



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Junho, 2009

versão

ON LINE

Documentos 261

Metodologia de zoneamento edáfico de culturas para o Estado do Rio Grande do Sul

Editores Técnicos

Carlos Alberto Flores
Marilice Cordeiro Garrastazu
José Maria Filippini Alba

Pelotas, RS
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8199

Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: José Carlos Leite Reis, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro Bertoldi e Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Suplentes: Márcia Vizzotto e Beatriz Marti Emydio

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Arte da capa: Oscar Castro

1ª edição

1ª impressão (2009): 100 exemplares

Todos os direitos reservados

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

Flores, Carlos Alberto.

Metodologia de zoneamento edáfico de culturas para o Estado do Rio Grande do Sul / Carlos Alberto Flores, Marilice Cordeiro Garrastazu, José Maria Filippini Alba. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.

45 p. - (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 261).

ISSN 1516-8840

Solo – Agroenergia – Sistema de produção. I. Garrastazu, Marilice Cordeiro. II. Filippini Alba, José Maria. III. Título. IV. Série.

CDD 631.4

Autor

Carlos Alberto Flores

Eng. Agrôn., M. Sc. em Agronomia
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS
(flores@cpact.embrapa.br)

Marilice Cordeiro Garrastazu

Eng.(a) Florestal, M. Sc. em Engenharia Agrícola
Embrapa Florestas, Colombo, PR
(marilice@cnpf.embrapa.br)

José Maria Filippini Alba

Bacharel em Química, Dr.
Geoquímica Superficial
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS
(fili@cpact.embrapa.br)

Apresentação

O Brasil vem passando por mudanças na matriz produtiva como um todo, buscando regiões apropriadas para os cultivos que agreguem características edafoclimáticas apropriadas. Por outro lado, o Estado do Rio Grande do Sul é uma região com potencial edáfico para a maioria das culturas conhecidas, havendo regiões apropriadas para cada cultura.

Investidores e empresas têm buscado informações sobre as espécies potenciais para a região, sendo que a principal pergunta é: *“Onde plantar?”* A Embrapa e as instituições parceiras têm trabalhado para responder a estas questões, sempre com o intuito de buscar alternativas agrícolas e de propor soluções tecnológicas para o setor, de forma tecnicamente correta.

Nesta publicação são disponibilizadas informações para técnicos, agricultores, empresas e demais interessados em estabelecer uma das 12 espécies estudadas, referente aos solos com maior ou menor potencial de produção. Desta forma, a Embrapa Clima Temperado espera contribuir para a expansão e sustentabilidade do setor agronegócio no Rio Grande do Sul, de forma ambientalmente correta, firmando presença do Brasil no mercado mundial dos produtos de base agrícola, como grande formador de sistemas de produção sustentáveis e, ao mesmo tempo, colaborando para reduzir a derrubada de florestas nativas e o efeito estufa.

Waldyr Stumpf Junior

Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Metodologia de zoneamento edáfico de culturas para o Estado do Rio Grande do Sul	9
1. Introdução	9
2. Metodologia	10
2.1. Base cartográfica	10
2.2. Parâmetros edáficos	11
2.2.1. Seqüência e mudança textural abruptica de horizontes	12
2.2.2. Porosidade (permeabilidade)	15
2.2.3. Profundidade efetiva	18
2.2.4. Textura	21
2.2.5. Relevo	21
2.2.6. Drenagem	25
2.2.7. Fertilidade	28
2.2.8. Pedregosidade e/ou rochosidade	29
2.3. Aptidão edáfica para as culturas	31
2.3.1. Descrição das classes de aptidão edáfica	32

2.3.2. Quadro guia para avaliação da aptidão edáfica das culturas	32
3. Exemplos de zoneamento edáfico de culturas (Mapa)	39
4. Referências	44

Metodologia de zoneamento edáfico de culturas para o Estado do Rio Grande do Sul

*Carlos Alberto Flores
Marilice Cordeiro Garrastazu
José Maria Filippini Alba*

1. Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul possui condições naturais propícias para a produção de várias espécies vegetais (SAMBROEK, 1969), as quais passam a representar alternativas econômicas para a diversificação da matriz produtiva e fonte de renda para os agricultores.

Este Estado caracteriza-se por uma grande diversidade de tipos de solos (BRASIL, 1973), tendo em vista as mais variadas combinações dos fatores de formação que ali ocorrem. Sendo o solo um produto da interação dos vários fatores - **Solo = função {clima, material de origem, relevo, organismos e tempo}**, toda vez que um ou mais fatores forem alterados, teremos solos diferentes. Assim como na raça humana, um indivíduo, não é igual ao outro. Portanto, em razão das características que cada indivíduo (tipo de solo) apresentar, o mesmo requer tratamento diferenciado (manejo) para expressar toda sua potencialidade, sem comprometer o meio ambiente.

Para isto, o conhecimento das características intrínsecas e extrínsecas de cada classe de solo, tais como: seqüência de horizontes no perfil, tipo de horizontes superficial e subsuperficial, transição entre horizontes, profundidade efetiva, textura, estrutura, susceptibilidade à erosão, infiltração, permeabilidade, capacidade de armazenamento de água, drenagem e disponibilidade de nutrientes são aspectos que devem ser levados em conta juntamente com o relevo em que ocorrem e a presença de pedregosidade e/ou rochosidade quando da avaliação do potencial destes para uso em sistemas agrícolas. Estas características lhes são intrínsecas e herdadas em parte do material que lhes deu origem – rocha mãe – mas, também, são condicionadas pelo relevo e pela interação com o clima da região, com os organismos num determinado período de tempo.

Com intuito de colaborar nos estudos prospectivos do agronegócio gaúcho, este trabalho visa desenvolver uma metodologia para a execução de zoneamentos edáficos para as muitas culturas possíveis de serem cultivadas em relação ao contexto edáfico no Estado do Rio Grande do Sul. As culturas aqui apresentadas são aquelas para as quais a sociedade já demandou por conhecimentos através de vários projetos executados pela Embrapa Clima Temperado e outras instituições parceiras.

2. Metodologia

2.1. Base cartográfica

Com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), através de operações de seleção espacial e seleção por atributos no banco de dados, filtrou-se as unidades de mapeamento dos solos referentes à região de estudo. Exportou-se esta consulta em forma de planilha para a etapa de descrição destas unidades de mapeamento.

