

Modelos para Sistematização nas Terras Baixas do Rio Grande do Sul



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

6 ÁGUA POTÁVEL
E SANEAMENTO



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

DOCUMENTOS 489

**Modelos para Sistematização nas Terras
Baixas do Rio Grande do Sul**

*José Maria Barbat Parfitt
Marcos Valle Bueno
Henrique Michaelis Bergmann
Patrick Moraes Veber
Pâmela de Andrade Timm
Alexssandra Soares de Campos
Camila Silveira Sinnemann
Sthéfanie da Cunha
Alisson Barcelos Veiga*

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suita de Castro

Vice-Presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine
Schaun Pelufê, Sônia Desimon*

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto de capa

José Parfitt

1ª edição

Obra digitalizada (2020)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

Z87 Modelos para sistematização nas terras baixas do Rio
Grande do Sul / José Maria Barbat Parfitt... [et al.]. –
Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020.
22 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1516-8840 ; 489).

1. Solo hidromórfico. 2. Agricultura de precisão.
3. Drenagem. 4. Arroz. I. Parfitt, José Maria Barbat.
II. Série.

CDD 631.7

Autores

José Maria Barbat Parfitt

Engenheiro agrícola, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Marcos Valle Bueno

Engenheiro agrícola, doutorando em Recursos Hídricos, UFPel, pesquisador do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária Treinta y Tres, Uruguai.

Henrique Michaelis Bergmann

Engenheiro agrícola, mestrando em Recursos Hídricos UFPel, Pelotas, RS.

Patrick Moraes Veber

Engenheiro agrícola, doutorando em Recursos Hídricos, UFPel, Pelotas, RS.

Pâmela de Andrade Timm

Engenheira-agrônoma, mestranda em Agronomia, UFPel, Pelotas, RS.

Alexssandra Soares de Campos

Estudante de Agronomia, UFPel, Pelotas, RS.

Camila Silveira Sinnemann

Estudante de Agronomia, UFPel, Pelotas, RS.

Alisson Barcelos Veiga

Estudante de Agronomia, UFPel, Pelotas, RS.

Sthéfanie da Cunha

Estudante de Engenharia Agrícola, UFPel, Pelotas, RS.

Apresentação

Este documento é o resultado do esforço da Embrapa Clima Temperado em atualizar os conhecimentos com relação à aplicação da geotecnologia na sistematização das áreas de terras baixas dos Estados do Sul do País. A sistematização é uma prática de adequação da superfície do terreno com objetivo principal de facilitar o manejo da água, tanto de irrigação quanto de drenagem. É utilizada nas terras baixas do Rio Grande do Sul há mais de três décadas, principalmente associada ao cultivo de arroz pré-germinado

Nesta publicação, além de se lembrar os modelos de sistematização utilizados até então, apresentam-se os novos modelos que somente podem ser executados com a tecnologia GNSS-RTK (*Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic*; em português, Sistema de navegação global por satélite – posicionamento cinemático em tempo real). Essa discussão é realizada a partir da elaboração de projetos de sistematização em duas áreas típicas de terras baixas com relevo diferentes.

Roberto Pedroso de Oliveira
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

INTRODUÇÃO	9
OS SOLOS DAS TERRAS BAIXAS DO RIO GRANDE DO SUL.....	9
EFEITO DA SISTEMATIZAÇÃO SOBRE A PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS	10
SITUAÇÃO ATUAL DAS LAVOURAS	11
CUSTOS NA EXECUÇÃO DA SISTEMATIZAÇÃO.....	12
MODELOS DE SISTEMATIZAÇÃO	12
EXEMPLOS DE PROJETOS DE SISTEMATIZAÇÃO E SUAUIZAÇÃO	13
Sistematização com declividade uniforme (plano)	14
Sistematização sem declividade – cota zero.....	14
Sistematização com declividade uniforme	16
Sistematização com declividade variada (suavização)	17
Suavização visando drenagem	18
Suavização visando irrigação.....	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS.....	22

INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária no ecossistema de terras baixas de clima temperado ou várzeas, como também são denominadas, tem como principal componente o binômio arroz irrigado/pecuária extensiva de corte. Nos últimos anos, na busca por aumento da rentabilidade do sistema produtivo, tem-se incentivando a diversificação por meio da rotação da cultura do arroz com outras culturas, principalmente a soja e, em menor escala, o milho e o sorgo.

O principal limitante ao bom desempenho dessas culturas em terras baixas é a deficiente drenagem natural dos solos que as constituem, que, por sua vez, ocorre devido a características como: topografia predominantemente plana, rugosidade em nível de microrrelevo, adensamento do horizonte superficial, alta relação micro/macroporosidade (inadequada relação água/ar para a maioria das espécies produtoras de grãos), e condutividade hidráulica praticamente nula no horizonte B. Outro fator importante para o desenvolvimento das culturas de verão é a disponibilidade hídrica. A quantidade de chuvas e/ou a irregularidade de sua distribuição nesse período, aliada à alta demanda evaporativa da atmosfera e à baixa capacidade de retenção de água dos solos, fazem com que as necessidades hídricas de culturas como soja e milho, principalmente, não sejam supridas para atingir produtividades que promovam rentabilidade ao produtor rural.

Existem várias práticas agrícolas que minimizam esses problemas, como por exemplo a descompactação pelo uso do escarificador, uso de ‘botinha’ na semeadora, valetamento com sistema GNSS-RTK (*Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic*; em português, Sistema de navegação global por satélite – Posicionamento cinemático em tempo real), entre outros. Entretanto a sistematização das áreas se constitui em uma das principais tecnologias, pois melhora a drenagem superficial e permite a irrigação dessas culturas e ainda apresenta várias vantagens para a cultura do arroz.

A sistematização é uma prática agrícola de adequação da superfície do solo, utilizada nas terras baixas do RS há mais de três décadas, principalmente associada ao cultivo de arroz pré-germinado. Com o surgimento da tecnologia GNSS-RTK e incremento do uso da cultura da soja em rotação com o arroz, tem crescido o interesse dos produtores por essa tecnologia. Na primavera da safra agrícola 2019/2020, foram executados vários projetos de sistematização (suavização), no qual foram computados os custos da sistematização em função do movimento de solo, que se estabeleceram em aproximadamente R\$3 m⁻³, embora o custo seja uma variável que não somente dependa do movimento de solo. Também depende de como estão distribuídos os cortes e aterros na área, como também da umidade do solo no momento de execução dos trabalhos, dimensão dos equipamentos utilizados, entre outros fatores.

As informações técnicas desta publicação visam contribuir para a tomada de decisão dos produtores de terras baixas, visando minimizar problemas no solo e consumo de água, além de melhor produtividade, atendendo ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6: Água potável e Saneamento, cujo objetivo é “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”, por meio do alcance da Meta 6.4: “Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez”.

Esta publicação aborda aspectos básicos sobre a sistematização e estabelece critérios que permitem classificar a sistematização, e ao mesmo tempo, pretende orientar os produtores das terras baixas em relação de qual projeto realizar em função do ambiente em que se produz, tendo como base duas áreas típicas de arroz irrigado.

