úmidos e secos. Em consequência da contração das argilas na estação seca, a superfície desses solos apresenta uma grande quantidade de fendilhamentos (Figura 37), característica marcante desses solos. As fendas, em muitos casos, podem atingir 10 a 20cm de largura na superfície e estendem-se até profundidades de 50 a 100cm (Figura 38). Estes solos situam-se normalmente em baixadas planas.

Significado hidrológico - são solos que apresentam textura argilosa a muito argilosa proporcionando um escoamento fraco ou médio no início das chuvas, período em que apresentam profundas fendas. Entretanto, quando saturados com água, devido à expansão de suas argilas e conseqüente fechamento das fendas, podem provocar um escoamento muito elevado. Devido a essas características, os Vertissolos aumentam a irregularidade dos escoamentos.



FIGURA 37



FIGURA 38

10.10 SOLONETZ SOLODIZADO

Características - morfologicamente, são semelhantes aos Planossolos solódicos; no entanto, a presença de maiores teores de saturação com sódio trocável ($100\text{Na}^+/\text{T}$) superiores a 15% apresentam uma maior dispersão das argilas do horizonte B nátrico, em conseqüência, maior desenvolvimento de estruturas colunares e/ou prismáticas (Figuras 39, 40, 41, 42 e 43).

Variações - Solonetz e Solonetz solodizado.

Significado hidrológico - variável com a espessura do horizonte superficial. O comportamento hidrodinâmico da água neste solo é semelhante ao dos Planossolos, apresentando valores de escoamento superficial um pouco mais elevado, devido a mais baixa taxa de infiltração. O comportamento superficial é semelhante ao dos Planossolos.



FIGURA 39



FIGURA 40



FIGURA 41



FIGURA 42. Fotografia de Igo F. Lepsch.



FIGURA 43

10.11 SOLONCHAK

Características - compreende solos minerais halomórficos, com altas concentrações de sais solúveis, expressas por condutividade elétrica no estrato de saturação igual ou maior do que 4mmhos/cm (4dS/cm) a 25° C. Estes solos ocorrem apenas em áreas hidromórficas (presença de horizonte subsuperficial gleizado), onde a salinidade (em alguns casos, alcalinidade também elevada - intermediárias para os Solonetz Solodizados), sendo forte e a evaporação vigorosa, há concentração mais intensa dos solutos na superfície do solo, com a crescente cristalização de sais - eflorescências - imprimindo coloração clara ou mesmo esbranquiçada à superfície das áreas mais afetadas, resultando na adaptação apenas de algumas plantas que suportam esta condição.

Significado hidrológico - estes solos apresentam um comportamento semelhante aos solos Solonetz Solodizados. Podem apresentar escoamento superficial médio a muito forte. Esta variação deve-se ao fato da espessura do horizonte A, do estado de estruturação dos horizontes subsuperficiais e da profundidade de ocorrência do horizonte gleizado.

10.12 GLEISSOLO

Características - são solos que apresentam um horizonte subsuperficial, de coloração cinzenta, geralmente mosqueado devido aos fenômenos de oxirredução que ocorrem em ambiente com muita deficiência de oxigênio. Forma-se em terrenos baixos e confinados, com grande influência do lençol freático à superfície ou próximo dela por todo o ano ou ao menos durante um longo período do ano, condicionado pelo posicionamento no relevo, que ocasiona a má drenagem. A má drenagem impede a decomposição da matéria orgânica, resultando solos com teores elevados nos horizontes superficiais, proporcionando uma coloração escura na superfície desses solos (Figura 38).

Variações - estes solos eram anteriormente classificados como Glei pouco Húmico (HGP) e Glei Húmico (HG).

Significado hidrológico - como é muito baixa a condutividade hidráulica desses solos, as bacias hidrográficas onde ocorrem têm um forte potencial para o escoamento superficial.



FIGURA 44. Fotografia de Lúcio S. Vieira.

10.13 SOLOS ALUVIAIS

Características - são solos desenvolvidos de sedimentos recentes, geralmente de origem fluvial, constituído de camadas alternadas e, freqüentemente, de classes texturais distintas (dependente do depósito aluvial transportado), sem guardar correspondência pedogenética entre si. Apresenta um horizonte A, assentado diretamente sobre um horizonte C, constituído por estratos de depósitos sedimentares (Figuras 45 e 46).

Variações - solos Aluviais solódicos, Solos Aluviais com carbonato, Solos Aluviais sódicos, Solos Aluviais gleizados.

Significado hidrológico - o escoamento superficial dos Solos Aluviais varia muito. Quando profundos e de textura arenosa, apresentam um escoamento fraco. Entretanto, quando de textura argilosa e/ou solódicos, apresentam um escoamento muito forte. Estes solos recobrem geralmente uma pequena parte da bacia hidrográfica de drenagem.



FIGURA 45



FIGURA 46

10.14 REGOSSOLO

Características - esta classe compreende solos de textura arenosa, pouco profundos (<100cm e >50cm) a profundos, com seqüência de horizontes A/C, com teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo superiores a 4% (principalmente feldspatos) nas frações areia e cascalho (Figuras 47 e 48).

São solos excessivamente a bem drenados, podendo apresentar horizontes endurecidos em alguma parte do C, denominados de fragipã e/ou duripã.

Significado hidrológico - quando a camada de fragipã não existe, o escoamento superficial é praticamente nulo. Se esta camada existir, o escoamento dependerá da profundidade em que ela ocorra. Geralmente não existe escoamento suficiente para a construção de açudes nas bacias hidrográficas com predominância de Regossolos.



FIGURA 47. Fotografia de Manoel B. de O. Neto



FIGURA 48

10.15 AREIAS QUARTZOSAS

Características - esta classe abrange solos de textura arenosa, essencialmente quartzosos (o que difere da classe dos Regossolos), muito profundos, com seqüência de horizontes A/C, excessivamente drenados, forte a excessivamente ácidos e de baixa fertilidade natural (Figuras 49 e 50).

Significado hidrológico - a textura arenosa destes solos significa baixa capacidade de retenção d'água e infiltração muito elevada, não havendo, praticamente, escoamento superficial. Quando são situados em trechos inferiores de uma bacia hidrográfica, as Areias Quartzosas retêm uma parte importante do escoamento proveniente das partes mais altas, diminuindo, assim, o escoamento superficial das áreas a montante da bacia hidrográfica.



FIGURA 49



FIGURA 50

10.16 RENDZINA

Características - são solos pouco profundos a rasos, diferindo dos Solos Litólicos por apresentar horizonte A chernozêmico desenvolvido sobre calcário (Figuras 51 e 52).

Significado hidrológico - o comportamento hidrodinâmico desses solos depende da textura, profundidade e presença de horizontes subsuperficiais com algum impedimento. Quando não, estes solos por serem desenvolvidos de calcário, apresentam uma boa drenagem, além do que a rocha subjacente, oferece uma permeabilidade muito boa e em algumas regiões ocorrem áreas de sumidouros, por onde a água da chuva alimenta o lençol freático, não favorecendo o escoamento superficial. Devido a esses fatores, o escoamento superficial é muito variável, podendo ser fraco a forte.

**FIGURA 51****FIGURA 52**

10.17 SOLOS LITÓLICOS

Características - são solos jovens, rasos (inferior a 50cm de profundidade), de textura, siltosa, arenosa, média ou argilosa (Figuras 53 e 54). Apresenta seqüência de horizontes A, R ou A, C (geralmente de pequena espessura) e R. Em geral, ocorre em rampas muito inclinadas, áreas de relevo montanhoso, existindo também nas regiões semi-áridas em relevos planos. Estes solos encontram-se quase sempre associados a Afloramentos de rocha.

Significado hidrológico - a presença de Solos Litólicos na bacia hidrográfica é um fator favorável para o escoamento. Esses solos apresentam um escoamento médio ($L_{600} = 37 \text{ mm}$), mas, quando erodidos, o escoamento é muito forte ($L_{600} = 60 \text{ mm}$).



FIGURA 53. Fotografia de José Coelho de A. Filho

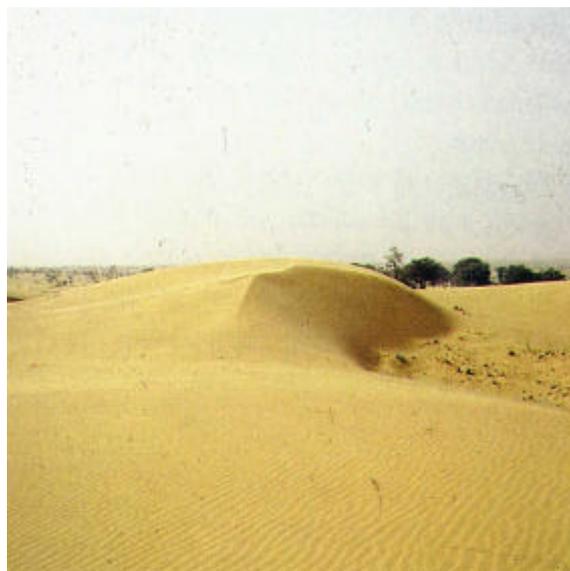


FIGURA 54

10.18 DUNAS

Características - não é uma classe de solo, trata-se de sedimentos em forma de colina ou monte formado de areia pela ação do vento. Tem origem ligada a obstrução ao vento carregado de areia, por alguma moita, lajedos ou outro anteparo. Uma vez formadas, as dunas, por si só, passam a oferecer resistência ao vento, tomando formas variadas (Figuras 55 e 56).