Para a integração dos dados no ambiente SIG associando a informação tabular ao dado espacial (polígono representativo da unidade de mapeamento) é preciso algumas regras (EMBRAPA, 1999). Não deve ser avaliado somente o primeiro componente da unidade de mapeamento, mas também as demais classes de solos que compõem a associação. Isto em virtude de que a maioria dos levantamentos de solos no Estado é em escalas genéricas. Porém, usa-se o artifício de espacializar apenas o primeiro componente, e utiliza-se um traço contínuo (—) ou tracejado (---) para os demais componentes, indicando se são de melhor ou pior aptidão edáfica para a cultura respectivamente. Portanto, a representação espacial assume a textura, relevo, e demais características acessórias como predominante na associação. Dessa forma, seu uso deve ser apenas orientador uma vez que existem classes de solos com aptidão tanto superior como inferior ao primeiro componente que foi analisado. Assim, do quantitativo total (área) de cada unidade de mapeamento analisada deve ser descontada a área correspondente às demais classes de solos componentes daquela unidade de mapeamento. Isto demonstra claramente a necessidade de estudos de solos em escalas maiores (1:50.000) onde as várias classes de solos componentes das unidades de mapeamento seriam espacialmente individualizadas e, portanto, podendo serem avaliadas para o fim proposto.

2.2. Parâmetros edáficos

Devem ser abordados vários aspectos relacionados aos solos ocorrentes na região a ser avaliada. Para tanto, julga-se conveniente agrupá-los por semelhanças (Classe de solos, tipos de horizontes, drenagem, textura, condutividade hidráulica, susceptibilidade à erosão, saturação por bases e relevo), além de outras características acessórias como caráter abrupto, plântico, planossólico, gleico, fase pedregosa, etc. Características estas de grande relevância quando da interpretação dos solos para uso principalmente na agricultura. Uma vez agrupados os solos são analisados em relação às principais exigências de cada uma das culturas propostas

através do uso de um quadro guia desenvolvido para cada cultura: acácia negra, ameixeira, arroz irrigado, cana de açúcar, canola, eucalipto, girassol, mamona, pessegueiro, pinus, soja e videira.

A metodologia desenvolvida se concentra na eleição das variáveis identificadas e descritas nos levantamentos de solos (Reconhecimento, semidetalhado ou detalhado) com maior influência para determinada cultura, sua caracterização e principalmente a forma de integração através de um ambiente SIG. Portanto, as variáveis utilizadas para analisar determinada cultura, não necessariamente serão as mesmas para outra cultura.

A partir do levantamento de solos de cada região do Estado, são extraídas as informações de natureza edáficas de cada uma das unidades de mapeamento existentes, com a finalidade de listar aqueles parâmetros considerados mais relevantes para a definição de regiões homogêneas do ponto de vista edáfico em relação à cultura de interesse.

Para isto, elaborou-se um quadro guia (Quadros 1 a 12) para cada cultura, onde a análise deste permite o enquadramento de determinada unidade de mapeamento (Classe taxonômica) em uma das classes de potencial edáfico (Preferencial, Recomendada, Pouco recomendada ou Cultivo não recomendado) para a cultura alvo.

2. 2. 1. Seqüência e mudança textural abrupta de horizontes

A mudança textural abrupta é um dos atributos diagnósticos dos solos de maior relevância do ponto de vista agrônomo, pois indica a presença de horizontes com comportamento físico contrastante, especialmente o relacionado à dinâmica da água e enraizamento das plantas (**Figura 1**).

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 1. Argissolo Vermelho.

Em geral os solos com este atributo, na maioria dos casos, apresentam horizonte A de textura arenosa ou franco-arenosa e com elevada condutividade hidráulica em decorrência da grande quantidade de macroporos. O contrário ocorre no horizonte B, que lhe segue. Neste, há predominância de microporos sobre os macroporos e, em geral associado a uma redução da porosidade total, determinando uma condutividade hidráulica acentuadamente menor do que a do horizonte suprajacente (A).

A drástica redução da condutividade hidráulica saturada que ocorre no topo do horizonte B determina, nestes solos, uma série de processos de grande importância agrônômica e mesmo geotécnica. A textura mais arenosa do horizonte A determina uma rápida infiltração e percolação da água da chuva até que o horizonte B seja atingido, quando então a velocidade do fluxo descendente da água é drasticamente reduzida. A redução da infiltração faz com que a água que se acumula na superfície do solo se transforme em enxurrada. Em consequência temos dois processos: a perda de coesão entre as partículas do solo e o fluxo lateral entre a base do horizonte superficial e o topo do horizonte B, criando aí um ambiente mais redutor. Dependendo da profundidade em que este fenômeno ocorre – excesso de umidade - isto poderá ter efeitos nocivos ao desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA, 2005).

Tabela 1. classes de seqüência de horizontes.

Classe	Seqüência de horizontes	Característica do solo
Preferencial	A – B – C	Sem gradiente textural
Recomendável	A – B – C – R	Pequeno gradiente textural
Pouco recomendável	A – C – R	Grande gradiente textural
Não recomendável	A – R	Contato lítico

2.2.2. Porosidade (permeabilidade)

O solo é constituído por partículas de vários tamanhos, desde as muito pequenas, como as de argila, até as de tamanho dessimétrico, como os cascalhos e as muito grandes como os matacões. O volume de espaços vazios existentes entre as partículas individuais e agregados constitui a porosidade do solo e, esta é que determina a capacidade dele de armazenar e transmitir líquidos e gases. A quantidade e o diâmetro dos poros, as formas e a tortuosidade destes são de grande importância, pois influem diretamente no fluxo interno dos gases e da água bem como, no armazenamento desta pelo solo.

Os dados de granulometria dos horizontes, juntamente com a cor (**Figura 2**) deste, possibilitam inferir, respectivamente, sobre a porosidade do solo e sua permeabilidade. Poros grandes e médios são importantes, respectivamente, na aeração e infiltração de água e na condução desta através do solo: os de tamanho pequeno são importantes no armazenamento da água (IBGE, 1990).