OS SOLOS DAS TERRAS BAIXAS DO RIO GRANDE DO SUL

O cultivo de arroz irrigado no RS é desenvolvido no ambiente de terras baixas, que compreende os solos denominados de várzea, ou seja, solos de beira de rios e planícies das lagoas, bem como solos situados

em patamares próximos mais elevados. Apresentam como característica comum a formação em condições variadas de deficiência de drenagem (hidromorfismo). No RS, ocupam extensas áreas com relevo variando de plano a suavemente ondulado, sendo encontrados nas regiões do Litoral Sul, Planície Costeira Interna e Externa, Depressão Central, Campanha e Fronteira Oeste. Ocorrem, em geral, em baixas altitudes (0-200 m) e abrangem uma área próxima a 5,4 milhões de hectares, que correspondem a aproximadamente 19,2% da área do Rio Grande do Sul (Pinto et al., 2017).

A drenagem natural deficiente ou hidromorfismo é normalmente motivada pelo relevo predominantemente plano, frequentemente associado a um perfil com camada superficial pouco profunda, e subsuperficial mais impermeável, por conta do acúmulo iluvial de argila dos horizontes superficiais. Essa característica é identificada, em sua intensidade máxima, pela cor cinzenta ou gleizada e, numa intensidade menos acentuada, por manchas avermelhadas e/ou amareladas (mosqueados) em uma cor de fundo cinzenta.

As principais classes em que estão incluídos os solos de terras baixas no RS, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação são: Planossolos (incluídos Gleissolos associados) apresentam a maior área (54,3%), seguindo-se, em ordem decrescente, as classes dos Neossolos (17,2%), Chernossolos (15,1%), Gleissolos (7,3%), Argissolos (3,9%), Vertissolos (1,3%) e Organossolos (0,9%). Na grande maioria dessas classes, o horizonte A não supera a profundidade de 45 cm (Pinto et al; 2017)

EFEITO DA SISTEMATIZAÇÃO SOBRE A PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

Na Figura 1, vemos o comportamento da produtividade da cultura do arroz irrigado da safra 2014/2015 numa área sistematizada em 2008 (Winkler, 2018). O solo dessa área é constituído pela associação do Planossolo Háplico e Gleissolo Háplico (Santos et al., 2006) e a profundidade do topo do horizonte B variou entre 0,20 e 1,0 m. Pode-se verificar que a produtividade do arroz irrigado foi afetada de forma significativa pela magnitude dos cortes e aterros provocados pela sistematização, em que quanto maior o corte, menor a produtividade. A produtividade média da área foi de $9,73 \text{ t ha}^{-1}$ e está situada na área de corte, ou seja, é levemente inferior à produtividade da zona de “zero” corte ou aterro, a qual representaria a produtividade sem sistematização. Assim, embora não significativa estatisticamente, houve uma pequena diminuição da produtividade média. A produtividade das zonas de aterro foi muito maior que a produtividade da zona de corte, o que provocou uma certa compensação na produtividade média

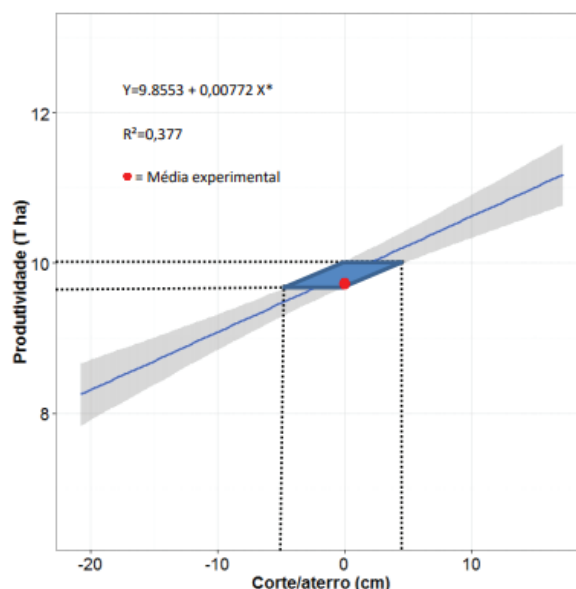


Figura 1. Análise de regressão e intervalo da confiança da produtividade do arroz irrigado na safra 2014/2015, em função da magnitude dos cortes e aterros provocados pela sistematização em 2008. (*significativo em nível de 5% pelo teste f). Adaptado de Winkler, 2018.

Pode-se verificar que houve grande variabilidade espacial, já que a produtividade variou de 8 t ha⁻¹ a mais de 11 t ha⁻¹ numa área relativamente pequena. Por outro lado, observa-se que, a partir do intervalo de confiança a 5% de probabilidade, pode-se inferir que a produtividade entre 5 cm de corte e 5 cm de aterro não variou estatisticamente, pois está dentro da mesma faixa do intervalo de confiança (Figura 1). Esse resultado, embora seja pontual, foi realizado em solos dos mais representativos das terras baixas do estado, e em área que havia sido sistematizada sete anos antes do cultivo do arroz, permitindo inferir com clareza o comportamento esperado da produtividade das culturas em área sistematizada. Nesse caso, o experimento foi realizado com a cultura do arroz irrigado por inundação, que deverá ser a que menos deve apresentar variabilidade espacial, quando comparada a soja e o milho. A partir dessa informação, pode-se utilizar como critério técnico de projeto de sistematização o valor de 5 cm como magnitude do máximo corte, embora se possa utilizar um valor maior quando essa área com corte for muito pequena, por exemplo, menor que 1% da área total.

SITUAÇÃO ATUAL DAS LAVOURAS

Na Figura 2, é possível observar as depressões ainda existentes nas áreas destinadas ao cultivo de arroz e soja nas terras baixas do Rio Grande do Sul. Levantamento planialtimétrico, realizado por diferentes empresas que prestam serviço em projeto de entaipamento, mostra que praticamente todas as áreas apresentam depressões (lagoas) que armazenam água na superfície durante períodos chuvosos. O aplainamento foi incorporado ao preparo do solo para o cultivo do arroz irrigado há mais de 30 anos, entretanto, as depressões continuam. Portanto, podemos concluir que o aplainamento não elimina as depressões. Essas depressões causam diferentes prejuízos, conforme a tipo de cultura. No arroz, podem causar atraso na semeadura e ocasionar tombamento de plantas nessas regiões por causa do estiolamento das plantas, provocado pela lâmina d'água mais profunda nesses locais. Nas culturas de sequeiro, como soja e milho, também podem provocar atraso na semeadura e grandes prejuízos com relação à produtividade.



Foto: José Maria Barbat Parfitt.

Figura 2. Área de terra baixa no município de Rio Grande/RS com zonas de depressões.