Significado hidrológico - quanto ao comportamento hidrodinâmico desses sedimentos, as dunas apresentam-se com drenagem excessiva, absorvendo toda a precipitação pluviométrica. O escoamento superficial, devido à textura arenosa e à fraca coesão das partículas de areia, é nulo.

**FIGURA 55****FIGURA 56**

10.19 AFLORAMENTOS DE ROCHA

Características - são tipos de terrenos representados por exposições de diferentes tipos de rochas, que ocorrem principalmente na zona semi-árida (Figuras 57 e 58).

Constituem associações principalmente com Solos Litólicos e ocorrem também como inclusões em áreas de outros solos.

Apresentam-se como exposições de rocha dura, branda ou semi-branda, nua ou com reduzidas porções de materiais detríticos grosseiros não consolidados, formando mistura de fragmentos provenientes da desagregação das rochas com material terroso, especificamente não classificáveis como solo.

Significado hidrológico - os Afloramentos de Rocha estão sempre associados com outros solos em proporções variáveis, os quais podem reter o escoamento oriundo da parte rochosa; apesar disto, são tipos de terrenos que, geralmente, produzem um escoamento muito forte.



FIGURA 57



Figura 58. Fotografia de Eric Cadier.

11 APLICAÇÃO DO MÉTODO L_{600} - MEDIÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DE DRENAGEM

Neste estudo, para o cálculo do escoamento superficial utilizou-se o método proposto por Cadier (1984). A seguir são apresentadas as etapas do procedimento do método.

• Documentos necessários

Deve-se reunir os documentos a seguir discriminados, relativos à bacia hidrográfica de drenagem (BHD) e do local de medição:

- a) mapa topográfico da BHD, na escala de 1: 100.000 ou de maior precisão, se existir;
- b) mapa hidrogeológico, na escala de 1:500.000 ou de maior precisão, se existir;
- c) mapa pedológico e geológico da BHD, na escala mais precisa possível;
- d) mapa de isoietas da BHD, na escala compreendida entre 1:1.000.000 e 1:2.500.000;
- e) fotografias aéreas ou imagens de satélites da BHD (indispensáveis, se a bacia for < que 10km²);
- f) todo e qualquer estudo ou mapa, capaz de melhorar o conhecimento fisiográfico da BHD;
- g) caso o estudo seja feito para a construção de um reservatório (açude), o levantamento topográfico (detalhado ou semi-detalhado) da bacia hidráulica é indispensável; e
- h) análises hidroquímicas dos solos e da água, visando avaliar os riscos de salinidade.

Os mapas topográficos, pedológicos e uma avaliação do total anual das precipitações são absolutamente indispensáveis para a aplicação do presente método.

• Informações a serem coletadas no campo

O reconhecimento de campo é imprescindível e objetiva reunir vários tipos de informações, para complementar, confirmar e/ou modificar as conclusões do trabalho realizado em escritório. Os principais tópicos dessa etapa estão detalhados a seguir.

- a) confirmação, no campo, do local previsto para o estudo, plotagem nos mapas e nas fotografias aéreas;
- b) quando a bacia for muito pequena, a sua delimitação nos mapas e fotografias deve ser respaldada com uma visita ao campo, a fim de que tenhamos um menor erro na determinação da superfície da BHD; e
- c) checagem das informações coletadas no escritório, sobre solo, vegetação, uso, drenagem, açudes, etc., para aplicação dos eventuais fatores corretivos da classificação;

A verificação, em campo, da coerência do mapa de solo com os solos efetivamente presentes é de primeiríssima importância, pois os solos da BHD constituem a base da classificação.

d) inspeção dos açudes situados a montante do local de medição previsto, avaliação de seus volumes e dos riscos de arrombamento.

A visita ao campo poderá, evidentemente, ser aproveitada para realizar outros estudos preliminares do projeto, como por exemplo: estudo da viabilidade de construção de um açude e sua futura utilização.

- **Avaliação da superfície da bacia hidrográfica de drenagem**

Definir o local do estudo, definir a linha de contorno da BHD e calcular a superfície (S):

- a) para áreas com menos de 5km^2 , utilizam-se fotografias aéreas ou mapa preciso (escala 1:50.000 ou 1:25.000);
- b) entre 5 e 25km^2 , utilizar mapas ou fotografias, conforme a nitidez do relevo nos documentos disponíveis; e
- c) para áreas com mais de 25km^2 pode-se usar mapa planialtimétrico na escala de 1:100.000, cuja precisão é suficiente, em todos os casos.

Se houver condições para uma escolha entre diversas escalas de mapas, deve-se lembrar que o planímetro é o instrumento que apresenta maior precisão para medir superfícies médias entre 20 e 100cm^2 .

Em todos os casos, é muito arriscado e ilusório tentar delimitar e avaliar superfícies de bacias que sejam, no mapa, inferiores a 1cm^2 , mesmo utilizando o método de *divisão e contagem* de pequenos quadrados.

Localizar os açudes existentes dentro da BHD e avaliar suas respectivas áreas de drenagem. Calcular, em seguida, a superfície ativa (S_a) da bacia estudada que corresponde a superfície total (S), diminuída da superfície controlada pelos açudes.

A avaliação dessas superfícies é fundamental. Ela permitirá o cálculo dos volumes escoados a partir das lâminas escoadas.

- **Classificação hidrológica da bacia hidrográfica de drenagem**

A classificação hidrológica das bacias hidrográficas constitui, juntamente com a avaliação da superfície de drenagem e das precipitações, os três elementos fundamentais que permitem o cálculo dos volumes hídricos disponíveis.

Em primeiro lugar, deve ser efetuada uma classificação hidropedológica de cada uma das unidades de solo existentes na BHD.

Esta classificação permite estimar, diretamente, a partir de simples tabelas, o valor central do L_{600} padrão de cada classe de solo (CS) ou da unidade de mapeamento (UMP).

Os valores centrais propostos para cada L_{600} padrão de cada solo (Anexo I), foram determinados considerando-se as condições médias existentes atualmente na zona do Sertão, para os principais fatores susceptíveis de influenciarem o escoamento. Esses fatores são, por exemplo, o estado de cobertura vegetal, o número de açudes, o relevo e a densidade de drenagem.

Quando um desses fatores atinge um valor que não pode ser considerado normal, devem ser averiguadas as causas e realizadas as correções.

Essa *intervenção de fatores corretivos* constituirá uma outra etapa e será efetuada em função de critérios de apreciação mais subjetivos que na etapa anterior. Essas correções requerem, geralmente, a participação de técnicos que já possuem experiência na utilização do presente método.

- **Determinação do L_{600} padrão**

O Coeficiente L_{600} corresponde a uma lâmina fictícia que escoaria se a classe de solo ou a unidade de mapeamento em estudo recebesse uma precipitação média anual de 600 mm, na zona climática do Sertão.

A Tabela A (Anexo 1) indica os valores de L_{600} padrão determinados para as classes de solo de maior representação na Região Nordeste e a Tabela B (Anexo 2) apresenta os valores de L_{600} padrão das unidades de mapeamentos contidos nos Levantamentos Exploratórios/Reconhecimento de Solos de todos Estados da Região Nordeste, incluindo o norte do Estado de Minas Gerais (Embrapa, 1979).

11.1 Quando usar a Tabela A ou a Tabela B

A Tabela B, no Anexo 2, deve ser utilizada nas bacias hidrográficas de drenagem que ocupam grandes áreas e que podem ser delimitadas nos Levantamentos de Solos, ou seja, quando não se tem dúvida sobre a localização da bacia. A Tabela B pode ser utilizada sem restrição para bacias hidrográficas de drenagem de tamanho superior a 100km^2 .

A Tabela A, no Anexo 1, é utilizada quando se dispõe de levantamentos de solos mais detalhados, onde os solos foram mapeados sob a forma de classes simples (CS) e não de unidades de mapeamento (UMP), proporcionando, assim, maior segurança dos limites e dos tipos de solos que ocorrem numa determinada bacia. Para bacias hidrográficas de drenagem de superfície inferior a 10km^2 é sempre necessário determinar a proporção das classes de solo efetivamente presentes.