Como a capacidade do solo de armazenar e transmitir líquido estão diretamente relacionados com a geometria do sistema poroso, considera-se que, quanto maior o diâmetro dos poros, maior a permeabilidade interna. Portanto, solos de textura arenosa, apresentam boa permeabilidade interna e, pequena capacidade de retenção de água por apresentarem predominância de poros com tamanhos médios e grandes. Porém, solos argilosos, bastante intemperizados, ricos em óxidos de ferro e alumínio (Latosolos em geral) apresentam porosidade total em torno de 65%, o que lhes confere boa permeabilidade. Por outro lado, solos argilosos, com altos conteúdos de argilas 2:1 (esmectitas) e pouca matéria orgânica, como os Vertissolos, quando úmidos apresentam baixíssima permeabilidade, pois neste há predominância de microporos, além de baixa porosidade total. Vale destacar ainda a falsa idéia de que quando estes solos estão secos apresentam alta condutividade hidráulica. Tal fato deve-se ao grande número de

fendas que se formam neles nestas condições, mas, apenas neste estado.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 2. Latossolo Vermelho.

Com o objetivo de exemplificar o contexto, Oliveira (2005) demonstra: entre os Argissolos podem-se encontrar solos com seção arenosa pouco espessa (20-30 centímetros de horizonte A+E de textura arenosa), apresentando permeabilidade rápida, seguida de horizonte B (textura argilosa) de permeabilidade lenta, até solos que apresentam a mesma permeabilidade nessas duas seções, mas cujo horizonte B situa-se a 150 centímetros ou mais de profundidade. Considerando as mesmas condições de clima e de relevo, o comportamento hídrico desses dois tipos de Argissolos será completamente diferente, apesar de que ambos foram identificados como de permeabilidade rápida no horizonte superficial e lenta na subsuperficial. Estas observações, entre muitas outras tais como: léptico, litoplíntico, abrupático, plânico, sódico, fragipânico ressaltam a necessidade de um acurado conhecimento do comportamento do solo como um todo e deixa evidente a necessidade de considerar não apenas a camada superficial quando se trata de estabelecer critérios de manejo baseado em seu comportamento hídrico.

Tabela 2. classes de permeabilidade segundo o Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos, adaptadas.

Classe*	Fluxo		Características do solo
	pol.h ⁻¹	(cm.h ⁻¹)	
Muito lenta	< 0,06	(< 0,15)	Solos argilosos, pouco porosos: Gleissolos, Vertissolos, Planossolos Nátricos.
Lenta	0,06 – 0,2	(0,15 - 0,50)	Solos argilosos. CTC elevada: Planossolos
Moderadamente lenta	0,2 – 0,6	(0,50 - 1,5)	Solos argilosos. CTC elevada e média: caracteres vértico, p lanossólico, abrupático.
Moderada a Moderadamente rápida	0,6 – 6,0	(1,5 – 15,0)	Solos argilosos porosos e de textura média.
Rápida	6,0 – 20,0	(15,0 – 50,0)	Solos de textura média e arenosa.
Muito rápida	> 20	(> 50,0)	Solos muito arenosos e/ou cascalhentos.

* A classe de drenagem de um solo é comandada pela permeabilidade de seu horizonte menos permeável.

É importante ainda considerar nessas interpretações os fatores climáticos regionais, assim como, que o fluxo de água interna do solo se inicia pela entrada de água na superfície dele (infiltração), a qual está diretamente relacionada com a porosidade que o solo apresenta na superfície.

2.2.3. Profundidade efetiva

A profundidade efetiva refere-se a profundidades máximas na qual as raízes penetram no solo em número razoável, sem impedimento de qualquer natureza, proporcionando às plantas suporte físico e meio para absorção de água e nutrientes além de ar as mesmas. Nem sempre a profundidade efetiva se limita à profundidade do *solum* (A + B), podendo ultrapassá-lo (**Figura 3**), principalmente quando o material de origem dos solos são mais facilmente intemperizáveis e/ou muito fraturadas (basalto, arenito, etc.).

Os fatores que determinam a livre penetração das raízes no solo podem ser de ordem física ou química. Entre os físicos temos o contato lítico, o horizonte litoplântico e o duripã. Também o fragipã, a compactação de horizontes subsuperficiais, a presença de horizontes adensados ou de cascalheiras espessas podem restringir o desenvolvimento das raízes. Tanto o fragipã como os horizontes compactados ou adensados têm sua penetrabilidade ao sistema radicular associado a seu estado de umedecimento.

Entre as barreiras químicas, a presença do alumínio (Al^{3+}), manganês (Mn^{2+}) e deficiências nutricionais, especialmente fósforo (P) e cálcio (Ca^{2+}) são muito citadas na bibliografia.

A Embrapa (SISTEMA, 1999) assinala, além do contato lítico, a presença de lençol freático permanente entre os critérios definidores de classes de profundidade do solo, a qual a rigor, não constitui um impedimento físico ou químico, mas sim fisiológico.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 3. Cambissolo Háplico.

No caso da profundidade efetiva, os Neossolos Litólicos (**Figura 4**) juntamente com os solos com caráter lítico apresentam, portanto sérias limitações para as plantas, especialmente as permanentes, devido ao pequeno volume do solo explorado por unidade de área. Quando ocorrentes em relevo movimentado suas limitações são potencializadas. As plantas não conseguem

fazer penetrar seu sistema radicular em profundidade, tombando com facilidade pela falta de ancoragem. Mesmo em regiões relativamente úmidas, essa limitação pode se manifestar com relativa intensidade, muito mais restritivo nas regiões secas.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 4. Neossolo Litólico.

Muitos desses solos são eutrófico, mas a reserva de nutrientes por unidade de volume é baixa, além de serem muito susceptíveis à erosão. Os solos que apresentam o caráter léptico associado ao contato lítico apresentam as mesmas limitações, embora com menor intensidade.

Tabela 3. classes de profundidade efetiva (SANTOS et al., 2006).

Classe	Profundidade (cm)
Muito profundo	> 200
Profundo	100 ≤ 200
Pouco profundo	> 50 ≤ 100
Raso	≤ 50

2.2.4. Textura

A textura, uma das mais importantes características físicas do solo, foi considerada por relacionar-se diretamente com a capacidade de retenção de água, permeabilidade do solo, capacidade de retenção de cátions, arabilidade do solo e suscetibilidade à erosão. As classes de textura aqui consideradas correspondem aos grupamentos texturais constantes em Santos et al. (2006) com modificações, e são: arenosa, média, argilosa (1:1), muito argilosa (1:1), argilosa (2:1), siltosa e orgânica. A expressão orgânica foi atribuída aos solos que apresentam constituição predominantemente orgânica.