CUSTOS NA EXECUÇÃO DA SISTEMATIZAÇÃO

O custo da sistematização é uma preocupação dos produtores e é menor do que se pensa normalmente. O produtor deve optar por adquirir os equipamentos necessários ou terceirizar o serviço. Os equipamentos são o Field Level II (no caso da Trimble), base RTK que corrige o sinal do GNSS que é distorcido na passagem pela atmosfera e a válvula proporcional (PWM) que controla o movimento vertical do equipamento que realiza o movimento de solo (plaina e scraper). O sistema deve ter os custos divididos com outras atividades na propriedade como demarcação de taipas e de drenos. Assim em propriedades com área de arroz superior a 300 ha (valor aproximado) seria recomendado possuir equipamento próprio. Outro aspecto importante a mencionar é que a sistematização deve ser considerada um investimento na propriedade e não um custo anual, pois uma vez realizada a sistematização não precisa ser refeita, apenas um retoque de tempo em tempo mais com custo de aproximadamente de 10% do inicial.

Entre agosto e novembro de 2019 foi realizada a suavização de quatro áreas localizadas no Litoral Sul do RS. Essas áreas são típicas das cultivadas com arroz nessa região. O trator utilizado tinha 200 HP e a plaina 4 m de largura. Foram computados todos os tempos de trabalho e consumo de combustível a fim de se obter os custos da sistematização (Tabela 1). O custo obtido considerando-se as quatro áreas foi de R\$351,0 ha⁻¹ ou de outra forma levando-se em conta o movimento de solo o resultado obtido foi de R\$3,15 m⁻³. Na elaboração dos custos foram considerados todos os custos envolvidos como depreciação do trator, plaina, operador, combustível e equipamento de geotecnologia. O valor do dólar em outubro de 2019 estava entorno de R\$4.

Tabela 1. Custos da sistematização elaborada em quatro propriedades na região do Litoral Sul do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Produtor	Município	Área ha	MS* m ³ ha ⁻¹	Tempo horas	Custos	
					R\$ ha ⁻¹	R\$ m ⁻³
Granja 4 Irmão	Rio Grande	23,6	106	74	382	3,6
RiceTec	Capão do Leão	7,2	147	21	434	3,0
F. São Francisco	Jaguarão	18,0	72	15	146	2,0
F. Estrela	Camaquã	16,5	111	45	442	4,0
Média					351,0	3,15

* Movimento de solo

MODELOS DE SISTEMATIZAÇÃO

A sistematização é a adequação da superfície do solo, de forma a permitir melhor manejo da água tanto de drenagem como de irrigação. Com isso, uma série de benefícios diretos e indiretos ocorrem, como, por exemplo, economia no uso da água, semeadura na época correta, melhor eficiência de insumos e melhor rendimento das culturas que fazem parte do sistema de produção, como arroz, soja e outras.

As primeiras áreas que foram sistematizadas nas lavouras gaúchas o foram com uso da água como guia de nível. Esse sistema somente pode ser realizado em plano sem declividade. Com o surgimento do Nível Laser, na década de 1980, a sistematização, além de ser feita em cota zero, pode ser realizada em plano com declividade.

Nos últimos anos, houve um avanço da geotecnologia, sistema GNSS-RTK, que permite sistematizar o terreno de formas múltiplas, obviamente também em planos cota zero ou com declividade. O processo se inicia com o levantamento planialtimétrico da área, e a partir do modelo digital de elevação (MDE) se elabora o projeto de sistematização. O grande avanço é que permite realizar a sistematização com declividade variada, também denominada de suavização.

Na Figura 3, consta a classificação dos modelos de sistematização em função da configuração final da superfície da área. No primeiro grupo, temos a sistematização em plano, seja sem declividade (cota zero) ou com declividade. Essa sistematização pode ser realizada com o Nível Laser ou com o sistema GNSS-RTK. No segundo grupo, temos a sistematização com declividade variada, ou seja, a superfície final não é mais um plano e sim uma superfície curva. Esse modelo de sistematização se ajusta melhor à superfície natural das terras baixas do RS e, conseqüentemente, os cortes e aterros são menores e a execução no campo é mais econômica e rápida. Isso é muito importante, pois a “janela” para realizar os trabalhos de campo pode ser custos, em função de chuvas.



Figura 3. Classificação dos modelos de sistematização. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Foram selecionadas duas formas preferenciais de sistematização com declividade variada: uma que privilegia a drenagem superficial pela eliminação de todas as depressões da área (sistematização com declividade variada visando drenagem - DVD), e outra que, além de eliminar as depressões, elimina também as elevações (denominadas coroas), permitindo a irrigação por sulco nas culturas como soja e milho (sistematização com declividade variada visando irrigação - DVI). Esse sistema somente pode ser implantado no campo com o sistema GNSS-RTK.

EXEMPLOS DE PROJETOS DE SISTEMATIZAÇÃO E SUA VIZIÇÃO

Para exemplificar os diferentes projetos de sistematização e suavização, serão utilizadas duas áreas (típicas de terras baixas), denominadas A e B. A área A tem superfície de 40,3 ha, declividade média de 0,04% e está localizada no município de São Gabriel/RS; a área B tem superfície de 23,6 ha, declividade média de 0,08% e localiza-se no município de Rio Grande/RS. Nos diferentes projetos, procurou-se conciliar que as zonas de corte não ultrapassassem em sua maioria valores maiores que 5 cm de profundidade, e que os quadros formados pela sistematização tivessem dimensões as mais adequadas possíveis para a condução das práticas agrícolas.

Pode-se verificar que a área A é menos declivosa que a área B, entretanto ambas representam áreas utilizadas com a cultura do arroz no estado do Rio Grande do Sul. Em ambas as áreas, foi realizado o levantamento planialtimétrico utilizando-se sistema GNSS-RTK. Na Figura 4, consta o Modelo Digital de Elevação (MDE) das áreas com as curvas de níveis a cada 5 cm. A parte mais alta das áreas é apresentada em cor vermelha e a mais baixa em cor azul. Em ambas, pode-se observar presença de coroas e lagoas. As coroas podem ser identificadas como áreas circundadas por uma curva de nível com cor que representa maior elevação que o entorno, já as depressões são exatamente o contrário disso.

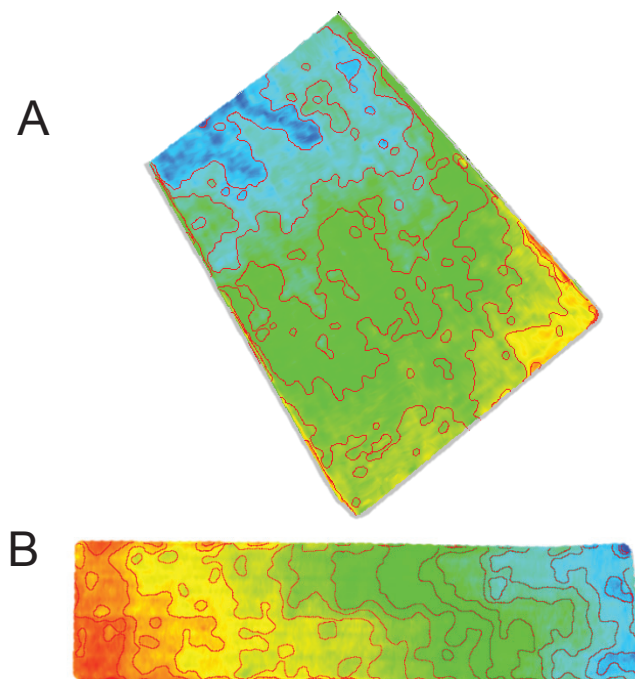


Figura 4. Modelo digital de elevação das áreas A e B na condição inicial, sem sistematização. As curvas de nível estão a cada 5cm. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Em recente estudo, Bueno et al. (2020) determinaram que as depressões representam entorno de 10% da superfície total das áreas de terras baixas do Litoral Sul do RS. Importante salientar que a sistematização da lavoura não elimina o projeto de drenagem superficial (vateamento). Para todos os modelos de sistematização, deve ser realizado o projeto de drenagem a partir do MDE ou novo levantamento planialtimétrico e, a partir dele, o projeto de drenagem superficial.

