

102

Circular
Técnica

Pelotas, RS
Dezembro, 2010

Autores

Noel Gomes da Cunha

Eng. Agrôn., M.Sc., pesquisador da
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Ruy José da Costa Silveira

Eng. Agrôn., Dr. Prof. da
UFPEL-FAEM, Pelotas, RS

Ediney Koester

Geólogo, Dr. Prof. da
UFPEL, Engenharia Geológica, Pelotas, RS

Leondres Duarte de Oliveira

Geólogo, MSc., Porto Alegre, RS,
leondresoliveira@yahoo.com.br

José Maria Filippini Alba

Bach. Química, Dr. Geociências, pesquisador
da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS,
jose.filippini@cpact.embrapa.br

Fábia Amorim da Costa

Geog. MSc. Analista da
Embrapa Clima temperado, Pelotas, RS,
fábiamorim@cpact.embrapa.br

Vinícius Cantarelli Terres

Bacharelado em Ecologia da
UCPel/RS, bolsista da
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Rodrigo Theil Lopes

Bacharelado em Ecologia da
UCPel/RS, bolsista da
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Estudos de Solos do Município de Cristal do Sul, RS

Resumo

A ocupação das terras do norte do Rio Grande do Sul pelos europeus ocorreu com o grande avanço da pecuária pelos campos nativos do planalto. Nos limites do planalto, a região dissecada pelo rio Uruguai e seus afluentes (rio de Várzea) era coberta por uma floresta densa. Sem muito interesse pelos fazendeiros, a região foi colonizada a partir do início do século passado por colonos europeus, alemães, italianos e caboclos.

Hoje, o município de Cristal do Sul apresenta pequenas propriedades que se fragmentaram ao longo do tempo com uma agricultura de pequenos produtores nas áreas de mata com solos muito férteis, íngremes, com rochas e seus fragmentos. Poucas atividades, além dos cultivos de sobrevivência, expandem-se em uma economia que depende dos produtos primários das propriedades (cereais, leite, mel, criação de pequenos animais, etc.)

A terra como um todo no município está distribuída em formas de relevo distintas. No geral, a dissecação erosiva natural formou os espigões rochosos (9,94 Km², 9,97%), que são restos de platôs estreitos, íngremes e rochosos (neossolo litólico). Espigões degradados (44,64 Km², 44,79%) que compreendem as pequenas superfícies elevadas nas extremidades dos espigões gastos pela erosão, próximas aos afluentes do rio Uruguai (nitossolo vermelho). As serras (29,86 Km², 29,96%) são constituídas por superfícies íngremes, de relevo com aspecto muito rochoso, fortemente escarpadas, que se alternam entre restos de espigões rochosos elevados, em completa desagregação (neossolo regolítico), e vales com terras quase planas ou aplainadas nos platôs e fundos das ravinas (cambissolo háplico), onde situam-se os drenos naturais. (15,22 Km², 15,27%).



Espigões degradados no vale do rio da Várzea.

Foto: Vinícius Cantarelli Terres

Introdução

A desigualdade social é um problema que se manifesta ao longo do tempo em todas as sociedades organizadas. O ato de crescer no sentido socioeconômico gera, à medida que se

propagam as diferenças extremas entre os que se apropriam dos bens e os que contemplam ou são afastados dos sistemas produtivos.

Criar parâmetros que se ajustem aos extremos de crescimento, com divisões equitativas de riquezas físicas do meio rural, é a base das proposições dos governos. Entretanto, os sistemas ao longo do tempo têm se mostrado ineficientes nesse controle entre os que muito acumulam e os que pouco possuem. São as falhas dos sistemas políticos vigentes de organização da sociedade rural.

Com objetivo de amenizar a baixa renda dos pequenos agricultores e as distorções do sistema produtivo rural, devido à distribuição e uso das terras íngremes e com mata, que aconteceu no início do século passado (pequenas áreas de terras – lotes – entregues a produtores rurais pobres), os agricultores e a sociedade estão pleiteando novas tecnologias, próprias ao uso em uma agricultura mais tecnificada. Inicialmente, com estudos dos solos, os órgãos governamentais e segmentos organizados da sociedade procuram alternativas para dar uma nova perspectiva de uso da terra de forma menos degradante, mais produtiva e mais rentável nessas áreas com relevo íngreme, pertencentes a pequenos produtores.

Com as perspectivas promissoras do agronegócio de suprir uma população que cresce desordenadamente, tem-se expandido o objetivo de aumento da produtividade, à custa do uso de insumos, muitas vezes em excesso, mas tolerado pela sociedade. Isto tem-se generalizado, mesmo no uso em pequenas propriedades.

Com isso, a Embrapa, os órgãos governamentais e as entidades sociais que procuram alternativas mais econômicas para os pequenos produtores, estão desenvolvendo projetos para o estabelecimento de ações que viabilizem a produção não contaminada por aditivos químicos; portanto, com maior valor no mercado.

Essas ações se darão em áreas socioeconômicas homogêneas, de pequenas propriedades, denominadas “territórios”, onde possam ser evidenciadas carências comuns e que abram perspectivas de novas ações, as quais dinamizem a conjuntura atual sem agravar os problemas erosivos provocados, que têm sido frequentes nessas terras, consumindo grande parte da mata local, outrora densa.

A Embrapa, nesse contexto, propõe-se, entre outras atividades, a caracterizar o município de Cristal do Sul em seus aspectos de recursos naturais relacionados aos solos, geomorfologia, capacidade de uso e aptidão agrícola das terras.

Na verdade a sociedade procura um conhecimento do uso

da terra e sua relação com a vegetação. O caminho natural da degradação, a história relata, dá-se com a ocupação da terra pelo homem dito civilizado. Inicialmente há uma “remoção” dos nativos, dos animais, da mata e posteriormente há a degradação dos solos e poluição das águas. Conter essa parte final é um dos objetivos desse estudo de solos.

O município localiza-se na parte norte da bacia hidrográfica do rio Uruguai no Rio Grande do Sul e foi colonizado por agricultores descendentes de alemães, italianos e caboclos a partir do início do século XX.

Parte das terras íngremes desta região não eram aproveitadas pela pecuária da época, devido à sua mata, que hoje está em extinção. Outras partes aplainadas na bacia hidrográfica do rio da Várzea criaram boas condições para a exploração da pecuária e da agricultura. A atividade relacionada a extração de pedras semi-preciosas (ágata e ametista) é fonte de renda do município.

Metodologia

Para compor o uso das informações referentes ao planejamento do uso agrícola e o controle ambiental local do Estudo dos Solos de Municípios do Alto Uruguai, RS, que engloba 15 municípios em torno de Frederico Westphalen, estão sendo descritos os solos dos municípios individualizados.

No caso são descritas, em nível de reconhecimento, somente as unidades de relevo locais, onde o tempo e a erosão construíram morfologias diferenciadas próprias, mas que se repetem alternadamente em toda região. Nessas unidades morfológicas os solos variam dentro de parâmetros determinados em sintonia com a rocha basáltica uniforme e comum a toda região.

Para elaboração do mapeamento dos solos, aptidão agrícola das terras, capacidade de uso das terras e formas de relevo do município de Cristal do Sul, foram integradas cartas topográficas digitais na escala 1:50.000: com nomenclatura MI (Mapa Índice): 2884/2 (Itapiranga), 2884/4 (Palmitinhos), 2885/1 (Iraí), 2885/2 (Palmitos), 2885/3 (Frederico Westphalen), 2885/4 (Planalto), 2899/2 (Coronel Bicalho), 2900/1 (Jaboticaba), 2900/2 (Liberato Salzano).

Após identificadas e delineadas as unidades de mapeamento de solos nas cartas, foram digitalizadas as informações. As unidades de relevo e solos foram inicialmente desenhadas em cima da base cartográfica da Primeira Divisão de levantamento, em escala 1:50.000, sendo digitalizadas considerando Hasenack e Weber (2010). A digitalização foi estruturada no software

ARCGIS, visando:

- (a) a elaboração de um produto cartográfico adequado e compatível com a escala que se propõe;
- (b) o gerenciamento de informações espaciais e descritivas;
- (c) subsídios para projetos de zoneamento e manejo.

Para a classificação taxonômica dos solos, foi usado o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, Santos et al. (2006) e o Sistema de Classificação Americano – *Soil Taxonomy (USA, 1996)*.

As terras foram classificadas utilizando-se o sistema denominado Capacidade de Uso das Terras (LEPSCH et al., 1983; ESTADOS UNIDOS, 1951), que se baseia nos fatores limitantes à sua utilização e a seu relacionamento com a intensidade de uso. Este sistema foi elaborado, primordialmente, para atender ao planejamento de práticas de conservação do solo, prevendo oito classes de capacidade de uso, convencionadas pelos algarismos romanos de I a VIII. As classes I, II e III são próprias para culturas anuais, porém os riscos de degradação ou grau de limitação ao uso aumentam da classe I a III; a classe IV somente deve ser utilizada ocasionalmente para culturas anuais, mesmo assim com sérios problemas de conservação. As classes V, VI e VII são inadequadas para culturas anuais, mas próprias para culturas permanentes (pastagem ou reflorestamento), nas quais os problemas de conservação aumentam da classe V a VII. A classe V é restrita a terras planas inundáveis, e a classe VIII é imprópria para qualquer tipo de cultivo (anual, pastagem ou reflorestamento). Para determinar a capacidade de uso das terras, consideram-se os fatores que possam ser limitantes à produtividade das culturas ao longo do tempo. Os fatores são identificados pela letra minúscula “e” (limitação por suscetibilidade à erosão), “s” (limitação relativa ao solo), “d” (limitação devida ao excesso de água) e “c” (limitação climática). Os símbolos gerais são considerados subclasses e têm por objetivo evidenciar as principais limitações. No caso, não se considera a subclasse clima como variável para a classificação. Entretanto, a deficiência de água está diretamente relacionada a este fator. As glebas de terras de mesma classe e subclasse, principalmente quando necessitam de tratamentos diferenciados pela constituição dos solos, são denominadas de unidades de produção.

Na verdade, essa classificação foi feita para dar condições à implementação efetiva de sistemas de controle à erosão que, no início do século passado, estavam destruindo os solos na América do Norte. Aqui no Brasil, esse sistema têm sido usado para fomentar uma ideia de potencialidade agrícola das terras. Este conceito generalizado parece próprio, pois à medida que a erosão acelerada passou a ser

quase debelada por práticas conservacionistas de plantio direto, a diferença de risco imediato que, distinguia uma classe da outra parece ter se tornado menor. Assim sendo, cultivar a terra suscetível à erosão acelerada é possível, mas o conjunto de dificuldades e os efeitos inerentes dos tratos culturais ainda são os mesmos; portanto, as diferenças e graus de dificuldades entre classes ainda existem. Situar as diferenças e dificuldades e corrigi-las dentro de uma ordem que efetivamente represente os fatores econômicos parece um caminho para uma nova taxonomia.

Também está sendo usado o sistema de Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), que se diferencia do anterior, por procurar atender, embora subjetivamente, a uma relação custo/benefício favorável. No caso, não foram considerados fatores econômicos. Atende-se a uma realidade compatível com a média das possibilidades dos agricultores, numa tendência econômica em longo prazo, sem perder de vista o nível tecnológico adotado. O sistema consta de seis grupos de aptidão agrícola de terras. São eles os grupos: 1, 2, 3 (cultivos anuais), 4 (pastagens cultivadas), 5 (pastagem natural e silvicultura) e 6 (inapto ao uso agrícola). Além disso, o sistema considera três níveis de manejo: A (primitivo, sem tecnologia), B (intermediário, com alguma tecnologia) e C (alto nível tecnológico). Para cada nível de manejo (A, B ou C), a aptidão da terra pode ser “boa” (representada pela letra maiúscula do respectivo manejo), “regular” (letra minúscula), “restrita” (letra minúscula entre parênteses) e “inapta” (ausência de letras). Para determinar a aptidão agrícola, consideram-se os seguintes fatores limitantes: fertilidade natural, excesso de água, falta de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Cada um destes fatores é avaliado quanto à intensidade ou grau da limitação, podendo ser nula (N), ligeira (L), moderada (M), forte (F) e muito forte (MF). O grau de limitação mais acentuado define a classe de aptidão em cada nível de manejo. A avaliação do grau de limitação é baseada na experiência dos executores e em dados regionais.

Os mapas anexados no final do texto indicam a descrição geral da área, solos (classificação taxonômica), formas de relevo, capacidade de uso da terra e aptidão agrícola das terras.

Todos seguem prioritariamente a ordem proposta nas formas de relevo.