11.2 Cálculo da L_{600} da bacia hidrográfica de drenagem

O cálculo da L_{600} da bacia é feito utilizando uma das seguintes equações:

Equação 1:

$$L_{600} \text{ da BHD} = (L_{600} \text{ de cada CS} \times \% \text{ de ocorrência da CS})$$

Equação 2:

$$L_{600} \text{ da BHD} = (L_{600} \text{ de cada UMP} \times \% \text{ de ocorrência da UMP})$$

11.3 Cálculo da L_{600} corrigida da bacia hidrográfica de drenagem

De posse da informação da L_{600} padrão, obtida no Anexo I ou II, deverá ser procedida as devidas correções. As correções da L_{600} padrão só deverão ser realizadas quando forem detectadas anomalias nos fatores corretivos, em função de critérios de apreciação mais subjetivos que na etapa anterior. Tais correções requererão uma visita ao campo e uma certa experiência para a avaliação do peso real a ser atribuído a cada fator corretivo.

- **Influência da cobertura vegetal (CV)**

Os valores de L_{600} padrão propostos no Anexo I ou II correspondem a situações médias ou centrais da cobertura vegetal, nas condições médias atuais do Semi-Árido nordestino, as quais são intermediárias entre uma cobertura plena e um desmatamento total.

Os fatores de correção para o estado da cobertura vegetal (CV) devem-se aos estudos realizados por Silva et al. (1989) e aos estudos realizados nas Bacias Experimentais de Sumé/PB e Tauá/CE. Na Tabela 2 são apresentados os fatores de correção da cobertura vegetal para diferentes graus de ocorrência.

TABELA 2 - Fatores de correção da cobertura vegetal para diferentes graus de ocorrência.

Estado da cobertura vegetal	Fator de correção (CV)
Extremamente conservado	de 0,50 a (0,75)
Bem conservado	de 0,75 a (0,88)
Ocupação normal	1,00
Muito degradado	de 1,25 a (1,50)
Extremamente degradado	de (1,50) a 2,00

Nota: Os valores entre parênteses são os mais indicados.

Deve-se considerar, sobretudo, o grau de proteção da cobertura do solo e da interceptação da chuva causada pela vegetação. Assim, um pasto em bom estado, ou seja, onde as plantas criam uma camada fechada que protege totalmente o solo, pode ser considerado como uma unidade bem conservada, pois é equivalente, em termos de intervenção da chuva, a uma caatinga nativa bem fechada. As zonas de solo nu, desprovido de cobertura vegetal e compactado superficialmente devem ser consideradas como muito degradadas.

Recomendamos, no entanto, não utilizar valores de CV inferiores a 0,75 ou superiores a 1,5; salvo em casos extremos.

- **Correção pela presença de outros açudes (CA) a montante do local de medição do escoamento**

Os valores de L_{600} propostos foram estabelecidos para as condições atuais das grandes bacias estudadas, nas quais se pode considerar que os açudes existentes a montante já controlam, em média, 30 a 50% da superfície das bacias, com um volume total de armazenamento da ordem de 25 a 50% do volume natural médio escoado. Nesse caso, não se deve efetuar correções. Os fatores de correção (CA), obtidos em estudos realizados em bacias hidrográficas na Região Nordeste, são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - Fatores de correção (CA).

Densidade de açudes	Fator de correção (CA)
Muito forte, superior a 0,5 açude/km ² * ou presença de açude muito grande	< 1,00
Normal **	1,00
Nula	1,50

* Necessidade de realizar um estudo específico.

** Volume total dos açudes da ordem de 40% do volume anual escoado; densidade entre 0,25 e 0,50 açude/km².

Frisamos a imperiosa necessidade de multiplicar por 1,50 as lâminas L(P) calculadas para pequenas bacias perto das cabeceiras e desprovidas de açudes.

11.4 Intervenção de outros fatores corretivos (CL)

Como já foi explicado, o cálculo do L_{600} por classe de solo integra e depende de muitos outros fatores: natureza geológica do subsolo, influência do clima, do relevo, etc.

Entretanto, um pedólogo experiente pode estimar eventuais anomalias no comportamento mediano que se deveria esperar desse solo.

Estas correções só deverão ser realizadas no caso de anomalias visíveis, tais como:

- presença de depressões ou bancos de areia susceptíveis de reterem uma parte do escoamento, sobretudo quando estão situados na parte inferior das toposseqüências ou dos rios. Valor recomendado para este caso é de um CL = 0,80; e
- densidade de drenagem ou relevo excepcionais que podem modificar o escoamento em relação ao que se poderia esperar através da classe de solo identificado.

Pode-se, também, nesse caso, efetuar correções dos valores de L_{600} dos solos susceptíveis a muitas variações.

Assim, a L_{600} dos Solos Aluviais, cujo valor central foi fixado em 25mm, pode variar, na realidade, entre 0, no caso de Aluviões arenosos e profundos, e mais de 100mm, no caso de Aluviões argilosos e salinos.

O valor central do L_{600} dos Planossolos, que foi fixado em 70mm, pode diminuir consideravelmente quando o horizonte A arenoso for muito espesso (80 a 100cm). Essa diminuição é agravada pelo fato de que os Planossolos mais espessos e susceptíveis de maior interceptação de água podem ser encontrados na parte mais baixa da toposseqüência.

A L_{600} dos Afloramentos de Rocha, que foi fixada em 90mm, pode também variar muito em função da permeabilidade e da espessura do solo situado abaixo dos Afloramentos e da superfície efetivamente coberta pelos Afloramentos.

Frisamos, novamente, que a realização dessa etapa relativa a outros fatores corretivos precisaria ser evitada, na medida do possível, e que só deveria ser realizada por pedólogos já experientes na aplicação do presente método de classificação.

O valor da lâmina L_{600} corrigida (em mm) de toda BHD é obtida através da seguinte equação:

Equação 3:

$$L_{600} \text{ corrigido} = L_{600} \text{ da Bacia} \times CV \times CA \times CL$$

11.5 Etapas para o cálculo da lâmina escoada da bacia hidrográfica de drenagem

O método proposto por Cadier (1984) propõe a utilização da seguinte equação para o cálculo da lâmina de escoamento (em mm) de uma bacia hidrográfica:

Equação 4:

$$L(P) = C \times L_{600} \text{ corrigido} \times e^{A(P - 600)}$$

Como podemos verificar nesta equação, o valor de L_{600} corrigido foi calculado na item anterior, o valor de e é igual a 2,72 e corresponde ao logaritmo Neperiano; no

entanto, os valores de C, A e P ainda não foram mencionados. A seguir, será feita uma abordagem sobre essas incógnitas.

- **Avaliação da pluviometria (determinação do valor - P)**

O valor P refere-se ao total anual médio das precipitações da bacia hidrográfica de drenagem. Este valor pode ser obtido através da interpolação de isoietas (Figura 59), mas também é possível, e mais preciso, avaliar, quando existentes, a precipitação média na bacia, partindo de postos pluviométricos de boa qualidade e de longa duração instalados na região. Esta avaliação direta representa um trabalho suplementar e só será justificado quando a precisão do mapa de isoietas mostrar-se visivelmente insuficiente, como por exemplo nas zonas de forte variação pluvial.

Nas bacias menores, onde os gradientes pluviométricos não são elevados, pode-se admitir que todas as classes de solo da bacia recebem a pluviometria média anual - P.

Caso contrário, as isoietas que interessam à BHD deverão ser traçadas. O cálculo da pluviometria média deverá ser realizado para cada classe de solo (CS) ou unidade de mapeamento (UMP).

- **Coefficiente A: coeficiente de acréscimo do escoamento em função da precipitação**

Para cada zona climática o valor de A depende unicamente da presença de zonas com Afloramento de Rocha associado com solos bastante permeáveis situado na parte inferior. Se isso acontecer, a bacia estudada será chamada Bacia com Afloramento ou, caso contrário, Bacia sem Afloramento (Tabela 4).

TABELA 4 - Coeficiente de acréscimo do escoamento em função da precipitação.

Zona climática	Tipo de Bacia	Valor de A
Sertão	com Afloramento	0,00380
Sertão	sem Afloramento	0,00280
Transição	com Afloramento	0,00460
Transição	sem Afloramento	0,00360

Quando existe um Afloramento de superfície reduzida, inferior, por exemplo, a 3 ou 4% da bacia, o coeficiente A pode tomar valores intermediários entre os valores das bacias com e sem Afloramento. Nos casos gerais, o coeficiente A vale, normalmente; 0,0033 para a região do Sertão.