Nos próximos itens serão apresentados os resultados da aplicação de diferentes modelos de sistematização aplicados nas áreas A e B. Todos os procedimentos e cálculos foram realizados no software WM-Form, da Trimble. Os projetos em plano, com ou sem declividade, foram realizados no algoritmo *Land Leveling*. O projeto com declividade variada visando drenagem foi realizado no algoritmo *Drainage* e o que visa irrigação foi realizado no algoritmo *Sub-area*.

Sistematização com declividade uniforme (plano)

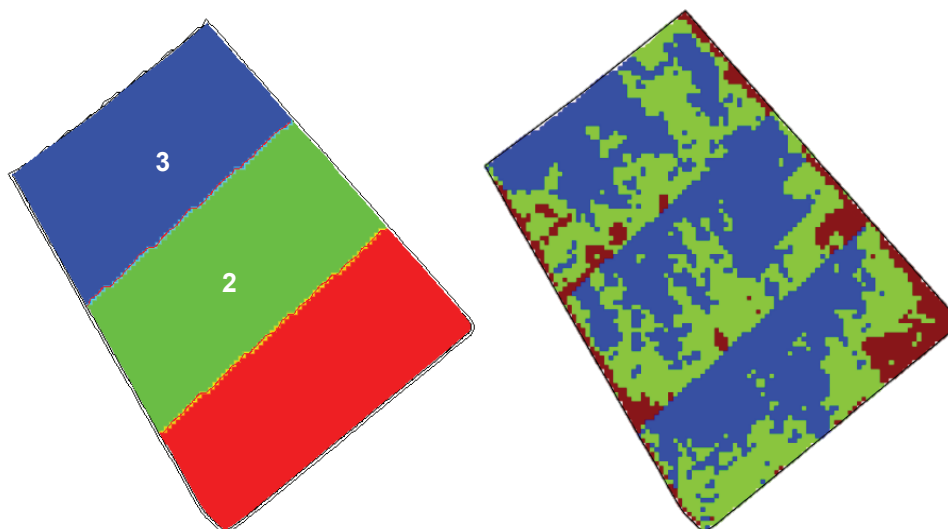
Dentro do grupo de sistematização com declividade uniforme, ou seja, em plano, temos o plano horizontal (cota zero) e o plano com inclinação. Essa sistematização pode ser realizada pelo sistema Nível Laser ou pelo sistema GNSS/RTK. Inclusive o sistema de plano horizontal pode ser realizado usando-se a água como referência de nível.

Sistematização sem declividade – cota zero

Inicialmente, será apresentado o projeto “cota zero” da área A. Essa área, por ser de pouca declividade, pôde ser dividida em apenas três quadros com área entre 12 ha e 14 ha para que a movimentação de solo não fosse alta (Figura 5 e Tabela 2).

Tabela 2. Área de divisão e movimentação do solo em cada quadro na área A. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

	Quadro			Total
	1	2	3	
Área (ha)	13,7	14,3	12,3	40,3
Movimentação de solo ($m^3 ha^{-1}$)	167,9	150,3	158,7	158,8

**Figura 5.** Projeto de sistematização em plano horizontal (cota zero) da área A. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Na Figura 5 pode ser observado o projeto e o mapa dos cortes e aterros. No mapa de cortes e aterros, o que aparece de marrom é referente à zona com corte superior a 5 cm, em cor verde corresponde à parte com pequenos cortes (menos de 5 cm) e em azul à zona de aterro. A divisão entre os quadros, por motivos práticos, foi sempre paralela entre si e ao mesmo tempo perpendicular a um dos lados.

O projeto da área B, juntamente com a quantidade de quadros e movimentação de solo, constam na Figura 6 e Tabela 3. Nessa área, por haver maior declividade e pelo critério de não se cortar muito mais de 5 cm, o projeto de sistematização em plano horizontal divide a área em 10 subáreas com aproximadamente 2,3 hectares. O movimento de solo médio ficou em $207,5 m^3 ha^{-1}$. Cortes superiores a 5 cm são observados na parte inferior do mapa de cortes e aterros (Figura 6). Isso acontece porque essa área, na sua forma original, apresenta declividade cruzada. Caso se fosse respeitar exatamente o critério de 5 cm, aumentaríamos a quantidade de quadros, o que não é algo recomendado.

Tabela 3. Área de divisão e movimentação do solo em cada quadro na área B. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

	Quadro										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Área (ha)	2,37	2,46	2,41	2,71	2,57	2,37	2,20	2,33	2,24	1,99	23,65
Movimentação de solo ($m^3 ha^{-1}$)	131,4	159,7	143,6	168,6	254,3	262,0	277,9	277,6	213,7	193,1	207,5

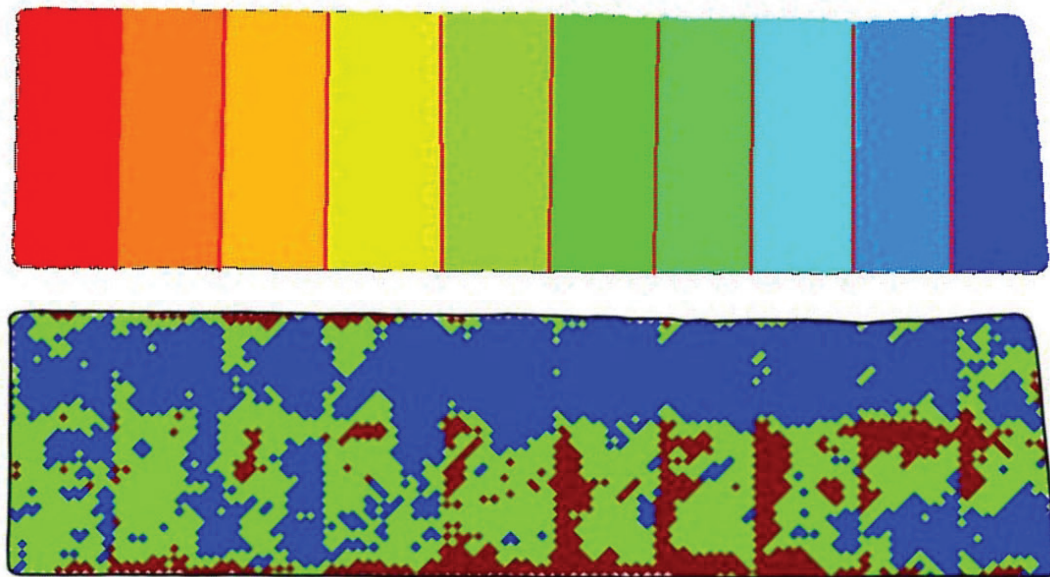


Figura 6. Projeto de sistematização em plano horizontal (cota zero) da área B. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Sistematização com declividade uniforme