A sequência de atividades desenvolvidas foi:

- a) fotointerpretação preliminar para delineamento de superfícies homogêneas, sob o ponto de vista de tonalidade fotográfica e relevo;

b) percurso da área para analisar a relação entre as superfícies homogêneas delineadas, material de origem, vegetação, características, distribuição dos solos e coleta de perfis de solos;

c) confecção da legenda preliminar com as formas de relevo das diferentes superfícies;

d) novo percurso da área, para certificar-se dos pontos onde havia dúvidas sobre a geologia e solos;

e) interpretação das análises químicas para caracterização das unidades;

f) classificação dos solos nos diferentes sistemas taxonômicos: Santos et al., (2006) e no sistema interpretativo americano (USA, 1996);

g) confecção dos mapas e relatório descritivo.

As análises químicas necessárias, com exceção da determinação de carbono orgânico, foram realizadas de acordo com os métodos descritos no Manual de Métodos de Análises de Solo Embrapa (BRASIL, 1979), considerando:

- pH em água e pH em KCl;

- Ca^{+2} e Mg^{+2} , extraídos com KCl 1 M e determinados por espectrofotometria de absorção atômica;

- Na^+ e K^+ , extraídos com HCl 0,05 M + H_2SO_4 0,025 M e determinados por fotometria de chama;

- P, extraído com HCl 0,05 M + H_2SO_4 0,025 M e determinado por espectrofotômetro;

- H^+ + Al^{+3} , extraídos com $\text{Ca}(\text{OAC})_2$ 1 M pH 7,0, titulados com NaOH 0,0606 M utilizando-se fenolftaleína como indicador;

- Al^{+3} , extraído com KCl 1M, titulado com NaOH 0,025 M utilizando-se azul-bromotimol como indicador;

- A determinação do carbono orgânico no solo, descrita por Tedesco et al. (1985), é caracterizada pela oxidação com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1,25 M) em meio ácido. A determinação do C orgânico envolve a conversão de todas as formas de C para o dióxido de carbono (CO_2) por combustão úmida. O calor é obtido a partir da diluição do ácido sulfúrico (H_2SO_4 concentrado) em água deionizada, pelo aquecimento externo. A titulação é feita por sulfato ferroso (FeSO_4 0,25M). A cor da solução, no início, varia de laranja-amarelado a verde-escuro, mudando para cinza turbido antes do ponto final de viragem e,

então, muda abruptamente para um vermelho-tijolo, no ponto final da titulação.

- Análise granulométrica determinada por dispersão em água com agente químico (NaOH) e agitação mecânica de alta rotação, sedimentação e determinação de argila pelo método da pipeta, com areia grossa e areia fina, separadas por peneiramento, e silte calculado por diferença, não sendo empregado pré-tratamento para eliminação da matéria orgânica. O teor de argila natural foi determinado apenas com dispersão em água.

Quanto à espessura, os solos estão sendo considerados: muito rasos (0 – 25 cm), rasos (25 – 50 cm), pouco rasos (50 – 75 cm), pouco profundos (75 – 100 cm) e profundos (> 100 cm).

Os solos foram descritos conforme se inserem nas unidades de formas de relevo, aqui diferenciadas nas fotos aéreas, mais especificamente por seus aspectos geológicos, padrões de drenagem, vegetação, etc.

Assume-se que os solos estão distribuídos neste contexto como apenas mais um dos componentes. Além disso, as formas de relevo se relacionam intensivamente com o uso agrícola das terras, objetivo preponderante neste trabalho. Os perfis foram coletados em cortes de estradas. As estradas municipais dão acesso a todas as propriedades onde a constatação dos solos é feita sem restrições.

Na seção de resultados, a qualificação das características dos solos é inserida nas descrições morfológicas das unidades de relevo. São utilizadas terminologias semelhantes que comparam solos regionais com mapas do IBGE (1986) e Brasil (1973).

Aspectos locais

O município de Cristal do Sul situa-se na região fisiográfica do Alto Uruguai, RS. A colonização básica agrícola nesse amplo território partiu do município de Palmeira das Missões, inicialmente ocupado pelos portugueses devido aos seus campos abertos com gramíneas e invasoras e seus bosques de mata intermitente, onde as pastagens eram essenciais para a criação de gado. Cristal do Sul, cidade pertencente a esta microrregião, destacou-se primeiramente na região pelas terras menos íngremes das bordas do planalto. Foi local de trânsito pelo rio da Várzea ao rio Uruguai.

Segundo Nora e Pigozzo (2007), a região, em geral, por seu aspecto desfavorável à criação de gado e área de mata virgem, foi pouco valorizada pelos grandes produtores, que a consideravam desqualificada. Por isso, esses

grandes proprietários venderam-nas em pequenos lotes a colonos e pequenos agricultores com o objetivo de colonizar essas partes de mata.

A colonização da região partiu basicamente da divisão minifundiária, com algumas diferenças em âmbito municipal. Nos municípios que se emanciparam mais recentemente, houve uma divisão em lotes, mais organizada, que sugere uma intervenção governamental, mas, de uma forma geral, percebe-se que ocorreu uma organização territorial executada pela própria população ao decorrer do tempo. Essa colonização de descendentes de alemães, italianos e caboclos no início do século XX, tomou uma caracterização regional à medida que novas levas de colonos se estabeleciam, mas a história está muito fragmentada, tendo-se disponíveis apenas breves históricos de cada município.

Desde então, o crescimento da região se deu graças à boa qualidade das terras locais férteis para uma agricultura de pequenos produtores e exploração de pedras semipreciosas. Outras atividades desempenhadas pelos minifundiários, como a suinocultura e a produção de leite, destacaram-se nesse contexto, associadas a um desmatamento intensivo para se estabelecerem roças em um relevo íngreme, com rochas e fragmentos (Fig. 1 a 4).

A história, construída pelos órgãos oficiais e pela população em geral, é rica em detalhes dessa ocupação, no seu aspecto da luta pela sobrevivência dos colonos para arrancar da terra fértil e íngreme o seu sustento e o seu progresso, porém silenciosa em relação aos povos indígenas que as ocupavam. Há um silêncio histórico, onde eles aparecem ocasionalmente nas estradas oferecendo os restos da sua cultura. Há um sentimento de culpa de saber na sociedade que o progresso proposto não caminha com eles pela estrada. Estão nômades sem destino e sem ambições a serem alcançadas.



Fig 1: Terras aplainadas pela erosão natural no vale do rio da Várzea.



Fig 2: Terras íngremes de serra em processo natural de desmatamento local



Fig 3: Veios de basalto máfico de ocorrência local no vale do rio da Várzea.



Fig 4: Espigões degradados expandem a agricultura local para além do vale do rio da Várzea.

Aspectos da vegetação

A vegetação atual que cobre o município de Cristal do Sul é praticamente toda constituída por uma sucessão de culturas regionais de inverno e verão (milho e poucos outros cultivos). Praticamente, a terra tem uso contínuo nas duas estações. Ou está cultivada ou está sendo preparada para novas culturas. O controle da nova vegetação dita de invasoras de pequeno porte, que tenta se restabelecer, é feito por práticas de roçagem ou pastoreio intensivo utilizando animais disponíveis para leite e tração de implementos agrícolas.

Para Rambo (1994), a vegetação do Planalto a partir do município de Ijuí em direção ao norte começa com a intensificação da floresta. Inicialmente, com a ocorrência de campos esparsos entre “capões” de mata de composição semelhante à floresta, o que acentua a hipótese de que a mata estava progressivamente se estabelecendo nas savanas. Não se consideram os efeitos da presença do homem e suas ações agrícolas passadas sobre o estabelecimento dessas savanas.

Ocasionalmente, restam fragmentos isolados de uma mata nativa exuberante, preservada apenas em pequenas áreas, nos fundos dos vales íngremes. Normalmente, a maior parte das raras árvores nativas, de grande porte e de boa qualidade, são encontradas esparsas nos vales, onde os agricultores construíram suas casas em função da disponibilidade de água local. Além da sombra e dos contrastes altimétricos, com as frutíferas introduzidas na região, estas espécies, atualmente pouco comuns, parecem ter, nesta nova geração de agricultores, uma garantia de preservação mais pelas formas exuberantes do que pelo valor atual.

IBGE (1986) considera que, ainda no início do século passado, a área originalmente fazia parte da Floresta Estacional Decidual Submontana. Na verdade, em relação à floresta, só resta a suspeita de que o antropismo, tanto causado pelos imigrantes como pelos índios locais, seja o responsável pelos indícios iniciais de degradação do sistema florestal.

Atualmente, há o domínio de arbustos de espécies mais resistentes a esse intensivo desmatamento para se estabelecer áreas para culturas. Nos vales dos rios, IBGE (1986) considera que os restos da Floresta Estacional Decidual Submontana sejam contínuos.

O intenso desmatamento da floresta se efetivou com o uso progressivo das terras para a implementação de cultivos de subsistência, pastagens e serrarias. A ocupação agrícola e pecuária progressiva, intensa nos últimos anos, está adaptada principalmente às dificuldades impostas pelo relevo das terras. Atualmente, a quase totalidade das áreas é ocupada por culturas cíclicas. Entretanto, somente o

Parque Florestal Estadual do Turvo, no município vizinho de Derrubadas, preserva intacto o que restou da exuberante floresta, em uma área que cobre 50% do município.

IBGE (1986), analisando o contexto climático local, descreve que durante o ano há dois períodos térmicos distintos: um, com temperatura média das médias superior a 20 °C, durante os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro (verão), e outro, com temperatura média das médias inferior a 15 °C, nos meses de junho, julho e agosto (inverno). Não foram observados períodos de déficit hídrico. O mesmo órgão de pesquisa descreve a estrutura da Floresta Estacional Decidual Submontana, ora representada por dois estratos arbóreos distintos: um, emergente, aberto e decíduo, com altura variando entre 25 e 30 metros, e outro, dominante e contínuo, com altura não superior a 20 metros, formado principalmente por espécies perenifoliadas, além de um estrato de arvoretas. Comenta, ainda que a fisionomia decidual desta floresta é determinada pelo estrato emergente, dominado por leguminosas caducifólias, onde se destacam a grápia (*Apuleia leiocarpa*) e o angico (*Parapiptadenia rigida*). Acentua que há uma diversificada florística, com aspectos distintos, em função de pequenas variações ambientais determinadas por parâmetros litológicos, geomorfológicos, edáficos e climáticos.

Descrevendo essa floresta, IBGE (1986) comenta que os elementos arbóreos que constituem o estrato emergente da Floresta Estacional Decidual são de origem tropical, apresentando, portanto, dois períodos fisiológicos distintos: um higrófito, de alta transpiração, quando com folhas; e outro, xerófito, sem transpiração, quando sem folhas. O caráter de estacionamento, pelos efeitos do clima, para esta região florestal, é determinado pelo período de baixas temperaturas que, fisiologicamente, exerce sobre as plantas o mesmo efeito da seca.

Para o citado órgão de pesquisa, as variações nos gradientes ecológicos fundamentais permitiram a individualização da formação Submontana, limitada às condições altimétricas entre 30 e 400 metros. Esta formação Submontana ocupa formas de relevo que variam de suavemente ondulado a dissecado (superfícies muito rugosas).

De acordo com a mesma fonte, na sua estrutura, esta formação florestal caracteriza-se localmente por apresentar um estrato arbóreo emergente, onde predominam grápia (*Apuleia leiocarpa*), angico (*Parapiptadenia rigida*), cabriúva (*Myrocarpus frondosus*), louro (*Cordia trichotoma*), cedro (*Cedrela fissilis*), canjerana (*Cabralea canjerana*), umbu (*Phytolacca dioica*) e canafístula (*Peltophorum dubium*); e outro estrato dominado constituído por guajuvira (*Patagonula americana*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*),

canela-preta (*Nectandra megapotamica*), batinga (*Eugenia rostrifolia*), canela-guaicá (*Ocotea puberula*), guatambú (*Balfourodendron riedelianum*) e mata-olho (*Pachystroma longifolium*); ainda um estrato de arvoretas formados por laranjeira do mato (*Actinostemon concolor*), cincho (*Sorocea bonplandii*) e catinguá (*Trichilia clausenii*); além da regeneração de espécies dos estratos superiores.

Nesses possíveis contatos desta floresta com a estepe gramíneo lenhosa, IBGE (1986) cita como espécie dominante barba-de-bode (*Aristida pallens*).

Algumas espécies, como timbó (*Ateleia glazioviana*), ainda ocorrem nas bordas das estradas e campos poucos cultivados. Além disso, nas áreas de drenagem, são encontradas em meio a capões, taquaruçu (*Bambusa trini*), corticeira (*Erythrina crista-galli*) e algumas espécies de xaxim (*Dicksonia sp.*).