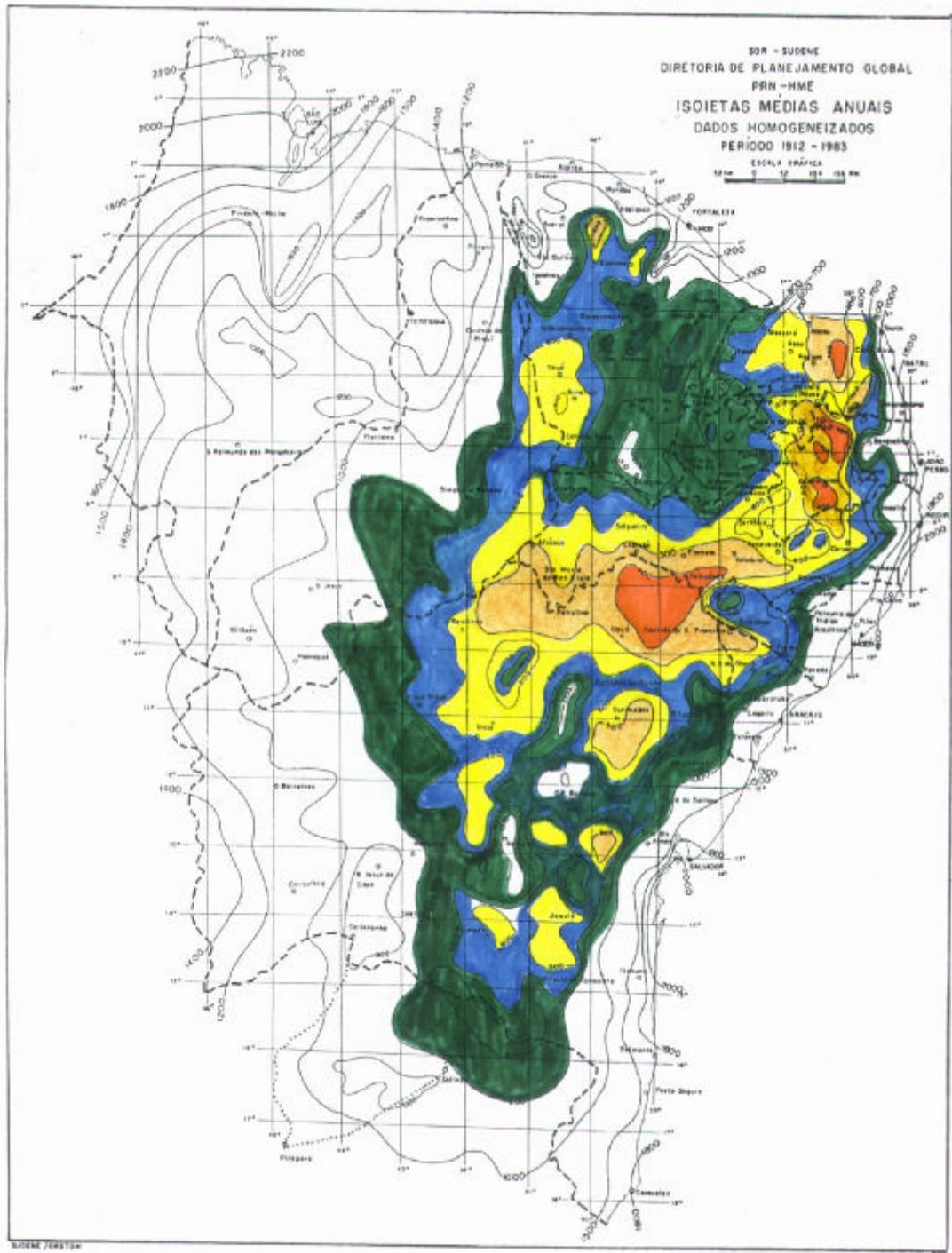


FIGURA 59. Mapa de Isoietas da Região Nordeste do Brasil. Fonte: Molle & Cadier (1992).

- **Determinação da zona climática e do coeficiente de correção climática - C**

A delimitação dessas zonas corresponde a zonas globalmente homogêneas em relação à distribuição estatística de fortes chuvas em 24 horas. Assim, para uma mesma frequência, as fortes chuvas em 24 horas na zona Sertão são maiores que na zona Transição. Isso induz a um comportamento hidrológico diferente.

O coeficiente climático C vale 1,0 no centro da zona Sertão e 0,4 no centro da zona Transição. A Figura 60 representa um mapeamento desta zonas na Região do Nordeste Brasileiro.

Admite-se que o coeficiente C varia progressivamente de 1,0 a 0,4 quando se passa de uma zona para outra. Esta faixa intermediária, que foi delimitada na Figura 60, possui uma largura de, aproximadamente, 50km, e a ela se adaptará uma variação contínua e linear de C .

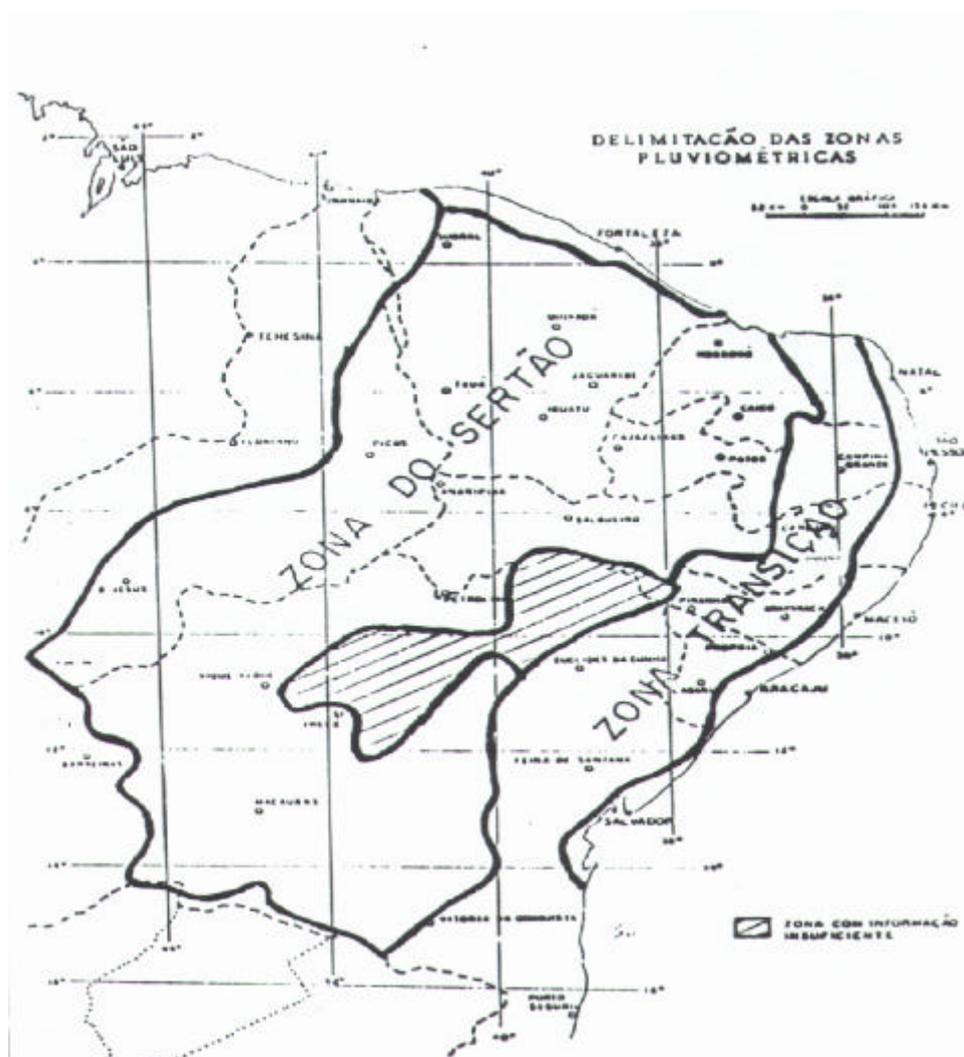


FIGURA 60. Delimitação das Zonas Pluviométricas da Região Nordeste do Brasil. Fonte: Molle & Cadier (1992).

O cálculo da lâmina escoada anual $L(P)$ pode também ser feito através do ábaco apresentado a seguir (Figura 61).