Nesse modelo de sistematização, o resultado é também um plano, entretanto apresenta declividade. Assim, normalmente, adapta-se melhor que o modelo sem declividade, e os quadros ficam maiores. Por ser um plano, as taipas são retas. Nos projetos elaborados, sempre se optou que a declividade fosse perpendicular a uma lateral do campo, por questões práticas no manejo da lavoura. Pode-se notar na Figura 7 que, para esse modelo de sistematização, não foi necessário subdividir a área, já que os cortes acima de 5 cm acontecem principalmente nas bordas, o que provavelmente seja consequência do manejo prévio da área.

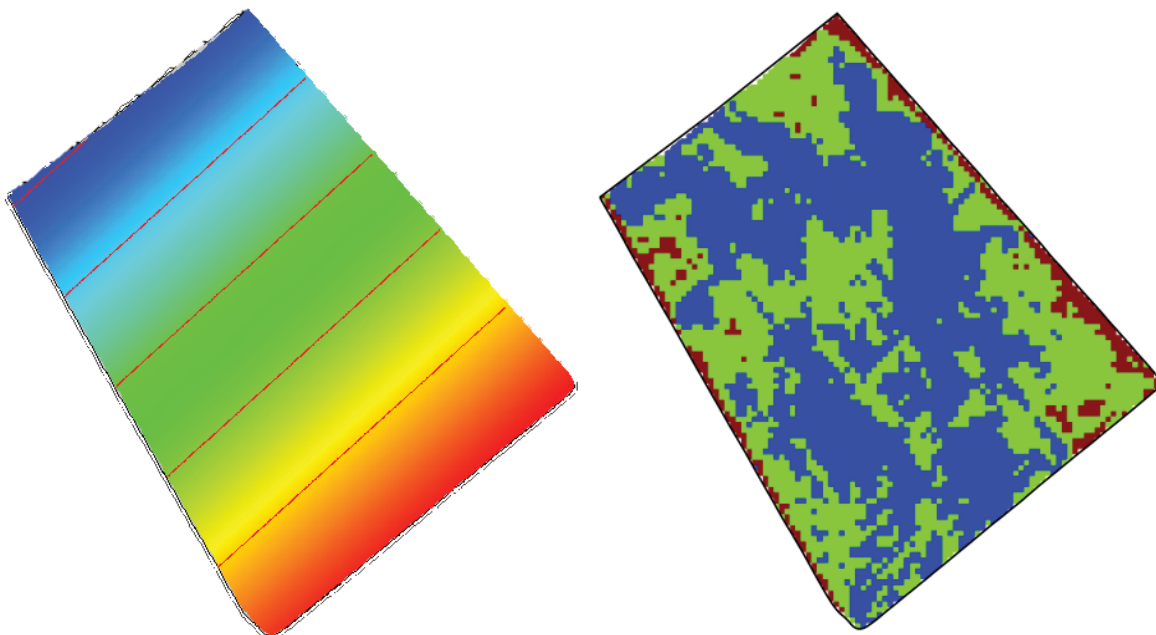


Figura 7. Projeto de sistematização com declividade uniforme da área B. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

A declividade resultante ficou em 0,033%, o que significa 3,3 cm por 100 m, movimento de solo de 128,5 m³ ha⁻¹ e 2,5 km de taipa. O fato de a área do projeto constituir somente um quadro representa vantagem no manejo da lavoura tanto do arroz como de outras culturas. Para a irrigação por sulcos, também representa

vantagens, pois temos sulco com declividade uniforme, o que pode significar melhor distribuição da água ao longo do sulco.

O MDE do projeto de sistematização com declividade uniforme da área B (Figura 8) a subdividiu em 5 quadros, com superfície compreendida entre 3,9 ha e 5,4 ha, com movimento de solo médio de $202 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e declividade entre 0,06% e 0,1% (Tabela 4). Quando comparado ao projeto em plano mais sem declividade, pode-se notar que os quadros são maiores por possuir declividade, apresentando melhor drenagem, já que a declividade é o melhor indicador da drenagem superficial (Winkler et al., 2018). Esses quadros obviamente necessitam de taipas para irrigar o arroz; assim serão retas, separadas em aproximadamente 70 m, o que não representa dificuldade na execução da lavoura de arroz, permitindo a irrigação por sulcos nas culturas como soja e milho.

Tabela 4. Área, movimentação de solo e declividade dos quadros na área B. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

	Quadro					Total
	1	2	3	4	5	
Área (ha)	5,35	4,95	4,90	4,52	3,90	23,65
Movimentação de solo (m^3/ha)	141,00	147,50	261,90	270,60	199,00	201,70
Declividade (%)	0,06	0,06	0,09	0,10	0,09	0,07

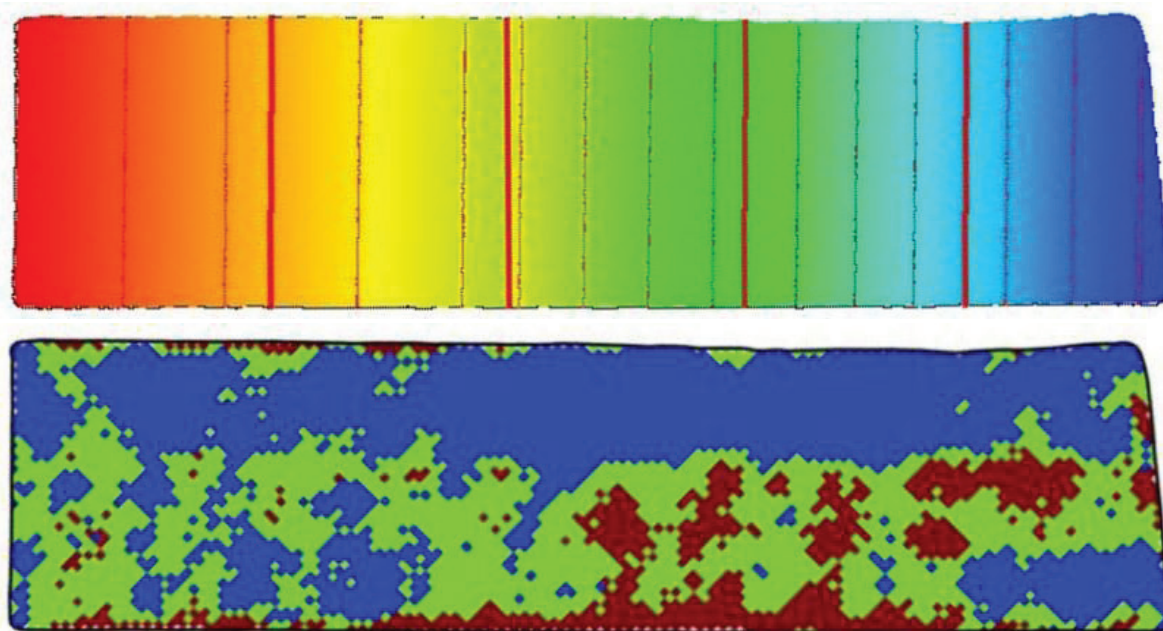


Figura 8. Projeto de sistematização em plano horizontal (cota zero) da área B. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Sistematização com declividade variada (suavização)