No início da primeira picada, construída pelos colonos na rota para Eral Seco no fim do platô, onde os campos eram limitados pela mata, constatou-se que a taquaruçu (*Bambusa trini*), grápia (*Apuleia leiocarpa*), canela-de-veado (*Helietta apiculata*), camboatá (*Matayba elaeagnoides*), canela-loura (*Ocotea spixiana*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), cabriúva (*Myrocarpus frondosus*), canela-do-brejo (*Machaerium glabrum*), timbó (*Ateleia glazioviana*) e rabo-de-bugio (*Dalbergia frutescens*) compõem o início do relevo áspero escarpado e rochoso com solos pedregosos e rasos, onde a mata era densa.

Aspectos geológicos

A caracterização do embasamento geológico regional do Planalto tem sido, de certa forma, aceita de maneira muito generalizada como um domínio de basaltos. Entretanto, há necessidade de uma diferenciação nestas variações rochosas locais, pois a constituição dessas rochas vulcânicas semelhantes é muito diversificada nesses estratos (geralmente paralelos horizontais).

Conforme Holz (1999), até o período Jurássico, parte do RS era coberta por um deserto arenoso aplainado, proveniente de depósitos fluviais anteriores. O mesmo autor acentua que o Planalto e a Serra Gaúcha, com seus quase mil metros de altitude, existem graças ao vulcanismo de fissuras que está relacionado à fragmentação do supercontinente Pangéia, que começou a ocorrer há 190 milhões de anos. Estudos geomorfológicos mais precisos identificam um intervalo da ordem de 10 milhões de anos para o evento da Bacia do Paraná, com idades entre 138 e 128 Ma (ROISENBERG & VIERO, 2000).

Descrevendo o evento, Holz (1999) acentua que o

vulcanismo produziu lava em quantidade suficiente para cobrir praticamente todo o deserto de areias que havia na região. Os primeiros pulsos de lava eram fracos e duravam pouco tempo. Eram limitados e geograficamente localizados em apenas algumas áreas descontínuas. Logo o vento os recobriu de areia. Mas, com o passar do tempo, os pulsos vulcânicos ficaram mais frequentes e fortes. A lava brotava em corridas sucessivas, não deixando tempo para a areia eólica cobrir a rocha formada. Assim, a paisagem do estado, que era uma planície arenosa e seca, foi novamente modificada, e o grande mar de areia desapareceu sob uma sequência muito espessa de rochas basálticas. Acentua-se ainda, que demoraria algumas centenas de anos para resfriar a planície e transformar o último vestígio de lava em basalto.

A paisagem sul do Planalto Rio-Grandense se transformou em uma imensa área relativamente plana, totalmente constituída de basalto nu, sem cobertura de solo nem vegetação. Com o decorrer do tempo, gradativamente os processos de erosão e intemperismo criaram uma camada de solo na superfície rochosa recém formada. Rios e lagos se instalaram novamente e transformaram o Planalto. Para o autor, ainda no Jurássico, após ou concomitante com o intenso vulcanismo de fissuras, que terminou com a existência do deserto, iniciou-se a fragmentação do continente.

Segundo Leinz e Amaral (1975), as lavas vulcânicas possuem velocidade de acordo com as formas, texturas e estruturas, que dependem da viscosidade. As quantidades e as condições topográficas também exercem influência no que diz respeito ao modelamento superficial do terreno.

As lavas viscosas, via de regra, são aquelas ricas em sílica, de composição química semelhante à das rochas graníticas, e são denominadas lavas ácidas. Este tipo de lava forma derrames curtos, espessos, raras vezes bifurcados, como consequência da alta viscosidade. À frente e os flancos dos derrames são abruptos. Em casos de viscosidade muito elevada, não se derramam e, sim, formam-se cúpulas de represamento e até extrusões quase sólidas. Consolidam-se rapidamente e não há tempo suficiente para a formação de cristais, que exigem a ordenação e agrupamentos dos átomos. Forma-se, então, o vidro vulcânico, amorfo. A cor é preta, podendo, às vezes, ser avermelhada ou leitosa. Este vidro vulcânico se deve à difusão de bolhas microscópica de gases, enquanto que a cor vermelha é consequente da oxidação do ferro. Quando as condições de pressão e de viscosidade são favoráveis, há expansão dos gases contidos na lava. Forma-se uma verdadeira espuma que, ao se consolidar, dá origem à pedra-pomes. Nos vidros, tais gases se encontram dissolvidos.

As lavas fluídas, por sua vez, são normalmente de constituição básica, ou seja, são pobres em sílica, tendo a composição química análoga à das rochas basálticas. Possuem grande mobilidade e, durante o derramamento, ajustam-se às irregularidades do terreno. Sendo grande o declive, a corrida é fina e estreita. O mecanismo do movimento é análogo ao de um líquido. Ele é mais rápido no centro da corrente, diminuindo nas bordas. A consolidação se dá tanto pela irradiação térmica da lava para a atmosfera, como pela condução do substrato. A lava torna-se coberta por uma crosta sólida, cujo aspecto se modifica constantemente, graças ao movimento do derrame. A superfície apresenta-se com aspectos variáveis, dependendo do grau de viscosidade e da quantidade de gases contidos. Assim, o derrame pode tomar o aspecto de lava em blocos ou lava em corda.

Na lava, em blocos, a superfície é áspera, fendilhada, resultando, no aspecto geral, em fragmentos agudos e lascas. As vesículas de gases no seu interior são raras e, quando presentes, são grandes e de formas irregulares. A cor é frequentemente avermelhada, graças à oxidação provocada pelo ar que percola facilmente pelas fendas da lava. O resfriamento é relativamente rápido e a quantidade de gases é grande, sendo estes os fatores que determinam o tipo de lava. O escape dos gases ou a concentração em grandes bolhas influem também no aspecto morfológico deste tipo de lava. A frente constitui-se num amontoado de blocos em movimento. Esta frente é rica em pequenas vesículas resultantes da inclusão dos gases durante a consolidação. A lava em corda movimenta-se como uma massa pastosa fluída, coberta por uma película consolidada, que se enrugua pelo movimento, tomando a forma de cordas perpendiculares à direção do movimento. Assim sendo, uma lava pode correr sobre um substrato, provocando pouco ou nenhum metamorfismo térmico como ocorreu onde o basalto se derramou sobre o arenito (Botucatu, Mesozóico) sem modificá-lo em grande escala (município de Manuel Viana). Tais derrames consecutivos determinaram espessuras consideráveis, de várias centenas de metros, em muitos lugares.

Para IBGE (1986), a formação Serra Geral que forma o Planalto do RS, constituiu-se numa sucessão de corridas de lavas, de composição predominantemente básica, apresentando uma sequência superior identificada como um domínio relativo de efusivas ácidas. Nas sequências básicas inferiores, regionalmente, é possível a identificação de poucos níveis vulcânicos ácidos, que apresentam pequenos volumes e restrita continuidade.

Diques e corpos concordantes de diabásio, encaixados em unidades rochosas mais antigas, e relacionados às efusivas, ocorrem ocasionalmente na área.

Ainda para IBGE (1986), os drenos, tendo se extravasado desde o Triássico Superior, desenvolveram-se de modo significativo durante o Juracretáceo. No geral, considera-se como agrupando uma espessa sequência de vulcanitos, eminentemente basálticos, podendo conter termos ácidos intercalados, que se tornam mais abundantes no topo do pacote.

Estes vulcanitos, ou emissores de lava ácida, estão intimamente relacionados aos processos geodinâmicos que culminaram com a abertura do Atlântico Sul e a consequente separação continental América do Sul África. Localmente, é nítida uma sequência de derrames de efusivas básicas, com pouca mudança na constituição. Observam-se as ocorrências superficiais esparsas, frequentes afloramentos e pequenas deposições de rochas nos vales íngremes e suas bordas, onde há espigões com rochosidade saliente na superfície. A forma do estabelecimento dos níveis de basalto, sobre a superfície do arenito Botucatu e a espessura das camadas de rochas vulcânicas, tem um significado muito grande na constituição das reservas de água subterrâneas.

IBGE (1986) relata que as camadas de basalto são mais espessas no norte e leste do estado, chegando a 1.000 metros. Diminuem para oeste e sul, com espessura de 30 a 50 metros em Santa Maria. Em poços perfurados em municípios mais ao sul da região Celeiro, tem sido encontrado o aquífero a profundidades de 180 a 200 metros, no arenito Botucatu. Como regra geral, tais rochas são pouco fissuradas superficialmente, pelos processos de ajustes das camadas, porque são de idades mais recentes, logo os ajustes da crosta foram menos intensivos. As diáclases (fraturas) das rochas ocorrem normalmente nas camadas mais profundas, nas quais o peso dos blocos rochosos conduz a ajustes que causam fraturas.

Além disso, a extrusão de basalto de natureza alcalina em pequenas espessuras, condicionou um diaclasamento horizontal entre os diversos estratos. Assim sendo, as camadas superficiais, pouco fraturadas, não são infiltradas pela água das chuvas em níveis significativos, como ocorre com as rochas graníticas, que chegam à superfície já fissuradas. Localmente, poucos poços exploram águas nas reservas de fissuras, com baixo aproveitamento em termos quantitativos. Em virtude disto, tais rochas não expõem vertentes nas encostas como os granitos da região sul do estado. Os granitos expõem vertentes ao longo das encostas modelando a ocorrência e natureza da vegetação de acordo com a disponibilidade de umidade localizada. As rochas efusivas básicas somente são boas receptoras de água quando são porosas, pela ocorrência de vesículas nos derrames. Mesmo assim, a porosidade só é efetiva quando as camadas são fendilhadas (diaclasadas), para a união dos macroporos se constituírem em vazios significa-

tivos de reservas de água.

Normalmente, em tais configurações rochosas horizontais sólidas, de textura pouco porosa, a água retida está apenas nas camadas muito argilosas dos solos locais e se move nas encostas, quando há saturação dos horizontes inferiores, através da alta porosidade do material residual.

Assim, as bacias depressivas arredondadas (côncavas), que se assemelham, em alguns casos, a pequenas veredas, produto inicial do processo erosivo nesta dissecação gradativa e uniforme das encostas, são muito uniformes em todos os aspectos e contêm poucas reservas de água, seguindo um modelo liso de encosta (ocorrem somente nas chapadas conservadas do planalto). Não há nascentes que possibilitem a mudança da vegetação, a não ser mera adaptação às variações e ao clima local. Solo e vegetação apresentam o mesmo modelo fisiográfico, em função de uma disponibilidade mais constante e uniforme de umidade ao longo dos anos.

Formas de relevo

A geomorfologia expressa nos terrenos a constituição rochosa e a evolução com que as superfícies residuais e rochosas se constituíram ao longo do tempo. Evidencia uma relação direta com os climas que atuaram e atuam ao longo desse modelamento superficial corrosivo, onde o material intemperizado (sedimentos) é depositado em áreas adjacentes mais baixas.

Os solos, como produtos das transformações dos resíduos dessas rochas ou da mistura de seus sedimentos, têm a sua constituição relacionada diretamente a esses fatores, além dos climas que atuaram durante tempos determinados para transformações desses resíduos, e posições no relevo passado e atual que ocupam e processos bióticos atuantes durante esses períodos de tempo integral (etapas).

Espigões rochosos (Pi)

Esta unidade de relevo compreende as superfícies estreitas, longas e ásperas de nível superior. Estão isoladas e raramente segmentadas longitudinalmente. Constituem, no topo, um arcabouço de relevo com aspecto suave ondulado a plano. São restos rochosos de antigo planalto em que os processos erosivos removeram intensamente, além das camadas laterizadas superficiais do solo, quase todo o complexo rochoso lateral, deixando apenas um filete elevado rochoso, muito longo, testemunha de um planalto anterior. Secciona-se apenas longitudinalmente em sub-bacias hidrográficas muito semelhantes. A partir do início do espigão estão sendo criados vales laterais profundos

que buscam um nivelamento com o rio Uruguai.

Os espigões rochosos (Pi) constituem-se em segmentos elevados, perpendiculares aos drenos principais (rio Uruguai e afluentes). Algumas cristas similares se estabelecem como apêndices do eixo principal, com direções perpendiculares a afluentes do rio Uruguai. Os solos estabelecidos no topo do seu filete superficial são recentes. Não há latossolos nem nitossolos (solos antigos) como nas regiões vizinhas. Os solos que ocorreram posteriormente estão situados onde os resíduos cascalhentos e rochosos recentes das rochas estão menos erodidos.

Estes solos atuais, muito recentes, são constituídos e removidos sem se tornarem profundos e evoluídos integralmente em seus resíduos mineralógicos. A drenagem superficial, ao lado, construiu vales profundos e encravados, com ravinas de encostas verticais isolando, pouco a pouco, esses espigões antigos. São vales inicialmente muito estreitos, verticalmente retilíneos e muito semelhantes. Camadas estratificadas horizontais mais endurecidas de rochas vulcânicas, em alternância com material menos resistente, fizeram com que se constituíssem formas de relevo que se removem sem se aplainarem. São predominantes na formação geral. Como consequência desse modelamento erosivo constante e uniforme, as superfícies mais estreitas e com resíduos mais finos dos topos dos espigões, permanecem em seu contato com a chapada em pequenas dimensões que estão aplainadas.