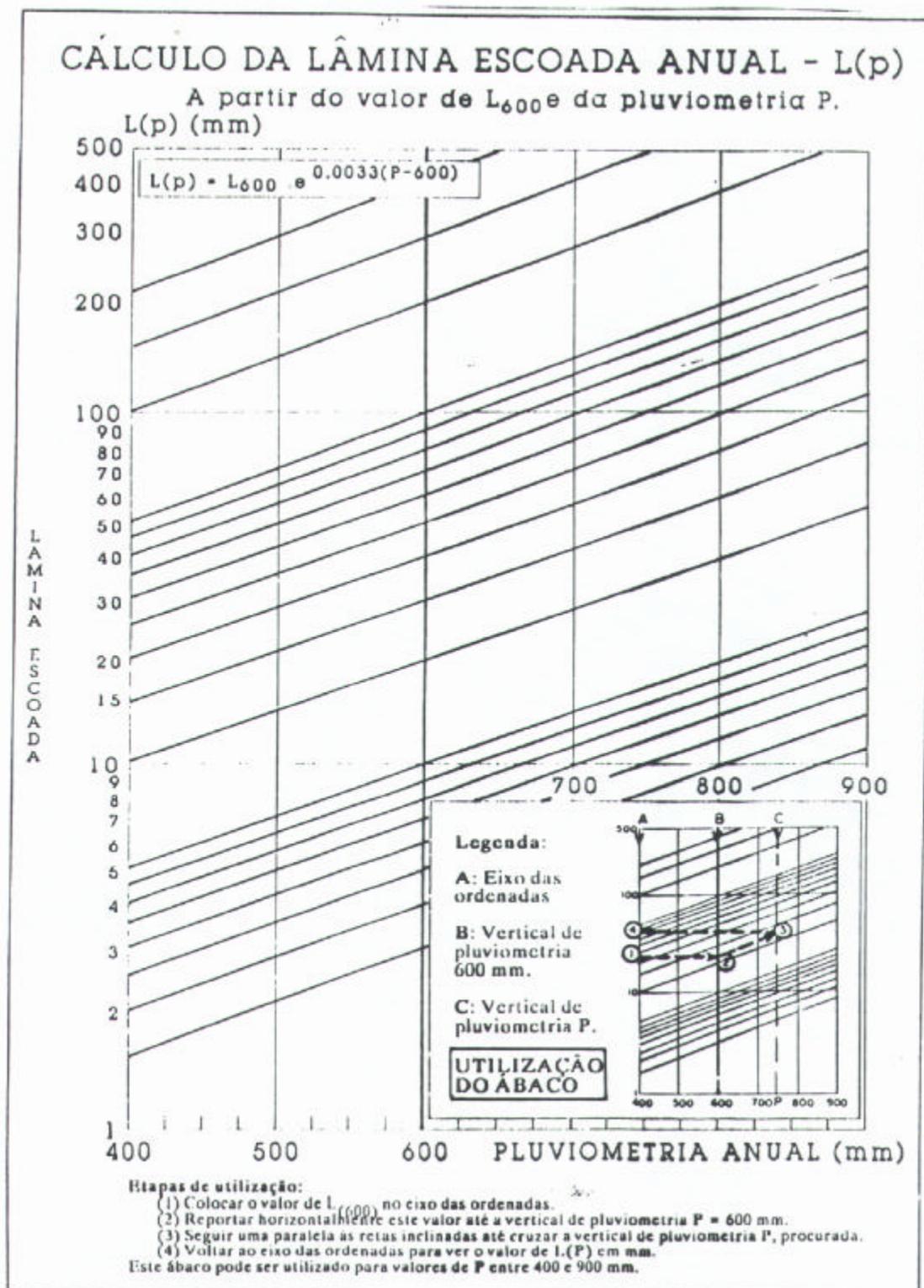


FIGURA 61. Ábaco para determinação da lâmina $L(P)$. Fonte: Molle & Cadier (1992).

11.6 Cálculo do volume médio escoado da bacia hidrográfica de drenagem

O volume escoado médio anual - V_e (em m^3) é calculado pela seguinte fórmula :

$$V_e = S \times L(P) \times 1.000$$

onde:

- S é a superfície da bacia hidrográfica de drenagem em km^2 ;
- $L(P)$ é a lâmina escoada média da bacia (em mm).

11.7 Exemplo de aplicação da classificação hidropedológica

• Localização

O local escolhido para este exemplo está situado na bacia hidrográfica de um pequeno açude denominado Pai Bastião, vizinho à cidade de Caicó/RN (coordenadas: $6^\circ 27'$ de latitude sul e $37^\circ 6'$ de longitude oeste e 143 metros de altitude). A Figura 62 apresenta a localização desta bacia hidrográfica no mapa topográfico da SUDENE, folha SB - 24 - Q - II, na escala 1:100.000.

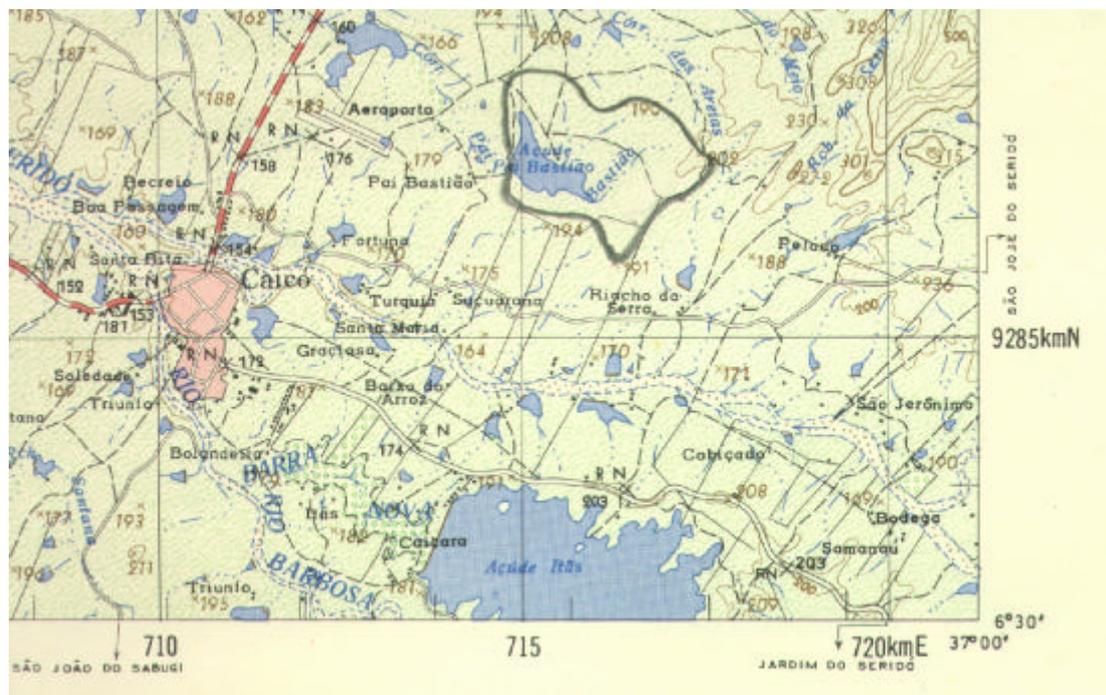


FIGURA 62. Delimitação da BHD no mapa topográfico da SUDENE na escala 1:100.000.

- **Relevo**

Encontra-se, na bacia hidrográfica, uma associação de baixios largos de relevo plano e encostas de relevo suave ondulado a ondulado.

- **Clima**

A zona climática está inserida no “Sertão”. A pluviometria média anual foi calculada por interpolação entre a isoietas de 600mm e a de 700mm e estimada em 670mm.

- **Vegetação**

A área é constituída de uma vegetação do tipo Caatinga Hiperxerófila nas áreas não desmatadas nas encostas e nos baixios quando não cultivados. A área apresenta-se pouco desmatada devido ao cultivo de palma, milho e feijão.

- **Solos**

Um levantamento semi detalhado de solos de toda a área da bacia hidrográfica deste açude (Figura 63) apresentou os seguintes resultados resumidos na Tabela 5.