O resultado dessa sistematização é uma superfície curva, o que significa que apresenta declividade variada em todas as direções. Na grande maioria das vezes, ajusta-se melhor com as superfícies naturais, entretanto a superfície do projeto não apresenta depressões e -querendo-se também - não apresenta coroas. Esse sistema de sistematização passou a ser denominado, pelo sistema produtivo das terras baixas do Rio Grande do Sul, de suavização. Isso ocorre para distingui-la da sistematização clássica, normalmente “cota zero”, ou seja, da sistematização em plano sem declividade.

Conforme o objetivo da sistematização com declividade variada, tem-se a suavização que visa drenagem (DVD – sistematização com declividade variada que visa drenagem) e a suavização que visa irrigação (DVI). A primeira elimina todas as depressões da lavoura, diminui o número de taipas e apresenta movimento de

solo entre 50 e 80 m³ ha⁻¹. O DVI, além de eliminar as depressões, elimina também as coroas existentes na área, diminui o número de taipas e movimenta normalmente entre 100 a 140 m³ ha⁻¹, permitindo a irrigação por sulcos de culturas como soja e milho.

Suavização visando drenagem

Os MDEs dos projetos de suavização das áreas A e B constam na Figura 9. Na área A, o movimento de solo foi de 79,0 m³ ha⁻¹ utilizando-se a declividade mínima de 0,033%. Na área B, o movimento de solo foi de 70,3 m³ ha⁻¹ com declividade mínima de 0,05%. A declividade mínima é um parâmetro de projeto sumamente importante e representa, no caso da DVD, a declividade mínima no sentido da linha de fluxo. Entretanto, tem relação direta com o movimento de solo; assim, deve-se estabelecer um equilíbrio entre ambos. Se for escolhido o valor zero na declividade mínima, haverá nas lagoas grande possibilidade de que se tornem zona com problemas de encharcamento; entretanto, se colocarmos, por exemplo, 2% de declividade mínima, teremos intenso movimento de solo. Normalmente, o valor que a ser escolhido deve ficar entre 0,05% e 0,1%; no caso da área A, escolheu-se 0,033%, em função de que esta área possui declividade de 0,04%