No geral, nesses topos planos, os solos são muito rasos e pouco evoluídos, com muitas pedras sobre as rochas a poucos centímetros da superfície.

As alternâncias rochosas, nesse estreito filete de topos planos superiores, dão uma conotação esquelética ao modelamento que hoje expõe apenas pequenos restos antigos de resíduos finos entre cascalhos rochosos. Formam pequenas superfícies homogêneas, onde se estabeleceram pequenas roças, que se tornaram antigas, pois não há espaço para prolongá-las.

Concomitante com o processo de remoção de um relevo suave ondulado de resíduos finos, criando-se uma superfície plana, devido à deposição das rochas vulcânicas em estratos planos e paralelos, há o transporte, pela encosta, de camadas superficiais e laterais de resíduos antigos finos que, desagregados, misturam-se com novos cascalhos e rochas alternadamente nas encostas dos vales menos inclinados. Nestes locais, há solos mais espessos, pouco profundos, sem serem denominados litólicos (lépticos), como no geral. Como consequência, algumas características são próprias de solos que conservam resíduos mais intemperizados, mas ainda responsáveis pela manutenção

de atributos “chernozêmicos”, com cores pouco avermelhadas, mais hidratadas do que nos locais de origem, como nas pequenas superfícies mais conservadas.

Os resultados analíticos permitem constatar que as tendências gerais dos espigões são de predominarem solos com saturação de bases muito alta, desde as camadas mais superficiais. Isso ocorre também nas áreas de pequenas superfícies com maiores espessuras de resíduos. Certamente se relacionam também com o maior poder de retenção do complexo de troca dos resíduos da floresta anterior e da pouca intemperização das argilas. Este fator parece contrariar a drenagem interna vigente, em que a água percolada, ao atingir a superfície do basalto, fluindo pela parte inferior do solo em direção às bordas dos drenos naturais, deveria empobrecer mais intensamente essas camadas internas.

Nesta unidade de relevo, desde o topo até a borda das encostas laterais, são encontradas, predominantemente, variações de neossolos litólicos e regolíticos com grandes grupos dos eutróficos e cambissolos háplicos ta eutróficos. Estes solos com características intermitentes muito próximas do A chernozêmico (horizonte “mollic”) descrito por Klamt (1969), e dos altos teores de cascalhos da parte inferior (horizonte C), são definidos nos subgrupos como fragmentários ou chernossólicos. Essas superfícies de espigões pouco ocorrem do município de Cristal do Sul

Estas terras comportariam alguns cultivos perenes específicos e silvicultura, em uma agricultura não tecnificada (classe VII-1 se de capacidade de uso das terras). A situação vigente, que tende a se perpetuar, é a de uma agricultura familiar já estabelecida, onde cultivos perenes pouco a pouco poderão ser introduzidos, além dos cultivos anuais necessários à sobrevivência das famílias (Fig. 5 e 6).

No sistema de aptidão agrícola das terras, de Ramalho Filho e Beeck (1995), essas glebas seriam classificadas como pertencentes ao grupo 2a(b), ou seja, “regular” para pequenos produtores por serem muito férteis (produzem, onde é possível cultivar, boas colheitas sem adição suplementar de nutrientes) e, “restrita” a médios produtores pelas dificuldades impostas ao uso em lavouras mais amplas (pedras, rochas e declives). No geral, essas terras férteis não devem responder à adubação para as médias colheitas de uma agricultura familiar. A água é o fator limitante dos cultivos de verão



Fig 5 : Espigão rochoso em processo inicial de desmatamento usado com pastagem nativa.



Fig 6: Espigões rochosos em processo erosivo intenso provocado após o desmatamento.

Fotos: Vinícius Cantarelli Terres

Espigões degradados (Pe)

Esta unidade compreende as pequenas superfícies elevadas nas extremidades dos espigões gastos pela erosão, próximas aos afluentes mais caudalosos do rio Uruguai como o rio da Várzea. Compunham o início dos antigos espigões principais. Algumas, conservadas, estão quase ao mesmo nível ou pouco abaixo do nível superior do espigão principal.

Segmentam-se a partir do nível rochoso mais antigo (Pi). São as pontas finas, achatadas, mais baixas dos espigões (Pi) que, segmentadas e com rochas vulcânicas mais alcalinas (basaltos), aplainaram-se baixando de nível altimétrico e compondo superfícies menos ásperas ou até mesmo pouco convexas. Estão em um processo avançado e contínuo de desagregação e decomposição. Ocorrem

com grande freqüência em Cristal do Sul, Rodeio Bonito, Frederico Westphalen e Vicente Dutra. Muitas já se segmentaram transversalmente, ao acaso, provenientes de espigões mais submetidos à erosão e estão mais aplainadas (gastas). Outras estão, ainda em fase pós-inicial de destruição, formando um relevo ondulado, em progressivo desgaste erosivo nas bordas dos restos do planalto.

Alguns espigões fragmentados antigos já constituem superfícies aplainadas, isoladas do eixo inicial em nível altimétrico inferior, geralmente próximas dos afluentes antigos ou do rio Uruguai.

O processo erosivo intenso atinge a partir dos topos dos segmentos, inicialmente abaixando o nível e tornando a superfície estreita abaulada com a remoção dos resíduos, ou somente aplainando as superfícies e conseqüentemente, formando nos topos remodelados solos isolados e localizados, recentes, mais profundos e pouco rochosos. As bordas dos segmentos aplainados são curvas com os solos tornando-se gradativamente mais profundos à medida que as encostas se tornam menos íngremes. No encontro do rio Uruguai, estes espigões, em grande parte, já estão com solos modernos evoluídos (horizontes A, B e C).

Os solos rasos e as áreas rochosas ocorrem por exposição de rochas vulcânicas (geralmente dacitos e riodacitos) mais duras (mais ácidas). Estes espigões erodidos e segmentados situam-se nos extremos dos que estão mais conservados e unidos, compondo níveis altimétricos intermediários (abaixo dos 300 metros). Teoricamente, teriam seu início nos topos desgastados, onde as camadas de basalto mais duras (silicosas) já teriam sido eliminadas pela erosão. São superfícies em desagregação que irão constituir os vales mais largos, menos íngremes e mais aplainados quando os declives se atenuarem, como é natural no rio Uruguai, à medida que desce para o sul.

As superfícies mais recentes aplainadas comportam solos poucos profundos (um metro ou menos) com características de chernossolos argilúvicos órticos, muitas vezes sem cumprirem as condições exatas de cores escuras para o horizonte A chernozêmico. Algumas dessas superfícies estão mais adequadas pelo uso atual aos luvisolos crômicos órticos chernossólicos, já que as argilas possuem uma alta capacidade de troca. Entretanto a maior parte dos solos são nitossolos vermelhos eutroférico latossólico. São próprias de superfícies pleistocênicas modeladas e conservadas em constante aplainamento em uma rocha que se intemperiza muito rapidamente. Onde os solos holocênicos são rasos e muito férteis, há superfícies transitórias contínuas somente em pequenas distâncias (< 100m).

Nessas superfícies se constituem solos profundos residuais que expõem cambissolos háplicos ta eutroféricos lépticos e luvisolos crômicos órticos chernossólicos. Nesses solos, onde o intemperismo está sob uma hidrólise parcial, formam-se argilas, sem exporem o alumínio trocável e nem removerem significativamente as bases trocáveis, como geralmente ocorrem nas superfícies antigas (Tabela 1 a 2).

Quanto ao uso agrícola, esses espigões aplainados são contraditórios. Há superfícies conservadas aplainadas (topo conservado), com encostas íngremes e outras lisas. Estão em um equilíbrio instável, não sendo, muito favoráveis à cultivos anuais (Fig. 7 a 9).

Nessas condições há, atualmente, pequenas lavouras, que devem ter uso com cultivos perenes nas bordas das encostas. Seriam solos próprios à cultivos esporádicos anuais com um intenso controle da erosão como se recomenda na classes IVse e VIse de capacidade de uso das terras. No sistema de aptidão agrícola das terras seriam do grupo 1Abc, ou seja, "boa" para pequenos produtores, "regular" para grandes e médios produtores. Todas as terras, no geral, são muito férteis, sendo que o fósforo deve ser incorporado apenas para grandes colheitas. Para atividades agrícolas comuns de uma agricultura familiar, os níveis de nutrientes são satisfatórios. Estão sendo cultivadas há um século.



Fig 7: A degradação dos espigões construiu através dos processos erosivos naturais o vale do rio da Várzea.



Fig 8 : Solos profundos e férteis na região aplainada do vale do rio da Várzea.



Fig 9 : Estabelecimento de médios proprietários nas terras aplainadas na bacia hidrográfica do rio da Várzea.

Fotos: Vinícius Cantarelli Terres

Tabela 1 : Informações do perfil do solo dos Espigões Degradados (Pe). Cristal do Sul, RS, 2010, Cr-2

a) Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico. *Soil Taxonomy*: *Mollic Ultic Rhodudalf*. b) Localização: coordenadas planas (UTM – Fuso 21) E = 279438 m – N = 6961326 m. c) Geologia regional: basalto. d) Material de origem: basaltos máficos. e) Geomorfologia: espigões degradados. f) Situação do perfil: meia encosta. g) Declividade: 2,5%. h) Erosão: não há. i) Relevo: ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: moderada. l) Pedregosidade: 1%. m) Rochosidade: 1%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: cultivos. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A	0 – 20	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) seco; vermelho-escuro-acinzentado (10 R 3/4) úmido; franco-argiloso; blocos subangulares e grandes e pequenos, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bt1	20 – 50	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) úmido e seco; franco-argiloso; blocos subangulares grandes e pequenos, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bt2	50 – 60	Vermelho-acinzentado (10 R 4/4) úmido e seco; argila; blocos subangulares grandes que se segmentam em pequenos, moderada; muito plástico, muito pegajoso, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bt3	60 - 85	Vermelho-acinzentado (10 R 4/4) úmido e seco; argila; blocos subangulares grandes que se segmentam em pequenos, moderada; muito plástico, muito pegajoso, muito friável, lig. duro.

Tabela 1. Informações do perfil Cr-2

Fatores	Horizontes			
	A	Bt1	Bt2	Bt3
Espessura (cm)	0-20	20-50	50-60	60-85
C. orgânico (g kg ⁻¹)	19,80	12,80	9,20	5,40
M. O. %	3,42	2,20	1,59	0,93
P (mg kg ⁻¹)	1,40	1,20	2,90	3,00
pH (H ₂ O)	5,66	5,93	6,06	6,07
pH (KCl)	4,95	5,22	5,51	5,51
Ca (c mol _c kg ⁻¹)	9,71	9,13	8,37	9,45
Mg "	2,86	2,26	2,70	3,64
K "	0,06	0,06	0,07	0,17
Na "	0,04	0,04	0,05	0,02
S "	12,67	11,49	11,19	13,28
Al "	0,03	0,05	0,07	0,08
H + Al "	1,80	1,10	0,80	0,80
T "	14,47	12,59	11,99	14,08
T(arg.) "	47	21	20	32
V %	88	91	93	94
Sat. Al "	-	-	-	-
Fe (total) "	-	-	-	-
Calhaus (g kg ⁻¹)	-	-	-	-
Cascalho "	-	-	-	-
Areia grossa "	44	55	69	95
Areia fina "	80	58	153	133
Silte "	551	289	190	337
Argila "	325	598	588	435
Argila natural "	79	273	56	24
Agregação %	75	54	90	95
Silte/argila -	1,70	0,48	0,32	0,77
Textura *	Si CL	C	C	CL

* **Texturas** : C – argila; CL – franco-argiloso; SiCL – franco-argilo-siltoso.

Tabela 2. Informações do perfil do solo dos Espigões Degradados (Pe). Cristal do Sul, RS, 2010, Cr-3

- a) Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico latossólico; Soil Taxonomy: Mollic Rhodudult. b) Localização: coordenadas planas (UTM – Fuso 21) E = 78208 m – N = 62921 m. c) Geologia regional: espigões degradados. d) Material de origem: basaltos máficos. e) Geomorfologia: chapadas. f) Situação do perfil: meia encosta. g) Declividade: 5%. h) Erosão: não há. i) Relevo: ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: moderada. l) Pedregosidade: 1%. m) Rochosidade: 1%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: cultivos. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A1	0 – 20	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) seco; vermelho-escuro-acinzentado (10 R 3/4) úmido; franco-argiloso; blocos subangulares e grandes e pequenos, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bt1	20 – 50	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) úmido e seco; franco-argiloso; blocos subangulares grandes e pequenos, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bt2	50 – 100	Vermelho-acinzentado (10 R 4/4) úmido e seco; argila; blocos subangulares grandes que se segmentam em pequenos, moderada; muito plástico, muito pegajoso, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bt3	100-150	Vermelho-acinzentado (10 R 4/4) úmido e seco; argila; blocos subangulares grandes que se segmentam em pequenos, moderada; muito plástico, muito pegajoso, muito friável, lig. duro.