2.2.5. Relevo

Sua ação se reflete diretamente sobre o clima do solo e sobre a dinâmica da água, tanto a superficial como a que transita no interior do solo. A ação sobre o clima do solo se dá diretamente, através da incidência diferenciada da radiação solar, segundo a inclinação e a posição das vertentes (**Figura 5**), e do decréscimo da temperatura com o aumento da altitude, e indiretamente,

sobre os seres vivos, especialmente os tipos de vegetação natural, que são dependentes das condições climáticas locais.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 5. Relevo suave ondulado.

O relevo regula os movimentos da água ao longo da vertente, tanto na superfície como no interior do solo, agindo sobre seu regime hídrico e, conseqüentemente, sobre os fenômenos de percolação interna e ações correlatas – lixiviação de solutos, transporte de partículas coloidais em suspensão no meio líquido – e ainda naqueles fenômenos em que a presença da água é imprescindível – hidrólise, hidratação, dissolução.

Quanto mais íngreme for o terreno, menor a possibilidade de infiltração da água no solo e, conseqüentemente, do fluxo interno dela, e maior a quantidade de água que escorre na superfície (enxurrada) e a energia cinética produzida,

potencializando o processo erosivo. Solos situados em relevo íngreme geralmente são por isso menos profundos e mais secos que outros situados em uma mesma situação climática, porém em declive menos acentuado.

A concavidade ou convexidade da vertente modifica o poder erosivo das enxurradas e influencia a direção do movimento da água no interior do solo. Em igualdade de condições climáticas e de cobertura vegetal, os solos nas posições côncavas, devido à convergência dos fluxos de água, são mais úmidos do que os das posições convexas.

Nas áreas baixas de relevo mais suave, além da água de precipitação pluvial que incide sobre ela diretamente, há contribuição tanto da água proveniente das enxurradas das áreas mais altas, como da que se movimenta lateralmente e internamente no solo das vertentes contíguas a elas.

Na avaliação da maior ou menor facilidade de infiltração da água no solo de uma vertente é necessário levar em conta, além da forma da vertente, seu comprimento, a rugosidade e a cobertura vegetal do terreno, além dos fatores intrínsecos do solo (**Figura 6**).

BUOL et. al. (1973) relacionam à influência do relevo os seguintes atributos do solo: 1) profundidade; 2) espessura e conteúdo de matéria orgânica do horizonte superficial; 3) umidade relativa do perfil; 4) cor do perfil; 5) grau de diferenciação dos horizontes; 6) reação do solo; 7) conteúdo de sais solúveis; 8) espécie e grau de desenvolvimento de horizontes adensados ("pan"); 9) temperatura; 10) caráter do material inicial.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 6. Relevo forte ondulado.

Tabela 4. classes de relevo (%).

Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Moderadamente ondulado	8 – 13
Ondulado	13 – 20
Forte ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: (SANTOS et al., 2006) adaptada.

2.2.6. Drenagem

O principal problema com relação à drenagem dos solos *versus* desenvolvimento e produção vegetal não é propriamente o excesso de água, mas sim a aeração inadequada, o que aumenta a resistência da difusão dos gases do solo para a atmosfera e vice-versa. O oxigênio necessário na respiração metabólica é rapidamente consumido pelos microorganismos e plantas, inibindo o crescimento do sistema radicular. Isto acarreta a diminuição da absorção de água, podendo em casos extremos ocorrer até o murchamento de plantas (WILLEY, 1970), em vista do aumento da resistência das raízes para extrair água do solo (KRAMER, 1969) e do aumento da resistência dos estômatos para transpirar água (SOJKA e STOLZY, 1980), o que por sua vez, acarreta diminuição da fotossíntese. Quando a falta de oxigênio é muito acentuada, podem acumular-se compostos como o etanol, etileno e metano, os quais são tóxicos quando presentes em teores elevados. O ferro e o manganês, uma vez reduzidos para as formas bivalentes, apresentam também toxicidade para as plantas. Esse somatório de fenômenos limita bastante o uso de solos com horizonte glei (Gleissolos) e/ou caracteres tais como: gleico, plíntico, abruptico, lítico, litoplíntico, sendo tanto mais limitante quanto mais superficial ocorrerem.

Destes, o horizonte glei definidor da classe dos Gleissolos (**Figura 7**) é formado em ambiente palustre. Nessa condição, o solo se mantém em condições de umidade excessiva por período suficientemente prolongado e sem renovação da água, de modo que a atividade microbiana possa reduzir significativamente a taxa de oxigênio livre nela dissolvido. Os nitratos e depois os compostos de manganês são os primeiros a serem reduzidos, porém, como eles geralmente não são abundantes, rapidamente esgotam seu papel de receptores de elétrons. O ferro (Fe), portanto, muito mais abundante, constitui a maior reserva de receptores de elétrons nas reações de oxirredução. Neste ambiente, o ferro oxidado (Fe^{3+}) passa a ferro reduzido (Fe^{2+}), adquirindo grande mobilidade, sendo removido

e causando, conseqüentemente, despigmentação do solo, o qual adquire cores acinzentadas, oliváceas ou azuladas.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 7. Gleissolo Háplico.

A condição de redução não é necessariamente produzida apenas nas camadas saturadas pela presença do lençol freático. É necessário considerar a franja capilar, a qual é tanto mais elevada acima do lençol freático quanto mais argiloso é o solo.

A maior parte das propriedades morfométricas que são relacionadas com ambiente redutor (mosqueado, cromá baixo) pode mudar com o tempo devido à atividade biológica (homogeneização) e ao intemperismo. No entanto, estas mudanças são muito lentas e, em solos argilosos de regiões temperadas a cor acinzentada permanece por vários séculos. Porém, em solos de textura grosseira, aquelas características morfométricas podem desaparecer em poucas décadas após drenagem, estabelecendo então uma melhor relação com as

atuais condições de drenagem.