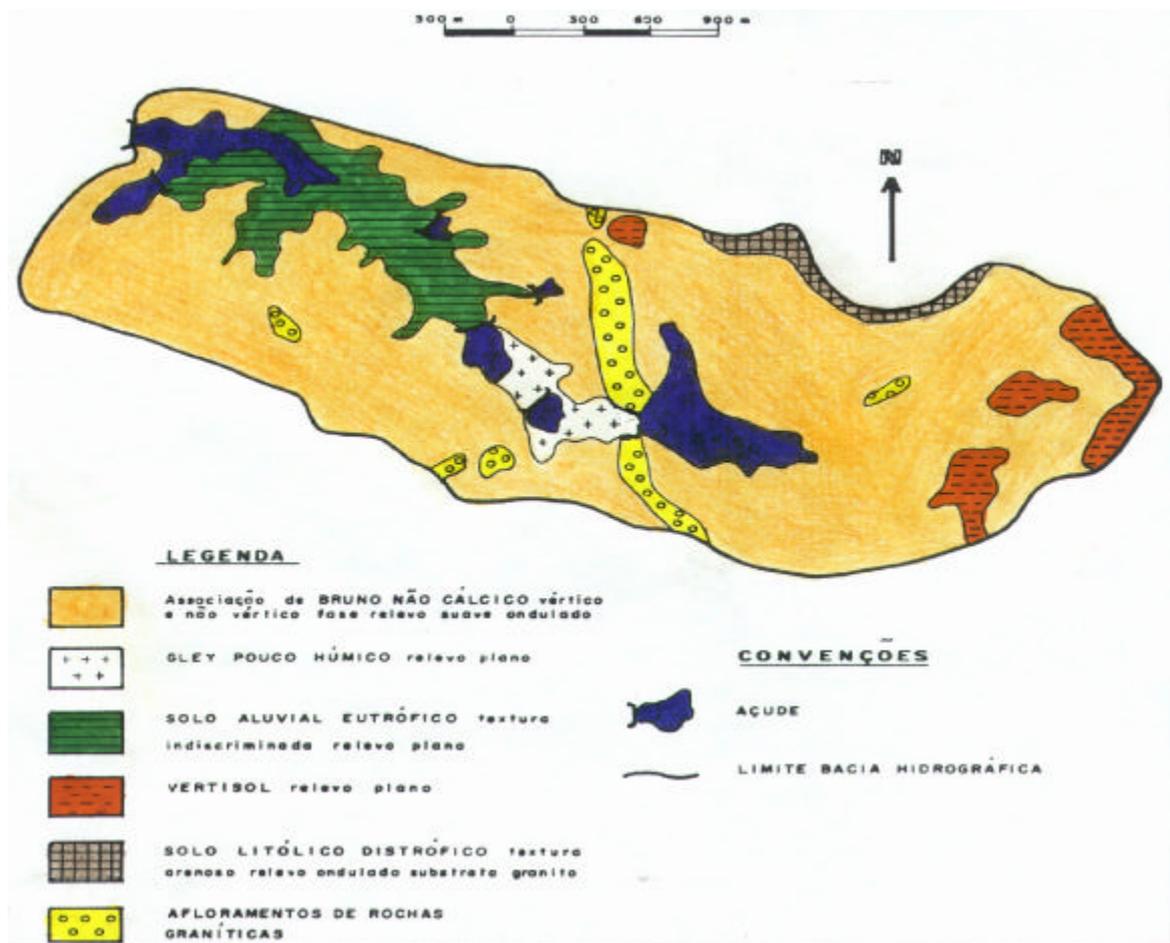


FIGURA 63. Esquema do Levantamento Pedológico da Bacia Hidrográfica do açude Pai Bastião, município de Caicó/RN.

TABELA 5 - Resumo das principais classes de solo levantadas na Bacia Hidrográfica de Drenagem do açude Pai Bastião, município de Caicó/RN.

Solo	Área ha	% na BHD
Bruno Não Cálcico vértico e não vértico	181,49	70,4
Gleissolo	6,70	2,6
Solos Aluviais Eutróficos textura indiscriminada	23,46	9,1
Solos Litólicos Distróficos textura arenosa	5,16	2,0
Afloramentos de Rocha	10,31	4,0
Vertissolo	11,09	4,3
Espelho d'água (açudes)	19,59	7,6

- **Superfície da Bacia Hidrográfica de Drenagem**

A avaliação da superfície por planimetria a partir de sua delimitação em fotografias aéreas foi de 2,578km², ou seja, 257,8ha, incluindo a superfície do espelho d'água.

- **Determinação do volume escoado médio (Vesc)**

Determinação do L₆₀₀ padrão

Sendo a bacia pequena, procurou-se fazer um levantamento pedológico (Figura 11) e utilizou-se o método de obtenção da L₆₀₀ através da Classe de Solo (CS). Para isto utilizou-se a Tabela A, no Anexo 1.

Procurou-se na Tabela A o L₆₀₀ correspondente a cada uma das Classes de solos identificadas no Levantamento Pedológico.

- Bruno Não Cálcico vértico e não vértico (NV/NC) ⇔ L₆₀₀ = 31,0mm
- Gleissolo (G) ⇔ L₆₀₀ = 47,5mm
- Solos Aluviais textura arenosa (Ae) ⇔ L₆₀₀ = 25,0mm
- Solos Litólicos Distróficos textura indiscriminada (Rd) ⇔ L₆₀₀ = 37,0mm
- Afloramentos de Rocha (AF) ⇔ L₆₀₀ = 90,0mm
- Vertissolo (V) ⇔ L₆₀₀ = 25,0mm

$$L_{600}\text{Padrão} = (31\text{mm} \times 0,704) + (47,5\text{mm} \times 0,026) + (25\text{mm} \times 0,091) + (37\text{mm} \times 0,02) + (90\text{mm} \times 0,04) + (25\text{mm} \times 0,043) = 30,749\text{mm.}$$

Determinação dos fatores de correção

- CV (vegetação); desmatamento médio $\Leftrightarrow CV = 1,0$
- CA (bacia hidrográfica com alta densidade de açudes) $\Leftrightarrow CA = 0,9$
- CL (bacia hidrográfica normal) $\Leftrightarrow CL = 1,0$

$$L_{600} \text{ corrigido} = L_{600} \text{ padrão} \times CV \times CA \times CL$$

$$L_{600} \text{ corrigido} = 30,749 \times 1,0 \times 0,9 \times 1,0 = 27,67\text{mm}$$

- **Cálculo da lâmina escoada da Bacia Hidrográfica de Drenagem**

$$L(P) = C \times L_{600} \text{ corrigido} \times e^{A(P-600)}$$

Como a Bacia ocorre na Zona do Sertão $\Leftrightarrow C=1$ e $A_{\text{médio}} = 0,0033$ ($15\text{mm} < L_{600} < 60\text{mm}$)

$$L(P) = 1 \times 27,67 \times 2,72^{0,0033 \times (670 - 600)}$$

$$L(P) = 27,67 \times 1,260 = 34,87\text{mm}, 35\text{mm aproximadamente.}$$

- **Cálculo do volume escoado anual médio (V_{esc})**

$$V_{\text{esc}} = S \times L(P) \times 1.000$$

$$V_{\text{esc}} = 2,578 \times 35,0 \times 1.000 = 90.230 \text{ m}^3$$

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F. de. Estudo hidrológico do Nordeste Brasileiro. **Boletim IFOCS**, Rio de Janeiro, v.13, n.1, 1940.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: SUDENE-DRN, 1971. 531 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Boletim Técnico, 21; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 9).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: [Rio de Janeiro]: MA-DNPEA; Recife: SUDENE-DRN, 1972/1973. 2 v. (Brasil. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica Boletim Técnico, 26; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 14).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. [Rio de Janeiro]: MA-DNPEA; Recife: SUDENE-DRN, 1973. 2 v. (Brasil. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Boletim Técnico, 28; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 16).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA-EPE; [Recife]: SUDENE-DRN, 1972. 683 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Boletim Técnico, 15; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 8).

CADIER, E. **Método de avaliação dos escoamentos das pequenas bacias do Semi-Árido**. Recife: SUDENE, 1984. 75 p. (SUDENE. Série Hidrologia, 21).

CADIER, E.; VIEIRA, H.J.P. Método de avaliação dos escoamentos nas pequenas bacias do Semi-Árido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 6., 1985, São Paulo. [Anais]... São Paulo: ABRH, 1985. Tomo 1, p.217-230.

CAVALCANTI, N. M. da C.; DOHERTY, F.R.; CADIER, E. **Bacia hidrográfica representativa de Tauá, CE**: relatório final. Recife: SUDENE-DPG-PRN. Grupo de Trabalho de Hidrometeorologia, 1989. 326 p. (SUDENE. Série Hidrologia, 28).

EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe**. [Rio de Janeiro]: EMBRAPA-CPP; Recife: SUDENE-DRN, 1975b. 506 p. (EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico, 36; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 6).

EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. [Rio de Janeiro]: EMBRAPA-CPP; Recife: SUDENE-DRN, 1975a. 532 p. (EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico, 35; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 5).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, Estado da Bahia**. [Rio de Janeiro]: EMBRAPA-SNLCS; Recife: SUDENE-DRN, 1976. 404 p. (EMBRAPA- SNLCS. Boletim Técnico, 38; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 7).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais**. [Rio de Janeiro]: EMBRAPA-SNLCS; Recife: SUDENE-DRN, 1979. 407 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 60; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 12).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS; [Recife]: SUDENE-DRN, 1986. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 17).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS; [Recife]: SUDENE-DRN, 1986. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 36 ; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 18).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Definições e notação de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988. 54 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A .C.; SILVA, F. B. R. e; MONTENEGRO, J.O.; FORMIGA, R. A .; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia**. [Rio de Janeiro]: EMBRAPA-SNLCS; Recife: SUDENE-DRN, 1977/1979. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

LEPRUN, J.C.; ASSUNÇÃO, M. S.; CADIER, E. **Avaliação dos recursos hídricos das pequenas bacias do Nordeste Semi-Árido: características físico-climáticas**. Recife: SUDENE-DRN, 1983. 70 p. Convênio SUDENE/ORSTOM (SUDENE-DRN. Série Hidrologia, 15).