Tabela 2. Informações do perfil Cr-2

Fatores	Horizontes				
	A1	Bt1	Bt2	Bt3	
Espessura (cm)	0-20	20-50	50-100	100-150	
C. orgânico (g kg ⁻¹)	15,10	14,20	13,40	11,90	
M. O. %	2,60	2,45	2,31	2,05	
P (mg kg ⁻¹)	19,20	5,40	2,50	2,60	
pH (H ₂ O) -	5,88	5,30	5,05	4,98	
pH (KCl) -	4,77	4,37	4,24	3,88	
Ca (c mol _c kg ⁻¹)	4,95	3,38	1,77	1,78	
Mg "	2,50	1,90	1,20	0,90	
K "	0,60	0,28	0,19	0,19	
Na "	0,04	0,02	0,02	0,02	
S "	8,09	5,58	3,18	2,89	
Al "	0,02	0,37	0,97	1,09	
H + Al "	2,10	2,10	2,80	3,20	
T "	10,19	7,68	5,98	6,09	
T(arg.) "	15	11	8,	8,	
V %	79	73	53	47	
Sat. Al "	-	-	-	-	
Fe (total) "	-	-	-	-	
Calhaus (g kg ⁻¹)	-	-	-	-	
Cascalho "	-	-	-	-	
Areia grossa "	20	17	9	16	
Areia fina "	80	62	38	30	
Silte "	230	235	237	207	
Argila "	670	686	716	747	
Argila natural "	200	143	47	50	
Agregação %	70	79	93	93	
Silte/argila -	0,34	0,34	0,33	0,27	
Textura * -	Cp	Cp	Cp	Cp	

* Texturas : Cp – muito argiloso

Serras (Sr)

As serras são constituídas por superfícies íngremes, de relevo com aspecto muito rochoso, fortemente escarpadas, que se alternam entre restos de espigões rochosos elevados, em completa desagregação, e vales estreitos (ravinas), com seus sulcos fortemente encravados. As superfícies íngremes depressivas são formadas por encostas na borda dos platôs, que se distanciam entre si inicialmente pelos processos erosivos. São ravinas profundas que pouco a pouco se constituem em vales muito íngremes, onde os processos de desgaste, pela maior carga hidráulica da água em movimento, estão mais ativos. Não há sedimentação coloidal significativa nos vales. Nas encostas em desagregação das rochas, há solos coluviais, alguns pouco profundos e outros, a maior parte, muito rasos, formados por fragmentos das rochas vulcânicas moles, que se misturam nas bordas rochosas com cascalhos, calhaus, pedras e rochas mais endurecidas de basalto, andesitos e riodacitos, à medida que vão rolando pelas íngremes encostas. Os declives são muito altos (>45%) e muito variáveis, podendo, poucos, formarem

bordas mais aplainadas no sopé das encostas. São formas de relevo inclinadas e rochosas que compõem a rede de drenagem próxima do rio Uruguai, onde aumenta a carga hidráulica dos drenos naturais.

No geral, há poucas e estreitas superfícies aplainadas no fundo dos vales que foram menos dissecados. Nessas ravinas os produtos finos (argilosos) dos processos erosivos acelerados são transitórios. Devido às deposições de camadas de rochas vulcânicas serem estratificadas e com grau de dureza diferenciado, inicialmente os processos erosivos criam contrastes como degraus na superfície da encosta, à medida que o vale está sendo aberto, separando espigões e rompendo o planalto. No geral, criam-se inicialmente encostas ásperas e rochosas, alternadas com outras poucas mais lisas à medida que os cortes vão envelhecendo com depósitos de sedimentos.

Saltos bruscos nas corredeiras (lajeados) dos vales são efeitos das altas cargas hidráulicas alternadas. A grande

estratificação e fragilidade dos minerais dos veios de basaltos distintos são parcialmente responsáveis pelo forte processo erosivo. As camadas mais endurecidas das rochas mais silicosas vitrificadas são mais duradouras nas superfícies dos “lajeados”, formando pequenos saltos. A partir da borda das encostas dos drenos naturais já há efetivação da construção de solos pouco intemperizados e rasos. Os restos de estratos rochosos, com resíduos mais antigos, permanecem ao longo dos percursos dos vales, em uma tendência ao estabelecimento de áreas de depósitos cascalhentos (**Tabela 3**).

Nesses locais, os vales tendem a se alargar e o fluxo de água a perder sua força. Quanto ao uso agrícola, essas terras são ocasionalmente capazes de sustentar pequenos e alternados cultivos perenes, silvicultura ou cultivos de frutas individualizados até mesmo tropicais devido às condições climáticas. Raras atividades localizadas podem ser organizadas sem uma preparação prévia de contenção

da erosão. Estão sendo muito erodidas pelas culturas anuais que mantêm o sustento das famílias. Pertencem à classe VII-2se do sistema de capacidade de uso das terras. Devido à sua alta fertilidade, sustentam uma vegetação de capoeira muito vigorosa.

São terras classificadas como “restrita” para pequenos produtores, pertencem ao grupo (3(a)(b)) devido à alta fertilidade. Nelas torna-se possível ocasionalmente estabelecer “roças” e boas colheitas “caseiras” são produzidas sem fertilizantes. No sistema de Ramalho Filho e Beek (1995), o uso com pastagens cultivadas ou cultivos perenes, localizados onde for possível, seriam a melhor opção. Sustentam atualmente uma agricultura familiar em pequenas superfícies localizadas. Não há contenção eficaz da erosão nessas terras, a menos que plantas perenes sejam estabelecidas, ou sejam usadas as pedras locais em cercas paralelas de proteção a erosão, como é comum onde os declives são muito acentuados.

Tabela 3: Informações do perfil do solo da Serra (Sr). Cristal do Sul, RS, 2010 , Cr-4

a) Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutroférico luvissolico ; *Soil Taxonomy: Mollic Rhodudalf*. b) Localização: coordenadas planas (UTM – Fuso 21) E= 0279206 m – N= 6959798 m. c) Geologia regional: basalto. d) Material de origem: basaltos máficos. e) Geomorfologia: serra. f) Situação do perfil: meia encosta. g) Declividade: 2,5%. h) Erosão: forte. i) Relevo: suave ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: moderada. l) Pedregosidade: 1%. m) Rochosidade: 1%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: cultivos. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A	0 – 25	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) seco; vermelho-escuro-acinzentado (10 R 3/4) úmido; franco-argiloso; granular, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
Bi	25 – 50	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) úmido e seco; franco-argiloso; blocos subangulares grandes e pequenos, moderada; muito pegajoso, muito plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
C	50 – 70	Vermelho-acinzentado (10 R 4/4) úmido e seco; argila; blocos subangulares grandes que se segmentam em pequenos, fraca; muito plástico, muito pegajoso, muito friável, lig.duro.

Tabela 3. Informações do perfil Cr-4

Fatores	Horizontes		
	A	Bi	C
Espessura (cm)	0-25	25-50	50-70
C. orgânico (g kg ⁻¹)	11,80	8,40	5,80
M. O. %	2,03	1,45	1,00
P (mg kg ⁻¹)	2,70	2,40	3,40
pH (H ₂ O) -	5,58	5,54	5,63
pH (KCl) -	4,85	4,83	4,65
Ca (c molc kg ⁻¹)	27,47	10,83	9,58
Mg "	0,12	0,05	0,23
K "	0,11	0,12	0,27
Na "	0,02	0,04	0,04
S "	27,72	11,04	10,12
Al "	0,12	0,05	0,23
H + Al "	2,66	2,08	1,80
T "	30,38	17,12	11,92
T(arg.) "	112	137	62
V %	92	50	85
Sat. Al "	-	-	-
Fe (total) "	-	-	-
Calhaus (g kg ⁻¹)	-	-	-
Cascalho "	-	-	-
Areia grossa "	21	242	102
Areia fina "	169	140	235
Silte "	541	261	471
Argila "	269	357	192
Argila natural "	185	130	36
Agregação %	31	64	81
Silte/argila -	2,01	0,73	2,45
Textura * -	SiL	CL	L

* **Texturas** : CL – franco-argiloso; SiL – franco-siltoso; L – franco.

Vales (Va)

Os vales são as terras quase planas ou aplainadas do fundos das ravinas, onde situam-se os drenos naturais. Os mais antigos e de encostas suaves, servem como drenos naturais nas chapadas.

Os vales modernos aplainados são mais amplos, situam-se em áreas sedimentares mais estáveis entre os espigões próximos ao rio Uruguai e a seus afluentes. São vales às vezes largos (50 a 60 m), com sedimentação fina e profunda no planalto, cascalhentas entre espigões e pouco espessa próxima ao rio Uruguai. Esses sedimentos nos vales do planalto dissecado foram depositados pelos processos erosivos mais antigos do que os atuais, deixando bordas com baixos declives à medida que as chapadas eram corroidas (**Tabela 4**).

Estão situados entre as chapadas do planalto, já parcialmente decompostas pela erosão de nível superior. Podem ser detectados em dimensões amplas (< 10 ha). São superfícies muito diferenciadas dos vales mais íngremes, que são mais estreitos e possuem escarpas rochosas que se assemelham às serras.

As variações de altitudes dos vales no planalto restante nas encostas e os cortes na base do relevo das chapadas não incidem a mais do que 100 m entre as máximas e mínimas, no geral. Estão limitadas, no seu aprofundamento gradativo, pelo avanço da dissecação em direção ao restante do planalto.

Nos vales mais antigos, atingidos pela dissecação do rio Uruguai, onde o gradiente hidráulico torna-se nulo ou reduzido, algumas áreas formam um relevo quase plano no fundo desses vales mais largos, com solos muito profundos e as encostas com baixos declives (> 20%).

Entretanto, os vales situados no início dos espigões, ou próximos aos rios afluentes e Uruguai, possuem partes planas de áreas sedimentares cascalhentas que pouco perdem esse caráter em alguns locais onde a rocha mais dura pode aflorar constantemente. Sedimentos coluviais alternados com cascalhos mais profundos cobrem as rochas nas encostas com menos declives (< 10%).

À medida que os vales se alargam, as encostas são

cobertas por pouca pedregosidade coluvial que está alternada com superfícies de sedimentos finos. Os processos erosivos naturais de remoção são menores, as superfícies são estáveis e há sedimentação holocênica predominante na formação dos solos. Alguns solos nesses vales estão sendo expostos com sedimentos locais pouco intemperizados e outros construídos sobre sedimentos já intemperizados provenientes das encostas vizinhas. Embora a sedimentação seja enriquecida de compostos ferruginosos oxidados transportados pelas águas dos lajeados ou sangas que descem dos vales ou encostas, já em aplainamento, a capacidade de troca desses solos é muito alta. São vales em que as bordas dos drenos naturais já estão lisas e as superfícies apresentam curvaturas suaves, sem rochiosidade exposta na maior parte. Todos esses vales largos de rios e lajeados, após o planalto, estão em locais estáveis. São muito antigos, e estão estabilizados no clima atual.

O processo de alargamento das encostas (pela destruição dos espigões) é uma função direta do tempo sobre as outras variáveis que são favoráveis a essa condição de estabilidade desses vales. Seguem um comportamento semelhante na evolução das suas formas em toda a região. Os principais agentes do modelamento dos processos erosivos é a própria constituição geológica uniforme e o clima úmido. Mudanças na constituição das camadas dos basaltos, principalmente as variações de deposições básicas, parecem ter somente pequenas alternâncias na constituição dos vales. No geral, constituem-se superfícies lisas com pequenas deposições sedimentares e poucas áreas de remoção dos sedimentos nas cheias. O processo erosivo natural torna-se lento na formação das curvaturas das bordas dos vales. As superfícies lisas desmatadas atualmente não apresentam processos erosivos provocados, criando deslizamentos de qualquer dimensão. A variação progressiva da carga hidráulica intensa, onde os vales são estreitos nas ravinas da serra, atua com maior vigor por tempo determinado. Poucas superfícies se estabilizaram nesses vales estreitos, entretanto a redução do fluxo de água pelo atrito, contribui em parte na estabilidade dos sedimentos depositados nas embocaduras dos drenos nestes vales. Próximos aos afluentes principais, a sedimentação fina já se estabilizou, formando deposições mais significativas.

Nessas superfícies, a umidade é mais conservada no solo nos períodos secos.