Por outro lado, é necessário assinalar que as cores acinzentadas, típicas de ambiente redutor, em certas condições, ainda que o solo esteja saturado por longos períodos do ano, não se manifestam. Isto está relacionado a certas condições da paisagem em que há constante flutuação do lençol de água, permitindo um contínuo fornecimento de oxigênio (O_2) e, conseqüentemente, impedindo os fenômenos de oxirredução.

Esses fatos demonstram que apesar de a morfologia dos solos poderem, em geral, ser usada para inferir sobre as condições de pedogênese (ambiente redutor *versus* ambiente oxidante) ou classes de drenagem, uma correlação consistente entre as feições morfológicas e o grau e a duração do umedecimento do solo não pode ser generalizada. Tais inferências são válidas quando feitas localmente, usando dados suplementares como observações sobre o estágio de umidade do solo e suas flutuações sazonais aliadas à avaliação da quantidade, intensidade e distribuição da precipitação atmosférica, escoamento superficial e determinações de evapotranspiração.

Nas interpretações de levantamentos de solos para fins de zoneamento de culturas (**Tabela 5**), são apresentadas as classes de drenagem as quais guardam relação com as classes descritas em Santos et al. (2006).

As classes de drenagem referem-se à quantidade e rapidez com que a água recebida pelo solo escoar por infiltração e escoamento, afetando as condições hídricas do solo (duração do período em que permanece úmido ou encharcado).

Tabela 5. classes de drenagem do solo.

Excessivamente a fortemente drenado	A água é removida do solo rapidamente. Solos muito porosos, de textura média a arenosa e bem permeáveis.
Acentuadamente drenado	A água é removida rapidamente do solo. Solos de textura média ou argilosa, porém com atividade baixas (Tb), muito porosos e bem permeáveis.
Bem drenado	A água é removida com facilidade do solo, porém não rapidamente. Os solos geralmente apresentam textura argilosa ou média, sem mosqueados ou, se presentes, localizam-se a mais de 150 cm de profundidade e também a mais de 30 cm do topo do horizonte B ou do horizonte C, se não existir B.
Moderadamente drenado	A água é removida um tanto lentamente do solo, de modo que o perfil permanece molhado por uma pequena, porém significativa parte do tempo. Os solos geralmente apresentam camada de permeabilidade lenta no <i>solum</i> ou imediatamente abaixo dele. O lençol freático acha-se imediatamente abaixo do <i>solum</i> ou afetando a parte inferior do horizonte B por adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação de essas condições. Algum mosqueado de redução na parte inferior do horizonte B ou no topo dele associado à diferença textural acentuada entre o horizonte A ou E e o horizonte B.
Imperfeitamente drenado	A água é removida lentamente do solo, de modo que este permanece molhado por período significativo, mas não durante a maior parte do ano. Os solos apresentam geralmente camada de permeabilidade lenta no <i>solum</i> , lençol freático alto, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação dessas condições e algum mosqueado de redução no perfil, notando-se na parte baixa indícios de gleização.
Mal drenado a Muito mal drenado	A água é removida do solo tão lentamente que o lençol freático permanece na superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano. Os solos ocupam áreas planas ou depressões onde há, freqüentemente, estagnação de água. Solos com gleização e comumente com horizonte hístico.

2.2.7. Fertilidade

A fertilidade natural do solo é um fenômeno bastante complexo, que está relacionado com os fatores extrínsecos, às propriedades físicas e químicas do solo e a existência de determinados elementos nutritivos, o que, em última análise

depende fundamentalmente do material que deu origem á determinado solo. Nestes trabalhos de zoneamentos edáficos foi empregado como parâmetro de fertilidade dos solos a saturação por bases (V%), a qual é variável para cada cultura analisada.

2.2.8. Pedregosidade e/ou rochosidade

Refere-se à proporção de calhaus, matacões e/ou exposição de rochas do embasamento (**Figura 8**), quer sejam afloramentos de rochas, lajes de rochas, camadas delgadas de solos sobre rochas e/ou predominância de “boulders” com mais de 100 centímetros de diâmetro, presentes na superfície e/ou massa do solo (**Figura 9**), que interferem diretamente na utilização de implementos e máquinas agrícolas. As classes empregadas são apresentadas na **Tabela 6**.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 8. Rochosidade.

Foto: Carlos Alberto Flores



Figura 8. Pedregosidade.

Tabela 6. Classes de pedregosidade e/ou rochosidade empregadas na avaliação da aptidão edáficas do *Eucalyptus sp.*, na região do Corede Sul, RS.

Classes	Pedras ou rocha (%)	Tipo de restrição
Ausente	0 a 0,1	Sem restrições
Pouca	0,1 a 0,3	Ligeira a moderada
Moderada	3 a 15	Forte
Abundante	Maior que 15	Muito forte

2.3. Aptidão edáfica para as culturas

Em função da escala (detalhe) do mapa de solos a ser utilizado, muda a estratégia de utilização deste. Quando de posse de levantamentos de solos (mapas, texto) mais detalhados (escala < 50.000) as classes de solos componentes das unidades de mapeamento a serem avaliadas tenderão a fornecer maior número de subsídios à interpretação. Com isto, o enquadramento das unidades de mapeamento em uma determinada classe de aptidão edáficas apresentará maior discriminação e precisão, como exemplo: gleico, abrupto, plíntico, lítico, léptico, etc. Entretanto, quando as informações de solos estão contidas em mapas de solos em escalas mais genéricas (> 50.000) onde as unidades de mapeamento são de composições mais heterogêneas, é necessário o agrupamento das unidades de mapeamento em categorias, definindo, em cada uma, classes distintas de utilização, como solos com horizonte latossólico, relevo suave ondulado, tipo de argila, saturação por bases, etc.

Numa categoria superior, se definem classes em função das características de profundidade efetiva, fertilidade, drenagem interna, relevo, grupamento textural, e pedregosidade/ rochosidade dos solos entre outras características analisadas. Quando estas condições são totalmente favoráveis, ocorre a classe de solos **Preferencial** para a cultura objeto da análise.

Quando ocorrem restrições em uma ou mais características, que limitam as possibilidades de utilização com determinada cultura, os solos serão enquadrados em classes distintas de aptidão edáfica. Desta análise resultam quatro classes de aptidão edáfica para as culturas selecionadas.

P – Preferencial;

R – Recomendada;

PR - Pouco recomendada;

CNR - Cultivo não recomendado.