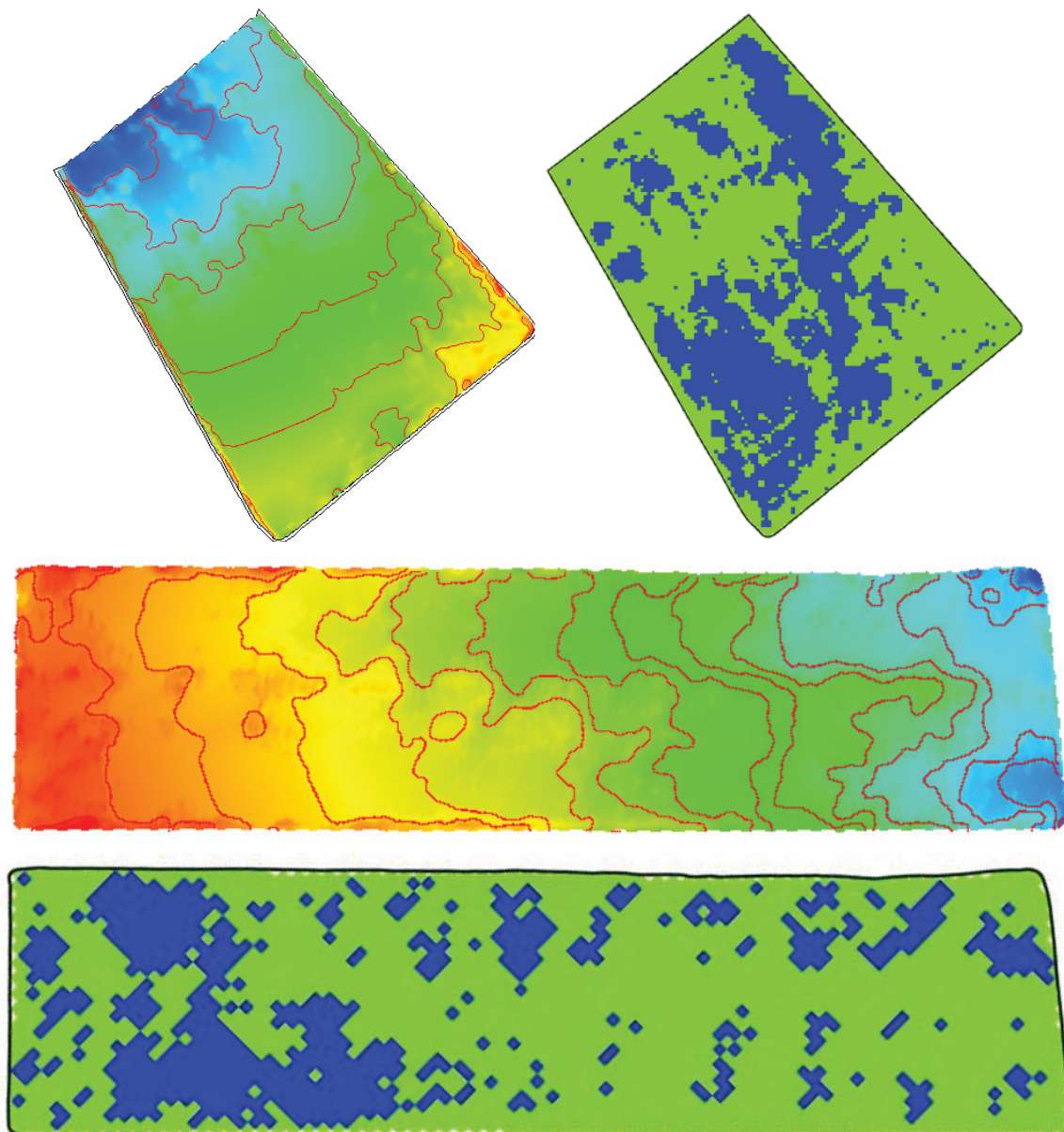


Figura 9. Projeto de suavização visando drenagem das áreas A e B. Acima, MDE, mapa de cortes e aterros da área A. Abaixo, MDE, mapa de cortes e aterros da área B. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Pode-se verificar que em ambas áreas não ocorrem mais depressões. As áreas baixas se comunicam com as bordas, se a borda for um dreno, como neste caso, não caracteriza uma depressão. Entretanto ainda permanecem coroas, já que este método não elimina as coroas. Este projeto é muito eficiente em termos de drenagem e deve ser executado quando o produtor não tem interesse em irrigar as culturas do seco. O projeto de drenagem superficial interno é feito a partir do projeto de suavização. Na figura 10 se apresenta um exemplo do comportamento de um dreno interno da lavoura B antes e após a suavização. Pode-se notar que antes da suavização sempre que o dreno passar por uma depressão, considerando-se que o dreno apresente mesma profundidade em todo seu percurso, poderá ter dificuldade em esgotá-la, dependendo da profundidade dessa depressão. Entretanto, na suavizada não ocorrerá essa situação (Figura 10). Chama-se a atenção que essa situação pode também ocorrer sempre que o dreno se afastar da linha de fluxo, situação que acontece sempre que é realizada a suavização da linha do dreno. Neste caso a suavização se refere ao ajuste do raio de giro do conjunto trator-valetadeira.

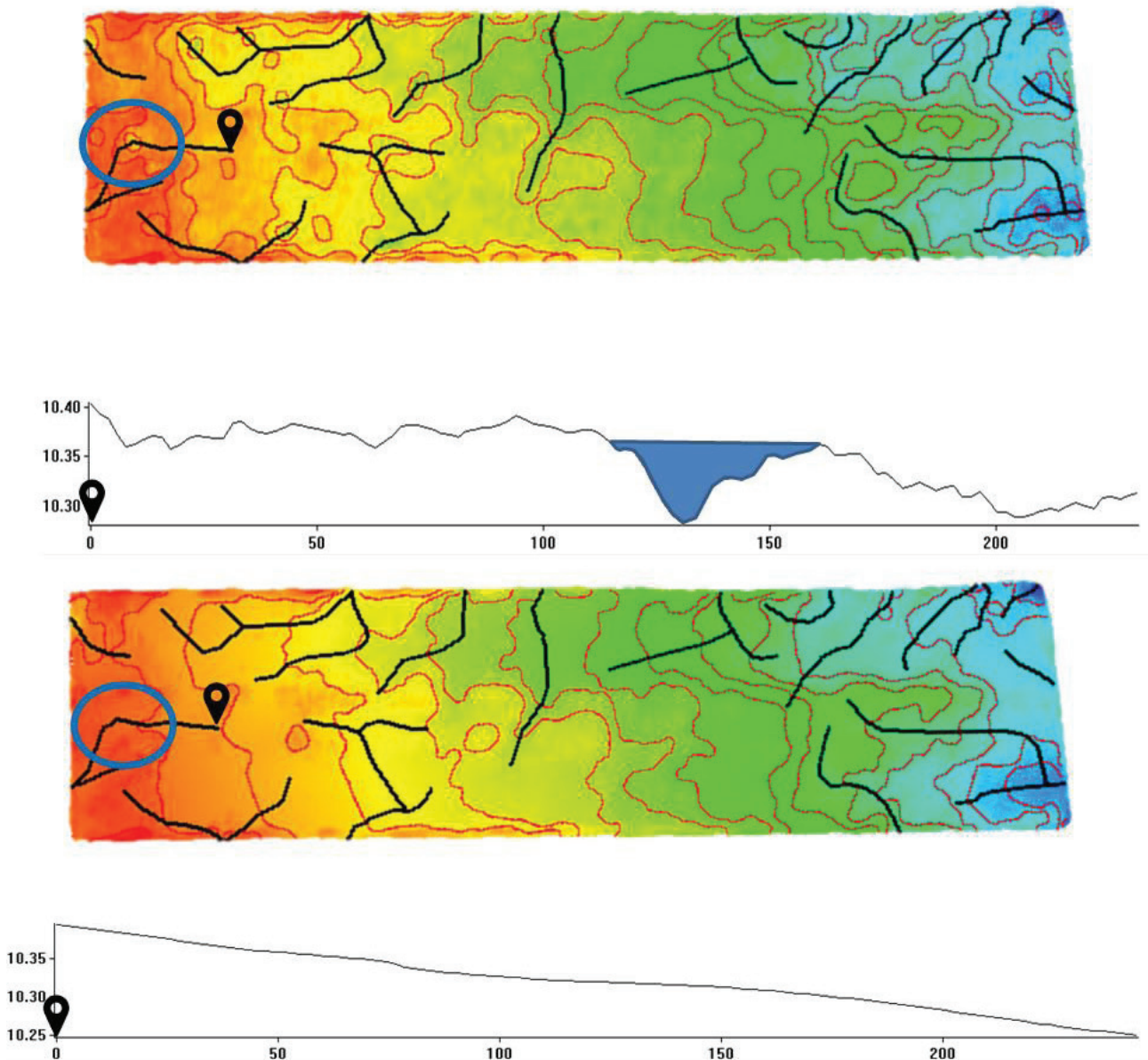


Figura 10. Projeto de drenagem superficial da área B antes (acima) e após a suavização e o perfil de um dreno antes e após a suavização.

Em caso de que a lavoura não se destine ao cultivo de arroz irrigado por um longo período, os drenos que são feitos normalmente com valetadeira poderão ser executados de uma forma mais definitiva, inclusive mais largos de forma que uma semeadeira ou outro implemento passe por ele sem problema. Lembrando que os

drenos poderão ser executados por uma lâmina traseira, patrola ou outro implemento adequado. Na Figura 11 se ilustra um exemplo.



Figura 11. Dreno em área de terra baixa executado com patrola, permitindo o trânsito de máquinas em seu interior.

Pode-se verificar que em ambas áreas não ocorrem mais depressões. As áreas baixas (em azul) se comunicam com as bordas; se a borda for um dreno, como nesse caso, não caracteriza uma depressão. Entretanto, ainda permanecem coroas, principalmente na área B, já que esse método não as elimina. Esse projeto é muito eficiente em termos de drenagem e deve ser executado quando o produtor não tiver interesse em irrigar as culturas do seco. O projeto de drenagem superficial é feito a partir do projeto de suavização. Caso a lavoura não se destine ao cultivo de arroz irrigado por um longo período, os drenos que são feitos normalmente com valetadeira poderão ser executados de forma mais definitiva, inclusive mais largos, de modo que uma semeadeira ou outro implemento passe por ele sem problemas. Lembrando que os drenos poderão ser executados por uma lâmina traseira, patrola ou outro implemento adequado.