Na proximidade dos rios, no geral, são vales depressivos profundos em virtude da grande diferenciação altimétrica entre o planalto no local (500m) e o vale do rio Uruguai. Inicialmente foram muito estreitos. As bordas curvilíneas que retêm sedimentos diferenciam os aplainados dos estreitos mais recentes.

Nas encostas que margeiam os vales estreitos os cortes são quase retilíneos, com declives muito altos no encontro com o espigão no início da drenagem natural.

Atualmente, há pouca contenção de sedimentos no fundo dos vales estreitos, à medida que os lajeados (pequenos riachos) se aproximam do rio Uruguai. São deposições recentes, muito aplainadas, que comportam uma agricultura diferenciada.

A tendência natural de todo o processo erosivo é destruir as chapadas e aplainar os vales. Nesse processo destrutivo e construtivo, a meteorização das encostas não tem tempo suficiente para uniformizar todos os parâmetros, em termos das variações químicas e físicas dos solos, como houve em tempos antigos nos solos do planalto.

Cada perfil torna-se produto de adições ou remoções suplementares. Quanto ao uso agrícola, esses vales possuem as terras melhores para atividades agrícolas, entretanto, são poucas em relação à área total. As formas de uso geralmente estão direcionadas à cultivos anuais e de forragem para o gado de leite.

É nessas terras que os agricultores estabelecem a sua moradia e onde há água para as principais atividades agrícolas e domésticas. São terras da classe IVse de capacidade de uso das terras e grupo 1AB(c) de aptidão agrícola, ou seja, "boa" para pequenos produtores e "restrita" para uma agricultura desenvolvida, por apresentar pequenas glebas muito segmentadas e estreitas.

Tabela 4. I Informações do perfil do solo de Vale (Va). Cristal do Sul, RS, 2010, Cr-1

a) Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Distroférico latossólico; *Soil Taxonomy: Mollic Ultic Rhodudalf* b) Localização: coordenadas planas (UTM – Fuso 21) E= 0281588m – N= 6960431 m. c) Geologia regional: vale. d) Material de origem: basaltos máficos. e) Geomorfologia: chapadas. f) Situação do perfil: meia encosta. g) Declividade: 5%. h) Erosão: não há. i) Relevo: ondulado. j) Suscetibilidade à erosão: moderada. l) Pedregosidade: 1%. m) Rochosidade: 1%. n) Drenabilidade: bem drenado. o) Vegetação: capoeira. p) Descrição do perfil:

(hz)	(cm)	(solo)
A	0 – 20	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) seco; vermelho-escuro-acinzentado (10 R 3/4) úmido; franco-argiloso; blocos subangulares e granular e grandes e pequenos, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
2Bt1	20 – 50	Bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) úmido e seco; franco-argiloso; blocos subangulares grandes e pequenos, moderada; pegajoso, plástico, muito friável, lig. duro; transição difusa.
2Bt2	50 – 70	Vermelho-acinzentado (10 R 4/4) úmido e seco; argila; blocos subangulares grandes que se segmentam em pequenos, moderada; muito plástico, muito pegajoso, muito friável, lig. duro.

Tabela 4. Informações do perfil Cr-1

Fatores	Horizontes			
	A	2Bt1	2Bt2	
Espessura (cm)	0-20	20-50	50-70	
C. orgânico (g kg ⁻¹)	56,40	19,80	8,90	
M. O. %	9,73	3,42	1,54	
P (mg kg ⁻¹)	1,60	1,40	2,10	
pH (H ₂ O)	6,39	5,30	5,22	
pH (KCl)	5,54	4,64	4,0	
Ca (c mole kg ⁻¹)	2,35	0,95	1,19	
Mg "	2,80	0,99	1,36	
K "	0,07	0,06	0,19	
Na "	0,02	0,02	0,02	
S "	5,24	2,02	2,76	
Al "	0,00	0,17	0,87	
H + Al "	2,70	2,70	2,80	
T "	7,94	4,89	5,56	
T(arg.) "	26	9	9	
V %	66	41	50	
Sat. Al "	-	-	-	
Fe (total) "	-	-	-	
Calhaus (g kg ⁻¹)	-	-	-	
Cascalho "	-	-	-	
Areia grossa "	80	5	51	
Areia fina "	142	72	35	
Silte "	469	379	300	
Argila "	309	524	614	
Argila natural "	88	8	5	
Agregação %	72	98	99	
Silte/argila -	1,52	0,72	0,49	
Textura * -	CL	C	Cp	

* Texturas : Cp – muito argiloso; C – argila.

Formas de relevo e solos

O município de Cristal do Sul, assim como os municípios vizinhos que compõem a microrregião, está situado na região do Alto Uruguai sobre rochas efusivas básicas provenientes de derrames de lava basáltica, compondo, inicialmente, um conjunto de vilarejos, onde a mata nativa de uma floresta e o relevo escarpado dominante foram preponderantes na sua organização social. Estes derrames intermitentes e sucessivos de rochas de natureza alcalina máfica, supostamente constituíram, pela natureza fluida do magma, um imenso platô regional que evoluiu no tempo.

Os resíduos das rochas foram laterizados superficialmente, desde os períodos Cretáceo e Terciário, em sucessivos eventos climáticos. Ainda podem ser observados os efeitos dos climas passados nos resíduos das rochas que se constituíram em intensa meteorização, desagregação e decomposição, criando, na superfície, uma camada muito espessa de natureza argilosa caulínica-oxídica ferruginosa vermelha, na qual a velocidade de remoção, pelos processos erosivos naturais, foi menor do que a decomposição rochosa.

Localmente, após o estabelecimento do rio Uruguai, o principal dreno natural, houve progressivamente a criação de um gradiente hidráulico. Devido à fragilidade relativa das rochas efusivas básicas, o planalto sofreu, além da erosão laminar fraca, uma dissecação profunda, intensa e progressiva na direção sul, que corroe a sua borda. Hoje, além da erosão laminar acelerada na borda das chapadas restantes, esse planalto decompõe-se e fragmenta-se constituindo um relevo escarpado pela ação erosiva dos fluxos de água direcionados aos afluentes do rio Uruguai, principalmente pelos rios do Mel, Várzea e Guarita, que possuem altos gradientes hidráulicos. A dissecação, inicialmente lenta, devido à alta permeabilidade do profundo solo antigo, iniciou-se nas chapadas do planalto com leves depressões, que foram drenos das antigas chapadas com cotas máximas atuais de 500 metros.

Essas depressões que vão formar vales aumentam o efeito erosivo natural na medida em que as sangas e riachos vão acumulando maiores volumes de água, até chegarem ao rio Uruguai. Deve-se considerar que no passado os gradientes hidráulicos foram maiores, já que as cotas do planalto restante estão em torno dos 600 metros.

Nos climas anteriores ao período Quaternário, o planalto se ajustou inicialmente a um sistema de drenos sem valas abertas, com baixos declives nas encostas. Tal modelamento de relevo local ainda se conservou em poucas nascentes das bacias hidrográficas do planalto.

Normalmente, verifica-se neste sistema que a água é

drenada, inicialmente, desde os platôs ou chapadas, para as pequenas e suaves depressões, que estão inseridas gradativamente no relevo (vales depressivos – Va). Este transporte superficial e interno, lento da água, constituiu e removeu gradativamente os latossolos antigos da superfície e expôs ao longo de milhares de anos superfícies menos meteorizadas inferiores nesse processo erosivo natural moderado.

Nessas novas superfícies que foram sendo expostas, com o volume do solo ainda muito espesso e argiloso, porém menos meteorizado pelo clima mais brando, constituíram-se superfícies com formações de horizontes transicionais, que muitas vezes possuem pequenos gradientes texturais. Essas superfícies transicionais de chapadas modernas da borda do planalto e sobre o início do espigão estão sendo destruídas progressivamente e intensamente, pelo maior fluxo de água, desde os climas úmidos passados durante o Quaternário.

Nesse conjunto atual de borda do planalto, fortemente dissecado em direção ao rio Uruguai, há localmente poucas formas de relevo antigas, já que as chapadas restantes se remodelaram de forma acelerada a partir do final do Terciário, em um relevo suave ondulado. Nesse período, provavelmente, estabeleceu-se uma nova drenagem regional, ainda em climas úmidos e quentes, em que um relevo quebrado e áspero foi se tornando dominante. As formas levemente onduladas que compunham o planalto, com suaves depressões de drenagem, tomaram formas que, embora gradativas, contrastam abruptamente com a superfície restante. À medida que se intensificou o processo erosivo, criaram-se espigões rochosos esqueléticos e ravinas, formando um relevo escarpado.

Localmente, na borda do processo erosivo transicional, poucas formas do planalto antigo se constituem, embora corroídas pela erosão, em superfícies levemente remodeladas. A dissecação intensa, após a perda parcial do manto argiloso, criou sucessivas formas de relevo que perdem gradativamente a sua caracterização plana anterior, mas sempre seguindo um modelo geral regressivo de chapadas residuais (Pa), chapadas modernas (Po) e vales (Va) que quase abruptamente se transformam em um relevo escarpado progressivo com espigões rochosos (Pi), espigões remodelados (Pe), serras (Sr) e vales (Va).

Em Cristal do Sul não existem mais as chapadas (Pa e Po) na borda do planalto. São unidades de relevo antecessoras dos espigões (Pi), onde se iniciaram as vias de drenagem. Estes ainda conservam grandes espessuras de solos em raros desses municípios. No geral essas chapadas já não são mais encontradas na maior parte dos municípios locais mais próximos do rio Uruguai.

Com o tempo, nessa borda do planalto, inserem-se sucessivas, estreitas e pequenas quedas de água com cortes profundos, caracterizando um relevo escarpado, onde as faces rochosas são dominantes. Formam-se espigões (Pi) sinuosos aparentemente arcabouços esqueléticos (paleo estruturas rochosas) muito resistentes, que regionalmente conservam os níveis altimétricos superiores pouco abaixo das chapadas.

Foram modelados por climas passados em superfícies que se desgastam até o encontro das rochas e estreitados a poucos metros de largura por duas ravinas laterais que avançam perpendicularmente para o interior das chapadas, cortando esses segmentos do planalto.

As encostas muito íngremes (praticamente verticais em alguns casos) e profundas (> 100 m) das ravinas laterais, geralmente muito úmidas durante parte do ano, com águas de drenagem suficientemente erosivas para aprofundar os drenos naturais nas rochas relativamente moles e remover os resíduos superficiais dos solos, estão cobertas por uma vegetação da antiga floresta menos atingida pelo desmatamento atual. Pela persistência ainda dos arcabouços rochosos desses platôs, inicialmente cobertos por resíduos laterizados entre e sobre as superfícies rochosas, nas regiões vizinhas, acredita-se que os processos climáticos mais antigos tiveram pouca expressão erosiva se comparados aos atuais.

A contenção do processo erosivo pela floresta foi marcante. As raras voçorocas naturais são administradas pela natureza (clima-mata-rocha-água) em um equilíbrio harmônico, onde, mesmo com o uso intenso da terra, os processos erosivos atuais ainda não criaram situações insustentáveis de conservação. Os "lajeados", que são degraus nessas correntes erosivas, estabelecem-se sob uma cobertura vegetal que não expõe voçorocas.

Nas extremidades dos espigões, essas formas depressivas de vales estreitos no degrau inferior, com sedimentos nas bordas, voltam a se expandir. À medida que esses vales se aplainam e se alargam em direção ao rio Uruguai e afluentes, os espigões se desagregam nos seus extremos, junto ao rio Uruguai. Essa desagregação parcial dos espigões (Pi) constrói colinas abauladas pouco arredondadas, formando um relevo ondulado, onde os solos começam a se estabilizar e a constituir uma sequência de horizontes distintos (Pe). Esses solos constituídos nesse período pleistocênico e holocênico, embora pouco profundos (< 1 m), são pouco cascalhentos com superfícies homogêneas.

As argilas possuem alta capacidade de troca, embora estejam associadas concomitantemente com poucos resíduos oxídicos próprios da decomposição dos basaltos. No geral são resíduos siltosos e medianamente argilosos

com alta capacidade de retenção dos cátions de cálcio e magnésio, preponderantes no sistema organo-mineral.

As formas de drenagem depressivas dos vales que chegam próximas ao rio Uruguai tornam-se côncavas, com sulcos pouco profundos, formas muito aplainadas e deposições de cascalho e seixos. As superfícies úmidas, com a parte superior muito argilosa e, inicialmente, com baixos declives, contêm significativamente a velocidade de escoamento superficial. O processo de transporte da água, freado parcialmente pela vegetação, raramente retém umidade significativa (hidromorfismo visível no solo) nesses finais de drenos. Entretanto, são as partes mais úmidas nas formas de relevo do local (não há banhados). Nessas formas do relevo regional, os solos profundos antigos estão situados no resto do planalto. Os solos rasos, rochosos, pedregosos e férteis, estão nas formas modernas de relevo.