2.3.1. Descrição das classes de aptidão edáfica

Preferencial: solos nos quais o desenvolvimento e as produtividades das culturas são muito altos;

Recomendada: solos nos quais o desenvolvimento e as produtividades das culturas são satisfatórios;

Pouco recomendada: solos nos quais o desenvolvimento e as produtividades das culturas tendem a serem baixas;

Cultivo não recomendado: solos nos quais o desenvolvimento e as produtividades das culturas são muito reduzidos.

2.3.2. Quadro guia para avaliação da aptidão edáfica das culturas

Elaborou-se um quadro guia (**Quadros 1 a 12**) para cada cultura, onde a análise deste permite o enquadramento de determinada unidade de mapeamento (Classe taxonômica) em uma das classes de potencial edáfico (Preferencial, Recomendada, Pouco recomendada ou Cultivo não recomendado) para a referida cultura.

Em geral são utilizados alguns parâmetros dos solos relativos a determinada cultura. Os parâmetros analisados {sejam cinco (5)

ou oito (8)} dependem da cultura e do nível do levantamento dos solos existente. Para cada um destes parâmetros foi desenvolvida uma escala de valores (peso) onde o valor um (1) corresponde à ausência de limitação (Classe Preferencial) enquanto que o valor quatro (4) corresponde à limitação muito forte (Classe Cultivo não recomendado). Portanto, as limitações aumentam quanto maior for o valor atribuído.

Quadro 1. Guia de avaliação da aptidão edáfica para a **Acácia negra** (*Acácia mearnsii*) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou suave ondulado	Ondulado ou forte ondulado	Montanhoso	Escarpado
Fertilidade	Alta	Média	Baixa	Muito baixa
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 2. Guia de avaliação da aptidão edáfica para a **Ameixeira** (*Prunus doméstica* L.) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta e média	Baixa	Muito baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 3. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o **Arroz irrigado** (*Oriza sativa*) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Mal ou muito mal drenado	Imperfeitamente drenado	Moderadamente drenado	Excessivamente, fortemente ou acentuadamente drenado
Profundidade efetiva	Pouco profundo	Moderadamente profundo	Profundo	Muito profundo ou raso
Grupamento textural	Média/muito argilosa (2:1) e argilosa (2:1)	Arenosa ou média/argilosa (2:1)	Argilosa (1:1) ou siltosa	Arenosa, arenosa/média ou média (1:1) e orgânica
Relevo	Plano (0 – 3%)	Suave ondulado (3 – 8%)	Moderadamente ondulado (8 – 13%)	Ondulado, forte ondulado, montanhoso ou escarpado (>13%)
Fertilidade (V%)	Alta (> 80)	Média (80 – 50)	Muito baixa (50 – 20)	Presença de sais
Condutividade elétrica (ds)	Ausente (2,0)	Moderada (2,0 – 4,0)	Acentuada (4,0 – 7,0)	Alta (>7,0)

Quadro 4. Guia de avaliação da aptidão edáfica para a **Cana de Açúcar (*Saccharum híbridus*)** no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta e média	Baixa	Muito baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 5. Guia de avaliação da aptidão edáfica para a **Canola (*Brassica napus* L. ; *Brassica rapa* L.)** no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Moderadamente ondulado	Forte ondulado	Montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta e média	Baixa	Muito baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 6. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o **Eucalipto** (*Eucalyptus grandis*, *globulus*, *dunnii*) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta e média	Baixa	Muito baixa	Presença de sais
Pedregosidade/ Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 7. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o **Girassol** (*Helianthus annuus*) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Moderadamente ondulado	Ondulado	Forte ondulado, montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta	Média	Baixa	Presença de sais
Pedregosidade/ Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 8. Guia de avaliação da aptidão edáfica para a **Mamona** (*Ricinus communis* L.) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Moderadamente ondulado	Ondulado	Forte ondulado, montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta	Média	Baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 9. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o **Pessegueiro** (*Prunus pérsica* L. Batsch) no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta e média	Baixa	Muito baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 10. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o **Pinus (*Pinus elliott*)** no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente ou excessivamente drenado	Imperfeitamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1) ou arenosa	Argilosa (2:1) ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Ondulado e forte ondulado	Montanhoso	Escarpado
Fertilidade	Alta, média e baixa	Muito baixa	Extremamente baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 11. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o **Soja (*Glycine max*)** no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	Muito profundo ou profundo	Pouco profundo	Raso	Muito raso
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), arenosa ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Moderadamente odulado	Ondulado	Forte ondulado, montanhoso ou escarpado
Fertilidade	Alta e média	Baixa	Muito baixa	Presença de sais
Pedregosidade/Rochosidade	Ausente ou pouca	Moderada	Acentuada	Abundante

Quadro 12. Guia de avaliação da aptidão edáfica para a **Videira (*Vitis vinifera*)** no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetros Edáficos	Classes de Aptidão Edáfica			
	Preferencial	Recomendada	Pouco recomendada	Cultivo não recomendado
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Matéria orgânica horizonte A (%)	< 2,5	> 2,5 < 3,5	> 3,5 < 5,0	> 5,0
Profundidade efetiva (cm)	> 120	50 - 120	50 - 25	< 25
Espessura horizonte A (cm)	> 50	30 - 50	30 - 15	< 15
Textura Argila total (%)	15 - 35	35 - 60 Argila (1:1)	< 15 > 60 (1:1), Argilosa (2:1) ou siltosa	Orgânica
Relevo	Plano ou Suave ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Montanhoso ou escarpado
Fertilidade V (%)	20 - 49	50 - 80	< 20 e > 80	Presença de sais
Pedregosidade/ Rochosidade	Ausente ou pouca	Pedregoso	Muito pedregoso	Pedregoso e rochoso

3. Exemplos de zoneamento edáfico de culturas (Mapa)

Os mapas mostram as áreas potenciais do ponto de vista edáfico para cada uma das culturas referidas (**Figuras 10, 11, 12 e 13**). Nestes, a cor verde (**P**) representa as áreas preferenciais para cultivo. A cor verde claro (**R**) representa as áreas onde os solos apesar de apresentarem algumas limitações (Fertilidade, textura, etc.) também são indicados para cultivo em função do bom potencial edáfico que apresentam. Enquanto que a cor laranja (**PR**) indica áreas com problemas relevantes para se alcançar bons rendimentos, devendo ser alvo de estudos mais pormenorizados para tomada de decisão de uso. Já as áreas na cor amarela (**CNR**) não são recomendadas para uso com estas culturas, em virtude do grande risco de insucesso.