Suavização visando irrigação

Os projetos de suavização visando irrigação das áreas A e B podem ser observados na Figura 12. Na área A, o movimento de solo foi de $106,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ utilizando-se a declividade mínima de 0,033%. Nesse caso, a declividade mínima é no sentido que se escolhe para realizar a irrigação por sulcos; igualmente ao caso da DVD, tem grande influência no movimento de solo, entretanto não é recomendado usar valores inferiores a 0,05%. Na área B, o movimento de solo foi de $106,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ com declividade mínima de 0,05%. Pode-se verificar que em ambas áreas não ocorrem mais depressões e nem coroas. A sistematização DVI é indispensável na grande maioria das áreas das terras baixas, com exceção das muito declivosas, para se realizar a irrigação por sulcos de forma apropriada.

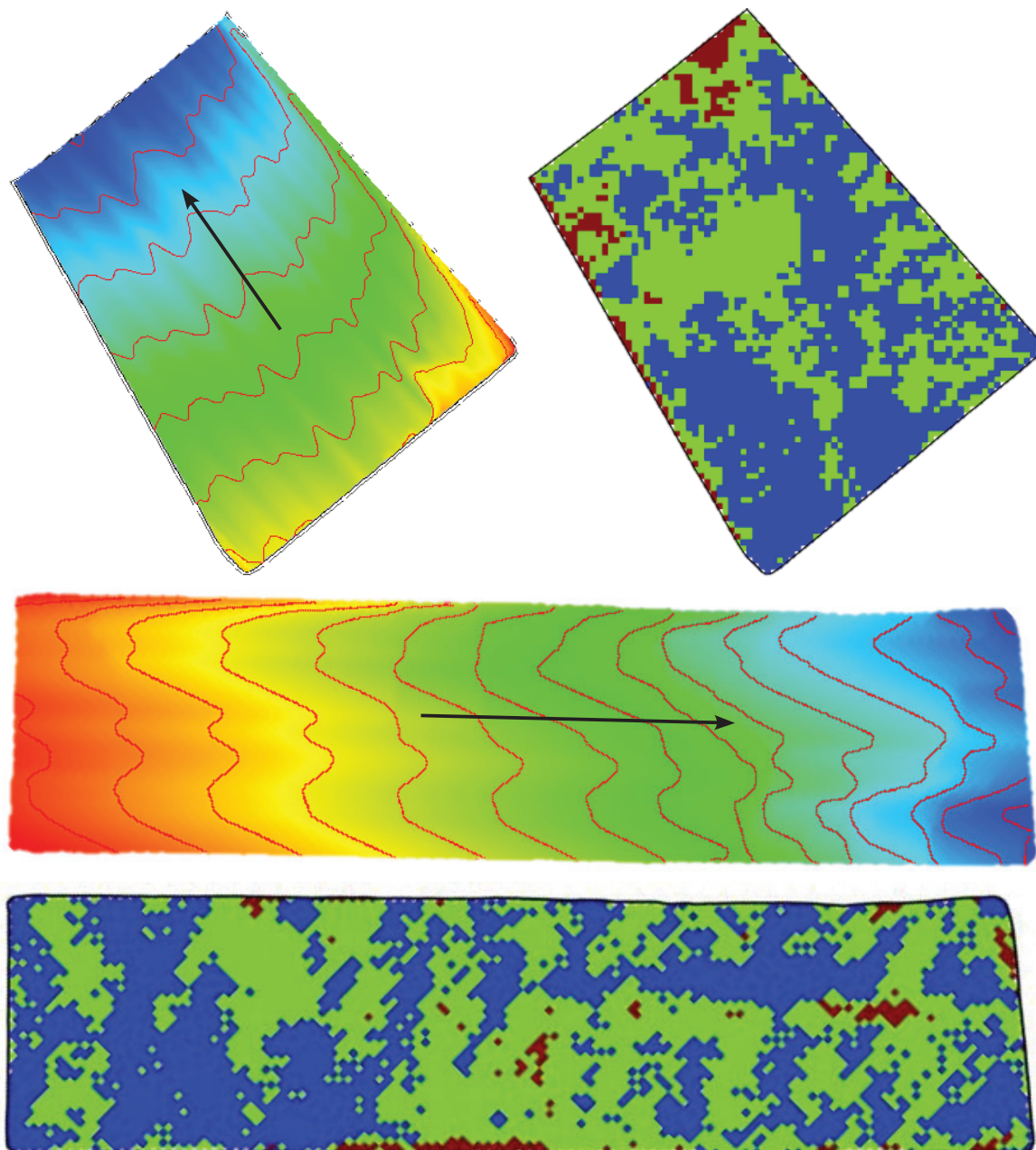


Figura 12. Projeto de suavização visando irrigação das áreas A e B, respectivamente. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área denominada A possui declividade de 0,04% e a área B possui declividade de 0,08%, portanto a área B é mais declivosa que a área A. Esse fato, de forma geral, interfere no projeto final de sistematização, principalmente com respeito aos projetos em plano sem declividade. Como pode ser observado nos projetos de sistematização em área menos declivosa, nesse caso a área A, podem-se realizar todos os projetos desde cota zero a suavização, praticamente sem se subdividir a área. Já em área mais declivosa, os projetos em plano, com e sem declividade (cota zero), faz-se necessário subdividir a área em pequenos talhões, o que não é recomendado do ponto de vista prático.

Os projetos de suavização, tanto visando drenagem como visando irrigação, são aplicáveis a qualquer tipo de área, inclusive áreas altas. Movimentam menos solo, tornam mais rápida execução e, conseqüentemente,

implicam custo operacional menor, podendo apresentar grande impacto no sistema de produção. Isso porque interferem diretamente sobre o desempenho das culturas do seco, além de favorecer também o arroz irrigado.

Considerando-se presença de depressões nas lavouras destinadas ao cultivo de arroz, após tantos anos de aplainamento do solo, pode-se inferir que essa operação não elimina as depressões e que, num futuro próximo, a opção de aplainamento do solo deverá ser realizada com controle GNSS-RTK, a fim de manter a sistematização, principalmente se tiver sido feita pelo método de suavização.

REFERÊNCIAS

BUENO, M. V.; PARFITT, J. M. B.; FARIA, L. C.; SILVA, J. T. da.; CAMPO, A. S. de.; MASSEY, J.; ROEL, A.; TIMM, L.C. Improving the drainage and irrigation efficiency of lowland soils: Land-forming options for southern Brazil. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 146, n. 8, 04020019, 2020.

PINTO, L. F. S.; MIGUEL, P.; PAULETTO, E.A. Solos para o Cultivo de Arroz no Rio Grande do Sul. In: SCIVITTARO, W. B.; PARFITT, J. M. B. **Arroz irrigado por aspersão no rio grande do sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140 p. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 24).

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.

WINKLER, A. S. **Variabilidade espaço-temporal de atributos do solo e da produtividade de arroz irrigado em área sistematizada de terras baixas**. 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <http://guaiaca.UFPel.edu.br:8080/handle/prefix/5002>.

WINKLER, A. S.; SILVA, J. T. da; PARFITT, J. M. B.; TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; CONCEIÇÃO, G.; TIMM, L. C. Surface drainage in leveled land: Implication of slope. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental (impresso)**, v. 22, p. 77-82, 2018.

Embrapa

Clima Temperado