Conforme Costa Lemos, (BRASIL 1973), esses solos das superfícies naturalmente erodidas, onde o relevo se torna escarpado, seriam uma associação das unidades Ciríaco e Charrua. Essas unidades foram caracterizadas conforme o sistema taxonômico usado na época como brunizém avermelhado e solos litólicos eutróficos. Somente nas superfícies ainda aplainadas, na borda do planalto, restariam resíduos intemperizados com latossolo roxo distrófico. Para Streck et al. (2008), atualizando Costa Lemos (BRASIL 1973), esses solos das superfícies erodidas e dissecadas seriam neossolo regolítico eutrófico, cambissolo háplico eutrófico e luvisolo háplico pálico. As áreas integrais do platô restante do planalto estariam ainda cobertas por latossolo vermelho aluminico férrico.

IBGE (1986) considera que os solos das partes dissecadas de espigões, vales e encostas seriam cambissolos eutróficos, ta gleicos, A chernozênicos, de textura argilosa, com glei pouco húmico eutrófico ta, A moderado, textura argilosa.

Sem a capa residual, o basalto se desagrega, criando solos rochosos, cascalhentos e pedregosos, sem uma ordem natural que se repitam a poucos metros. Devido ao aumento do gradiente hidráulico local, criaram-se, quase que totalmente, solos incipientes como os neossolos litólicos e regolíticos e cambissolos háplicos (horizontes A que não cumprem as condições de chernozêmico nem de húmico) com transições difusas e espessas entre os horizontes A e C cascalhentos, nas unidades de relevo dissecadas em geral.

Na drenagem local em que esse relevo escarpado se encontra atualmente, em sintonia com o clima, a pouca água, que penetra no solo raso e muito permeável é retida na superfície. Há alta permeabilidade no solo, propiciando

uma grande condição de percolação (cascalho no horizonte BiC e C). Os excessos de água rapidamente fluem para as ravinas com profundas depressões, através das curtas e muito íngremes encostas.

Esse sistema rápido de transporte de água possivelmente seja responsável pelo estabelecimento e modificações da espessura e cor dos horizontes superficiais (A), nas regiões mais dissecadas e totalmente exploradas com culturas ocasionais e pastagens.

É de se esperar que o fluxo interno atualmente seja muito maior do que foi com a floresta. A agricultura atual, juntamente com a vegetação herbácea e de gramíneas em capoeiras pouco retém e consome essa água transitória. Nesse sistema em desagregação permanente, aparentemente a água não se mostra como elemento limitante no sistema solo-água-vegetação nativa.

Os solos se recompõem com seus produtos residuais, sem que se possa determinar uma participação efetiva de camadas específicas de basalto que se alternam, não sendo constatada participação de resíduos das chapadas.

Nas partes naturalmente erodidas intensivamente (Pe, Pi e Sr) que se remontam até a construção de novos solos, aparentemente houve um processo rápido, na formação de um complexo de troca entre compostos orgânicos, muito silte e de novas argilas com parcial envolvimento por compostos ferrosos e ferruginosos.

Essa nova conjuntura de solos coluviais cascalhentos e siltosos (encostas e fundo de vales), solos litólicos (topos de espigão que se constroem e são erodidos) e solos residuais profundos de sedimentos finos (fundo de vale) pouco canalizam uma evolução pedológica, além dos cambissolos no sistema mineral local existente (rochas basálticas). Entretanto, o estabelecimento de nitossolos e luvisolos ocorre em superfícies que foram e estão estáveis e com aplainamento suficiente para conter a erosão natural progressiva. Mesmo assim, a ocorrência destes solos, quando presentes (ocasionais) é intermitente no relevo, que se desagrega por camadas paralelas, ou seja, somente em espigões muito aplainados (Pe), em alguns vales estáveis e em perfis que se aprofundam em rochas mais moles do que a capacidade de remoção do processo erosivo, é que estes solos podem ocorrer.

No geral, raros argissolos podem ser encontrados, pois não há superfícies estáveis antigas e úmidas nem transições naturais com interferência de gradientes hidráulicos. Caso ocorram, são essencialmente férteis, pois, tendo alta saturação de bases, poucos seriam ácidos e apresentariam raramente teores de alumínio trocável, como é comum nos solos vizinhos parcialmente laterizados e mais antigos de

chapadas em outras partes do platô. Os solos mais caracterizados pelo gradiente textural situam-se essencialmente muito próximos dos luvisolos crômicos.

Nessas formas de relevo em desagregação, os cambissolos háplicos e neossolos litólicos compõem as superfícies modernas locais. Os grandes grupos se estabelecem entre eutroféricos e eutróficos. Ainda não há parâmetros taxonômicos específicos estabelecidos para apontar subgrupos dominantes.

Deve-se considerar que entre as ordens dos neossolos litólicos e cambissolos háplicos, há uma ocorrência concomitante com solos próprios de deposições coluviais recentes, que apresentam avanços dos fatores do intemperismo. Na taxonomia atual cabe encontrar, no geral, uma denominação apropriada para os subgrupos expressarem a alta fertilidade superficial, baseada em parte em compostos orgânicos, sobre resíduos oxídicos e a alta disponibilidade temporal de bases trocáveis dos materiais máficos abundantes.

Nos vales de espigões (ravinas), perfis predominantemente rasos, situados em superfícies em desagregação, apresentam, em todos os horizontes, o caráter essencialmente eutrófico, sobre um baixo grau de intemperização, na parte inferior. Alguns com teores de argilas no horizonte C semelhantes ao horizonte A chernozêmico, foram denominados de cambissolos háplicos. Talvez a subordem de "vermelho" devesse ser criada, já que "háplico" generaliza muito estes solos, de ocorrência pouco comum e diferenciada nas rochas basálticas. Provavelmente houve a suposição, no estabelecimento da atual taxonomia, de que solos com horizontes B incipientes (Bi) não acumulariam teores elevados de óxidos de ferro não hidratados. Alguns perfis menos intemperizados de exposição em encostas mais recentes são denominados de eutróficos chernossólicos ou saprolíticos, embora, nesse caso, a denominação mais apropriada devesse ser eutroféricos.

Nos vales, a heterogeneidade de solos rasos é comum, com total ocorrência de solos muito férteis. Concomitante com os cambissolos e neossolos litólicos e regolíticos, alguns perfis, em superfícies estáveis mais antigas, assemelham-se à unidade Ciríaco descrita por Costa Lemos, (BRASIL 1973) como brunizém avermelhado ou chernossolo argilúvico férrico típico e se apresentam mais desenvolvidos (maior diferenciação textural entre os horizontes A e B) (Tabela 5 e Fig. 10 a 19).

Os solos mais rasos, encontrados nas bordas das encostas, pouco menos intemperizados, têm sido denominados de neossolos litólicos eutróficos chernossólicos, que seriam transições entre as unidades Ciríaco e Charrua conforme propõe Costa Lemos (BRASIL, 1973).

Tabela 5. Relação das unidades de relevo com a taxonomia dos solos locais.

F. relevo	Solos	%	Solos (ordem a subgrupos)	Área(Km ²)	%
Pi	RLe	60	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário	9,94	9,97
		30	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico		
		10	NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico		
Pe	TCo	40	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico luvissólico	44,64	44,79
		40	LUVISSOLO CRÔMICO Órtico chernossólico		
		20	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico		
Sr	RRe	40	NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico	29,86	29,96
		40	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário		
		20	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico		
Va	CUe	40	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico	15,22	15,27
		40	NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico		
		20	NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico		



Fig 10: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico luvissólico nas terras aplainadas da bacia hidrográfica do rio da Várzea.



Fig 12: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico chernossólico em encosta de espigões degradados.



Fig 11: CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Órtico luvissólico de ocorrência ocasional nas encostas.



Fig13: CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Órtico luvissólico em encostas de serra.



Fig 14: CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Órtico luvisólico em encostas ocasionais.



Fig 17: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico chernossólico nas terras aplainadas do rio da Várzea.



Fig 15: NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico luvisólico em espigões degradados.



Fig 18: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico nitossólico em planícies antigas do rio da Várzea.



Fig 16: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico chernossólico nas terras aplainadas do rio da Várzea.



Fig 19: CAMBISSOLO HÁPTICO nas bordas das encostas de serras.

Fotos: Vinícius Cantarelli Terres

Uso da terra

A forma como a terra tem sido utilizada, ao longo do tempo, reflete o uso das gerações passadas. A pecuária, a básica sustentação econômica do passado do Rio Grande do Sul, não deixou marcas nos solos, pois os cultivos que a acompanhavam eram insignificantes e destinados apenas para a subsistência, pois a carne era praticamente o alimento básico. Nas terras do Alto Uruguai, as matas formavam uma cobertura densa, onde era preciso usar a madeira inicialmente e, após o estabelecimento de roças, criar alguns animais. Os agricultores que compravam as terras não tinham a tradição da pecuária regional.

Conforme Esperança do Sul (2000), na década de 1950 do século passado, após o período inicial de estabelecimento, os colonos começaram a ter excedentes na produção agrícola familiar e o feijão foi o primeiro produto agrícola comercializado. Potencialmente, outros cultivos de produção familiar se seguiram. A suinocultura, a partir dos anos 1960, direcionou o uso da terra para o cultivo do milho. Varrida do agronegócio regional por aspectos comuns, como todas as atividades agrícolas que se tornaram competitivas nos mercados econômicos (aparecimento de doenças), praticamente ficou inativa. Entretanto, a soja bruscamente substituiu em grande parte as lavouras, com múltiplos cultivos onde fosse possível cultivá-la. Hoje essa cultura está indefinida como negócio lucrativo pelos entraves econômicos complexos da época atual.

A estrutura econômica e social local, que derrubou a floresta gradativamente para o estabelecimento de um modelo de agricultura familiar e um uso diversificado da terra está marginalizada por produzir bens de baixos valores. Nos seus arredores, a agricultura está sendo intensivamente estruturada para o processo produtivo mecanizado onde há chapadas.

A modificação do sistema anterior pela colonização, ou seja, a ocupação da terra em pequenas glebas, onde a agricultura diversificada é a fonte básica de subsistência, parece um sistema que trouxe poucos ganhos sociais. A pobreza no campo pode ser avaliada pelos problemas consequentes do uso intensivo, ou seja, a erosão e a dependência gradativa de insumos para o controle de pragas e doenças e a saturação do pequeno espaço no mercado disponível a seus produtos.

A erosão local não está acompanhada muito de perto. Isto é devido à perda visível da fertilidade à medida que as glebas são degradadas, como é comum nas regiões que sofrem o abandono temporário. No entanto, o controle quase efetivo do processo erosivo, por técnicas de plantio

direto, trouxe uma tranquilidade aos agricultores e aos que buscavam soluções, ou seja, a pesquisa aliada a um sistema de apoio de órgãos de extensão muito atuantes.

As técnicas agora em vigor, de certa forma, estão estabilizando as atividades no campo, mesmo com uma degradação física pouco aparente das terras. O aspecto que situou as lavouras de milho, soja e trigo até as áreas de alto risco, contribuiu para o aumento de produção, estando no limite possível, pela expansão das áreas agrícolas. O controle dos efeitos erosivos ainda vigentes, que é uma busca contínua da pesquisa, atualmente está muito relacionado às coberturas vegetais nos intervalos entre as culturas produtivas de grãos.

O manejo com culturas de cobertura objetiva, além de servir de adições de resíduos orgânicos que subsidiam as culturas posteriores, recupera parte das estruturas e porosidade do solo e redução do adensamento das camadas inferiores, através de sistemas radiculares profundos (FONTANELI et al., 1997).

Entretanto, nesse município com relevos dissecados, cabe acentuar que ainda não se desenvolveu uma metodologia de tratamentos para essas terras do planalto. Algumas são tratadas como se todas fossem produtos de um estágio de laterização ou pré-laterização, processo no qual os solos perdem as bases e, acidificados, expõem elevada acidez com teores tóxicos de alumínio trocável. No caso, cabe acentuar que isso só pode ocorrer nas chapadas antigas, portanto nas formas de relevo modernas como serras (Sr), vales (Va) e espigões (Pi e Pe), derivadas do basalto alcalino regional, o uso de calcário tanto corretivo da acidez como componente da adubação é desnecessário. Nas chapadas remodeladas locais dos municípios próximos ao rio Uruguai não se observa a ocorrência de acidez suficiente para liberar alumínio tóxico. Além disto, os solos são muito ricos em cálcio e magnésio.

A agricultura do futuro nesta região íngreme não se prenderá somente à adição de produtos, como atualmente está ocorrendo.