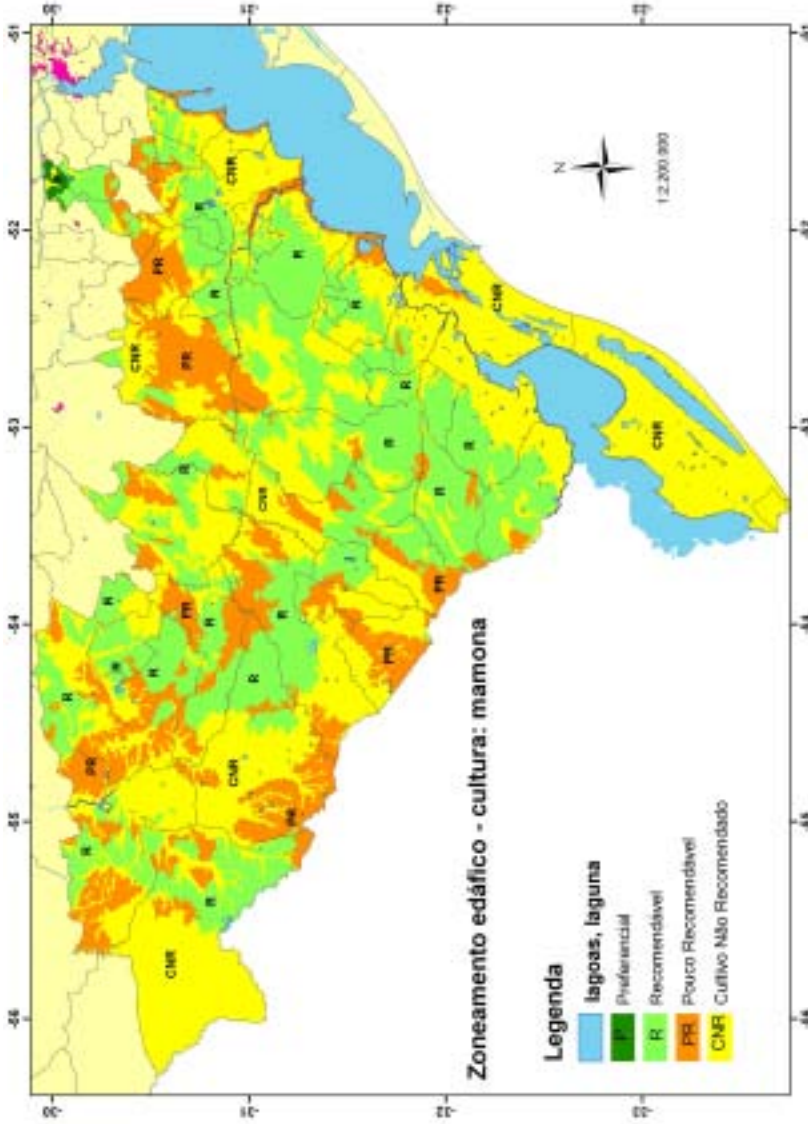


Figura 10. Mapa de potencial edáfico para a cultura da Mamona na região Sul do Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado – CPACT.

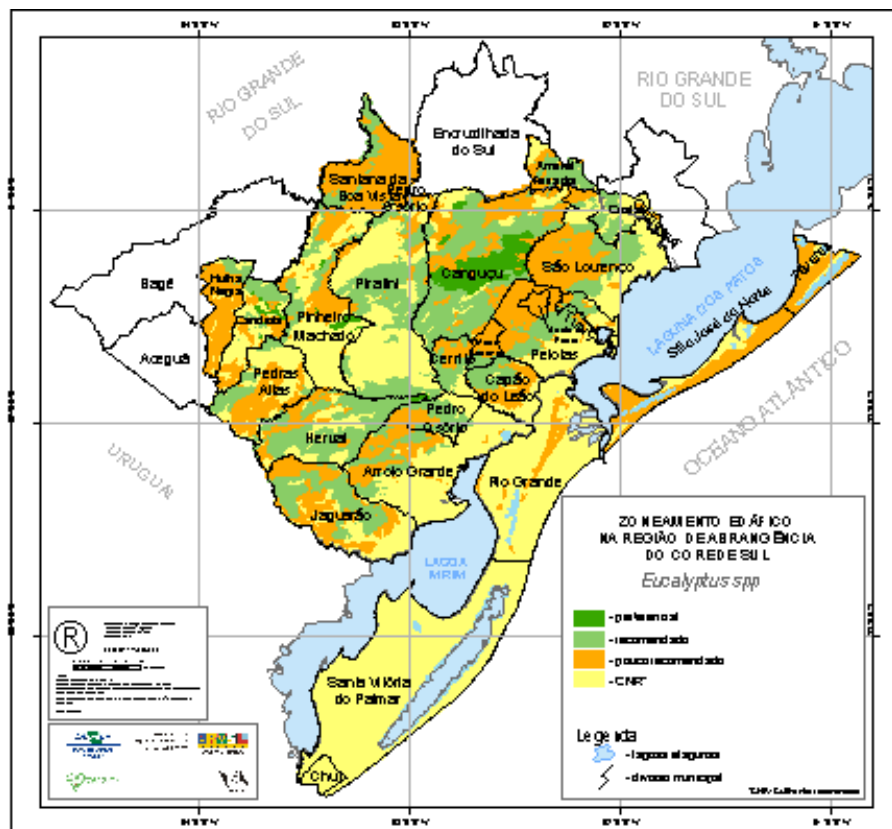


Figura 11. Mapa de potencial edáfico para a cultura do Eucalipto na região do Corede Sul no Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado – CPACT.