LEPSCH, I.F. **Solos: formação e conservação**. São Paulo: Prisma-Brasil, 1977. 160 p.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE-PGG-PRN-APR, 1992. 523 p.

OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes Gerais de Solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; GOMES, P.C.F. **Seleção de áreas e construção de barreiros para uso de irrigações de salvação no Trópico Semi-Árido**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1981. 43 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).

SILVA, F. H. B. B. da et al. Classificação hidropedológica de pequenas bacias hidrográficas no Nordeste Semi-Árido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 8., 1989, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu, 1989.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill. 1975. 245 p.

Anexos

Anexo 1

TABELA A - Valores do Coeficiente L_{600} dos solos da Região Nordeste Semi-Árido. Fonte: Molle & Cadier, 1992.

Classe de Solo (CS)	Características Adicionais	L_{600} Padrão (mm)
Bruno Não Cálcico (NC)	Típico	37
	Vértico ou Planossólico	25
Afloramentos de Rocha (AR)		90
Solos Litólicos (R)		37
Brunizem (B)		37
Redzina (RZ)		37
Podzólicos (PE, PV e PA)	Textura média a arenosa ou média ou textura média a arenosa plíntico	15
	Textura média a argilosa ou média plíntico	25
	Textura média a argilosa plíntico	30
	Textura argilosa ou raso	37
	Erodido (Truncado)	60
	Solódico	125
Podzólico Acinzentado		25
Terra Roxa (TR)	Típica	25
	Erodido (Truncado)	60
Vertissolo (V)		25
Solos Aluviais (A)	Textura arenosa a média	10
	Textura média ou indiscriminada ou textura média a argilosa	25
	Textura argilosa	70
	Solódico	125
Cambissolo (C)	Textura média a arenosa	5
	Textura média a argilosa ou média	15
	Textura argilosa ou raso	37
	Erodido raso ou Textura argilosa erodido	60
	Vértico	25
Solonetz Solodizado (SS)		125
Laterita Hidromórfica LH)		125
Solonchak (SK)		125
Solos Halomórficos (SH)		125
Planossolo (PL)	Típico (PL)	25
	Solódico Típico (PLs)	70
	Solódico com A espesso (PLs)	15
Plintossolo (PT)	Típico	50
	Erodido (Truncado)	70
	Solódico	125
Gleissolo (G)	Típico	25
	Com impedimento	70
Areia Quartzosa (AQ)		0
Regossolo (RE)	Típico	3
	Com fragipã	5
Latossolo (LR, LE, LV e LA)	Textura média	5
	Textura média a argilosa	10
	Textura argilosa	15
Dunas (D)		0

Anexo 2

TABELA B - Valores em mm dos L₆₀₀ padrão das UMP¹. Fonte: Molle & Cadier, 1992.

ALAGOAS											
UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀
Ae2	10	NC2	44	PL2*	52	Re2	40	Re9	63	REe2	32
AQd2	15	NC3	40	PL3	57	Re3	46	Re10	63	REe3	52
Ce*	19	NC4*	42	PL4	77	Re4	47	Re11	63	REe4	34
LEe1*	15	PE3*	39	PL5*	43	Re5	48	REd*	5	REed1	5
LEe2*	15	PE6*	29	PV12*	42	Re6	42	Red1*	57	REed2	9
LVd11*	25	PE7*	39	Rd	64	Re7	37	Red2	26	REed3	24
LVe*	21	PE8*	37	Re1*	37	Re8	32	REe1	5	REed4	31
NC1	37	PL1*	46								
BAHIA (margem direita do rio São Francisco)											
Ae*	75	Ce23	5	LVd31	10	PE20	30	PLSe4	60	Rd5	47
Aed1	82	LEd	16	LVd32*	7	PE22	19	PLSe5	54	Rde	40
Aed2	82	LEe1*	23	LVde1*	11	PE23	25	PLSe6	86	Re1	33
AQd3	1	LEe2	11	LVde2	7	PE24	38	PLSe7	52	Re2*	37
AQd4	0	LEe3	19	LVde3	8	PE25	29	PLSe8	44	Re3*	44
AQd5	20	LEe4	17	LVde4	5	PE26	24	PLSe9	40	Re4*	42
AQd6	11	LEe5	22	LVde5	11	PE27	30	PLSe10	33	Re5	39
BV3*	47	LVd2*	11	LVe1	20	PE28	29	PLSe11	59	Re6	35
Ce1	37	LVd4*	17	LVe2	5	PE29	17	PLSe12	82	Re7	33
Ce2	48	LVd5*	22	LVe3	5	PE30	30	PLSe13	54	Re8	40
Ce3	48	LVd7*	15	LVe4	21	PE31	27	PLSe14	81	Re9	63
Ce4	22	LVd9*	19	LVe5	14	PE32	25	PLSe15	66	Re10	37
Ce5	21	LVd11	14	NC1	38	PE33	32	PLSe16	62	Re11	37
Ce6	19	LVd12*	10	NC2	43	PE34	39	PLSe19	33	Re12	37
Ce7	28	LVd13*	10	NC3	40	PE35	18	PLSe20	35	Re13	67
Ce8*	35	LVd14*	10	NC4	25	PE36	32	PLSe21	53	Re14	63
Ce9	31	LVd15*	15	NC5	38	PE37	33	PLSe22	74	REed1	30
Ce10	28	LVd16*	18	NC6	25	PE38	34	PLSe17	80	REed2	40
Ce11	39	LVd17	13	PE4*	23	PE39	43	PLSe18	38	REed3	28
Ce12	37	LVd18*	10	PE6*	24	PE40	15	PV14*	21	SS1	74
Ce13	48	LVd20*	3	PE11*	21	PE41	35	PV16*	30	SS2	71
Ce14	28	LVd21	10	PE12*	24	PE42	23	PV17	23	SS3	80
Ce15	28	LVd22	16	PE13*	16	PE43	8	PV18	9	SS4	92
Ce16	46	LVd24	5	PE14*	21	PE44	17	PV19*	28	V3*	43
Ce17	5	LVd25	11	PE15*	32	PE45	64	PV27*	29	V4	41
Ce18	30	LVd26	15	PE16*	29	PLe*	42	Rd1*	64	V5	25
Ce19*	37	LVd27	9	PE17*	30	PLSe1*	61	Rd2	33	V6	32
Ce20	27	LVd28	21	PE18*	33	PLSe2*	48	Rd3	27	V7	36
Ce21	23	LVd29	7	PE21*	43	PLSe3*	76	Rd4	22	V8	37
Ce22	23	LVd30	3	PE19	20						
BAHIA (Margem esquerda do Rio São Francisco)											
Aed1*	29	AQd12	0	LVd5*	5	NC1	35	PE11	23	Rd5	63
Aed2	49	AQd13	2	LVd6*	8	PE1*	25	PE12	11	Re1*	37
Aed3	54	AQd14	1	LVd7*	3	PE2*	25	PE13	54	Red2*	34
AQd1*	0	AQd15	28	LVd8	7	PE3*	37	PE14	30	Re4	33
AQd2*	0	AQd16*	31	LVd9	15	PE4*	19	PE15	23	Re5	63
AQd5*	8	HGd1*	70	LVd12*	9	PE5*	32	PE16	33	Red	37
AQd7	0	LEd1*	24	LVd13	8	PE6*	23	PE17*	32	REd	37
AQd8	15	LEd2*	9	LVdp*	5	PE7*	19	PE18*	49	REed	64
AQd9	22	LVd2*	20	LVe1	9	PE8*	11	Rd2*	34	SS1	103
AQd10	0	LVd3	10	LVe2	9	PE9*	21	Rd3	23	SS2	81
AQd11	0	LVd4*	33	LVed	14	PE10*	11	Rd4	63	SS3	86

¹ UMP - Unidade de Mapeamento dos Levantamentos Exploratórios/Reconhecimento de Solos (SUDENE/MA/DNPEA/EMBRAPA).

* Atenção: essas Unidades de Mapeamento podem estar fora da Região Semi-Árida.

TABELA B (Continuação).