A água deverá ter uso incrementado, sempre que disponível, e sua relação com o solo deverá ser melhor estudada, já que a sua deficiência atual nas culturas de verão é marcante, com perdas anuais variáveis. A água dos lajeados será veículo de adição de nutrientes e produtos químicos usados no dia a dia do campesino, consequentemente, fonte de contaminação do solo. Outras associações de plantas e manejo de culturas, em relação às posições do relevo, certamente deverão ser analisadas para novas espécies, quando as modificações da economia se tornarem viáveis às culturas próprias à contenção do

processo erosivo e ao uso transitório das glebas atuais degradadas.

Para quantificar as áreas agrícolas diferenciadas e os tratamentos para a manutenção em relação à capacidade produtiva, em locais de um Brasil já desenvolvido no sistema agrícola, a classificação de capacidade de uso das terras apresenta-se como um caminho para o uso posterior, e atua ainda mais como uma indicação da potencialidade de onde e como as terras estão sendo usadas, tanto na área do "Território" como nos municípios. Assim, constata-se que as variações dos graus de limitações propostas pela integração dos solos (deficiência de fósforo em algumas áreas) com o meio (susceptibilidade à erosão), o clima (deficiência ocasional de água no verão), a espessura do solo e a possibilidade de usar máquinas agrícolas predisõem as terras a serem situadas em uma ordem decrescente de utilidade agrícola.

Com o objetivo de caracterizar as terras, em municípios onde há agricultores de distintas classes sociais e as tecnologias empregadas na agricultura são desde primárias, às mais desenvolvidas, Ramalho Filho e Beek (1978) propuseram o sistema de Aptidão Agrícola das terras que pode se situar neste contexto. Esse sistema taxonômico considera o agricultor como um elemento componente, onde os seus meios e desenvolvimento agrícola são considerados (Fig. 20 a 25).

Similar ao sistema anterior, os grupos propostos de terras e usuários visam qualificar as terras em função das deficiências ao uso agrícola. O peso da susceptibilidade à erosão, atenuado de certa forma, torna o sistema menos diferenciado entre os grupos. Cabe acentuar que esse sistema foi proposto, na metade do século passado, para um Brasil predominantemente subdesenvolvido e com regiões muito diversificadas em termos de práticas agrícolas. Neste caso, o sistema proposto prevê três usuários, com distintos níveis de manejo (primitivo, pouco desenvolvido e desenvolvido). Quando proposto para uma região muito desenvolvida, no campo agrícola, como nos municípios vizinhos de terras aplainadas, os mapas de uso das terras praticamente se confundem com o sistema de Capacidade de Uso das Terras.

Com isso, as terras podem ser classificadas conforme a Tabela 6. Cabe salientar que os modelos propostos de classificação não produzem "unidades de classes" essencialmente equivalentes, o que pode levar a que ocorram erros ao se estabelecer equivalência entre unidades de capacidade de uso das terras em locais diferentes.



Fig 20: Cultivos intensivos nas terras aplainadas e férteis da bacia hidrográfica do rio da Várzea.



Fig 21: Milho em solos profundos e férteis das terras aplainadas de lombadas e coxilhas.



Fig 22: Cultivo de milho em terras aplainadas do vale do rio da Várzea.



Fig 23: Lavouras cobrem o relevo aplainado (lombadas) com matas e açudes nas depressões.



Fig 24: Cultivo de subsistência nas encostas das serras.



Fig 25: Desmatamento e cultivo nas encostas íngremes dos espigões rochosos.

Fotos: Vinícius Cantarelli Terres

Tabela 6. Formas de relevo, limitações e classes de aptidão agrícola e capacidade de uso das terras.

Formas de relevo	Limitações						Capacidade de uso e aptidão agrícola		
	<u>fert</u>	<u>prof.</u>	<u>-H₂O</u>	<u>+H₂O</u>	<u>erosão</u>	<u>mec.</u>	Classes		%
							cap.uso	apt.agríc	
Espigões rochosos (Pi)	L	MF	MF	N	L	MF	VII-1 se	2a(b)	9,97
Espigões degradados (Pe)	N	L / M	M	N	M / F	M / F	VI se	1Abc	44,79
Serras (Sr)	N	L	M	N	MF	MF	VII-2 se	3(a)(b)	29,96
Vales (Va)	N	N	L	L / M	L	L	IV se	1AB(c)	15,27

N – nula; L – ligeira; M – moderada; F – forte; MF – muito forte.

Conclusões

O estudo de solos no município de Cristal do Sul situado na região do Alto Uruguai, na parte norte do Planalto RS, caracteriza partes de um planalto, desenvolvido por rochas basálticas de natureza alcalina. Estabelecidas em sucessivos estratos, através de fissuras que romperam a superfície em períodos do Jurássico e Cretáceo e extravasaram em sucessivas camadas, hoje estão em fase final de dissecação pelos processos erosivos naturais.

Estes restos de planalto são constituídos em sequência por espigões estreitos, elevados e degradados (600 m), serras (ravinas) e vales (Fig. 26).

Nas formas de relevo que substituem o planalto os vales são mais largos e constituem um sistema de drenagem antigo e raso, margeando o início dos espigões. Na borda dos espigões, os processos erosivos no seu conjunto foram muito atuantes, restando espigões estreitos, dissecados, serras com cortes profundos ao redor de vales estreitos e profundos. Essas formas muito dissecadas, no seu conjunto, formam um relevo forte ondulado a escarpado que está em regressão. Os vales entre as formas de relevo são pouco profundos e extremamente semelhantes entre si. Na foz dos afluentes do rio da Várzea ou próximo, são aplainados e largos com deposições sedimentares quaternárias.

A vegetação, outrora de mata, composta pela formação Floresta Estacional Decidual Submontana, está praticamente extinta, e as terras foram divididas em pequenas glebas constituindo lavouras familiares.

As terras estão cobertas por culturas sucessivas anuais de verão e inverno, com predominância de uma agricultura familiar. A vegetação nativa possui espécies ocasionais

apenas em algumas propriedades, nas bordas dos lageados.

Os solos foram antes denominados litólicos por Costa Lemos (BRASIL, 1973), posteriormente detalhados por IBGE (1986) conforme se distribuíam no relevo. Com dados locais, constata-se que os intensivos processos erosivos naturais corroendo e, posteriormente, desagregando as superfícies, constituíram solos rasos e muito férteis nas bordas dissecadas, nos espigões rochosos (neossolo litólico eutrófico), em espigões degradados (nitossolo vermelho eutroférico), nas serras (neossolo litólico eutrófico) e nos vales (cambissolo háplico ta eutrófico), associados a outros solos semelhantes.

Quanto ao uso agrícola, o sistema de classificação (capacidade de uso das terras), que se propunha a uma ordenação do controle da degradação das terras, na agricultura local já estabelecida, tem a finalidade apenas de caracterizar a potencialidade agrícola local das terras. Vales (classe IV se) com maiores reservas de umidade no período de verão, além de comportarem as moradias dos agricultores, caracterizam terras muito férteis, que tem sido protegidas dos processos erosivos decorrentes do uso intensivo. Os espigões em fase de desagregação comportam amplas superfícies com solos muito férteis, que têm sido usados intensamente (classe VI se). São terras suscetíveis aos processos erosivos. Entretanto na bacia hidrográfica do rio da Várzea estas terras podem estar associadas às classes III se e IV se, se tiverem efetivamente controlada a erosão. Estas terras comportam pastagens cultivadas ou cultivos anuais ocasionais. As terras mais íngremes (serras) e espigões rochosos com vales íngremes, embora muito férteis, devem ser usadas parcialmente com a fruticultura e a floresta ainda existente (classe VII se).

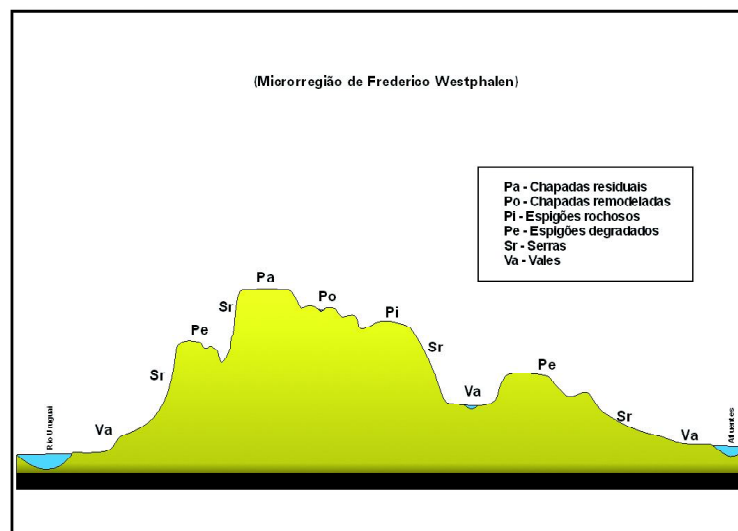


Fig 26: Secção trasversal do relevo de municípios do Alto Uruguai, RS

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (BRASIL. Ministério da Agricultura-DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 30). Acompanha mapa color. Escala 1:750.000. Redação: Raimundo Costa de Lemos, coord., Miguel Angelo D. Azolim, Paulo Ubirajara R. Abrao, Milton C. Lopes dos Santos.
- DEDECEK, R. A. **Características físicas e fator de erodibilidade de oxissolos do Rio Grande do Sul**: Unidade Erechim, Passo Fundo e Santo Ângelo. Porto Alegre: UFRGS, 1974. 132 p.
- DENARDIN, J. E. ; RAMOS, P C ; WÜNSCHE, W A . **Determinação do fator comprimento de rampa de um Latossolo Vermelho Escuro Álico (Unidade de Mapeamento Passo Fundo)** . In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1978. p. 219-231.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- ESPERANÇA DO SUL. Prefeitura Municipal. **Esperança do Sul**. Esperança do Sul, 2000. 200 p.
- FONTANELI, R. S.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; SATTler, A.; RODRIGUES, O. **Manejo de aveia preta como cultura de cobertura de solo no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1997. 18 p. (Embrapa Trigo Boletim Técnico, 2).
- HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS: IB:Centro de Ecologia, 2010. (Série Geoprocessamento, 3). 1 DVD. Escala 1:50.000.
- HOLZ, M. **Do mar ao deserto: a evolução do Rio Grande do Sul no tempo geológico**. Porto Alegre: Ed. da Universidade UFRGS, 1999. 142 p.
- IBGE. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22
- Lagoa Mirim: **geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1986. 796 p. 6 mapas. (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- KLAMT, E. **Morfologia, gênese e classificação de alguns solos no município de Ibiruba, e regiões onde ocorrem**. 1969. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. **Geologia geral**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1975. 360 p.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, JUNIOR. R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1983. 175 p.
- LIM, C. H.; JACKSON, M. L. **Dissolution for total elemental analysis**. In: PAGE, A. L. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Part 2, p. 1-12.
- NORA, PIGOZZO, T. G. B. **Novo Tiradentes – uma história**. Passo Fundo: Ed. da Universidade de Passo Fundo, 2007.
- OLIVEIRA, V. **Formas de potássio em 21 solos do Rio Grande do Sul e sua capacidade de suprir potássio as plantas**. 1970. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.
- RAMBO, Balduino, S. J. **A fisiografia do Rio Grande do Sul**: ensaio de monografia natural. 3. ed. São Leopoldo: Ed. da Unisinos, 1994. 473 p.
- ROISENBERG, A.; VIERO, A. P. O Vulcanismo Mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS: CIGO, 2000. p. 355-374.
- ROSA, A. D. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo - solo Santo Ângelo - (Latossolo Roxo Distrófico)**. Porto Alegre: UFRGS, 1981. 23 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.
- SANTOS, H. G.; COELHO, M. R.; ANJOS, L. H. C.;

JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; OLIVEIRA, J. B.; CARVALHO, A. P.; FASOLO, P. J. **Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 56 p. (Embrapa Solos. Documentos, 53).

STRECK, E. U.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS: UFRGS, 2002. 107 p.

TEDESCO, M, J.; VOLKWEISS, S, J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).

USA. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. **Keys to soil taxonomy**. 7. ed. Washington: Natural Resources Conservation Service, 1996. 644 p.

Circular**Técnica, 102**

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

**GOVERNO
FEDERAL**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971

Fone: (0xx53)3275-8100

Fax: (0xx53) 3275-8221

E-mail: www.cpact.embrapa.br
sac@cpact.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2010) 50 cópias

**Comitê de
publicações**

Presidente: Ariano Martins de Magalhães
Júnior

Secretária- Executiva: Joseane Mary Lopes
Garcia

Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid
Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de
Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane
Rodrigues Congro Bertoldi, Regina das Graças
Vasconcelos dos Santos, Isabel Helena Vernetti
Azambuja, Beatriz Marti Emygdio.

Expediente

Supervisor editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlé

Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza

Editoração eletrônica: Camila Peres (estagiária)