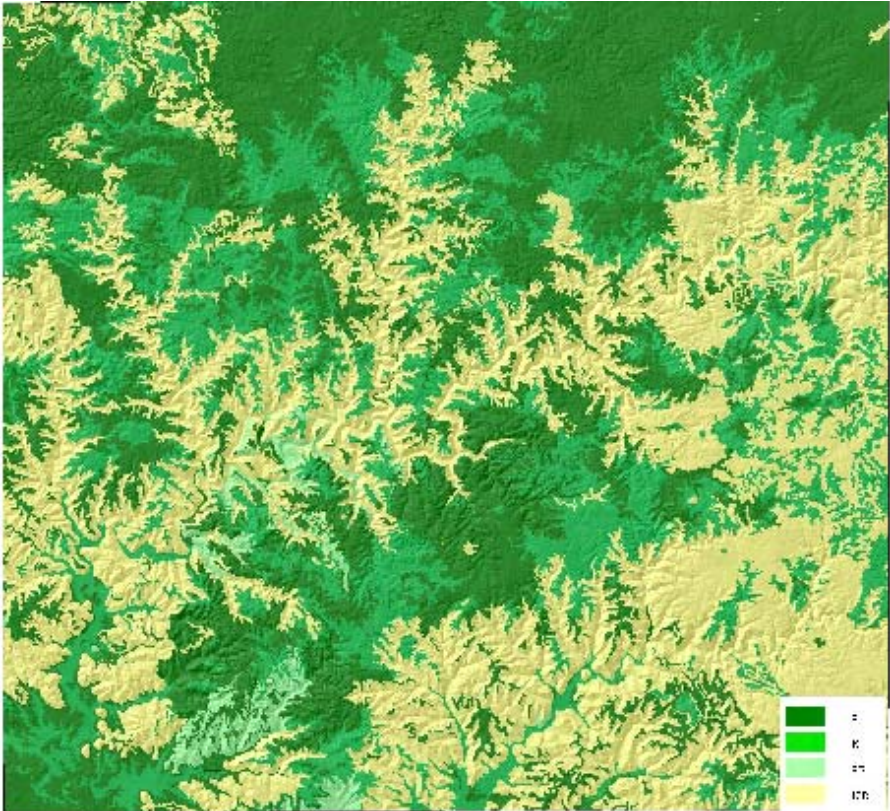


Figura 12. Mapa de potencial edáfico para a cultura da Videira na região da Serra Gaúcha no Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

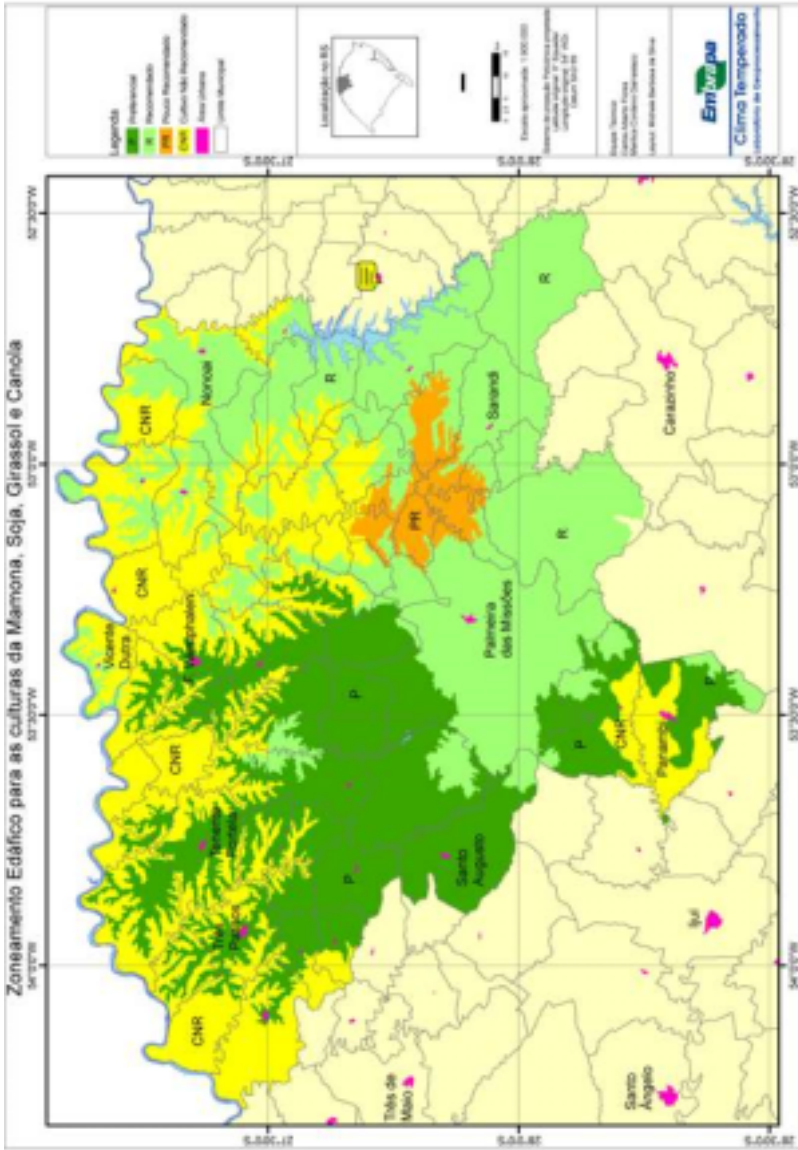


Figura 13. Mapa de potencial edáfico para a cultura da Mamona na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado - CPACT

4. Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (DNPEA. Boletim técnico, 30).

BUOL, S. W., HOLE, F. D.; McCRAKEN, R. J. **Soil genesis and classification**. Iowa. Univ. Press. 1973. 360 p.

Embrapa Solos. **Zoneamento pedoclimático para cultura da soja no Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, 1999. (Embrapa Solos. Documentos, 11). Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/documento_11_1999.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2009.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. Inclui apêndices.

IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, 1990. v. 2, 420 p.

KRAMER, P. J. **Plant and soil water relationship: a modern synthesis**. New York: MacGraw-Hill, 1969. 482 p.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

SAMBROEK, W. G. **Soil studies in the Merin Lagoon Basin: projeto regional da Lagoa Mirim**. Pelotas: Comissão Lagoa Mirim; Washington: Food and Agricultura Organization, 1969. 325 p.

SOJKA, R. E.; STOLZY, L. H. Soil-oxygen effects on stomatal response. **Soil Science**, Baltimore, v. 130 p. 350-358, 1980.

WILLEY, C. R. Effects of short periods of anaerobic and aerobic conditions on uptake by tobacco roots. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p. 224-229, 1970.