CEARÁ											
UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀
Ae*	55	NC3	49	PE16	31	PE40	35	Re7	37	Red3	37
Ae3	73	NC4	37	PE17	37	PE41	37	Re8	50	Red4	53
Ae4	61	NC5	42	PE18	29	PE42	27	Re9	37	Red5	37
AMd	0	NC6	33	PE19	37	PE44	37	Re10	53	Red6	48
AQd1	0	NC7	34	PE20	37	PL1	84	Re11	37	Red7	37
AQd2	11	NC8	44	PE21	37	PL2	80	Re12	58	Red8	31
AQd3	23	NC9	41	PE22	37	PL3	90	Re13	37	Red9	50
AQd4	10	NC10	45	PE23	37	PL4	71	Re14	42	Red10	73
AQd5	0	NC11	32	PE24	37	PL5	50	Re15	47	Red11	44
AQd6	24	NC12	27	PE25	10	PL6	83	Re16	50	Red12	24
AQd7	10	NC13	21	PE26	37	PL7	72	Re17	37	REe1	5
BV1	50	NC14	44	PE27	37	PL8	71	Re18	57	REe2	27
BV2	47	NC15	57	PE28	17	PV2*	33	Re19	42	REe3	20
BV3	48	PE1*	37	PE29	28	PV3	8	Re20	63	SK1	125
Ce	30	PE6	45	PE30	31	PV4	10	Re21	53	SS1	99
LVd4	10	PE7	34	PE31	40	PV5	46	Re22	33	SS2	65
LVd5	5	PE8	37	PE32	54	PV6	52	Re23	45	SS3	64
LVd8	12	PE9	42	PE33	62	PV7	24	Re24	45	TRe	25
LVd9	3	PE10	33	PE34	23	Re1	37	Re25	63	V1	25
LVd10	12	PE11	30	PE35	34	Re2	37	Re26	63	V2	25
LVd11	23	PE12	48	PE36	16	Re3	53	REd1	5	V3	25
LVe1	4	PE13	27	PE37	37	Re4	48	REd2	52	V4	27
NC1	60	PE14	33	PE38	37	Re5	37	Red1	54	V5	25
NC2	44	PE15	37	PE39	34	Re6	37	Red2	37	V6	42
MARANHÃO											
A6*	60	PE20*	36	PL2	56	PVc25	35	TR3*	33	V2*	31
AQd9*	8	PE22*	32	PL3	84	PVc27*	35	TR4*	29	V3*	36
AQd10*	15	PE23*	53	PL4	40	R6*	38	TR5*	22	V4*	44
Ce1*	45	PL1	80	PV19*	40	R7*	41	V1*	32		
NORTE DE MINAS GERAIS											
Ae1*	21	Ce3	19	LVA20*	11	LVA33	4	PE7	40	PVd4*	27
Ae2*	34	Ce4	23	LVA24*	3	LVA34	5	PE8	19	Ra8*	64
Ae3*	63	LEe1*	25	LVA25	15	LVe1	12	PE9	21	Ra11	54
Ae4*	53	LEe2	14	LVA26	17	LVe2	8	PE10	20	Re1	34
AQa3*	0	LEe3	15	LVA27	20	PE1	28	PE11	25	Re2	53
AQa6*	2	LEe4	24	LVA28*	10	PE2	28	PE12	36	Re3	33
AQa4	0	LEe5	17	LVA29	12	PE3	23	PE13*	26	TRSe1*	37
Ca4*	39	LEe6	25	LVA30*	5	PE4*	23	PE15*	30	TRSe2	25
Ce1	15	LEe7	10	LVA31	3	PE5*	46	PVd2*	21	TRSe3	25
Ce2	15	LEe8	19	LVA32	3	PE6*	42	PVd3*	24	TRSe4	31
PARAÍBA											
Ce2	21	NC9	49	PE10	29	Re9	45	Re19*	64	REe6	41
Ce3	18	NC10	28	PE14*	37	Re10	48	Re20	63	SS1	83
LVe3	18	PE1	37	Re1	37	Re11	48	Re21	63	SS2	94
NC1	37	PE2	37	Re2	37	Re12	48	REd*	3	SS3	75
NC3	37	PE3	37	Re3	45	Re13	37	REe1	17	SS4	53
NC4*	39	PE4	27	Re4	53	Re14	50	REe2	11	V1*	25
NC5	38	PE5	37	Re5	45	Re15	55	REe3	34	V2	29
NC6	29	PE6	33	Re6	33	Re16	67	REe4	11	V3	27
NC7	30	PE7*	27	Re7*	46	Re17	72	REe5	37	V4	47
NC8	31	PE9*	31	Re8	45	Re18	63				

* Atenção: essas Unidades de Mapeamento podem estar fora da Região Semi-Árida.

TABELA B (Continuação).

PERNAMBUCO											
UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀	UMP	L₆₀₀
Ae1	44	LVe4	11	PE7	37	PL5	58	Re5	46	REe4	36
Ae2	75	LVe5	8	PE8	11	PL6	62	Re6	32	REe5	66
AQ	0	LVe6	12	PE10*	15	PL7	48	Re7	62	REe6	32
AQd1	0	NC1	37	PE11	36	PL9*	63	Re8	38	REe7	40
AQd2	1	NC2	34	PE16	37	PL10	62	Re9	63	REe8	37
Ce1*	22	NC3	31	PE18	37	Rd1	37	Re10	63	SS1	125
Ce2	21	NC4	30	PE19	12	Rd2	18	REd2	5	SS2	68
Ce3	5	NC8	31	PE20	22	Re1	37	REd3	32	SS3	74
LVD9	15	NC9	49	PL1	70	Re2	34	REe1	5	V1	25
LVD12*	5	PE1*	37	PL2	60	Re3*	64	REe2	32	V2	25
LVe2	18	PE5	31	PL3	54	Re4	34	REe3	18	V3	65
LVe3	14	PE6*	37	PL4	43						
PIAUI											
A2*	51	LA23	10	NC2	36	PE17	26	PV18	22	R19	31
A3	52	LA27	6	NC3	32	PE18	17	PV19	25	R20	57
AQ5	0	LA28	12	NC4	53	PE19	22	PV20	38	R21	43
AQ6	16	LA30	3	PE1	18	PE20	39	R8	37	R22	51
AQ7	14	LA31	10	PE2	21	PE21	28	R9	31	R23	45
AQ8	12	LA32	9	PE3	18	PE22	21	R10	54	R24	45
AQ10	2	LA33	12	PE4	42	PE23	29	R11	54	R25	42
AQ11	16	LA34	3	PE5	51	PE24	29	R12	50	R26	54
AQ12	22	LA35	10	PE6	29	PE25	40	R13	40	R27	44
BV4	31	LA36	8	PE7	31	PE26	28	R14	46	R28	44
LA6	18	LA37	14	PE8	34	PL4	53	R15	25	R29	44
LA19	8	LE	12	PE14	24	PT7	38	R16	43	R30	32
LA20	8	LV1	6	PE15	29	PT8	40	R17	44	RE	31
LA21	8	LV2	14	PE16	24	PV7	33	R18	37	SS2	91
LA22	16										
RIO GRANDE DO NORTE											
Ae4	55	LVe4	11	PE1	34	PE12	25	Re6	32	Re17	63
AQd4	0	NC1	37	PE2	24	PE13	29	Re7	50	REe1	30
AQ5	5	NC2	29	PE3	28	PL1	56	Re8	56	RE2	21
AQ6	6	NC3	31	PE4	27	PL2	57	Re9	61	RZ1	33
AQ7	10	NC4	37	PE5	29	PL3	84	Re10	76	RZ2	33
Ce1	37	NC5	59	PE6	9	PV1	25	Re11	45	SK2	110
Ce2	33	NC6	31	PE7	37	Re1	55	Re12	32	SS1	125
Ce3	37	NC7	55	PE8	33	Re2	37	Re13	31	SS2	98
Ce4	30	NC8	54	PE9	66	Re3	37	Re14	58	V1	25
Ce5	32	NC9	63	PE10	29	Re4	37	Re15	45	V2	27
LVe2	6	NC10	31	PE11	37	Re5	48	Re16	63	V3	25
LVe3	7	NC11	32								
SERGIPE											
Ce1*	35	PE8*	27	PLSe2	60	PV19*	32	Re8*	47	Re16	37
Ce2	45	PE10*	36	PLSe3*	72	Rde	37	Re9*	33	Re17	37
NC1	31	PE11*	32	PLSe4	86	Re2*	37	Re10*	33	REd1	29
NC2	27	PE12	64	PLSe5	62	Re3*	37	Re11	53	REd2	28
NC3	40	PE13	60	PLSe6	72	Re4*	37	Re12	37	REd3	35
PE1*	30	PE14*	30	PLSe7	75	Re5	37	Re13	37	REe*	4
PE3*	30	PE15*	33	PV6*	32	Re6	37	Re14	37	SS1	91
PE4*	34	PLe*	41	PV10*	18	Re7*	37	Re15*	32	SS2	92
PE7*	29	PLSe1*	45								

* Atenção: essas Unidades de Mapeamento podem estar fora da Região Semi-Árida.

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**



Produção editorial
Embrapa Solos
Área de Comunicação e Negócios (ACN)